AMERICAN UNIVERSITY
LIBRARY
OF BEIRUT

التصوير

٥٠ - ١٠

١٠٤

N. MAKHOUL
BINDERY
22 JUL 1972
Tel. 260458

جامعة فؤاد الأول — كلية الهندسة
المؤلف رقم ٣
535
N33hA
v.1
c.1

الحسن بن الهيثم

بحوثه وكشوفه البصرية

تأليف

مصطفى نظيف بك

أستاذ الطبيعة بكلية الهندسة

59384
59384

الجزء الأول

١٣٦١ هـ — ١٩٤٢ م

مطبعة نورى بمصر
١٩٤٢

Cat. May 1945

WAYNE STATE UNIVERSITY
LIBRARY
DETROIT

الاهداء

الى حضرة صاحب الجلالة فاروق الأول ملك مصر

مولاى صاحب الجلالة

أنتم مبعث ما أخذ يتملك النفوس فى هذه البلاد وفى غيرها من البلاد العربية نحو تراث الاسلاميين وثقافتهم من شعور الاجلال والتقدير وأنتم يامولاى المعوّل المرتجى فى تنشئة النهضة العلمية الحديثة فى هذه الأمة على أسس من الثقافة الجيدة التى خلفها السلف الصالح وأنتم يامولاى معقد الأمل فى أن تكون نهضة هذه الأمة عصورة تتجلى فيها معالم العزة والسؤدد من تاريخنا القديم

وكتابى هذا يامولاى فيه نبأ ما مأثرة من مآثر أحد الأعلام من العلماء الاسلاميين هى بحوث ودراسات قام بها ابن الهيثم منذ نيف وتسعة قرون أحد فروع علم الطبيعة الحديثة وتناولت منها صفحة من أمجد ما فى سجل التاريخ من صفحات ولعلها يامولاى قد دوّنت بين جدران هذه القاهرة حاضرة ملككم السعيد وفى حمى أزهرها الشريف

فاذا كنت يامولاى ترى بأن أحظى بشرف رفع هذا الكتاب الى مقام سريركم العالية فذلك ليقينى بأن عرض تلك الصفحة تحت نظركم السامى أمر محبب الى نفسكم النبيلة الشريفة وأنا هذا هو أسمى ما يسرى من التجميد الى ذكرى ذلك العالم الاسلامى الجليل .

لا زلتم يامولاى ذخرا وعونا للاسلام

الخادم الأمين
مصطفى نظيف

٢٠ ربيع الثانى ١٣٦٣
الموافق ٦ مايو ١٩٤٤

مقدمة الكتاب

١ – تصدير المؤلف

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله . وبعد فالحسن ابن الهيثم الذى جعلت هذا الكتاب مقصوراً على ناحية واحدة من نواحى انتاجه العلمى ، يُعد فى طليعة الأعلام لا بين علماء الاسلاميين فحسب ، بل وبين علماء العالم أجمع . ويرجع إلى علماء الغرب فضل السبق فى قدر قيمة بحوثه العلمية حق قدرها ، وفضل السبق فى التنويه بذكره والاشادة بمآثره . فقد تناول الكتابة عنه فئة كثيرة من المستشرقين والعلماء ، أخص بالذكر منهم « ڤيدمان » (E. Wiedemann) الذى عنى بالتنقيب عن أعماله ، ونقل بعض مباحثه من العربية إلى الألمانية ، وتلخيص كثير من المسائل التى بحث عنها ، خلال فترة طويلة من الزمن تفرغ فيها إلى نشر مآثر العلماء الاسلاميين . وقد عاونه فى بعض هذه الأعمال « هيبرج » (Heiberg) وسواه .

ولعل أدنى ما يجده القارىء إلى متناول يده من بيانات ، إذا رغب فى معرفة ما كتبه الغربيون عن ابن الهيثم تقريظاً أو نقداً ، وما تناولوه بالشرح من بحوثه ودراساته المتعددة ، هى المراجع المفصلة التى أشار اليها « باكر » فى رسالته :

Alhazen's Problem, by Marcus Baker : (American Journal of Mathematics Vol. 4, 1881.)

والتى أشار اليها « بودا » فى رسالته :

Die Alhazensche Spiegel-Aufgabe (1893). Von P. Bode.

ثم البيان الذى أورده « سارتون » (Sarton) فى كتابه :

Introduction to the History of Science

مما لا يسمح المجال بتفصيله هنا [1] .

* * *

وعلى حسب ما يتبين لى كانت الترجمة اللاتينية لكتاب المناظر ، وهى التى نشرها « رزنر » (Risner) سنة ١٥٧٢ ميلادية ، هى المرجع الوحيد الذى اعتُمد عليه إلى وقت غير بعيد فى معرفة بحوث ابن الهيثم المتعلقة بعلم الضوء وبالنواحى التى عالجها من موضوع الإبصار .

فلما اطلع « ڤيدمان » على مخطوط الكتاب الموسوم « بتنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر » الذى ألفه كمال الدين الفارسى وتبين له كما ذكر هو فى رسالة نشرها سنة ١٩١٠ أن الكتاب هو تنقيح الأصل العربى الذى نقلت عنه الترجمة اللاتينية المذكورة ، أخذ فى نقل بعض فصول الكتاب من العربية إلى الألمانية . كذلك كان مما رجع فيه هو وغيره إلى الأصول العربية فنقلوه إلى الألمانية أو لخصوه بها من مباحث ابن الهيثم فى الضوء ، مقالاته فى هذا العلم التى أفرد لها بحوثاً منفصلة عن كتاب المناظر ، مثل مقالته فى الضوء التى نشرها « بارمان » بالألمانية مع الأصل العربى ومقالته فى المرايا المحرقة بالدوائر التى نشرها بالألمانية « ڤيدمان » ومقالاته فى الكرة المحرقة والاظلال وصورة الكسوف وضوء الكواكب وما إلى ذلك مما

---

(١) يجدر بنا أن نذكر هنا بايجاز أن من الذين عنوا بترجمة حياة ابن الهيثم وبيان أعماله « ڤوستنفلد » (Wüstenfeld) و « لكلرك » (Leclerec) و « زوتر » (Suter) و « جويه » (Goeje) و « كرادى ڤو » (Carra de Vaux) . وممن عنى بدراسة بعض بحوثه العلمية وتلخيصها أو شرحها « ناردوكشى » (Narducci) و « شتين — شنيدر » (Steinschneider) و « شناسه » (Schnasse) و « درايز » (Dreyer) و « باور » (Bauer) و « جرلند » (Gerland) . وممن عنى بمباحثه الرياضية أو ما يتعلق بها « ڤوبكه » (Woepche) و « باكر » (Baker) و « بودا » (Bode) و « شوى » (Schoy) . وممن عنى بترجمة بعض مقالاته « بارمان » (Barman) . وغير هؤلاء كثيرون ممن ألفوا فى تاريخ العلم ذكروه ونوهوا بفضله فى مؤلفاتهم .

عنى به ڤيدمان أيضاً . غير أن أحداً منهم لم يرجع — على قدر ما وصل اليه علمى — إلى الأصل العربى لكتاب ابن الهيثم فى المناظر ، بل وقد ذكر بعض الكتاب [1] أن الأصل العربى للكتاب مفقود .

وقد تبين لى أيضاً أن ما نشر باللغات الأجنبية عن بحوث ابن الهيثم البصرية ، لا يخلو من اعتراضات وشكوك على بعض مباحثه وعلى بعض براهينه الهندسية ، فقيل ان فيها تناقضاً فى مدلول بعض النظريات الهندسية يجعل منها ما ينفى بعضه الآخر [2] . وتبين لى أيضاً أن بعض ما نشر غشيه إبهام فى بعض المواضع ، وانتابه خروج عن المعنى المقصود فى مواضع أخرى [3] .

هذا فضلا عن أن من مباحثه الهامة ما جاء ذكره مجملا غير مفصل . أخص بالذكر من ذلك مباحثه فى تعيين نقاط الانعكاس ونظريته فى الابصار ، وهى جميعاً من المباحث التى لا يغنى فيها الاجمال عن التفصيل . فموضوع نقطة الانعكاس هو فى ذاته معقد ، يتضمن غير قليل من النظريات الهندسية العويصة يتداخل ويتشابك بعضها والآخر . ونظريته فى الابصار نشأت فى ظروف كانت الآراء فيها متناقضة والمذاهب متباينة ، وقادة الفكر من فلاسفة وعلماء منقسمون ، لكل فريق أدلة يستدل بها على صواب رأيه

---

(١) Max Meyerhoff أنظر مقالته المنشورة فى كتاب The Legacy of Islam ومقدمة كتاب السبع مقالات فى العين .

(٢) سيرد بيان ذلك فى موضعه .

(٣) من أمثلة ذلك أنه يرد فى المقصد الثالث من الفصل الثانى من المقالة الأولى من كتاب التنقيح « ويوجد من الأجسام الصغار بالاستدلال ما لا يدركه البصر أيضا أصلا ، كانسان عين البعوض » (ص ١٧ من الجزء الأول : النسخة المطبوعة) . فيحمل ڤيدمان المعنى على أن المقصود « كانسانٍ عينَ البعوض » ، حيث يقول :

« Man erkennt auf Grund von Schlüssen die Existenz kleiner Körper, die das Auge überhaupt nicht erfasst, wie der Mensch angibt, dass Mücken vorhanden sind (trotzdem er sie nicht in den Einzelheiten erkennt » (Zu Ibn al Haitams Optik) ص (٢٢) ، وغير هذا كثير .

وبطلان رأى من يعارضه ، ويحتاج الأمر فيها لا إلى مجرد شرحها فحسب بل إلى تبيان مثل هذه الأمور أيضاً ، وتبيان مدى نجاحها فى تحقيق الغاية التى أرادها منها .

* * *

من أجل ذلك — وكانت تحفزنى فى الوقت نفسه رغبة تملكتنى منذ أمد بعيد فى الالمام على قدر ما يتيسر لى ببحوث ابن الهيثم البصرية بشىء من التفصيل — رأيت أن أعيد النظر فى مباحثه فى هذه الناحية الواحدة التى تتعلق بعلم الضوء ، عسى أن تتبين لى بذلك حقائق الموضوعات التى بحث عنها وتفصيلات آرائه فيها ، وتتبين وجهات نظره واتجاهات تفكيره مع الظروف والملابسات التى اكتنفت نشأة تلك البحوث فى عصره .

وما كدت أهم بهذا الأمر حتى ملأ نفسى اعتقاد بأن من بحوث ابن الهيثم فى موضوعات علم الضوء مالا يصح أن يُعد مجرد زيادة اتسعت بها دائرة المعلومات ، بل حقيق بها أن تعد أحداثاً قلبت أوضاع هذا العلم وعدلت مجراه . وتفصيلات هذه البحوث مع ذلك ليست معلومة حق العلم على حقيقتها .

وزدت أيضاً اقتناعاً بأن بحوثه ودراساته هذه ، لا يكفى فيها نشر ما لم يطبع من مخطوطاتها ، بل هى جديرة بعمل أبعد غوراً وأشد جهداً من التقدمة لها بمقدمة والتعليق عليها فى الهوامش ، هى جديرة بأن تدرس وتمحص مع شىء غير قليل من التلطف فى تفهم معانيها ومقاصدها . فبعد الأمد بيننا وبين صاحبها يجعلنا اليوم لا نألف بسهولة بعض اصطلاحاته وعباراته ، بل ولاماهية ما كان يسود العقول فى عصره من الآراء والمذاهب العلمية . ونبوء ذلك عن المألوف ، كثيراً ما يؤدى بادىء الأمر إلى التسرع فى الحكم بضعف المقصد أو تفاهة المعنى .

ثم ان أصول هذه البحوث خصوصاً مخطوطات المناظر لم تسلم من

شائبات . فى بعض المواضع التى ورد فيها القول مرسلا تكرار أو إسهاب يخرجه عن المألوف لدينا الآن . والمواضع التى وردت فيها البراهين والبحوث الهندسية قد تسرب الخطأ إلى بعضها إن لم نقل إلى كثير منها ، فشابها من أجل ذلك اضطراب أو خفاء ، جله من الناسخ منه ما جاء بسبب السهو ، ومنه ما جاء بسبب الخلط بين الحروف المتشابهة الصورة المرموز بها فى البحوث الهندسية لتعذر التميز بين الحروف فى الرسم الغير المنقط . وان كثيراً من هذه البحوث الهندسية تنقصها فى الأصول التى اطلعنا عليها الأشكال الموضحة لها ، ومنها جميع المباحث الخاصة بتعيين نقطة الانعكاس مع تعدد النظريات والعمليات والبراهين الواردة فيها وتعقدها . وكثير من الأشكال الهندسية الواردة فى الأصول خاطئة ، لاسبيل إلى الاعتماد عليها ، فضلا عن أن ما يتعلق منها بالهندسة الفراغية لم يراع فى رسمه — كدأب القوم فى ذلك العصر — الأصول المتبعة الآن فهى قليلة الجدوى ، إن لم نقل عديمة الجدوى ، من أجل ذلك .

وفوق كل هذا فأخطاء النسخ قد تناولت أيضاً الخلط بين صفحات الأصل المنقول عنه ، فتقدمت فى بعض المواضع بحوث على البحوث التالية لها ، واختلطت الأقوال التابعة لبعضها بالأقوال التابعة لغيرها . فنشر مثل هذه المخطوطات كما هى عليه فى الواقع عبث . وفى النسخة المطبوعة من التنقيح غنى على الأقل فى الوقت الحاضر عن تحريرها وتنقيحها .

وأيضاً إن بحوث ابن الهيثم فى موضوعات الضوء ما ورد منها فى المناظر وما ورد فى المقالات الأخرى تبين لى أنها حقاً جديرة بأن تدرس فى جملتها كوحدة ، دراسة يصحبها شىء من التحليل والموازنة . فهى جميعاً نتاج عقل واحد . وفى نظرنا كما سيتضح فى موضعه من هذا الكتاب ، إن ابن الهيثم قد توافرت فيه مميزات أولى التفكير العلمى الصحيح ، وهذه الناحية منه جديرة بالتبيين ، وهى من خير الأمثلة التى تدل على مدى نضج الفكر وعمق

النظر فى عصره . فان روعيت بحوثه الطبيعية كوحدة تجلى ذلك فيما يبدو بين حلقات تلك البحوث المختلفة المتفرقة من ارتباط وتشابك ، ووجدت تلك البحوث فى جملتها سليمة من الوهن لا يعتريها التناقض ، ليس ثمة قول مردود أو رأى منقوض ، وإنما تدرج وتسلسل تتلمس فيهما حياة النمو والنضج .

ثم ان البحوث الطبيعية شأنها يغاير إلى حد ما شأن البحوث الرياضية البحتة . فعلم الطبيعة يجرى مع الزمن ، تطوره ونموه يتبعهما تغير نظرياته وتبدل وجهات النظر فيه . وبحوث ابن الهيثم فى علم الضوء مضى عليها تسعة قرون أو يزيد ، وهى ساكنة لا تبرح مكانها حيث تركها صاحبها . فلا جدال أن من الآراء التى أوردها فيها ما لا يقره عليه العلم الحديث ، ولا جدال أن من الوسائل التى استعان بها ما قد أصلح واستكمل من بعده . ولا جدال أن من النتائج التى قررها ما قد استبان اليوم خطؤه وقصوره . فبالنقد والموازنة تتبين الأوضاع الصحيحة لبحوثه وتتبين قيمتها العلمية الحقة ، هل هى إذا قيست لا بمعيار العلم الحديث بل بمعيار المعلومات التى كانت معروفة فى عصره تدرجت بالعلم نحو السمو المنشود ؟

والمغايرة التى نقصدها بين ما هو طبيعى وبين ما هو رياضى تتجلى بوضوح فى بحوث ابن الهيثم ذاتها . فالناحية الهندسية من بحوثه فى الضوء هى بوجه عام سليمة ، على الرغم مما مر عليها من القرون والأجيال . وهى إذا حررت مما يشوبها من أخطاء النسخ وما اليها ، أقرت على ما هى عليه دون تعديل أو تصحيح . وما يشاهد فى بعض براهينه الهندسية ، من التزامات التزمها فى مقدماتها أو إسهاب فى التفصيل ، فهو فى الحقيقة مما يقتضيه المنطق الهندسى فى تحديد أوضاع النقاط والخطوط تحديداً تنتفى به احتمالات ربما تطرأ من غير ذلك التحديد . وهذه ظاهرة تدل على عمق التفكير ودرجة الدقة من الناحية الهندسية ، وليس من المغالاة أن نقول انه بلغ فيها الذروة . ولكن بعض المعانى الطبيعية التى انبنت عليها بعض تلك المباحث ، وإن

كانت تصح فى بعض الأحوال الخاصة فمن الخطأ تعميمها وإطلاقها إطلاقا ، ومن أجل ذلك صارت تلك المباحث مع سلامتها من الناحية الهندسية لا تفيد النتائج المقصودة منها بصفة كونها أموراً طبيعية تشاهد فى الواقع .

وغير خاف أن عرض أمور نفاها العلم الحديث ، أو نشر نظريات أبطلها أو بحوث قد تغيرت فيها وجهة النظر ، إذا لم يكن مصحوباً بشىء من الشرح ، ترتب عليه بما يحدثه فى نفس القارىء من الأثر السيىء الذى يقلل عنده من شأنها ، لا بخس قيمتها وخفاء ما ربما كان لها من الأثر فى تطور العلم فحسب ، بل ربما ترتب عليه أيضاً تضليل غير الأخصائيين من القراء بما قد تحمله إلى أذهانهم من الآراء الخاطئة فى المسائل العلمية .

ولا أتردد فى القول بأن التعرض إلى الكتابة عن البحوث العلمية التى أجراها المتقدمون لا يكفى فيه تحرى الأمانة والصدق فى مجرد عرضها على ما جاءت عليه فى الواقع ، وإنما يجب فيه أيضاً تحرى العدل والانصاف اللذين يقضيان بالحرص على تعرف ظروفها ومعرفة ملابساتها ، ثم معايرتها بالمعيار الذى يلائمها ، وإذن تتبين قيمتها الصحيحة وتحل فى المكان الذى هى أهل له فى تاريخ نشوء العلم وتطور الفكر .

* * *

هذا بعض ما حدانى إلى وضع هذا الكتاب على الصفة التى جاء عليها . فانى أقصد منه الاحاطة ببحوث ابن الهيثم وآرائه ودراساته فى الضوء ما ورد منها فى المناظر وما ورد فى المقالات الأخرى وعرض هذه الأمور — كما تبدو لى على حسب فهمى وتقديرى لها — عرضاً أميناً أسلك اليه الطريقة التى نتوخاها الآن فى عرض المسائل العلمية . وذلك مع شرحها وتحليلها ومناقشتها ، بحيث يتميز الخطأ فيها من الصواب ، فتتبين الحقائق واضحة لا ريب فيها ، وتتبين أيضاً الأخطاء واضحة لا سبيل إلى إنكارها ، تحيط بها المناسبات التى أفضت اليها ويصاحبها تبيان حقيقة الأمر فيها .

وقد التزمت فى الكتاب مع الحرص الشديد آراء ابن الهيثم نفسه وطرائق تفكيره ومقدمات قياسه وخطوات براهينه الهندسية . وحرصت على أن أورد القوانين التى ذكرها والقواعد العامة التى طبقها فى الأغراض التى أرادها كما نص هو عليها بلفظه . وأشرت فى ذلك كله إلى مواضع وروده فى الأصول . وقد جنبنى هذا الحرص أن أودع كتابى هذا رأياً أو بحثاً منسوباً لابن الهيثم لم أجده مثبوتاً فى الأصول العربية التى اطلعت عليها مهما سمت قيمته العلمية .

وأرى أن من المعلومات التى يتضمنها الكتاب ما كاد يطويه الدهر فى ثنايا النسيان ، ومنها تفصيل ما لا يزال العلم به مجملا أو مقتضبا . وآمل أن يكون للكتاب بعض الأثر فى تعديل الأوضاع التاريخية لبعض البحوث والكشوف العلمية الخاصة بعلم الضوء ، وآمل أن يكون من آثاره أيضاً بعث ابن الهيثم بعثاً جديداً فى الكتب التى تؤلف لطلبة مدارسنا فى هذا العلم وأن يستبدل اسمه بأسماء أمثال « روجر باكون » و « مورلكيوس » و « لناردو داڤنشى » و « دلا پورتا » و « كپلر » وغيرهم فى مواضع كثيرة ألفنا فيها رؤية هذه الأسماء . وآمل أيضاً أن يكون من آثاره إصلاح كثير من الاصطلاحات والعبارات التى نستعملها الآن فى علم الضوء فيستبدل بها خير منها مما ورد فى أقواله ويمتاز دقة ورصانة .

فان صح ما أقصد وتحقق ما آمل ، كله أو بعضه ، فذلك ما أبغى . وحسبى على كل حال أن إعداد هذا الكتاب وإن لم يخل من تعب وعناء كان مصدر متعة نعمت بها ، لم ينقطع معينها فى يوم من الأيام . ولله الحمد وعليه قصد السبيل .

٢ – المراجع العربية

اعتمدنا فيما تناولناه بالذكر فى هذا الكتاب من بحوث ابن الهيثم فى علم الضوء على الأصول العربية وحدها ، دون غيرها . وفيما يلى بيان المراجع بشىء من التفصيل :

١ – مصور مخطوط رقم (٢٤٤٨) بمكتبة أياصوفيا بالاستانة وأوراقه متسلسلة الأرقام عددها ٦٧٨ . والمخطوط نسخة من كتاب المناظر لابن الهيثم ويحتوى على المقالات السبع من الكتاب ، لولا سهو من الناسخ عن بضع صفحات من الأصل أحدث ثغرة بين الورقتين المرقومتين برقمى (٦٢٨) و(٦٢٩) . وهو بقلم فارسى نسخ فى عهد السلطان محمد الفاتح ، وتم نسخه سنة تسع وتسعين وثمانمائة من الهجرة ، فهو أقدم عهداً من تاريخ نشر « رزنر » للترجمة اللاتينية لكتاب ابن الهيثم .

٢ – مصور مخطوط رقم (٣٢١٢) بمكتبة الفاتح بالاستانة وعدد أوراقه ١٤٢ . والمخطوط فيما عدا الورقة الأخيرة منه مخطوط المقالة الأولى من كتاب المناظر . وجاء فى ختام هذه المقالة :

« تمت المقالة الأولى من كتاب الحسن بن الحسن فى المناظر وكتب (كذا) احمد بن محمد بن جعفر يوم الأحد منتصف جمادى الأولى سنة ست وسبعين وأربعمائة . وفيه انتهى النسخ . والحمد لله وحده وصلواته على خير خلقه محمد النبى وآله وسلامه » .

ويلى هذا فى ذيل الورقة عبارة مكتوبة فى اتجاه يكاد يكون عموداً على اتجاه السطور ، لا مجال للشك فى أن قراءتها هى :

« بخط صهر المصنف كله » .

فان صح هذا ، وليس ثمة ما يثير الارتياب فى ذلك ، فناسخ المخطوط وقد عرف أيضاً كما سيتبين بعد « بالعسكرى » هو صهر ابن الهيثم .

٣ – مصور مخطوط رقم (٣٢١٣) بمكتبة الفاتح بالاستانة ، وعدد

أوراقه ١٥٣ . والمخطوط هو مخطوط المقالة الثانية من كتاب المناظر ، وهو أيضاً بخط احمد بن محمد بن جعفر العسكرى . جاء فى ختام الورقة الأخيرة منه « انتهى النسخ عشية الأحد الثامن والعشرين من جمادى الأخرى سنة ست وسبعين وأربعمائة بالبصرة . وكتبه احمد بن محمد بن جعفر حامداً لله ومصلياً على خير خلقه محمد النبي وآله وصحبه » .

٤ — مصور مخطوط رقم (٣٢١٤) بمكتبة الفاتح بالاستانة وعدد أوراقه ١٩٩ . والمخطوط هو مخطوط المقالة الثالثة من كتاب المناظر جاء فى ختام الورقة الأخيرة منه :

« وقع الفراغ من نسخها ليلة الأحد حادى عشر شعبان من سنة ست وسبعين وأربعمائة . والحمد لله وحده وصلواته على سيدنا محمد النبي وآله وسلامه » .

ولم يذكر الناسخ اسمه فى هذا المخطوط ، ولكن قاعدة الخط وتاريخ النسخ يرجحان ترجيحاً كبيراً أن المخطوط هو أيضاً بخط احمد بن محمد ابن جعفر .

٥ — مصور مخطوط رقم (٣٢١٥) بمكتبة الفاتح بالاستانة وعدد أوراقه ٣٢٢ . والمخطوط هو مخطوط المقالتين الرابعة والخامسة من كتاب المناظر . تستغرق منه المقالة الرابعة ١٣٧ ورقة وجاء فى ختامها :

« تمت المقالة الرابعة من كتاب المناظر والحمد لله حمد الشاكرين وهو حسبي ونعم الوكيل » .

وتستغرق المقالة الخامسة مايتبقى بعد ذلك من أوراقه . وجاء فى ختامها :

« تمت المقالة الخامسة من كتاب المناظر والحمد لله حمد الشاكرين وهو حسبي ونعم المعين » .

وجاء بعد ذلك فى ذيل الصفحة :

« فرغ من نسخه فى العشر الأول من جمادى الأخرى من سنة ٦٤٦ هلالية فى سنة ٦٤٦ هجرية » .

والمخطوط كله بقلم واحد ولكنه غير منقط ولا يحتوى على أشكال قط ولم يرد فيه اسم الناسخ ولا مكان النسخ . وقد قلد ناسخه الزخرف الذى دون فيه عنوان المقالة فى كل من المقالتين الزخرف الوارد فى المخطوطات التى نسخها احمد بن محمد بن جعفر . ولعل هذا المخطوط الذى نحن بصدده قد نقل عن مخطوطين آخرين بخط احمد بن محمد هذا ، أحدهما مخطوط المقالة الرابعة والثانى مخطوط المقالة الخامسة . ولكننا لا نعلم عنهما شيئاً .

٦ — مصور مخطوط رقم (٣٢١٦) بمكتبة الفاتح بالاستانة وعدد أوراقه ١٣٩ . والمخطوط هو مخطوط المقالة السابعة من كتاب المناظر التى هى آخر مقالات الكتاب جاء فى ذيل الورقة الأخيرة منه « وقع الفراغ من نسخ هذا الكتاب يوم الجمعة منتصف شهر رمضان سنة ست وسبعين وأربعمائة وكتبه احمد بن محمد بن جعفر العسكرى البصرى بالبصرة حامداً لله ومصلياً على رسوله السيد المصطفى محمد وعترته الطاهرين » .

٧ — مصور مخطوط رقم (٣٣٣٩) بمكتبة طوب قابى سراى بالاستانة وعدد أوراقه ١٣٥ . والمخطوط هو مخطوط المقالة السادسة من كتاب المناظر . تستغرق المقالة ١٢٥ ورقة وتشمل الورقات العشر الأخيرة الأشكال الموضحة للأمور الهندسية الواردة فيها . وجاء فى ختام مخطوط المقالة « ووقع الفراغ من نسخها ليلة السبت سابع شوال سنة ست وسبعين وأربعمائة . وكتبه احمد بن محمد بن جعفر المعروف بالعسكرى . والحمد لله وحده وصلواته على سيدنا محمد النبى وآله وسلامه . وهو حسبى ونعم المعين » .

٨ — كتاب تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر تأليف كمال الدين أبى الحسن الفارسى وهو مطبوع ، طبعته مطبعة دائرة المعارف العثمانية بحيدر أباد الدكن بالهند ، وبدار الكتب المصرية مصور لمخطوط هذا الكتاب . وقد التزم الفارسى فى تصنيفه أن يصدر أقوال ابن الهيثم بلفظ « قال » تمييزاً لها عن أقواله هو نفسه التى صدرها بلفظ « أقول » وهى تتضمن تعليقاته أو استدراكاته أو نقده أو شرحه لأقوال ابن الهيثم . وعلى الرغم

من ذلك فان القارىء يختلط عليه الأمر فى مواضع كثيرة من الكتاب حيث يتعذر عليه التمييز بين القولين .

وقد تناول الفارسى أقوال ابن الهيثم فى بعض المواضع بالايجاز وفى بعض المواضع بالتعديل ، ولم يخل التعديل اللفظى من تعديل المعنى فى بعض التفصيلات ، وقسم الفارسى فصول المقالات مقاصد جعلها مرتبة مرقومة وهى ليست على هذه الصفة فى الأصل .

والفارسى قد ذيل الكتاب بمباحث له أضافها من عنده وأيضاً بتحرير مقالات لابن الهيثم فى بعض موضوعات الضوء لم يضمنها كتابه المناظر .

٩ — مقالة ابن الهيثم فى الضوء وقد نشرها أول مرة « بارمان » مع ترجمة ألمانية ثم نشرها فى القاهرة الأستاذ على يوسف المهندس الخبير منذ عشرين عاما ولعل أحدث طبعة لها هى التى قامت بنشرها جمعية المعلمين بالقاهرة وراجعها الأستاذ عبد الحميد حمدى مرسى . وقد حرر الفارسى هذه المقالة وأوردها فى ذيل التنقيح .

١٠ — مقالة ابن الهيثم فى الكرة المحرقة ، تحرير الفارسى . وردت فى ذيل التنقيح .

١١ — مقالة ابن الهيثم فى الأثرين ، تحرير الفارسى . وردت فى ذيل التنقيح .

١٢ — مقالة ابن الهيثم فى الاظلال ، تحرير الفارسى . وردت فى ذيل التنقيح .

١٣ — مقالة ابن الهيثم فى صورة الكسوف ، تحرير الفارسى . وردت فى ذيل التنقيح .

١٤ — مقالة ابن الهيثم فى مائية الأثر الذى على وجه القمر ، مخطوط بدار الكتب بالقاهرة .

١٥ — مقالة ابن الهيثم فى ضوء القمر ، مصور مخطوط من مجموعة رقم ٧٣٤ باندیا أوفيس بلندن .

١٦ — مقالة ابن الهيثم فى ضوء الكواكب : مصور مخطوط من مجموعة رقم ٧٣٤ باندیا أوفيس بلندن .

١٧ — مقالة ابن الهيثم فى المرايا المحرقة بالقطوع : مصور مخطوط من مجموعة رقم ٧٣٤ باندیا أوفيس بلندن .

١٨ — مقالة ابن الهيثم فى المرايا المحرقة بالدائرة : مصور مخطوط من مجموعة رقم ٧٣٤ باندیا أوفيس بلندن .

نبذة عامة عن مخطوطات المناظر

يتبين مما ذكر أن مخطوطات مكتبة الفاتح المرقومة بالأرقام ٣٢١٢ و ٣٢١٣ و ٣٢١٤ و ٣٢١٦ ثم مخطوط طوب قابى سراى رقم ٣٣٣٩ هى على الترتيب مخطوطات المقالات الأولى والثانية والثالثة والسابعة والسادسة من كتاب ابن الهيثم فى المناظر وفى نظرنا أنها جميعاً بخط أحمد بن محمد بن جعفر العسكرى صهر ابن الهيثم وكتبت بالبصرة سنة ٤٧٦ من الهجرة أى بعد وفاة ابن الهيثم بالقاهرة بست وأربعين سنة أو يقل .

وتعليقات الناسخ على بعض الأشكال الهندسية كقوله مثلا عن الشكل الرابع عشر فى المقالة السادسة « قال المصنف خط ح ا ع خط مستقيم وهكذا وجدناه بخطه فحكيناه » وقد وردت مثل هذه الاشارة مع شكلين آخرين من أشكال المقالة نفسها ، لعلها تدل على أن هذه المخطوطات نقلت من نسخة كانت بخط ابن الهيثم نفسه .

أما مخطوط الفاتح رقم ٣٢١٥ وهو مخطوط المقالتين الرابعة والخامسة من الكتاب فانه أحدث عهداً لم يكتب قبل مضى قرنين على وجه التقريب على وفاة المؤلف . ولكن اذا اعتمدنا توقيت « ڤيدمان » لكتاب تنقيح المناظر الذى ألفه الفارسى فان تأليف التنقيح لا يكون سابقاً لسنة ١٣٠٢ ميلادية ، وإذن يكون نسخ هذا المخطوط سابقاً تأليف التنقيح بنيف وخمسين عاما .

فاذا أتممنا مخطوطات مكتبة الفاتح المذكورة بمخطوط طوب قابي سراى تكوّن منها جميعاً نسخة كاملة من كتاب ابن الهيثم فى المناظر على صورته الأولى التى وضع ابن الهيثم الكتاب عليها قبل أن يتناوله الفارسى بالتحرير والتنقيح ، ولعلها تكون أقدم نسخة لا تزال موجودة من هذا الكتاب .

أما مخطوط أياصوفيا الذى يشمل الكتاب كله بمقالاته السبع فالمرجح لدينا إن لم نقل من الثابت أنه منقول عن المخطوطات السابقة . فأخطاء السهو أو النقل أو التكرار التى وردت من الناسخ فى المخطوطات السابقة توجد أيضاً فى هذا المخطوط ، بل والألفاظ التى اشتبهت على الناسخ قراءتها فحكاها فى المخطوطات السابقة كما بدت لناظريه ، جاءت مقلدة على تلك الصورة نفسها فى هذا المخطوط أيضاً . والعبارات الموجودة على هامش المخطوطات السابقة التى أتمم بها الناسخ ما سقط سهواً فى المتن فقد جاء أكثرها فى موضعه من المتن فى هذا المخطوط . ولكن التصحيحات الموجودة على هوامش المخطوطات السابقة جاء بعضها فى هذا المخطوط فى الهامش وجاء بعضها فى المتن مختلطاً مع الخطأ ظناً من الناسخ أن الوارد فى الهامش يتبع القول الوارد فى السطر الذى قبله . أما الأشكال الهندسية فحيث خلت المخطوطات السابقة منها جاء هذا المخطوط أيضاً خلواً منها وحيث وجدت نقلت نقلا مصوراً بما فيها من أخطاء عن أشكال المخطوطات السابقة ، وغير ذلك كثير مما لا داعى إلى الاطالة فى ذكره .

لذلك اعتمدنا فى كل ما ذكرناه عن بحوث ابن الهيثم فى المناظر وفى أقواله التى اقتبسناها واستشهدنا بها فى هذا الكتاب على مخطوطات الفاتح وطوب قابى سراى دون مخطوط أياصوفيا . وجميع الاشارات الواردة فى هامش هذا الكتاب تشير إلى أرقام الورقات المصورة من هذه المخطوطات .

---

٣ ـ كلمة شكر

أسدى إلىّ بعض الاخوان والزملاء فى إبان إعداد هذا الكتاب ألواناً مختلفة من المعاونة تجعلنى مديناً لهم بالشكر . أخص بالذكر منهم الأستاذ الدكتور عبد الرحمن الساوى بك عميد كلية الهندسة ، والأستاذ شفيق عبد الرحمن وكيل الكلية وأستاذ المساحة بها ، والدكتور محمد على حجاب مدير مكتبة الجامعة ، والدكتور احمد حسام الدين المفتش بمكتب البعثة بلندن ، والدكتور عدنان والى المدرس بقسم الطبيعة بكلية الهندسة ، ولهم جميعاً الشكر على معاونتهم لى فى الحصول على صور المخطوطات العربية وصور بعض البحوث والدراسات التى نشرها المستشرقون عن ابن الهيثم . والأستاذ الدكتور ابراهيم أدهم الدمرداش الأستاذ المساعد بكلية الهندسة والأستاذ احمد مختار صبرى مفتش الطبيعة بوزارة المعارف لمساعدتهما فى تلخيص بعض ما نشر بالألمانية عن ابن الهيثم . والأستاذ اسماعيل محمود القبانى وكيل معهد التربية لما دار بيننا فى مناسبة أو اثنتين من حديث ومناقشة استطلعت بهما رأيه فى بعض النواحى النفسية من مباحث ابن الهيثم فى الإبصار . والأستاذ الهامى الكردانى مدرس الهندسة الوصفية بكلية الهندسة لملاحظاته التى أدت الى إزالة الغموض فى موضع أو اثنين من الباب الرابع من الجزء الأول من هذا الكتاب .

هذا ولقد كان لما لقيت من حضرتى ابراهيم على القراقصى افندى أمين دار الكتب بالقاهرة وعطيه حلمى افندى أمين مكتبة كلية الهندسة من المساعدة فى تيسير الاطلاع على بعض المراجع ، ولتطوع حضرة محمد غريب عبد الجليل افندى المدرس بالمدارس الثانوية الأميرية بنقل إحدى الرسائل القديمة من إحدى مكتبات لندن فى أثناء وجوده بها ، أثر حميد فى نفسى .

وللزملاء بقسم الطبيعة بالكلية الشكر على ما كان يبدو منهم دائماً من الاستعداد لتأدية بعض المساعدات ، ولجميع الأصدقاء على ما أبدوا من عطف وتشجيع ؟

مايو سنة ١٩٤٢ مصطفى نظيف

محتويات الجزء الأول

صحيفة

الاهـداء ... ...
مقدمة الكتاب : (١) تصدير المؤلف ... ... ا
(٢) المراجع العربيـة ... ... ط
(٣) كلمة شكر ... ... س

الباب الأول

تمهيـــد

فى ابن الهيثم وعلم الضوء قبل عصره

الفصل الأول

فى
ابن الهيثم ومنحى تفكيره

فقرة

١ — الكتاب اللاتينى الموسوم بالذخيرة البصرية ١
٢ — رؤوس موضوعات كتاب ابن الهيثم فى المناظر ٥
٣ — مبلغ ذيوع بحوث ابن الهيثم البصرية عند الاسلاميين... ... ... ٨
٤ — ترجمة ابن الهيثم ١٠
٥ — الاتجاه الفلسفى فى تفكير ابن الهيثم ٢٣
٦ — طريقة ابن الهيثم فى البحث ووضعها من الطريقة العلمية الحديثة ٢٩
٧ — تفصيل ماهية آراء ابن الهيثم فى المسائل الطبيعية... ... ... ٣٧
٨ — أخذ ابن الهيثم بالاستقراء وخطر الاعتبار فى مباحثه ٤٣
٩ — أخذ ابن الهيثم بالقياس ٤٨
١٠ — أخذ ابن الهيثم بالتمثيل ٤٩

الفصل الثانى

فى
علم الضوء قبل عصر ابن الهيثم

١١ — نظريات الابصار فى الفلسفة اليونانية... ... ... ٥١

فقرة صحيفة

١٢ — الآثار العلوية فى فلسفة أرسطو ٥٦
١٣ — علم الضوء فى العصر الاسكندرى ٥٦
١٤ — كتاب أوقليدس فى المناظر ٥٨
١٥ — كتاب بطليموس فى المناظر ٦٣
١٦ — تتمة مباحث المتقدمين على ابن الهيثم فى علم الضوء ٧٣

الباب الثانى

فى

الآراء العامة فى الضوء وخاصة الامتداد على السموت المستقيمة

الفصل الأول

فى

آراء ابن الهيثم ونظرياته العامة فى الضوء

١٧ — رأى ابن الهيثم فى الضوء ومقابلته بالآراء السائدة فى عصره ٧٨
١٨ — رأى ابن الهيثم فى الأضواء الذاتيــة والعرضية ٨٦
١٩ — رأى ابن الهيثم فى الأضواء العرضية والمنعكسة ٨٨
٢٠ — نظرية ابن الهيثم فى الفجر والشفق ٩٠
٢١ — نقد ابن الهيثم رأى أصحاب الشعاع ٩٣
٢٢ — توضيح معــانى بعض الاصطلاحات الواردة فى أقوال ابن الهيثم ٩٩
٢٣ — رأى ابن الهيثم فى ألوان الأجسام الـكثيفة... ... ... ١٠٥
٢٤ — رأى ابن الهيثم فى ألوان الأجسام المضيئة بذواتها... ... ... ١١٣
٢٥ — أخطاء ابن الهيثم فى رأيه فى امتزاج الألوان ورأيه فى علة التفازيع... ... ١١٤
٢٦ — رأى ابن الهيثم فى أن انتقال الضوء لا يكون إلا فى زمان ١١٨
٢٧ — نظرية ابن الهيثم فى انعكاس الضوء ١٢١
٢٨ — الناحية الميكانيكية من نظرية ابن الهيثم فى انعكاس الضوء ١٢١
٢٩ — الناحية الضوئيــة من نظرية ابن الهيثم فى انعكاس الضوء ١٣٣
٣٠ — نظرية ابن الهيثم فى انعطاف الضوء ١٣٧
٣١ — مجمل المعانى الميكانيكية التى ضمنها ابن الهيثم نظريتيه فى الانعكاس والانعطاف ١٤٧

الفصل الثانى

فى

امتداد الأضواء على السموت المستقيمة وما يترتب عليه من الظواهر

فقرة		صحيفة
٣٢	غاية ابن الهيثم من بحوثه عن امتداد الأضواء على السموت المستقيمة ...	١٤٩
٣٣	— بحوث ابن الهيثم الاعتبارية عن خواص الأضواء الذاتيـة	١٥٠
٣٤	— اعتبارات عامة فى الأضواء العرضية	١٥٤
٣٥	— الاعتبـار بضوء القمر	١٥٦
٣٦	— اعتبار ابن الهيثم لبيان امتداد ضوء الصباح على السموت المستقيمة	١٥٨
٣٧	— اعتبار ابن الهيثم للتحقق من امتداد الأضواء العرضية على السموت المستقيمة	١٦٠
٣٨	— استقراء أحوال الأضواء المنعكسة والنافـذة	١٦٦
٣٩	— حكم ابن الهيثم عن كيفيـة اشراق الأضواء من الأجسام المضيئة	١٦٦
٤٠	— شرح ابن الهيثم لظاهرة الاظلال واستدراك أخطاء من تقدموه	١٧٠
٤١	— بحوث ابن الهيثم عن كيفيـة توزع الضوء فى الاظلال وبيان أوجه الخطأ فى أحكامه	١٧٦
٤٢	— ابن الهيثم وموضوع الخزانة المظلمة ذات الثقب	١٨٠
٤٣	— شرط عـدم اشتباه الصورة فى نظر ابن الهيثم	١٨٢
٤٤	— توضيح الحكم بتطبيقـه على صورة كسوف الشمس	١٨٤
٤٥	— التوضيح بمثال عددى	١٩٥
٤٦	— المقابلة بين صورة كسوف الشمس وصورة هلال القمر	١٩٩
٤٧	— خطورة المعانى التى تتضمنها مقالة ابن الهيثم فى صورة الكسوف	٢٠٣

الباب الثالث

فى

البصر والابصار

الفصـــــل الأول

فى

الابصار من الناحية الطبيعية

٤٨	— وصف ابن الهيثم طبقات العين ورطوباتها	٢٠٥

فقرة صحيفة

٤٩ — رأى ابن الهيثم فى هيئة طبقات العين وأوضاعها بعضها بالنسبة إلى الآخر ٢١١
٥٠ — نظرية ابن الهيثم فى كيفية الابصار ٢١٦
٥١ — القيمة التاريخية لنظرية ابن الهيثم فى الابصار ٢٢١
٥٢ — الناحية الفسيولوجية من نظرية ابن الهيثم فى الابصار ٢٢٥
٥٣ — تعديل ابن الهيثم نظريته فى الابصار بما يقتضيه الانعطاف ٢٣٣

الفصل الثانى

فى

الابصار من الناحية النفسية

٥٤ — المعانى المبصرة الجزئية والمركبة ٢٤٠
٥٥ — الفكرة العامة التى بنى ابن الهيثم عليها مباحثه فى الادراك ٢٤١
٥٦ — نظرية ابن الهيثم عن كيفية الادراك بالبصر... ... ... ٢٤٩
٥٧ — شرح ابن الهيثم كيفية ادراك المعانى الجزئية المبصرة ٢٥٠
٥٨ — كيفية ادراك الضوء واللون ٢٥١
٥٩ — بعض ما ذكره ابن الهيثم من خواص البصر المنوطة بالحس ٢٥٤
٦٠ — كيفية ادراك الظلمة ٢٥٧
٦١ — كيفية ادراك البعد ٢٥٨
٦٢ — كيفية ادراك الوضع ٢٦٦
٦٣ — كيفية ادراك التجسم ٢٧٠
٦٤ — كيفية ادراك الشكل ٢٧١
٦٥ — كيفية ادراك العظم ٢٧١
٦٦ — كيفية ادراك الحسن ٢٧٤
٦٧ — تفصيل آراء ابن الهيثم فى الادراك بالبصر ٢٧٦
٦٨ — شرح ابن الهيثم كيفية ادراك المبصر واحدا عند النظر اليه بالبصرين معا ... ٢٩٨
٦٩ — الاستدلال بالاعتبار على شرائط ادراك المبصر واحدا ٣٠٤
٧٠ — الشرائط الطبيعية التى رآها ابن الهيثم لازمة لادراك المبصر ادراكا واضحا بينا ٣٠٧

الفصل الثالث

فى

أغلاط البصر

٧١ — نظرية ابن الهيثم فى العلة الأساسية فى أغلاط البصر ٣١١

فقرة صحيفة

٧٢ — رأى ابن الهيثم فى أقسام أغلاط البصر ٣١٤
٧٣ — الأغلاط فى مجرد الحس ٣١٤
٧٤ — الأغلاط فى المعرفة ٣١٦
٧٥ — الأغلاط فى القياس ٣١٨
٧٦ — الغلط فى ادراك البعد من أجل خروجه عن عرض الاعتدال ٣٢٠
٧٧ — الغلط فى ادراك العظم من جراء تجاوز البعد عرض الاعتدال فى التباعد عن البصر ٣٢٢
٧٨ — الغلط فى ادراك العظم من جراء خروج البعد عن عرض الاعتدال فى التقارب ٣٢٧
٧٩ — شرح ابن الهيثم علة ادراك الكواكب عند الأفق أعظم منها وهى فى وسط السماء ٣٣٣

تذليل

٨٠ — رأى الفارسى فى انبساط الأثر الحاصل فى البصر بفعل الضوء ٣٣٧

الباب الرابع

فى

انعكاس الضوء

الفصل الأول

فى

كيفية الانعكاس

٨١ — الاستدلال بالاعتبار على انعكاس الأضواء الثوانى الضعيفة وانعكاس الألوان ٣٣٩
٨٢ — الاستدلال بالاعتبار على أن الانعكاس عن السطوح الصقيلة ليس تاما ٣٤١
٨٣ — حكم ابن الهيثم فى الانعكاس ٣٤٣
٨٤ — آلة الانعكاس التى اعتبر بها ابن الهيثم ٣٤٦
٨٥ — كيفية استعمال آلة الانعكاس ٣٥٤
٨٦ — استقراء حالات الانعكاس المختلفة ٣٦٠

الفصل الثانى

فى

تعيين النظير

٨٧ — بحوث ابن الهيثم عن تعيين النظير ٣٦٤

فقرة صحيفة

٨٨ — تعيين الجزء المقابل للبصر من سطح كل واحدة من المرايا السبع ٣٦٦
٨٩ — تعيين النظير عند الانعكاس عن المرآة المستوية ٣٧٠
٩٠ — تعيين النظير عند الانعكاس عن المرآة الكرية ٣٧١
٩١ — تعيين النظير عند الانعكاس عن المرآة الاسطوانية ٣٧٣
٩٢ — تعيين النظير عند الانعكاس عن المرآة المخروطية ٣٧٦

الفصل الثالث

فى

تفصيل الانعكاس عن السطوح الكرية المحدبة

٩٣ — نقطة الانعكاس وأهميتها الطبيعية عند ابن الهيثم ٣٨١
٩٤ — أهم أحكام ابن الهيثم فى نقطة الانعكاس عن سطح الكرية المحدبة ... ٣٨٣
٩٥ — الحكم الأول ٣٨٣
٩٦ — الحكم الثانى ٣٨٦
٩٧ — الحكم الثالث ٣٨٧
٩٨ — الحكم الرابع ٣٨٩
٩٩ — بحوث ابن الهيثم عن انعكاس ضوء الشمس عن سطح القمر الى نقطة من سطح الأرض ٣٩١
١٠٠ — تعيين الأوضاع ٣٩٢
١٠١ — تحديد الجزء من سطح القمر الذى يصح أن ينعكس عنه ضوء الشمس الى الأرض ٣٩٥
١٠٢ — تقدير عرض المساحة التى يصح أن ينعكس عنها الضوء ٣٩٦
١٠٣ — تقدير طول المساحة التى يصح أن ينعكس عنها الضوء ٤٠٠

الفصل الرابع

فى

تفصيل الانعكاس عن السطوح الكرية المقعرة

١٠٤ — بيان كيفية انعكاس الأشعة المتوازية عن سطح الكرية المقعرة ، وفيه خمس قضايا ٤٠٢
١٠٥ — ورود معنى البؤرة ضمنا فى أقوال ابن الهيثم ٤٠٨
١٠٦ — استخراج نصف قطر تكور مرآة حلقية تلم الأشعة المتوازية على بعد مفروض من مركزها ٤٠٨

فقرة		صحيفة
١٠٧	— شرح كيفية حدوث الاحراق بوساطة المرآة الكرية المقعرة وورود معنى الزيغ الكرى الطولى	٤١٠
١٠٨	— طريقة ابن الهيثم لصنع مرآة محرقة بسيطة يكون احراقها عند نقطة معينة	٤١٢
١٠٩	— ذكر المرآة الكرية المحرقة المركبة وطريقة صنعها	٤١٥
١١٠	— ذكر المرآة المحرقة فى نقطتين	٤١٩
١١١	— بحوث ابن الهيثم عن تعاكس النقطتين من سطح الكرية المقعرة ...	٤٢٠
١١٢	— تعاكس النقطتين الواقعتين على أحد أقطار كرة المرآة أو على امتداده	٤٢١
١١٣	— نظرية ابن الهيثم فى قوس قزح	٤٢٥
١١٤	— تعاكس النقطتين اللتين ليستا على قطر واحد اذا كان بعداهما عن المركز واحداً	٤٢٩
١١٥	— تعاكس النقطتين المتساويتى البعد من قوس القطاع المقابل	٤٣١
١١٦	— تعاكس النقطتين المتساويتى البعد من قوس القطاع الأول وفيه خمس حالات	٤٣٢
١١٧	— تعاكس النقطتين اللتين ليستا على قطر واحد اذا كان بعداهما عن المركز مختلفين	٤٣٦
١١٨	— إمكان تعاكس النقطتين المختلفتى البعد من قوس القطاع المقابل	٤٣٧
١١٩	— إمكان تعاكس النقطتين المختلفتى البعد من قوس القطاع الأول من نقطة	٤٣٩
١٢٠	— إمكان تعاكس النقطتين المختلفتى البعد من قوس القطاع الأول من نقطتين	٤٤٠
١٢١	— تعاكس النقطتين الخارجتين عن سطح كرة المرآة من قوس القطاع الأول	٤٤٩
١٢٢	— ضعف الانعكاسية وأحكام ابن الهيثم بشأنها	٤٥١
١٢٣	— الحكم الأول فى ضعف الانعكاسية	٤٥١
١٢٤	— الحكم الثانى فى ضعف الانعكاسية	٤٥٦
١٢٥	— الحكم الثالث فى ضعف الانعكاسية	٤٦٣
١٢٦	— دفع الشكوك التى اعترض بها على أحكام ابن الهيثم فى تعاكس النقطتين عند سطح الكرية المقعرة	٤٦٧
١٢٧	— البيان العام الذى يوضح به ابن الهيثم تعاكس النقطتين المختلفتى البعد من المركز عن سطح الكرية المقعرة	٤٧١

الفصل الخامس

فى

الانعكاس عن تقعير سطح مدور القطع المكافىء

١٢٨	— بحوث ابن الهيثم عن انعكاس الضوء عن تقعير سطح مدور القطع المكافىء	٤٧٥

صحيفة
فقرة
١٢٩ — البرهان على أن الشعاع الموازى لسهم القطع المكافىء ينعكس من محيطه
الى بؤرته ٤٧٦
١٣٠ — خاصة مقعر سطح مدور القطع المكافىء فى عكس الأشعة المتوازية ... ٤٧٩

تذييـــــــل

١٣١ — نظرية ابن الهيثم فى الهالة ٤٨٠

الباب الأول

تمهيد

فى

ابن الهيثم وعلم الضوء قبل عصره

الفصل الأول

فى

ابن الهيثم ومنحى تفكيره

١ — الكتاب اللاتينى الموسوم بالذخيرة البصرية

فى إبان القرن الثالث عشر الميلادى ، ظهر فى أوروبا عقب انتباه أهلها الى ازدهار الحضارة الاسلامية ونضج العلم والفلسفة فيها ، كثيرون عنوا بدراسة اللغة العربية ، ونقل العلم الى اللاتينية والتصنيف فيه بهذه اللغة .

وكان من بين هؤلاء عالم پولونى يدعى « ڤتلو »[١] . اشتهر بكتاب صنفه فى إبان سنة ١٢٧٠ ميلادية فى البصريات . وضعه كما قال هو نفسه على أساس ما جاء فى كتاب فى هذا العلم لبطليموس القلوذى[٢] وآخر فيه لمؤلف عربى عرف فى العالم اللاتينى ولا يزال معروفا عند أهل أوروبا فى الوقت الحاضر باسم « الهازن »[٣] . ونشر « رزنر »[٤] سنة ١٥٧٢ ترجمة لاتينية كاملة للكتاب

---

(١) Witello أو Vitelo

(٢) Ptolemy أو Claudius Ptolemaeus (حوالى منتصف القرن الثانى بعد الميلاد) .

(٣) Alhazen

(٤) Risner

العربى وجعل عنوان الكتاب اللاتينى « الذخيرة فى الأوپطيق للهازن »[١] . فتبين أن جل ما ورد فى كتاب « ڤتلو » قد نقل نقلا أو بشىء من التصرف قليل أو كثير من الكتاب العربى المذكور . وقد أشار « پريستلى » فى كتاب له فى تاريخ الكشوف الضوئية[٢] الى ما ذكره « دلاپورتا »[٣] عن « ڤتلو » حيث قال ما معناه « أخطأ « ڤتلو » فى جل أقواله التى لم يحذ فيها حذو « الهازن » » ووصفه « بالقرد المقلد »[٤] .

ولبث هذا الكتاب المنقول من العربية الى اللاتينية مرجع أهل أوروبا فى علم الضوء خلال القرون الوسطى وفى إبان عصر النهضة . وقد بيّن « ڤيدمان »[٥] ومن نحا نحوه من المستشرقين الذين عنوا بدراسة بعض نواحى هذا الموضوع فضل هذا الكتاب على كثير من الأعلام البارزين من أهل أوروبا فى تلك العصور فيما تناولوه من الدراسات المتعلقة بعلم الضوء . وقد تبين لى على التحقيق أن جل البحوث والكشوف الضوئية التى تنسب الى علماء أوروبا حتى عصر النهضة قد وردت فيه .

وسيتبين فيما بعد أن كثيرين من مشهورى علماء أوروبا فى تلك العصور لم يسموا الى مستوى الآراء والفكر الأساسية التى بثت بين تضاعيفه . وقد كان للكتاب أثر عميق فى توجيه دراسة علم الضوء الى الوجهة الصحيحة . ولا نخطىء اذا قررنا هنا انه ظل طوال تلك القرون حتى القرن السابع عشر من المراجع المعتمدة فى هذا العلم ، والا لما دعا الأمر الى نشر ترجمته اللاتينية

---

(١) Opticae Thesaurus Alhazeni

(٢) A History of Discoveries relating to vision light and colours (1772) تأليف Priestley (١٧٣٣ — ١٨٠٤) أحد علماء الكيمياء الانكليز .

(٣) Della Porta (١٥٣٨ — ١٦١٥) أحد فلاسفة ايطاليا من « ناپولى » ومن المتواتر نسبة الخزانة المظلمة ذات الثقب اليه .

(٤) P. Bode فى رسالة عنوانها Die Alhazensche Spiegel-Aufgabe (1893)

(٥) E. Wiedemann فى رسالة عنوانها Zu Ibn Al Haitams Optik (1910)

فى أواخر القرن السادس عشر . ولا شك لدينا أن مستواه العلمى بوجه عام قد سما سمواً رفيعاً فوق مستوى كثير من الكتب العلمية التى ألفها الغربيون فى تلك العصور ، ومنها بعض مؤلفات « كپلر » [١] فى الضوء .

غير أن هوية مؤلف هذا الكتاب لبثت يكتنفها شىء من الغموض والابهام ردحاً طويلا من الزمن . فقد خال كثير من المؤرخين أن اسم « الهازن » انما هو تحريف اسم « الخازن » أو « الخازنى » فقيل [٢] ان هذه الأسماء جميعاً هى لمسمى واحد هو « أبو جعفر الخازن » مؤلف كتاب « زيج الصفائح » وكتاب « المسائل العددية » . وخصوصاً أن « رزنر » لم يعلم على التحقيق العصر الذى نشأ فيه « الهازن » . بل قد ذهب غير واحد من العلماء الذين ألفوا فى تاريخ العلم مثل « مونتوكلا » [٣] و « پريستلى » الذى تقدم ذكره الى الجزم بأن مؤلف كتاب الذخيرة ليس هو « ابن الهيثم » [٤] . واختلط الأمر على كثير من المؤرخين والكتاب ، فمنهم من ذكر أنه قضى أكثر حياته فى الأندلس [٥] ، ومنهم من قال انه من مصر ، ومنهم من جمع بين القولين [٦] ، فذهب الى أنه أقام فى الأندلس مدة وفى مصر مدة .

وأيضاً اختلط الأمر على بعض كتاب العربية المحدثين . فجورجى زيدان مثلا لم يذكر ابن الهيثم فى كتابيه تاريخ آداب اللغة العربية وتاريخ التمدن

---

(١) Kepler (١٥٧١ — ١٦٣٠) ونشير خاصة الى كتابه "Paralipomena ad Vitellionen" وقد أورد "Mach" فى كتابه The Physical Principles of Optics الموضوعات الأساسية فى ذلك الكتاب .

(٢) Journal of American Oriental Society Vol. VI. 1859 تعليق هيئة تحرير المجلة .

(٣) Montucla (١٧٢٥ — ١٧٩٩) . وهو عالم رياضى فرنسى مشهور له مؤلف قيم فى تاريخ علم الرياضة .

(٤) المجلة المشار اليها فى (٢) .

(٥) H. Crew تأليف The Rise of Modern Physics

(٦) The Intellectual Development of Europe تأليف Draper الجزء الثانى .

الاسلامى الا بمؤلفاته الرياضية ، دون أن يشير الى مؤلف له فى الضوء [١]. وسركيس فى معجمه ذكر أن الترجمة اللاتينية التى نشرها « رزنر » هى لكتاب فى البصريات للخازن . وعرض مثل هذا الغلط حتى فى كتب فى التاريخ لبعض المعاصرين .

وقد ساعد على غموض هوية المؤلف أن الأصل العربى لكتاب الذخيرة لم يك قد عثر عليه . وما ذكره « بروكلمن » عن مخطوط كتاب ابن الهيثم فى المناظر الموجود فى المكتبة الأهلية بباريس لا يمت لكتاب الذخيرة بصلة أو شبه . وقد تحقق لدى أنه تحرير « حسن بن شاكر » لكتاب أوقليدس فى المناظر وليس هو كتاب المناظر لابن الهيثم . فظل غامضاً لا هوية مؤلف الذخيرة فحسب بل العنوان العربى للكتاب الذى ألفه أيضاً .

وبقى الأمر كذلك حتى عثر « ڤيدمان » سنة ١٨٧٦ على مخطوط عربى فى مكتبة « ليدن » لكتاب فى الضوء عنوانه « تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر » مؤلفه « كمال الدين أبو الحسن الفارسى » وهو تنقيح كتاب المناظر لابن الهيثم . وقد عُنى « ڤيدمان » بالبحث عن تاريخ وضع كتاب التنقيح هذا ، واستدل على انه قد تم وضعه ما بين سنة ١٣٠٢ وسنة ١٣١١ بعد الميلاد ، ويرجح أن الفارسى قد بدأه قبل ذلك ، أى فى الأعوام الأخيرة من القرن الثالث عشر الميلادى [٢]. وقابل « ڤيدمان » بين التنقيح وبين كتاب الذخيرة اللاتينى « للهازن » فوجدهما متشابهين متطابقين ، الا فى مواضع علق فيها الفارسى من عنده على أقوال ابن الهيثم ، وفى مواضع أوجز أو أجمل فيها أقوال ابن الهيثم ، وفى أخرى ذكر فيها رأيه الخاص أو أضاف فيها نتيجة دراساته الخاصة . ولم يجد « ڤيدمان » مجالا للشك بأن كتاب الذخيرة

---

(١) تاريخ آداب اللغة العربيـة الجزء الثانى سنة ١٩١٢ ص ٣٤٨ والجزء الثالث سنة ١٩١٣ ص ١٠٧ وتاريخ التمدن الاسلامى الجزء الثالث سنة ١٩٢٢ ص ١٩٢ .

(٢) رسالة ڤيدمان المذكورة آنفا .

اللاتينى انما هو ترجمة كتاب المناظر لابن الهيثم [١] .

على هذه الصفة انجلى الغموض وعرف على التحقيق أن الأصل العربى للكتاب اللاتينى هو « كتاب المناظر للحسن بن الهيثم » . وأن لفظ « الهازن » انما هو تحريف « الحسن » لا الخازن أو الخازنى كما ظن أول الأمر .

٢ — رؤوس موضوعات كتاب ابن الهيثم فى المناظر

ويقع كتاب ابن الهيثم فى المناظر فى سبع مقالات جعلها ابن الهيثم فصولا نذكر فيما يلى مباحثها وموضوعاتها كما أوردها ابن الهيثم بلفظه :

المقالة الأولى

فى كيفية الابصار بالجملة

وهى ثمانية فصول :

الفصل الأول صدر الكتاب [٢] . الفصل الثانى فى البحث عن خواص البصر . الفصل الثالث فى البحث عن خواص الأضواء وعن كيفية إشراق الأضواء . الفصل الرابع فيما يعرض بين البصر والضوء . الفصل الخامس فى هيئة البصر . الفصل السادس فى كيفية الابصار . الفصل السابع فى منافع آلات البصر . الفصل الثامن فى علل المعانى التى لا يتم الابصار إلا بها وباجتماعها .

المقالة الثانية

فى تفصيل المعانى التى يدركها البصر وعللها وكيفية إدراكها

وهى أربعة فصول :

الفصل الأول صدر المقالة . الفصل الثانى فى تمييز خطوط الشعاع .

---

(١) رسالة ڤيدمان المذكورة آنفا .

(٢) هذا الفصل هو مقدمة للكتاب كله وهو من أجل ما كتب من المقدمات للكتب العلمية أودعه ابن الهيثم طريقته التى سلكها فى مباحث الكتاب . وقد أورده الفارسى بألفاظ ابن الهيثم من غير تعديل فى كتابه التنقيح وصدره بقوله : « وقد أوردته بلفظه تبركا من غير تصرف » .

الفصل الثالث فى كيفية إدراك كل واحد من المعانى الجزئية التى تدرك بحاسة البصر . الفصل الرابع فى تمييز إدراك البصر للمبصرات .

المقـالة الثالثة

فى أغلاط البصر فيما يدركه على استقامة وعللها

وهى سبعة فصول :

الفصل الأول صدر المقالة . الفصل الثانى فى تقديم ما يجب تقديمه لتبيين الكلام فى أغلاط البصر . الفصل الثالث فى العلل التى من أجلها يعرض للبصر الغلط . الفصل الرابع فى تمييز أغلاط البصر . الفصل الخامس فى كيفيات أغلاط البصر التى تكون بمجرد الحس . الفصل السادس فى كيفيات أغلاط البصر التى تكون فى المعرفة . الفصل السابع فى كيفيات أغلاط البصر التى تكون فى القياس .

المقـالة الرابعة

فى كيفية إدراك البصر بالانعكاس عن الأجسام الصقيلة

وهى خمسة فصول :

الفصل الأول صدر المقالة . الفصل الثانى فى أن صور المبصرات تنعكس عن الأجسام الصقيلة . الفصل الثالث فى كيفية انعكاس الصور عن الأجسام الصقيلة . الفصل الرابع فى أن ما يدركه البصر فى الأجسام الصقيلة هو إدراك بالانعكاس . الفصل الخامس فى كيفية إدراك البصر للمبصرات بالانعكاس .

المقـالة الخامسة

فى مواضع الخيالات وهى الصور التى ترى فى الأجسام الصقيلة

والمقالة فصلان :

الفصل الأول صدر المقالة [١] . الفصل الثانى القول فى الخيال [٢] .

---

(١) ذكر ابن الهيثم فى هذا الفصل مجمل مباحث المقالة وهى مواضع الخيالات من الأجسام الصقيلة وكيف تعتبر هذه المواضع وكيف تحصل وكيف توجد بالقياس والبرهان .

(٢) وهو الموضع من الكتاب الذى أورد فيه بحوثه عن نقطة الانعكاس .

المقـالة السادسة

فى أغلاط البصر فيما يدركه بالانعكاس وعللها

وهى تسعة فصول :

الفصل الأول صدر المقالة . الفصل الثانى فى أغلاط البصر التى تعرض من أجل الانعكاس . الفصل الثالث فى أغلاط البصر التى تعرض فى المرايا المسطحة . الفصل الرابع فى أغلاط البصر التى تعرض فى المرايا الكرية المحدبة . الفصل الخامس فى أغلاط البصر التى تعرض فى المرايا الاسطوانية المحدبة . الفصل السادس فى أغلاط البصر التى تعرض فى المرايا المخروطية المحدبة . الفصل السابع فى أغلاط البصر التى تعرض فى المرايا الكرية المقعرة . الفصل الثامن فى أغلاط البصر التى تعرض فى المرايا الاسطوانية المقعرة . الفصل التاسع فى أغلاط البصر التى تعرض فى المرايا المخروطية المقعرة .

المقـالة السابعة

فى كيفية إدراك البصر بالانعطاف من وراء الأجسام المشفة المخالفة الشفيف لشفيف الهواء

وهى سبعة فصول :

الفصل الأول صدر المقالة . الفصل الثانى فى أن الضوء ينفذ فى الأجسام المشفة على سموت خطوط مستقيمة وينعطف اذا صادف جسماً مخالف الشفيف لشفيف الجسم الذى هو فيه . الفصل الثالث فى كيفية انعطاف الأضواء فى الأجسام المشفة . الفصل الرابع فى أن ما يدركه البصر من وراء الأجسام المشفة المخالفة الشفيف لشفيف الجسم الذى فيه البصر اذا كان مائلا عن الأعمدة القائمة على سطوحها هو إدراك بالانعطاف . الفصل الخامس فى الخيال . الفصل السادس فى كيفية إدراك البصر

للمبصرات بالانعطاف . الفصل السابع فى أغلاط البصر التى تعرض من أجل الانعطاف .

وبه يختتم ابن الهيثم مباحث كتابه فى المناظر .

٣ — مبلغ ذيوع بحوث ابن الهيثم البصرية عند الاسلاميين

وقد كان ابن الهيثم من أعلام عصره الأفذاذ وبلغت شهرته آفاق العالم الاسلامى فى عصره ، وتناقلتها كتب التاريخ العربية من بعده ، فعلم بتأليفه لكتابه المناظر مشهورو المؤرخين لتراجم الحكماء والعلماء كابن القفطى وابن أبى أصيبعة . ونوه به ابن خلدون فى مقدمته قال « وأشهر من ألف فيه (أى علم المناظر) من الاسلاميين ابن الهيثم » . وذكره الأنصارى[1] فى كتابه « إرشاد القاصد الى أسنى المقاصد » بقوله « ومن المبسوطة (أى الكتب المبسوطة فى علم المناظر) كتاب ابن الهيثم » ، كما انه أشار الى كتاب ابن الهيثم فى المرايا المحرقة فى أقواله عن علم المرايا المحرقة . ولكن على الرغم من كل ذلك فمن المرجح لدينا أن كتاب المناظر لابن الهيثم لم يعم تداوله فى تلك العصور لدى المشتغلين بالعلم من الاسلاميين .

فالفارسى نفسه كما يستفاد من مقدمة التنقيح ، لم يكن بادىء الأمر يعلم بوجود هذا الكتاب . فلما اتصل بقطب الدين أبى الثناء محمود بن مسعود الشيرازى (١٢٣٧ — ١٣١١) وتتلمذ عليه[2] ، راجعه فى أمور تتعلق بانعطاف الضوء ، وما وجده فى بعض الكتب من القول بأن الزاوية الواقعة

---

(١) هو شمس الدين محمد بن ابراهيم بن ساعد الأنصارى الاكفانى السخاوى المتوفى سنة ٧٤٩ هـ .

(٢) لم يذكر الفارسى أين اتصل بالشيرازى . ومن المعلوم أن الشيرازى ولد فى شيراز وسعى الى طلب العلم فى البصرة وبغداد (ولعله حل بها قبل وقوعها فى أيدى المغول) ودمشق والقاهرة ثم استقر فى تبريز سنة ١٢٦٠ أى بعد وقوع بغداد بعامين . فاذا صح (كما يرى ڤيدمان) أن الفارسى أتم التنقيح فى أوائل القرن الرابع عشر فمن المرجح أن الفارسى اتصل به فى تبريز .

بين الشعاع الساقط وبين السطح الذي يحدث عنده الانعطاف تساوى الزاوية بين المنعطف وبين السطح المذكور . فتذكر الشيرازى أنه رأى فى ضباه ببعض خزائن الكتب بفارس كتابا فى المناظر منسوبا الى ابن الهيثم يقع فى مجلدين كبيرين . وسعى الشيرازى للحصول على الكتاب حتى وفق اليه بخط ابن الهيثم نفسه ، ودعا اليه الفارسى ، وناوله الكتاب .

وأيضا فان نظرية ابن الهيثم فى كيفية الابصار ، وهى النظرية التى تدور حولها بحوث الكتاب بوجه عام ، لا نجد لها أثراً فى أقوال الفلاسفة الطبيعيين ولا فيما شاع وتواتر لدى علماء الطب والتشريح من الاسلاميين المتأخرين عن ابن الهيثم ، وهم جميعا يتناولون كيفية الابصار فى بحوثهم . بل وفوق ذلك فان أقوال بعض أساطين العلم التعليمى من الاسلاميين المتأخرين تدل بجلاء على أنهم لم يطلعوا على كتاب ابن الهيثم فى المناظر ، وخفيت عنهم البحوث الجليلة التى تضمنها . فنصير الدين الطوسى (١٢٠١ — ١٢٧٤) مثلا مع علو مقامه كعالم من أعلام الرياضة وعلم الفلك ، ومع اهتمامه بعلم المناظر ، بدليل تحريره كتاب أوقليدس فى هذا العلم ، نجد له فى كتابه « تلخيص المحصل » أقوالا تقطع بأن مستوى معلوماته فى علم الضوء أدنى كثيرا من المستوى الذى رفع ابن الهيثم من قبل ، هذا العلم اليه . ففيما يتعلق بكيفية الابصار مثلا نجد الطوسى يقول « ان الابصار يكون إما بانطباع شبح المبصر فى البصر وإما بوقوع شعاع من البصر على المبصر ، والأقرب الى الحق هو الأخير . وينبغى ألا يلتفت الى من يبطل القول بالشعاع » . بل هو علاوة على ذلك يخطىء فى بعض المبادىء الأولية . فهو يقول عن انعكاس الضوء عن سطح المشف ونفوذه فيه « والانعكاس والانعطاف يكونان بزاويتين مساويتين لزاوية الشعاع » . ويعرف الطوسى زاوية الشعاع بأنها الزاوية بين الشعاع الممتد من البصر والسطح الصقيل . واذا ذكرنا أن الشيرازى تتلمذ على الطوسى ، كان من المحتمل أن الفارسى وهو يعرض شكوكه فى الانعطاف

على أستاذه الشيرازى انما كان يشير الى أقوال الطوسى فى هذا الشأن .

ولعل السبب فى عدم ذيوع بحوث هذا الكتاب لدى الاسلاميين لا يرجع الى صعوبة النشر وصعوبة تداول الكتب فى تلك العصور فحسب ، بل يرجع أيضا الى اضطراب الحالة السياسية فى العالم الاسلامى ، ذلك الاضطراب الخطير الذى نشأ من جراء وقوع الحروب الصليبية من ناحية ، واغارة التتار من ناحية أخرى ، وما انتاب العالم الاسلامى من الداخل ، من جراء ما أثارته الأهواء السياسية ، وما تبعها من نشاط بعض الرجعيين الحاقدين على أعلام عصورهم من رجال العلم والفلسفة . ولا شك ان هذه الحوادث كان لها أثرها السيىء الذى عاق بوجه عام استمرار تقدم العلم فى القرن الثانى عشر وما تلاه . ولاشك أن أثرها تناول مؤلفات ابن الهيثم كما تناول مؤلفات غيره ، وعاق انتشار بحوثه من بعده لدى الدوائر العلمية فى الأنحاء المختلفة من العالم الاسلامى [١] .

٤ — ترجمة ابن الهيثم

وابن الهيثم واسمه الكامل « الحسن أبو على بن الحسن بن الهيثم » [٢]

---

(١) يصح أن نمثل لذلك بما رواه القفطى عن عبد السلام بن جنكى دوست . وكان من فلاسفة عصره مقربا عند الناصر لدين الله (الرابع والثلاثين من خلفاء العباسيين المتوفى سنة ١٢٢٥ ميلادية) ، فوشى به بعض أرباب الشر وطعنوا فى عقيدته فسجن . وكانت له كتب كثيرة اقتناها وعنى بجمعها . فأمر باخراج كتبه الى ميدان من ميادين بغداد لكى يشهر بها وتحرق فى جمع من الناس . وعهد الى رجل يقال له ابن المارستانية لأداء هذا العمل . وأقيم له فى تلك الساحة منبر صعد عليه ، وأخذ يلعن الفلاسفة ومن يقول بقولهم . وكان يخرج الكتب كتابا كتابا ، فيبالغ فى ذمه وذم مؤلفه ثم يلقيه الى من يلقيه فى النار . وكان من شهود هذا المحفل يوسف السبتى الاسرائيلى وكان يجل العلم والعلماء . فراعه أشد الروعة أن شاهد فى يد ابن المارستانية كتاب ابن الهيثم فى الهيئة وابن المارستانية يشير الى الدائرة التى مثل بها ابن الهيثم الفلك فى ذلك الكتاب وهو يقول « وهذه الداهية الدهياء والنازلة الصماء والمصيبة العمياء » ثم يخرقها ويلقى بالكتاب تأكله النيران . وقد ذكر ڤيدمان أيضا هذه الحادثة فى احدى رسالاته .

(٢) ورد الاسم أحيانا « الحسن أبو على بن الحسين بن الهيثم » ولكننا نرجح المذكور فى المتن فهو الوارد فى مخطوطات المناظر وفى كثير من مقالاته .

ولد على الأرجح سنة ٣٥٤ من الهجرة (حوالى سنة ٩٦٥ ميلادية) [١] وكان أول أمره بالبصرة ونواحيها . ولكنه كان كثير الأسفار [٢] لم يستقر بها .

عنى أول نشأته بالتحصيل والالمام بما وصل اليه العلم والفلسفة فى عصره . وكان قد تم نقل ما نقل الى العربية من كتب الاغريق فى الفلسفة والعلم الطبيعى وشتى فروع العلم التعليمى ، من هندسة ومخروطات وجبر وحساب مثلثات وارثماطيق ، وما يتصل بها من بصريات هندسية ومرايا محرقة وفلك وميكانيكا ، مما يتناول مراكز الأثقال ورفع الأثقال والحيل وما الى ذلك . وكان قد تم أيضا نقل ما نقل من كتب الهند وفارس فى علم العدد وعلم الفلك . وكان قد تمكنت هذه العلوم جميعا فى اللغة العربية . وكان قد أخذ الاسلاميون فى شرحها والتعليق عليها وتصحيح أخطائها والاضافة عليها بما يبتكرون ويبدعون . وكان قد نبغ أعلام أفذاذ منهم فى الفلسفة الكندى والفارابى ، ومنهم فى الطب أبو بكر الرازى ، ومنهم فى الكيمياء جابر بن حيان ، ومنهم فى الرياضة الخوارزمى وثابت بن قرة وبنو شاكر ، ومنهم فى الفلك أبو معشر البلخى وحنين بن اسحاق وأحمد بن كثير الفرغانى وسهل بن بشر ومحمد بن جابر الحرانى المشهور بالبتانى وعبد الرحمن الصوفى وأبو الوفاء البوزجانى . وغير هؤلاء كثيرون يضيق المقام بذكرهم وتفصيل أعمالهم .

فابن الهيثم شهد عصرا صاخبا بجلبة الحركة الفكرية المتدفقة ، ومزدهرا بشتى الآراء لا فى أمور الاعتقادات والمذاهب الشرعية ، ولا فى أمور اللغة والأدب فحسب ، بل فى الأمور الفلسفية والعقلية والعلوم التعليمية أيضا .

---

(١) يستفاد من أقوال ابن أبى أصيبعة أن ابن الهيثم كان قد بلغ الثالثة والستين سنة ٤١٧ هـ .

(٢) ابن الهيثم نفسه فى مقالة له أوردها ابن أبى أصيبعة يشير الى رسائل ومصنفات له « ضاعت دساتيرها وقطع الشغل بأمور الدنيا وعوارض الأسفار عن نسخها » .

فقضى فى صبر ومثابرة مرحلة طويلة من حياته كانت بغيته فيها الالمام بنواحى النشاط الفكرى السائد فى ذلك العصر . وأخذ يدرس كل ما وقعت عليه يداه مما كان متوافرا من كتب المتقدمين . فى العلم التعليمى درس أصول أوقليدس ومخروطات أبولونيوس ومقالات أرشميدس ، فى مراكز الأثقال والمرآة المحرقة ، وما ألفه أوقليدس وبطليموس فى المناظر ، وكتاب المجسطى لبطليموس فى الفلك ، وما الى ذلك مما وضعه المتقدمون وما وضعه المتأخرون من الاسلاميين . ثم فى الفلسفة بفروعها الثلاثة المنطق والطبيعة وما بعد الطبيعة درس كتب أرسطو . وفى الطب درس كتب جالينوس . ولم يكتف بالاطلاع على هذه المؤلفات ومذاكرتها ، وانما عنى بوضع المذكرات فى موضوعات هذه الكتب ، وعنى بتلخيصها والتصنيف فيها لكى يدرك دقائق معانيها ، ولكى تستقر هذه المعانى فى ذهنه ، ولكى يتيسر له اذا ما خانته الذاكرة وأعوزته الحاجة أن يرجع اليها . وتوخى منها أيضا أن تكون مراجع يستفيد منها طلاب العلم عامة . وهو نفسه يقول بلفظه فى هذا الصدد « وأنا ما مدت لى الحياة باذل جهدى ومستفرغ قوتى فى مثل ذلك متوخيا منه أمورا ثلاثة . أحدها إفادة من يطلب الحق ويوثره فى حياتى وبعد مماتى . والآخر أنى جعلت ذلك ارتياضا لى بهذه الأمور فى إثبات ما تصوره وأتقنه فكرى من تلك العلوم . والثالث أنى صيرته ذخيرة وعدة لزمان الشيخوخة وأوان الهرم »[١] .

وبعد ما صنفه ابن الهيثم فى تلك العلوم بعشرات من الكتب[٢] . بلغ ما يتعلق منها بموضوعات الفلسفة والعلم الطبيعى ثلاثة وأربعين كتابا ، وما يتعلق منها بالرياضة والعلم التعليمى خمسة وعشرين ، فضلا عن كتاب فى الطب

---

(١) مقالته التى أشرنا اليها آنفا وأوردها ابن أبى أصيبعة .

(٢) وردت قائمة بالموجود من تصانيف ابن الهيثم كلها ومكان وجوده فى مقالة الدكتور محمد على حجاب عن « الثروة العلمية لابن الهيثم » : مجموعة أبحاث الجمعية المصرية للعلوم الرياضية والطبيعية الجزء الأول العدد الثالث ١٩٣٩ .

اعتمد فى تصنيفه على كتب جالينوس ، أودعه بجمل ثلاثين منها . وقد أورد ابن أبى أصيبعة فى كتابه أسماء هذه الكتب بالتفصيل ، واعتمد فى ذلك على مقالة لابن الهيثم اطلع عليها كانت بخط ابن الهيثم نفسه . ولا شك أن مثل هذا العمل المتشعب النواحى ينوء به الشخص المعتاد . خصوصا وانه لم يكن فى ذلك العصر مدارس نظامية تدرس فيها هذه الفروع من العلم دراسة منظمة ، تسهل على طلاب العلم تحصيلها كما هو الحال مثلا فى الوقت الحاضر . بل كانوا يعتمدون على أنفسهم ويعولون على جهودهم الشخصية ، وان تتلمذوا على بعض أعلام عصورهم البارزين ، ورحلوا فى طلبهم والاتصال بهم ، فلكى يسترشدوا بهم ويعرضوا عليهم شكوكهم ، لا ليتلقنوا منهم العلم كما يتلقنه التلاميذ فى المدارس . وقد كنا نود أن نعلم شيئا عن أساتذة استرشد بهم ابن الهيثم فى مبدىء حياته فى دراساته المتسعة فى مثل هذه الفروع المتعددة من العلم والفلسفة ، ولكننا لم نجد أحدا من مؤرخيه الذين اطلعنا على أقوالهم عنه قد ذكر شيئا فى هذا الصدد .

على هذه الصفة مضى ابن الهيثم فى تحصيل العلم . فأعد نفسه إعدادا كاملا وافيا مكنه بعد ذلك من الابداع والابتكار . وابن الهيثم وإن كانت بغيته الأولى من هذه المصنفات التى صنفها فى المرحلة الأولى من حياته ، التحصيل والالمام بما وصل اليه المتقدمون فى تلك العلوم ، فانه فى كثير منها لم يقتصر على التلخيص وحده ، بل تحرر من التقيد بآراء السابقين ، فأدلى بآرائه الشخصية التى تكونت ونضجت بعد تمحيص وطول دراسة . فمن مصنفاته فى ذلك العهد فى الفلسفة والعلم الطبيعى رسالات ، رد فيها على بعض علماء عصره والسابقين ، ككتابه « فى الرد على يحيى النحوى ما نقضه على أرسطوطاليس وغيره من أقوالهم فى السماء والعالم » ، ورسالته « الى بعض من نظر فى هذا النقد فشك فى معان فيه » ، وكتابه « فى الرد على أبى الحسن على ابن العباس بن فسانجس نقضه أراء المنجمين » ، ثم جوابه « على رد أبى الحسن

على معارضيه »، وأيضا مقالته « فى الرد على أبى هاشم رئيس المعتزلة ما تكلم به على جوامع كتاب السماء والعالم لأرسطوطاليس » ، وأيضا رسالات أخرى من هذا القبيل ينقض فيها إجابات عن مسائل سئل عنها بعض المعتزلة ، وأخرى سئل عنها بعض المنطقيين ، ومقالات ورسالات فى موضوعات خاصة من فروع الفلسفة والمنطق كمقالته فى « تباين مذهب الجبريين والمنجمين » ومقالته فى « أن البرهان واحد » ، وما الى ذلك مما ذكره ابن أبى أصيبعة ويطول شرحه وتفصيله .

كذلك من مصنفاته فى الرياضة أو العلم التعليمى فى ذلك العهد ما تدل عنواناتها على استقلال فى التفكير ، وعلى انه سلك فيها طرقا لم يسلكها المتقدمون . فمنها مثلا « كتابه الجامع فى أصول الحساب » وهو يقول عنه بلفظه « واستخرجت أصوله لجميع أنواع الحساب من أوضاع أوقليدس فى أصول الهندسة والعدد وجعلت السلوك فى استخراج المسائل الحسابية بجهتى التحليل الهندسى والتقدير العددى . وعدلت فيه عن أوضاع الجبريين وألفاظهم » . ومنها كتابه « فى الأصول الهندسية والعددية » ويقول عنه بلفظه « كتاب جمعت فيه الأصول الهندسية والعددية من كتاب أوقليدس وأبولونيوس ونوعت فيه الأصول وقسمتها وبرهنت عليها ببراهين نظمتها من الأمور التعليمية والحسية والمنطقية حتى انتظم ذلك ، مع انتقاض توالى أوقليدس وأبولونيوس » . فهو كما يستفاد من قوله هذا قد رتب فيه النظريات وبرهن عليها ببراهين متتابعة ، فى حين انه لا يوجد بين الأصلين اللذين أخذ عنهما تتابع أو اتصال . ومنها كتابه « فى حل شك على أوقليدس فى المقالة الخامسة من كتابه » ، ورسالته « فى برهان الشكل الذى قدمه أرشميدس فى قسمة الزاوية ثلاثة أقسام » ، ويقول بلفظه « ولم يبرهن أرشميدس عليه » . ومنها أجوبته عن سبع مسائل تعليمية سئل عنها فى بغداد ، وغير ذلك كثير .

كذلك كانت لبعض مصنفاته مسحة يصح أن نسميها محلية، تتفق وظروف الحياة ولوازم المجتمع فى الأمصار الاسلامية. كمقالته «فى استخراج سمت القبلة» ومقالته «فيما تدعو اليه حاجة الأمور الشرعية من الأمور الهندسية» ومقالته «فى تفضيل الأهواز على بغداد». وكان للبعض الآخر من مصنفاته مسحة تطبيقية، يطبق فيها العلم فى الأغراض العملية، مثل مقالته «فى استخراج ما بين بلدين فى البعد بجهة الأمور الهندسية» ومقالته «فى اجراءات الحفور والأبنية بجميع الأشكال الهندسية» ويقول عنها بلفظه «حتى بلغت فى ذلك الى أشكال قطوع المخروط الثلاثة المكافىء والزائد والناقص».

فان كانت هذه المصنفات قد ظهرت فى المرحلة الأولى من حياته وهى المرحلة التى يغلب فيها التحصيل فلا يخفى أن تقسيم حياة الفرد قسمين نسمى الأول مرحلة التحصيل ونسمى الثانى مرحلة الابتكار لا يجوز إلا إجمالا. فحياة الفرد وحدة متصلة لا تقبل التجزئة. وكما أن الانسان لا ينقطع عن التحصيل إلا بانقضاء الأجل فكذلك الابداع فى العلم كثيراً ما ينتج فى مقتبل العمر. فان كان ابن الهيثم يوقت تصانيفه التى تناولناها بالذكر آنفا بذى الحجة من سنة ٤١٧ من الهجرة، وكان قد بلغ الثالثة والستين، ولم يك قد ظهرت بعد أجل أعماله العلمية قيمة وأرفعها شأنا، وهى بحوثه المختلفة فى علم الضوء التى سنتناول بيانها فى هذا الكتاب وغيرها من البحوث فى بعض فروع الرياضة والفلك مما لا نتعرض له، فانه من المحقق أن موضوعات هذه البحوث قد شغلت عقله الجبار من قبل، ومن المحقق أن بعض عناصر هذه البحوث المتأخرة قد توافرت لديه دراستها من قبل. وهو نفسه يذكر فى مقدمة كتابه فى المناظر أنه كان قبل هذا الكتاب ألف مقالة فى علم المناظر ويقول بلفظه «فمن وقع اليه المقالة التى ذكرناها فليعلم انها مستغنى عنها بحصول المعانى التى فيها فى مضمون هذا الكتاب».

ومن المحقق أيضا أن شهرته كعالم فذ متقن للعلوم الرياضية أو التعليمية

واقف على غوامضها ومتفنن فيها ، كانت قد ذاعت فى أنحاء العالم الاسلامى قبل هذا التاريخ . بل وكذلك شهرته وعلو كعبه فى الأمور الفلسفية والمنطقية وفى العلم الطبيعى . وإلا فكيف يستفتيه أهل بغداد عما خفى عن أذهانهم من المسائل التعليمية وهى زاهرة بصفوة علماء العصر ، أو كيف يدلى بآراء له خاصة يعترض بها لا على بعض أكابر علماء المنطق فحسب بل وعلى بعض رؤساء المعتزلة ويصحح بها أقوالهم ؟

ويصح أن نستنبط من تصانيفه ذات الصبغة العملية التى أشرنا اليها آنفا أنه كان علاوة على ذلك ذا دراية بأعمال الهندسة وفنونها . ويعزز هذا ما ذكره ابن القفطى (١) صراحة وما ذكره البيهقى (٢) ضمنا فى هذا الصدد . ويعززه أيضا ما ذكره الأنصارى (٣) عن كتاب ابن الهيثم فى علم عقود الأبنية . والأنصارى يعرف هذا العلم قائلا بلفظه « وهو الذى يتعرف منه أحوال أوضاع الأبنية وكيفية شق الأنهار وتنقية القنى وسد البثوق وتنضيد المساكن . ومنفعته عظيمة فى عمارة المدن والقلاع والمنازل وفى الفلاحة » ويعززه أيضا أن لابن الهيثم كتابا « فى المساحة » ذكره ابن أبى أصيبعة وذكره القفطى بين مؤلفات ابن الهيثم (٤) . وعلم المساحة يعرفه الأنصارى بأنه « علم يتعلم منه مقادير الخطوط والسطوح والأجسام ، ما يقدرها من الخط والمربع والمكعب ، ومنفعته جليلة فى أمر الخراج وقسمة الأرضين وتقدير المساكن وغيرها » . اذن ابن الهيثم قد عرف أيضا فى عصره وعرف لدى مؤرخيه بأنه كان مهندساً متفنناً فى فنون الأعمال الهندسية له

(١) كتاب أخبار العلماء بأخبار الحكماء .

(٢) كتاب تتمة صوان الحكمة . ويقول البيهقى « قد صنف (ابن الهيثم) كتابا فى الحيل وبيّن فيه حيلة اجراء نيل مصر عند نقصانه فى المزارع » .

(٣) كتاب إرشاد القاصد الى أسنى المقاصد .

(٤) من الموجود من تصانيف ابن الهيثم مقالة فى المساحة ألفها لكى يستعين بها المشتغلون بهذا الفن وطبعت بالهند ضمن مجموعة رسائل له سنة ١٣٥٧ هـ .

فيها آراء. كان لها خطرها وقيمتها فى تلك العصور.

ويروى ابن القفطى أن الحاكم بأمر الله الفاطمى وكان صاحب مصر فى ذلك العهد بلغه نبأ ابن الهيثم وعلو مقامه فى العلم التعليمى. وأيا ما قيل عن غموض شخصية الحاكم ومهما كثرت الأقوال عن تصرفاته الشاذة، فالتاريخ لا ينكر أنه كان للحاكم ميل الى الحكمة والفلسفة وكانت له رغبة فى تشجيع العلم والعلماء. فقد آوى اليه كثيراً من أطباء عصره وأسس فى القاهرة «دار الحكمة» وكانت تعرف أيضا بدار العلم. وأنشأ فى المقطم مرصداً جعل فيه ابن يونس المصرى (٩٥٠ م — ١٠٠٨ م) أحد مشهورى علماء الفلك الاسلاميين، الذى انقطع الى الرصد فى ذلك المرصد حتى جمع نتائج إرصاده فى جداول أطلق عليها اسم الحاكم وصارت تعرف فى تاريخ علم الفلك «بالرصد أو الزيج الحاكمى». وقد بلغ الحاكم أيضا بحسب رواية ابن القفطى قول ابن الهيثم «لو كنت بمصر لعملت فى نيلها عملا يحصل به النفع فى كل حالة من حالاته من زيادة ونقص. فقد بلغنى انه ينحدر من موضع عال وهو فى طرف الاقليم المصرى». فاشتاق الحاكم الى رؤيته ولعله أراد أن يستفيد به فيما قال فى أمر النيل، ولعله أراد أيضا أن يأويه اليه ويشمله بعطفه لكى يستأثر بفخر استظلاله برعايته وانتسابه اليه. فأرسل اليه أموالا وهدايا ورغبه فى الحضور الى مصر. وخرج الحاكم نفسه لاستقباله خارج مدينة القاهرة. والتقى به فى قرية بالقرب من أحد أبوابها وأكرم وفادته وأمر باكرام مثواه.

ويروى ابن القفطى أن الحاكم استمهله أياما حتى استراح من عناء السفر ثم طالبه بما قال فى أمر النيل. ويروى أيضاً أن ابن الهيثم قد سار «ومعه جماعة من الصناع المتولين للعمارة بأيديهم»، وكأنه على رأس بعثة هندسية بأدق المعانى الحديثة لهذه العبارة، يتتبع مجرى النيل من القاهرة الى جنوبى أسوان يدرسه ويعاينه، حتى بلغ مكانا يقول ابن القفطى انه كان يسمى الجنادل ولعله الشلال لم يجده ابن الهيثم كما بلغه من قبل موضعا عاليا ينحدر منه النيل على

حدود القطر المصرى . فعاينه واختبره من جانبيه . وفكر وقدر ، فلم يجد الأمر متفقا وفكرته الهندسية التى خطرت له . فعاد الى القاهرة وهو فى أشد حالات الخجل والانخذال واعتذر الى الحاكم .

تلك رواية ابن القفطى (١) ويستفاد أيضا من روايته أن ابن الهيثم وقد رأى فى رحلته الى صعيد مصر ما رأى من آثار قدماء المصريين وما هى عليه من إحكام الصنعة وجودة الهندسة ، وما عليها من رسوم ونقوش ذات أشكال هندسية وتخطيطات فلكية تشير الى علو مقامهم فى الحضارة والعلم ، خارت عزيمته وتبين له أن ما يريده إن كان ممكنا لسبقه اليه من تقدمه . ونحن نرى أن الأمر لا يضير ابن الهيثم قليلا أو كثيرا . فمكانته كعالم من علماء العلم التعليمى لم تمس ، ومكانته كمهندس لم تمس أيضا ، لأنه بنى ما قال فى النيل على ما بلغه من انحداره من مكان مرتفع على حدود الاقليم المصرى ولم يكن قد عاين هو نفسه ذلك المكان من قبل . وإن كنا لا نعلم على التحقيق ماهية المشروع الذى خطر له أو نوع العمل الذى فكر فيه ، فان أخذه الصناع والمحترفين لأعمال البناء إن دل على شىء ، فهو يدل على أن مشروعه كان إنشاء شىء من قبيل الخزان . فهل يضيره أنه سبق زمانه وفكر فى مشروع تحقق بعد وفاته بأكثر من ثمانية قرون ونصف قرن ؟

---

(١) روى البيهقى فى تتمة صوان الحكمة هذا الحادث برواية أخرى . فبعد أن ذكر الكتاب الذى قال ان ابن الهيثم ألفه فى الحيل قال بلفظه « وحمل (ابن الهيثم) الكتاب وقصد قاهرة مصر ونزل فى خان . فلما ألقى عصاه قيل له ان صاحب مصر الملقب بالحاكم على الباب يطلبك . فخرج أبو على ومعه كتابه وكان أبو على قصير القامة وعلى باب الخان دكان ، فصعد أبو على الدكان ، ودفع الكتاب الى صاحب مصر . وصاحب مصر راكب حمارا مصريا مع آلات مفضضة . فلما نظر صاحب مصر فى الكتاب قال له أخطأت . فان مؤونة هذه الحيلة أكثر من منافع الزرع وأمر بهدم الدكان ومضى . فخاف أبوعلى على نفسه وهرب حين جن الليل وأقام بالشام ... الخ » وقد استبعدنا رواية البيهقى لأنها (فى نظرنا) تتضمن عناصر بعيدة الاحتمال . فضلا عن أن غيره من مؤرخى ابن الهيثم مجمعون على انه أقام فى مصر وتوفى بالقاهرة .

وأغلب الظن ان هذا الحادث كان له أثر عميق فى نفسية ابن الهيثم . ومن المحقق انه كاد يقضى على استمرار حياته العلمية ونشاطه الفكرى . فالحاكم كما يقول ابن القفطى تظاهر بقبول عذره ، وتظاهر باقتناعه بما أبدى من الأسباب ، وولاه منصبا من مناصب الدولة . ولو أنصف الحاكم لجعله بين من جمعهم من العلماء فى دار الحكمة أو لألحقه بابن يونس ، أو جعله خليفة له فى المرصد . ولعل منزلة ابن الهيثم العلمية كانت فى نظر الحاكم قد هبطت من جراء فشله فى تحقيق ما وعد من أمر النيل . ولعل ابن الهيثم قد آنس ذلك فلم يجرؤ على الاعتذار عن قبول المنصب ، فتولاه رهبة من الحاكم لا رغبة فيه .

وتولّى ابن الهيثم منصبا من مناصب الدولة وهو كاره له أمر لم ينفرد بذكره ابن القفطى وحده . فقد رواه ابن أبى أصيبعة عن « علم الدين قيصر بن أبى القاسم بن عبد الغنى بن مسافر الحنفى المهندس »[1] وهو من أعلام عصره فى العلوم الرياضية والهيئة .

ولم يكن ابن الهيثم ممن يستسيغ أعمال الدواوين أو يوثرها على حرية البحث والنظر فى العلم . ففكر فى حيلة يتخلص بها دون أن يجلب على نفسه غضب الحاكم ، وهو مشهور عنه انه « كثير الاستحالة ، سريع التقلب ، مريق للدماء » . فلم يجد وسيلة غير أن يتظاهر بالجنون ، وخبال العقل . فأشاع ذلك عن نفسه ، حتى بلغ الحاكم ، فعزله من منصبه وصادر أمواله وعين عليه من يقوم بخدمته . ويقول ابن القفطى « وترك فى موضع من منزله حتى توفى الحاكم » وكانت وفاته سنة ٤١١ من الهجرة وهى سنة ١٠٢٠ ميلادية .

---

(١) قال « قد وزر (أى ابن الهيثم) وكانت نفسه تميل الى الفضائل والحكمة والنظر فيها ويشتهى أن يتجرد عن الشواغل التى تمنعه من النظر فى العلم فأظهر خبالا فى عقله وتغيراً فى تصوره وبقى كذلك مدة حتى مكن من تبطيل الخدمة وصرف من النظر الذى كان فى يده ، ثم انه سافر الى ديار مصر وأقام بالقاهرة فى الجامع الأزهر بها » .

ولما تحقق من وفاة الحاكم استوطن غرفة بالقرب من الجامع الأزهر[١] وعاد الى ماكان عليه من الانقطاع للعلم والبحث فيه . ولبث بعد ذلك حيا نيفا وثمانية عشر عاما . وفى خلال هذه الفترة ظهر كتابه المناظر ، وأتم أكبر أعماله العلمية قيمة وأخطرها شأنا .

ولم يك ابن الهيثم فى سعة من الرزق . وكان يعتمد فى قوته على نسخ الكتب العلمية وبيعها . وكان له كما يقول ابن القفطى « خط قاعد فى غاية الصحة » ولم يكن شأنه كشأن غيره من النساخ الذين ينقلون ما لا يعقلون . وروى ابن القفطى ما سمعه من « يوسف الفاسى الاسرائيلى » الحكيم حيث قال « سمعت أن ابن الهيثم كان ينسخ فى مدة سنة ثلاثة كتب فى ضمن أشغاله ، وهى أوقليدس والمتوسطات والمجسطى ، ويستكملها فى مدة السنة . فاذا شرع فى نسخها جاءه من يعطيه فيها خمسين ومائة دينار مصرى . وصار ذلك كالرسم الذى لا يحتاج فيه الى مواكسة ولا معاودة قول فيجعلها مؤونة لسنته » .

واشتهرت الكتب التى كان ينسخها لا بجودة النسخ فحسب بل بدقتها العلمية الممتازة . وكانوا يقدرونها قدرا كبيرا ويعتزون بها ويفخرون بالحصول عليها .

وعلى هذه الصفة عاش ما بقى من حياته حتى توفى بالقاهرة فى أواخر سنة ثلاثين وأربعمائة من الهجرة أو أوائل السنة التى تلتها أى حوالى النصف الأخير من سنة تسع وثلاثين وألف ميلادية .

وذكر ابن القفطى أن الناس قد أخذوا عن ابن الهيثم واستفادوا منه . ولكنا لا نعلم كثيرا عن تلاميذ له اتصلوا به واجتمعوا اليه واسترشدوا بعلمه . وغاية ما وصل اليه علمنا أن « أبا الوفاء المبشر بن فاتك »[٢] وأصله من دمشق وموطنه مصر وكان من علماء عصره وأخذ عنه بعض مشهورى

(١) يقول القفطى « استوطن قبة على باب الجامع الأزهر » .

(٢) ترجمته فى كتابى القفطى وابن أبى أصيبعة .

زمانه[١]، قد اتصل بابن الهيثم وتتلمذ عليه فى علوم الرياضة مدة من الزمن.

وقد كان ابن الهيثم أعظم علماء عصره الزاهر فى العلوم التعليمية، وأقر له بذلك جميع مؤرخيه، ويسميه البيهقى « الحكيم بطليموس الثانى »، ويشهد على ذلك ما بقى من مؤلفاته القيمة العدة فى فروع العلم المختلفة. وهى مثل عليا تدل على مبلغ رقى العلم فى ذلك العصر. وقد أثنى عليه الفارسى فى أكثر من موضع من كتابه التنقيح ثناء هو أهله، وعنى عناية خاصة بأن يبين أن موقفه وهو ينقح كتاب المناظر، من ابن الهيثم مؤلفه، ليس هو موقف المصلح من المسىء أو المصحح من المخطىء. ويقول « فان الرجل (أى ابن الهيثم) أجل من أن ينظر اليه من فوق، ولله العجب من مدقق بارز فى ميدان التعاليم فبرز، وسابق فرسان فنونها فسبق، وخاطرهم ففاز بالقدح المعلى. جزاه الله فى دار البقاء عن الطلبة خير الجزاء » وهو فى أكثر من موضع يورد فيه له رأيا يخالف به رأى ابن الهيثم، أو قولا ينقده فيه، أو يزيد به الأمر شرحا وتفصيلا، أو يوجز فيه أقوال ابن الهيثم إجمالا، يذكر ابن الهيثم بما يليق به من الاجلال والاحترام[٢]. بل ومن دلائل إعجاب الفارسى بابن الهيثم وعظيم تقديره لقيمة كتاب المناظر، وما احتواه من المعلومات والحقائق المستندة كما يقول الفارسى بلفظه «الى تجارب صحيحة، واعتبارات محررة بآلات هندسية ورصدية، وقياسات مؤلفة من مقدمات صادقة »، انه لما فكر فى تنقيح الكتاب، لم يبغ غير تبسيطه، لكى يتسع تداوله بين طلاب العلم فى ذلك العصر، وأحجم أول الأمر عن أن يقوم هو نفسه بهذا العمل الخطير، وكان يرغب رغبة صادقة فى أن يقوم بالتنقيح أستاذه الشيرازى لعلو مقامه وواسع علمه وخبرته. فعرض الأمر عليه. وكان الشيرازى فى ذلك الحين مشغولا

---

(١) منهم سلامة بن رحمون أبو الخير اليهودى المصرى وترجمته فى كتاب القفطى.

(٢) لعل الموضع الوحيد الذى يقسو فيه الفارسى بعض القسوة عند الاعتراض على ابن الهيثم هو الموضع الذى فند فيه رأى ابن الهيثم فى الألوان.

بشرح « الكليات» من كتاب « القانون » لابن سينا فى الطب . وكان الشيرازى يود قبل عثوره على كتاب المناظر أن ينقح كتاب المخروطات لأبولونيوس ، فلم يسعه التفرغ الى هذا أو ذاك لاشتغاله بالكليات ، وكانت الحاجة ماسة اليه فى ذلك الوقت[١] . فرأى الشيرازى أن يعهد الى تلميذه الفارسى بتنقيح الكتابين بارشاده وبمعاونته . وكان على هذه الصفة أن أخذ الفارسى على عاتقه القيام بتنقيح المناظر حيث بدأ به . ولا نعلم أأعقبه بتنقيح المخروطات أم لم يعقب .

وعظمة ابن الهيثم العلمية لم يشبها قط شائبة من الغرور أو يمسسها ضعف من الخلق ، بل زادها متانة الخلق وجمال التواضع جلالا وبهاء . فهو مثلا إن ذكر أبولونيوس وهو يحيل على كتاب المخروطات فى بعض براهينه ، وصفه بالفضل وقال « أبولونيوس الفاضل »[٢] . وإن باشر بحثا من بحوث المتقدمين ، وصلوا فيه الى نتيجة لم يبينوا البرهان على صحتها ، أو لم يشرحوا طريقتهم اليها شرحا أقنعه ، ذكرهم أحيانا إسما إسما ، واكتفى أحيانا بالاشارة اليهم بقوله أصحاب التعاليم ، لشهرة أسمائهم فى تلك العصور ، ثم أقر لهم بما وصلوا اليه ، وبيّن الغاية التى يريدها من إعادة بحث الموضوع . وإن أراد أن يستخدم فى بحوثه بعض نتائجهم ، نص على ذلك وذكر مواقعها فى كتبهم . فهو مثلا فى وصف تركيب العين يقول « وجميع ما ذكرناه من طبقات العين وتركيبها قد بينه وشرحه أصحاب التشريح فى كتب التشريح » . وإن ذكر رأيا رآه خطأ من آراء المتقدمين ، تلطف وقال مثلا « فان المظنون من رأيهم »[٣] ، وإن أراد أن يبطل لهم رأيا ، بدأ ببيان وجهة نظرهم والأسباب

(١) روى الفارسى ذلك كله فى مقدمة التنقيح وروى قول الشيرازى له « لا يسعنى التفرغ اليهما لاشتغالى بشرح الكليات من كتاب القانون فى الطب ، وفيه شغل عن جميع المهام لما امتد اليه أعناق الطلب من أفاضل الأنام وأكابر الأيام » .

(٢) مقالة ابن الهيثم فى المرايا المحرقة بالقطوع .

(٣) مقالة ابن الهيثم فى ضوء القمر .

التى دعتهم الى القول بذلك الرأى ، وبحث عن المسوغات كأنه يعتذر لهم بها عن خطئهم . وهو فى صدد بيانه لنظريته فى الإبصار ، التى أبطل بها النظرية القديمة ، لايجحد المزايا العلمية للنظرية القديمة ، وانما يعرض نظريته كنظرية تجمع بين مزايا النظرية القديمة ، وبين مزايا مذهب الفلاسفة الطبيعيين فى الإبصار ، على الرغم مما فى هذا المذهب من الغموض . وهو أن ابتكر فكرة جديدة ، أو تناول بحثًا لم يسبقه اليه أحد ، قنع بالاشارة الى ذلك بمثل قوله « ولا نعرف واحدا من المتقدمين ولا المتأخرين بـيَّن هذا المعنى ولا وجدناه فى شىء من الكتب » .

فابن الهيثم فوق ما وصفه به ابن أبى أصيبعة بقوله « كان فاضل النفس وافر التزهد محباً للخير » ، وفوق ما وصفه به البيهقى بقوله « وكان أبو على ابن الهيثم ورعا متعبداً منظما لأوامر الشريعة » ، وفوق ما ذكره من الأمثلة التى تدل على قناعته باليسير الذى لا يسد إلا مطالب الحياة الضرورية ، وفوق حبه عمل الخير لذاته لا يبغى من ورائه أجراً أو جزاء ، وفوق زهده عن المال وترف العيش ، ابن الهيثم فوق كل هذا وذاك ، كان كما يتبين من أقواله الواردة فى تضاعيف بحوثه ، متواضعا مقراً بالفضل لذويه ، مقدراً السابقين من العلماء حق التقدير ، يذكرهم بالفضل والاحسان ، وينصفهم حقوقهم كاملة . ومن أقواله التى ذكرها البيهقى « اذا وجدت كلاما حسنا لغيرك فلا تنسبه الى نفسك واكتف باستفادتك منه . فان الولد يلحق بأبيه والكلام بصاحبه . وإن نسبت الكلام الحسن الذى لغيرك الى نفسك ، فينسب غيرك نقصانه ورذائله اليك » .

٥ — الاتجاه الفلسفى فى تفكير ابن الهيثم

يعرض لكثير من المفكرين فى أوائل أدوار نضجهم الفكرى ضرب من التشكك والحيرة ، يؤدى عادة الى توجيه تفكيرهم الى وجهة فلسفية خاصة .

كذلك عرض لابن الهيثم خصوصا عند ما بدأ فى التفكير فى تعدد الفرق وتمسك كل فرقة بما لديها ، وما بين مذاهب تلك الفرق من الاختلاف والتباين فى الاعتقاد والرأى . وهو يقول بلفظه « انى لم أزل منذ عهد الصبا مرويا فى اعتقادات هذا الناس المختلفة ، وتمسك كل فرقة منهم بما تعتقده من الرأى . فكنت متشككا فى جميعه موقناً بأن الحق واحد »[١] . ولكنه أدرك منذ أول عهد هذا التشكك ، أن الحقائق فى ذواتها لا بد أن تكون واحدة . فمن الواجب عقلا ومنطقا أن تتفق عليها جميع المذاهب . ورأى أن تباين الآراء وتناقضها انما هما يرجعان الى الطرق المسلوكة الى بلوغ تلك الآراء . فهل من طريق أمثل ، يؤدى سلوكه الى الحقائق ، التى بها كما يقول بلفظه « تنكشف تمويهات الظنون وتنقشع غيابات المتشكك المفتون » ؟

هو نفسه يجيب عن مثل هذا التساؤل فيقول « فرأيت انى لا أصل الى الحق إلا من آراء يكون عنصرها الأمور الحسية ، وصورتها الأمور العقلية . فلم أجد ذلك إلا فيما قرره أرسطوطاليس من علوم المنطق والطبيعيات والالهيات ، التى هى ذات الفلسفة وطبيعتها »[٢] .

ومن جراء ذلك آثر من بين الفلسفات القديمة فلسفة أرسطو ، وانطلق يدرسها دراسة عميقة ، لكى يلم بنواحيها العدة ، ويستوعبها تفصيلا وإجمالا .

وفلسفة أرسطو تعد حلقة الاتصال بين الفلسفة الخيالية النظرية وبين التعاليم العلمية العملية . حاول فيها أرسطو أن يجرد الفلسفة من الخيالات الشعرية ، التى صاغها فيها أفلاطون من قبله . وحاول أن يؤسسها على الواقع ومشاهدة الواقع ، فيعيد الى عالم الحس ، شيئا من خطره الذى أنكره أفلاطون . وحاول أرسطو أن يجعل منها وحدة ، تنتظم بها ظواهر العالم . فان آثر ابن الهيثم هذا النوع من الفلسفة فلأنه وجد فيه هذه العناصر متوافرة .

---

(١) مقالة ابن الهيثم التى أوردها ابن أبى أصيبعة .

(٢) » » » »

وقد أعجب ابن الهيثم بطريقة أرسطو فى عرض فلسفته إعجابا حداه إلى إجمال موضوعات هذه الفلسفة، وبيان تتاليها بعضها فى إثر بعض. فبيَّن[1] أن أرسطو بدأ بالمنطق وتدرج من الأمور الكلية والجزئية والعامة والخاصة، الى الألفاظ المنطقية، ثم الى المعانى التى تركب مع الألفاظ، فيكون منها الكلام المفهوم. ثم خص من الكلام المفهوم الأخبار التى هى القضايا، والتى هى عنصر القياس ومادته. ثم تناول الكلام على القياس وقسم مقدماته، وبيَّن وجوه اكتساب المقدمات، ومن بعده الكلام فى طبيعة البرهان. ثم ذكر ابن الهيثم أن أرسطو عقب على المنطق بكلام فى الصناعات الأربع، التى هى الجدلية والمرانية والخطابية والشعرية. ثم تناول بعد ذلك الأمور الطبيعية فى كتابه السماع الطبيعى، فعالج فيه ستة أمور أساسية، هى بمنزلة المبادىء الكونية والطبيعية، وهى المكان والخلاء واللانهاية والزمان والحركة والمحرك الأول. وقال ابن الهيثم أن أرسطو ذهب الى أنها أمور معلومة بالطبع، لا يحتاج لعلمها الى برهان. ثم مضى يبين أن أرسطو تلا تلك البحوث بكتابه فى الكون والفساد، ثم بكتابه فى الآثار العلوية، وذكر المعدنيات فى آخره، ثم بكتابه فى النبات والحيوان، ثم بكتابه فى السماء والعالم ثم فى النفس. وانه ختم سلسلة تلك البحوث بكتابه فيما بعد الطبيعة.

أغلب الظن أن ابن الهيثم قد أعجب بهذا التقسيم وما فيه من سياق. وإن كان تأليف هذه الكتب أو ظهورها فى حيز الوجود لم يتبع هذا السياق من حيث الزمن، فحسب ابن الهيثم انه رأى فى هذه البحوث سياقا منطقيا، ورأى فيها تسلسلا حلقته الأخيرة بحوث ما بعد الطبيعة. وأغلب الظن أيضا أن أسلوب أرسطو فى بيان فلسفته، ذلك الأسلوب الذى خالف فيه من سبقه، والذى عدل فيه عن أسلوب الحوار والجدل، الى النص على آرائه وأفكاره نصا صريحا، مع شرح المعانى التى يعنيها وتحديدها، ان هذا الأسلوب

(١) مقالة ابن الهيثم التى أوردها ابن أبى أصيبعة.

قد لقى لدى ابن الهيثم قبولا وارتياحا . وابن الهيثم يختم أقواله التى ذكرها عن بحوث أرسطو بقوله « انه أحكم الأصول التى فيها يسلك الى الحق ، فيدرك طبيعته وجوهره ، وتوجد ذاته وماهيته » .

وإيثار ابن الهيثم لفلسفة أرسطو له فى نظرنا دلالة واضحة على اتجاه تفكيره ومنحاه الفلسفى . فهو يعنى بالأمور الحسية ، ويتخذها سبيلا الى معرفة الواقع . ويعنيه من السبل التى يسلك فيها الى العلم ما تكون عناصرها هذه الأمور ، وما تكون مباحثها مجردة من الشعر والخيال ، ترد فيها الأقوال محدودة المعانى . وفى نظرنا أن شأن ابن الهيثم فى ذلك ، شأن رجال العلم الحديث ، وانه من فرقة « الواقعيين » الذين يصح أن نجمل مذهبهم فى أنهم يرون أن العالم الطبيعى موجود فى ذاته وجودا عينيا ، خارج الذهن أو العقل ، وان الحواس هى أدوات إدراكه .

ويعزز هذا ما يمكن أن يُستنبط من بين تضاعيف بحوث ابن الهيثم وأقواله التى سيرد بيانها فى هذا الكتاب . فابن الهيثم أول من قال بأن الضوء هو العامل الخارجى الذى يحدث الاحساس البصرى . فواضح انه عدّ الضوء شيئا له وجود فى ذاته ، وان الإبصار يحدث من تأثير هذا « الموجود » فى البصر . وبحوثه المطولة المتعددة النواحى عن الإبصار كلها تشف عن مذهبه الواقعى . فالمبصرات مثلا لها فى ذاتها وجود ، ويتقوم وجودها فى نظره من مقوّمات ، تدرك لها بتوسط حاسة البصر معانى ، هى التى يسميها « المعانى المبصرة » ، مثل الوضع والبعد والشكل والتجسم والعظم وما الى ذلك . فان أدركت هذه المعانى من مبصر ، على ماهى عليه فى الواقع ، أدرك المبصر على ما هو عليه فى الواقع . وهذه الفكرة التى تشف عنها بحوثه جميعا ، تفضى حتما الى مسألة أخرى . فاذا كان للمحسوسات وجود ، والحواس هى أدوات إدراكها ، فالحواس كثيرا ما تخطىء . فهل العلم الذى السبيل اليه الأمور الحسية ، هو العلم بالمحسوس الموجود على ما هو عليه فى الواقع ؟

أقوال ابن الهيثم التى نعنى بها هنا مقصورة على الإبصار ولكنها تنم بوضوح عن اتجاهه الفلسفى فى هذه المسألة أيضا . فهو على التحقيق لا يرضى باللا أدرية . فهى كعقيدة تهدم وتبطل العلم وتنفيه ، لا تنشىء ولا تبنى ، فكيف تتفق والانقطاع للعلم والبحث العلمى ؟ هذا على الوجه العام . وأيضا فان ابن الهيثم قد وضع دراسة انشائية محكمة لكيفية الإبصار ، تناول فيها تقسيم الادراك بالبصر أقساما ، وبيّن ما يؤدى منها الى الادراك الصحيح ، وبيّن الشرائط اللازمة للادراك الصحيح ، ما يخص منها الأمور الطبيعية وما يخص منها الأمور النفسية . وليست الحواس وحدها هى المعرضة للخطأ ، فالعقل أيضا يخطىء ، يخطىء فى القياس ويخطىء فيما يسميه « المعرفة » . ولكن فى الاستطاعة معرفة علل هذه الأخطاء أو الأغلاط بحسب تعبيره وفى الاستطاعة معرفة أنواع هذه الأغلاط . وعلى الرغم من غلط الحواس ومما يعرض من الغلط فى الأمور العقلية ، فان فى الاستطاعة إدراك المبصر كما يقول بلفظه « إدراكا محققا على غاية التحقيق » . فالروح الذى يسود مثل هذه البحوث ليس روح اللا أدرية . وهذه البحوث إن كانت تمت بعلاقة الى ناحية من النواحى الفلسفية ، فهى الناحية الايجابية .

ولكن الايجابية عند ابن الهيثم ليست إيجابية مطلقة كالايجابية التى شهدها القرن التاسع عشر مثلا ، بل هى محدودة مقيدة . فابن الهيثم يقرر أن معنى « التحقيق » فى مثل هذا القول الذى أوردناه له « هو بالاضافة الى الحس » فهو تحقيق مقيد بالطبيعة البشرية . ولكن من المستطاع على قدر ما تسمح به طبيعتنا البشرية التحقق هل ما ندركه على هذه الصفة مطابق للواقع أو غير مطابق ، هل هو إدراك للموجود على ما هو عليه أو غير ذلك ؟

وثمة ناحية أخرى . ابن الهيثم فى بحوثه الطبيعية يجعل غرضه أولا الكشف عن أحكام أو قواعد أو قوانين ثم يبنى على ما ينكشف منها . فهو لا شك يعتقد أن ظواهر الطبيعة تجرى على نظام ، ويتكرر حدوثها على

نهج واحد يتوافر فيه التجانس والانسجام والتماثل . فان كان الضوء مثلا له وجود عينى فهو يترقب أن يكون له خواص عامة تشترك فيها الأضواء جميعا ، سواء منها المشرق من الأجسام المضيئة بذاتها أو المشرق من الأجسام المستضيئة بغيرها ، سواء منها المشرق من الأجسام الموجودة حوالينا ونستطيع الوصول اليها أو المشرق من أجرام السماء ولا سبيل اليها ، سواء منها الأضواء القوية التى يدركها الحس أو الضعيفة التى قد تخفى لضعفها عن الحس .

وهذه الفكرة لا نجدها ضمنا بين تضاعيف أقواله فحسب ، بل هو نفسه قد عنى بالنص عليها صراحة فى أكثر من موضع واحد من بحوثه . فهو فى موضع يقول بلفظه « وطبيعة صغار الأجزاء وكبارها واحدة ما دامت حافظة لصورتها . فالخاصة التى تخص طبيعتها تكون فى كل جزء منها صغر أم كبر ما دام على طبيعته وحافظا لصورته »[١] . وفى موضع آخر وهو فى صدد أقوال له عن إشراق الأضواء على السموت المستقيمة من جميع أجزاء الجسم المضىء بذاته يقول « ان الأجزاء الصغار من الجرم المضىء يلزم فيها أيضا هذه الحال . وإن تعذر اعتبارها على انفرادها ، وخفى ضوءها منفردا عن الحس ، فان ذلك إنما هو لقصور الحس عن إدراك ما هو فى غاية الضعف »[٢] . ومن كلام له عن إشراق الأضواء العرضية يقول « وأيضا فانه يلزم فى الأضواء العرضية التى تظهر فى الأجسام الكثيفة أن يكون كل جزء منها وإن صغر ، فان الضوء يشرق منه فى جميع الجهات ، وإن تعذر اعتبار الأجزاء الصغار على انفرادها وخفيت أضواؤها عن الحس . لأن كل واحد من هذه الأضواء هو طبيعة واحدة ، ولا فرق بين الأجزاء الكبار منها وبين الأجزاء الصغار فى (الكيفية)[٣] ، وإنما الفرق بينهما فى الكمية . فالذى يعرض عن

---

(١) و (٢٥) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٢) و (٢٦) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٣) فى الأصل (الكثيفة) وهو خطأ من الناسخ .

الأجزاء الكبار من جهة كيفيتها يلزم فى كيفية صغار الأجزاء ما دامت حافظة لصورة نوعها . فان لم يظهر ضوء الأجزاء الصغار للحس منفردة (كذا) أو لم يقدر على تمييزه منفردا ، فلقصور الحس عن إدراك ما تناهى فى الضعف والصغر»[1].

فالأمور الطبيعية تنظمها سنن يستوى فى ذلك ما يدركه الحس منها وما يتعذر على الحس إدراكه . فان وجدنا أن الأضواء التى يتيسر الاعتبار بها تمتد أو تنعكس أو تنعطف على هيئة خاصة وبصفة معينة ، فهو ينتظر أو هو يترقب أن تكون الأضواء جميعا كذلك ، هنا وهناك وفى كل مكان ، الآن وفى المستقبل وفى كل زمان . واذا أجريت تجربة فى وقت ما فى ظروف معينة مع توافر شرائط معينة فأدت الى نتيجة معينة ، فانها اذا أعيدت فى أى وقت آخر وفى مثل الظروف نفسها مع توافر مثل الشرائط نفسها ، فانها تؤدى الى النتيجة نفسها . كذلك رأى ابن الهيثم أو بالأحرى على نهج هذا الرأى اهتدى واسترشد فى بحوثه .

وهو رأى ما من برهان يحتمه إلزاما والمباحث الفلسفية لا يعوزها الاستدلال على التشكك فيه ، بل وعلم الطبيعة الحديث نفسه ينزع الى إبطاله اذا روعى على إطلاقه . ولكنه على الرغم من كل ذلك لا يزال فى مجمله من الأوليات المسلم بها فى العلم . ولو لم تكن الأمور الطبيعية ، فيها اطراد وفيها اتصال ، وتجرى على نظام ويتكرر حدوثها على نهج واحد ، لبطل العلم وانهار من أساسه .

٦ — طريقة ابن الهيثم فى البحث ووضعها من الطريقة العلمية الحديثة

من الشائع المتواتر أن البحث العلمى على الطريقة العلمية الحديثة لم يبدأ فى تاريخ تطور الفكر الانسانى الا بعد عصر النهضة فى أوروبا . وينسب أكبر قسط من الفضل فى نشوء طريقة البحث الحديث الى « فرنسيس

(١) و (٥٢) ، و (٥٣) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

باكون »[1] (١٥٦١—١٦٢٦) أحد فلاسفة الانكليز وكتابهم ، فهو يعد أول من بـيّن أن الطريقة المثلى هى الاعتماد على الحقائق المشهودة ، والمضى فى جمع المشاهدات وتبويبها وترتيبها ، بغية الوصول بالاستقراء الى المعلومات التى تتفق والواقع . والاستقراء من الدعائم الأساسية التى يقوم عليها العلم الحديث .

ولـكن طريقة باكون فى قصر البحث العلمى على المشاهدة والتجربة ، وجمع المشاهدات ونتائج التجارب ، طريقة ضيقة محدودة ، تجعل من الباحث آلة تشاهد وتجمع وتبوّب ، وتفقد العلم سموه وتهوى به الى مجرد الوصف . وأيضاً فان « باكون » ولو انه قد غالى فى الاشادة بطريقته ، وأسهب فى بيان مزاياها ، ووضع فيها كتباً ومؤلفات ، فانه لم يقم هو نفسه ببحث سلك فيه هذه الطريقة ، يصح أن يتخذ مثالاً ينهج على منهاجه .

وسرعان ما اتضح أن طريقة « باكون » لا تتوافر فيها جميع العناصر اللازمة فى البحوث العلمية . ففى البحث الحديث يبتدأ بمشاهدة الأمور الطبيعية على ما هى عليه فى الواقع ، ويلى ذلك جمع الحقائق المشاهدة وتبويبها وترتيبها لـكن لا لمجرد الجمع والتبويب والترتيب ، وإنما للبحث بتمحيصها عن علاقة تربط بين تلك الحقائق ، قد نسميها قانوناً طبيعياً ، وقد نسميها نظرية علمية . والأمر لا يقف عند الـكشف عن هذه العلاقة . فاذا ما تم الوصول اليها تستنبط بالقياس النتائج التى تفضى اليها . ثم يبحث عن صحة تلك النتائج ومطابقتها للواقع بالمشاهدة أو بالتجربة . فاذا تحققت تلك النتائج على هذه الصفة كان ذلك دليلا على صحة تلك العلاقة . واذا وجدت غير متفقة ونتائج المشاهدة أو التجربة ، محصت تلك العلاقة علّها تقبل التعديل أو التنقيح بما يجعل نتائجها القياسية متفقة والواقع . وإن تبـيّن قصورها نبذت وطرحت جانباً ، وجرى البحث عن علاقة أخرى تـكون أصلح وأنسب . وفى

---

(١) Francis Bacon

الكشف عن هذه القوانين أو النظريات ، وتصورها وصوغها فى الصيغة المناسبة ، تتجلى ناحية من النشاط الفكرى لا يعنينا كثيراً أن تسمى إلهاماً أو ذكاء أو عبقرية . ورائد الباحث فى كل طور من هذه الأطوار المتعاقبة ، إقرار الحقائق كما يجدها ، دون أن يكون لنزعة من النزعات ، أو هوى من الأهواء ، أثر يلونها بلون خاص أو يكيفها على صورة خاصة . وأحياناً يستعان فى الكشوف العلمية بالتمثيل « الأنالوجى » فيهتدى على منوال القريب المعلوم الى معرفة البعيد المجهول .

تلك بايجاز الطريقة الحديثة فى البحث العلمى . وعناصرها الثلاثة هى الاستقراء والقياس والتمثيل ، ويلتئم بعضها بالآخر على وتيرة ، يصح أن نقول انها تميز البحث الحديث ، وتختلف فيها أوضاع هذه العناصر وقيمها النسبية عن أوضاعها وقيمها النسبية فى البحوث القديمة . فالاستقراء مثلا ولم يكن يعنى به العناية التامة فى الفلسفة القديمة أصبح ذا الشأن الأول . والتمثيل ولم يك وسيلة معتمدة أصبح أداة نافعة . والقياس الذى كانت له المنزلة الأولى ، أصبح أداة يأتى دورها بعد الاستقراء ، ولا يبت فى أمر النتائج القياسية حتى تتحقق بالتجربة أو المشاهدة .

هذه الطريقة فى البحث التى تعد من مبتكرات العصر الحديث هى الطريقة التى لا نتردد فى أن نقول ان ابن الهيثم اتبعها فى بحوثه وكشوفه الضوئية . وهذه ناحية من نواحى ابن الهيثم لم يتناول بيانها على ما نعلم أحد . وهى جديرة بالاشادة وجديرة بالتقدير . فابن الهيثم أخذ فى بحوثه بالاستقراء ، وأخذ بالقياس ، وعنى فى بعضها بالتمثيل ، وأخذ بهذه العناصر على المنوال المتبع فى البحوث الحديثة ، وجعلها فى منازلها النسبية التى تراعى فى الوقت الحاضر . وهو فى ذلك لم يسبق «فرنسيس باكون» الى طريقته الاستقرائية (وتعرف أحيانا بالطريقة « الباكونية ») فحسب ، بل سما عليه سموا وكان أوسع منه أفقا وأعمق منه تفكيرا . وإن لم يعن كما عنى باكون بالتفلسف النظرى

وبتأليف المؤلفات التى يعرض فيها الآراء النظرية فى طرق البحث ويلزم العلماء بها إلزاما ، فحسبه انه اتبع الطريقة الصحيحة فى بحوثه وجرى عليها عملا وفعلا ، وان الأمر جاء منه عن بيّنة وروية وإمعان فكر وحسن تقدير .

ويتبين ذلك إجمالا من مقدمة كتاب المناظر . ففيها بيّن ابن الهيثم بايجاز الطريقة التى هداه تفكيره الى أنها الطريقة المثلى فى البحث والتى اتبعها فى بحوث كتابه . وتفصيل الأمر أن المتقدمين من أصحاب التعاليم والفلاسفة الطبيعيين كانوا منقسمين فى كيفية الابصار فريقين ، أصحاب التعاليم ويذهبون الى أن الابصار يكون بخروج شعاع من البصر الى المبصر ، والفلاسفة الطبيعيين ويذهبون الى انه بورود صورة المبصر أو شبحه من المبصر الى البصر . فكان هناك إذن مذهبان متضادان ، أو اذا استعرنا الاصطلاحات الحديثة كانت هناك نظريتان متناقضتان . وكان لكل فريق مقاييس واستدلالات وطرق ، أدت به الى التمسك بمذهبه واعتقاده . وابن الهيثم يبدأ فى الفصل الأول من مقالته الأولى من كتاب المناظر بتحليل هذا الموقف ، الذى كثيرا ما يعرض مثله فى العلم الحديث فيقول بلفظه « وكل مذهبين مختلفين إما أن يكون أحدهما صادقا والآخر كاذبا ، وإما أن يكونا جميعا كاذبين والحق غيرهما جميعا ، وإما أن يكونا جميعا يؤديان الى معنى واحد هو الحقيقة ، ويكون كل واحد من الفريقين القائلين بذينك المذهبين قد قصر فى البحث ، فلم يقدر على الوصول الى الغاية فوقف دون الغاية ، أو وصل أحدهما الى الغاية وقصر الآخر عنها ، فعرض الخلاف فى ظاهر المذهبين ، وتكون غايتهما عند استقصاء البحث واحدة . وقد يعرض الخلاف أيضا فى المعنى المبحوث عنه من جهة اختلاف طرق المباحث ، واذا حقق البحث وأنعم النظر ظهر الاتفاق (وانسفر)[1] الخلاف »[2].

---

(١) فى الأصل (استقر) وهو خطأ من الناسخ .

(٢) و (٤) مكررة من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

ثم هو يعقب على ذلك ببيان الخطة التى اتبعها للفصل بحكم قاطع بين النظريتين المتناقضتين فيقول « ولما كان ذلك كذلك ، وكانت حقيقة هذا المعنى مع اطراد الخلاف بين أهل النظر المتحققين بالبحث عنه على طول الدهر ملتبسة ، وكيفية الابصار غير متيقنة ، رأينا أن نصرف الاهتمام الى هذا المعنى بغاية الامكان ، ونخلص العناية به ونتأمله ، ونوقع الجد فى البحث عن حقيقته ، ونستأنف النظر فى مباديه ومقدماته » . ثم مضى يبين كيف يكون البحث وكيف يكون استئناف النظر فى المبادىء والمقدمات . فقال وكأننا ننقل من كتاب فى فلسفة العلم الحديث .

« ونبتدىء فى البحث باستقراء الموجودات وتصفح أحوال المبصرات وتمييز خواص الجزئيات ، ونلتقط باستقراء ما يخص البصر فى حال الإبصار ، وما هو مطرد لا يتغير ، وظاهر لا يشتبه من كيفية الاحساس .

ثم نترقى فى البحث والمقاييس على التدريج والترتيب ، مع انتقاد المقدمات والتحفظ فى النتائج .

ونجعل غرضنا فى جميع ما نستقريه ونتصفحه استعمال العدل لا اتباع الهوى ، ونتحرى فى سائر ما نميزه وننتقده طلب الحق لا الميل مع الآراء » .

فى هذا القول الموجز جمع ابن الهيثم بين الاستقراء والقياس ، وقدم فيه الاستقراء على القياس ، وحدد فيه الشرط الأساسى فى البحوث العلمية الصحيحة ، وهو أن يكون الغرض طلب الحقيقة ، دون أن يكون لرأى سابق أو نزعة من عاطفة أيا كانت دخل فى الأمر ، ثم اقرار تلك الحقيقة على ما هى عليه حتى اذا وجدت على غير ما كنا نتوقع ، أو جاءت على غير ما كنا نبغى ونأمل .

ولكن ما هى تلك الحقيقة التى يرجى من السلوك فى مثل هذا السبيل الوصول اليها ، وهل هذه الطريقة التى رسمها تؤدى حتما الى معرفة الحقيقة ، وهل طبيعة الفكر الانسانى من شأنها أن تؤدى به الى معرفة الحقيقة ؟

مثل هذه الأسئلة شغلت العقول من أقدم عصور الفلسفة الى وقتنا الحاضر ، وهى من الأسئلة التى تختلف الاجابة عنها بحسب اختلاف المناحى الفلسفية ، وهى من الأسئلة التى للعلم الحديث فيها رأى . فالحقائق العلمية ليست غايات ينتهى اليها العلم ، ويقف عندها التصور ، وليست ثابتة دائمة كأنها مسطرة فى لوح محفوظ لايعتريها التبديل والتغيير . وانما هى على نقيض من هذا ، فبينما نرى النظرية العلمية صحيحة فى وقت من الأوقات لأنها توافق معلومات ذلك الوقت ، اذا بنا نجدها قد عدلت وحورت ، أو قد نبذت وطرحت واستبدلت بها غيرها تكون أصلح وأكثر ملاءمة للمعلومات فى وقت آخر . وتاريخ العلم غنى بالأمثلة على هذا . وإن كان الأمر كذلك فما قيمة الآراء أو النظريات العلمية أو تلك المعانى التى نسميها حقائق علمية ؟ لا نخطىء اذا قلنا ان قيمتها أنها تغنينا عن مجلدات لا تنفد ، يريدنا « فرنسيس باكون » أن نتخذها سجلات ندون فيها مشاهداتنا عن ظواهر العالم . قيمتها انها أحكام موجزة بليغة نجمل فيها ظواهر الطبيعة ، ونستطيع أن نستنبط منها تفصيلات تلك الظواهر وما يترتب عليها . قيمتها أنها وسائل لا غايات اذا استعنا فيها بالقياس أدت الى نتائج ، يزداد بها العلم ويتسع بها أفقه . قيمتها أنها يستطيع الانسان بالاهتداء بها أن يكيف ظروفه وملابساته لمآرب حياته الخاصة والعامة والقومية . قيمتها أن فى الانقطاع للبحث عنها وكشفها لذة عقلية أو متعة للنفس ، وجدها كثير من العلماء جديرة بأن يضحى فى سبيلها بالثروة وبالصحة وبالحياة نفسها .

قد يكون من التعنت أن نطالب ابن الهيثم برأى يتفق ومثل هذه الآراء التى هى من نتاج العصر الحاضر . ولكننا نرى فى الوقت نفسه انه ليس من الانصاف لابن الهيثم أن نغفل له آراء قررها تتجه نحو هذه الآراء الحديثة . فابن الهيثم يعقب على أقواله التى أوردناها آنفا ببيان ما تؤدى اليه الطريقة التى رسمها لكى يسلكها فى مباحثه . فهو أولا لا يجزم قطعا بأن تلك

الطريقة توصل الى الحقيقة وانما يؤمل ويرجو رجاء العالم المتواضع فيقول « فلعلنا ننتهى بهذا الطريق الى الحق الذى به يثلج الصدر ، ونصل بالتدريج والتلطف الى الغاية التى عندها يقع اليقين ، ونظفر مع النقد والتحفظ بالحقيقة التى يزول معها الخلاف وتنحسم بها مواد الشبهات » ألا يدل هذا القول على أن الحقيقة التى يبغيها هى التى تتفق والمعلومات المعروفة وهى التى تصلح لربط تلك المعلومات ربطا محكما ، لا تناقض فيه ولا تباين ، تزول به وجوه الخلاف والاعتراض ؟ أليست تلك الحقيقة هى النظرية العلمية بمعناها الحديث ؟ أليست الحقيقة التى يتوج بها ابن الهيثم كتاب المناظر الصورة الصادقة للنظرية العلمية بكل ما فيها من حسنات ومساوىء وبكل ما فيها من ميزات وبكل ما فيها من نقص وقصور ؟ أليست نظريته فى الإبصار أصلح نظرية توافق معلومات عصره وتوحد بين تلك المعلومات ، وتؤدى الى نتائج تتفق وتلك المعلومات ، وتنظم جميع أمور الإبصار التى كانت معروفة فى وحدة واحدة شاملة ؟ أليست قد أفضت الى اتساع ميدان علم الضوء بما ترتب عليها من البحوث الفرعية التى أجراها هو نفسه وكانت متعلقة بها ؟ أليست مع ذلك نجدها الآن قاصرة عن الاحاطة بما استجد من المعلومات والكشوف فى العلم الحديث ؟ أليست قد اعتراها التعديل والتبديل وتطورت تبعا لتطور العلم وتقدمه ؟ ألا يعبر ابن الهيثم بقوله « الحق الذى به يثلج الصدر » عن اطمئنان النفس ومتعة العقل اللذين هما عند العلماء البحاثين الجزاء الأوفى الذى يبغون من البحث والانقطاع للعلم .

وفوق كل ذلك فابن الهيثم نفسه قد ختم كلامه الذى أوردناه هنا بقوله « وما نحن مع جميع ذلك برآء مما هو فى طبيعة الانسان من كدر البشرية ، ولكنا نجتهد بقدر ما هو لنا من القوة الانسانية . ومن الله نستمد المعونة فى جميع الأمور » ألا يدل هذا على ما فى العقل الانسانى من قصور ، أو على ما فى مجال نشاطه من قيود ؛ أو على قصور المعلومات التى فى طاقة العقل

إدراكها ، أو على عنصر « الاضافة » فى المعرفة الانسانية ؟

بل ان ابن الهيثم قد عمق تفكيره الى ما هو أبعد غوراً مما يظن أول وهلة ، فأدرك ما قال به من بعده « ماك » و « كارل بيرسون »[١] وغيرهما من فلاسفة العلم المحدثين فى القرن العشرين . أدرك الوضع الصحيح للنظرية العلمية وأدرك وظيفتها الحقة بالمعنى الحديث . وحسبنا هنا أن نستشهد على ذلك بما رواه البيهقى عنه . قال « وكان (ابن الهيثم) يقول فى بعض رسائله — تخيلنا أوضاعاً ملائمة للحركات السماوية فلو تخيلنا أوضاعاً أخرى غيرها ملائمة أيضاً لتلك الحركات لما كان عن ذلك التخيل مانع ، لأنه لم يقم البرهان على انه لا يمكن أن يكون سوى تلك الأوضاع أوضاع أخر ملائمة مناسبة لهذه الحركات »[٢] .

ابن الهيثم قد وفق فى اختيار المثال . فعلم الفلك القديم كان الى عصر « كوپرنيكوس »[٣] يقول بنظرية بطليموس فى حركات الأجرام السماوية . فكانت الأرض تعد ثابتة فى المركز والنجوم الثوابت تتحرك حول قطب العالم حركة مستديرة . وكانت الكواكب السيارة يعد الواحد منها متحركا حول محيط دائرة يتحرك مركزها حول الأرض حركة مستديرة . تلك بايجاز نظرية بطليموس . حقيقة أن النظرية كانت تقتصر فى هيئة الأفلاك على الدوائر المجردة وابن الهيثم فى مقالته « فى هيئة العالم » عدلها وذهب الى القول بتجسم الأفلاك وفصل أحوالها ، ولكن هذه تفصيلات لا شأن لنا بها هنا . الذى يعنينا أن هذه هى الأوضاع التى تخيلت للحركات السماوية ، وهذه كانت النظرية المتبعة . ابن الهيثم يقرر أن مثل هذه النظرية لا يوجد برهان يحتمها وقوله يفيد صراحة أن مثل هذه النظرية يؤخذ بها اذا كانت ملائمة للواقع

---

(١) Karl Pearson فى كتابه The Grammar of Science

(٢) تتمة صوان الحكمة للبيهقى ويقول البيهقى « ان هذه الرسالة آخر تصانيفه » .

(٣) Nicolaus Koppernigk (Copernicus) (١٤٧٣ — ١٥٤٣) .

من تلك الحركات . وأجاز قيام نظرية بجانب نظرية أخرى ما دامت هى أيضاً تلائم وتناسب الواقع المعلوم . وهو فى تفكيره هذا قد أجاز استبدال النظرية الفلكية الحديثة بنظرية بطليموس قبل أن يضطر العلم الى ذلك بقرون. بل هو قد أجاز الموقف الذى يقفه علم الطبيعة الحديث فى الوقت الحاضر ازاء نظرية الكم والنظرية الموجية مثلا .

ليس من العبث اذن أن نقول اننا نستطيع أن نتبين من نصوص أقوال ابن الهيثم أن تفكيره اتجه الى الوجهة التى يتجه اليها التفكير العلمى الحديث ، وليس من المغالاة أيضاً أن نقول انه قد أدرك عن بينة الطريقة الحديثة فى البحث العلمى ، وأدرك الأوضاع الصحيحة لما نسميه الحقائق العلمية .

هذا مجمل الأمر . ويبقى بعد ذلك أن نبين أن ابن الهيثم قد سلك فعلا فى بحوثه التى هى موضوع هذا الكتاب الطريقة الحديثة فى البحث ، وانه وصل بسلوكه الى الحقيقة التى ينشدها بالمعنى الذى رآه .

٧ — تفصيل ماهية آراء ابن الهيثم فى المسائل الطبيعية

فى الموضوعات العامة التى تناول ابن الهيثم البحث عنها ، نجده يعنى بالواقع واستقصاء ظواهره الطبيعية على ما هى عليه ، ثم يبحث عن أمر ترتبط به تلك الظواهر . وهو يعد مثل هذا البحث مركبا بحسب تعبيره من « نظر طبيعى ونظر تعليمى » . وفى نظرنا أن التفرقة بين الطبيعى والتعليمى عند الاسلاميين أمر ذو شأن . فلو أن العلوم العقلية عندهم لم تكن قد تنوعت فروعها بحيث تتطلب من المشتغلين بها تفرغا يشبه التخصص بمعناه الضيق المحدود ، فان المنصرفين الى هذه العلوم قد نحوا فى النظر فيها منحيين لا يستويان ، أحدهما المنحى الفلسفى والآخر المنحى التعليمى . والفلسفة عندهم كانت تتقوم من قسمين أساسيين الطبيعى والالهى . فكان للعلم عندهم

فروع ثلاثة الالهى والطبيعى والتعليمى . يعنينا منها بصفة خاصة الأخيران . والتفريق بينهما لم يكن يقصد به البتة فصل الطبيعى عن التعليمى فصلا تاماً . فبعض العلوم التعليمية كانوا يعدونها علوما جزئية بالنسبة الى الطبيعى ، وكان أيضا بين العلم الطبيعى وبين العلم التعليمى مشاركة فى بعض الموضوعات .

والسبب فى التفريق بين الطبيعى والتعليمى يرجع فى نظرنا الى أمرين أساسيين ، أحدهما معنى الوجود فى الأمور المبحوث عنها فى كل من العلمين ، والآخر ماهية البرهان على المذاهب أو القضايا المقررة فى كل منهما .

فالعلم التعليمى عند الاسلاميين يبحث عن أمور كمية ، أو يلحقها الكم ، إن تعلقت بالأجسام الطبيعية أو لحقتها ، فعند تجريدها عن هذه الأجسام ، بحيث تتصور كأنها أشياء لها وجود فى ذواتها . فالأشياء المبحوث عنها فيه متخيلة ، وجودها ذهنى ، كالخط والسطح وسائرما ينظر فيه علم الرياضة مثلا . وليس أدل على ذلك مما يقوله ابن سينا عن العلوم التعليمية . قال بلفظه « وكلها (أى العلوم التعليمية) ينظر فى الأشياء ، التى لها من حيث هى ذوات كم ، ومن حيث لها عوارض الكم ، التى لا يوجب تصور عروضها للكم أن يجعله كما فى جسم طبيعى ، فيه مبدأ حركة وسكون ، ولا يحتاج الى ذلك »[1] فى حين ان الطبيعى ينظر فى الأجسام الطبيعية وما يلحقها من التغيرات ، مقترنة متعلقة بالمادة ، على ما هى عليه هذه الأمور فى الواقع الموجود فى الأعيان . وان كان علم الرياضة البحتة ، لا يحتاج فى إقامة البراهين الى أن يتعرض للمادة التى هى القوام الطبيعى للأجسام الموجودة فى الأعيان ، ويصلح فيه أن تعقل الكميات أو المقادير مجردة عن المادة ، وينظر فيها من هذه الجهة نظرا تعليميا صرفا ، فان كثيرا من العلوم التعليمية ويعنينا منها بصفة خاصة علم المناظر ، يلتفت فيها الى المادة أو أشياء من عوارض المادة مما يدخل فى

---

(١) المقالة الأولى فى السماع الطبيعى من كتاب الشفاء .

الأمور المبحوث عنها فى العلم الطبيعى . فتكون هذه العلوم من هذه الجهة ليست تعليمية صرفة وليست طبيعية صرفة بل مركبة من الطبيعى والتعليمى ، موضوعاتها « من صناعة ومحمولات المسائل فيها من صناعة » .

أما عن الأمر الثانى فان البرهان على القضايا المقررة فى العلم الطبيعى ، أراد منه الفلاسفة معرفة الأسباب التى توجب أن تكون الأشياء على ما هى عليه فى الواقع . فى حين ان العلم التعليمى لا يستعمل هذا البرهان فى المسائل التى فيها بينه وبين العلم الطبيعى مشاركة . وقد شرح ابن سينا هذا الأمر وضرب لذلك مثلا كرية الأرض . قال « وانظر كيف يختلف الطبيعى والتعليمى فى البرهان على أن جرما من البسائط كرى (يريد جرما كجرم الأرض مثلا) . أما التعليمى فيستعمل فى بيان ذلك ما يجد عليه حال الكواكب فى شروقها وغروبها وارتفاعها عن الأفق وانخفاضها ، وان ذلك لا يمكن الا أن تكون الأرض كرية . والطبيعى يقول ان الأرض جسم بسيط ، فشكله الذى يجب عن طبيعته متشابه ، يستحيل أن يكون مختلفا فيه ، فيكون فى بعضه زاوية وفى بعضه خط مستقيم ، أو يكون بعضه على ضرب من الانحناء والآخر على خلافه »[1] . وابن سينا يؤكد تباين العلمين من هذه الجهة ، ويخطىء العالم الطبيعى اذا قال فى إثبات كرية الأرض « لو لم تكن الأرض كرية ، لم يكن فضل الكسوف القمرى هلاليا » . ويرميه اذا ساق هذا البرهان بالخلط بين ما هو طبيعى وبين ما هو تعليمى .

ذلك بايجاز ما نستنبطه من أقوال الاسلاميين فى ذلك العصر عن المعانى التى أرادوها بالطبيعى والتعليمى ووجهتهم فى التميز بينهما . وابن الهيثم بقوله ان النظر فى مسائل علم الضوء مركب من طبيعى وتعليمى قد ذهب المذهب نفسه . فهو فى مباحثه قد أخذ بالطبيعى بقدر ، وأخذ بالتعليمى بقدر يناسبه .

---

(١) المقالة الأولى فى السماع الطبيعى .

أخذ بالطبيعى فى استقراء أحوال الموجودات على ما هى عليه فى الواقع المشاهد . وأخذ بالتعليمى من حيث الاستعانة بالبراهين الرياضية ، بشرط أن تكون مقدمات هذه البراهين مأخوذة من الواقع الموجود ، من غير التفات الى أمر يوجب أو يقتضى أن تكون كذلك ، وبشرط اقرار القضايا التى يبرهن عليها بتلك البراهين اذا وجدت متفقة والأمور الطبيعية الموجودة فى الواقع . ولم تكن الغاية التى أرادها عين الغاية التى أرادها الفلاسفة من علمهم الطبيعى ، وهى معرفة الأسباب الموجبة للأشياء على ما هى عليه . بل كانت معرفة كيفية حدوث الأمور الطبيعية أى الصفة التى تحدث عليها ، وتعليل هذه الكيفية ببيان مناسباتها بكيفيات أمور أخرى ، تكون بطبيعتها أعم ، وأدنى الى أن تشاهد وتفحص فتعلم أو تعقل . لذلك سادت فى مباحثه الروح العلمية التى تسود فى مباحث علم الطبيعة الحديث . وكانت المذاهب أو الآراء التى قررها أو استدل عليها ، نظريات بالمعنى المقصود من النظرية العلمية فى الوقت الحاضر .

ونسوق فى هذا المقام دليلا على هذا ، مبحثه فى الأثرين قوس قزح والهالة [1] . ففيه أقام ابن الهيثم نظريتين شرح على هدى إحداهما كيفية حدوث القوس ، وشرح على هدى الأخرى كيفية حدوث الهالة . ولا يضير أن قوله فى الأثرين لا يتفق البتة والنظريتين الصحيحتين المعتمدتين فى الوقت الحاضر ، فانما نريد أن نسترشد منه على وجهة نظره ومرمى غايته .

ابن الهيثم صدّر هذا المبحث ببيان أن النظر فى الموضوع مركب من طبيعى وتعليمى . وقال بلفظه « فلنقل فيهما قولا باحثا عن حقيقتهما على نحو ما تقتضيه الأمور الطبيعية ، والأصول التعليمية ، وبحسب ما هو مطابق للموجود من أمرهما » . وعدّد ما يوجد من الأمور الطبيعية وهو أن

---

(١) مقالة ابن الهيثم فى الأثرين تحرير الفارسى .

البصر يدرك المبصر بالانعكاس عن سطح الجسم المشف ، ويدركه بالانعطاف من وراء المشف ، وانه يدرك لونه فى الحالتين ، وان الإبصار فى الحالة الأولى يشتبه اذا لم يكن سطح المشف « فى غاية الملاسة » ، وانه فى الثانية يشتبه اذا لم يكن المشف « فى غاية الشفيف » ، وان لون المبصر يلتبس بلون المشف فى الحالة الثانية . تلك فى نظره الأمور الطبيعية التى توجد فى الواقع « عند التتبع والاستقراء » . وعدّد بعد ذلك الأصول التعليمية ، وأهمها باصطلاح العلم الحديث تساوى زاويتى السقوط والانعكاس ، وانعطاف الشعاع عند نفوذه من مشف الى آخر الا اذا نفذ عمودا على سطح المشف ، ووقوع الشعاع الساقط والعمود القائم على السطح من نقطة السقوط والشعاع المنعكس أو المنعطف فى مستو واحد . وذلك أهم ما ذكره من الأصول التعليمية المرتبطة بالموضوع . ثم انتقل بعد ذلك الى بيان الموجود من أمر الأثرين أى الأحوال الطبيعية التى تقترن بحدوثهما ، حتى يكون قوله فيهما مبنيا على الأصول التعليمية والأمور الطبيعية التى ذكرها ومطابقا للموجود من أمرهما غير مناقض له . فبيّن أنهما يحدثان مع وجود « هواء غليظ رطب كالسحاب أو مايقوم مقامه » . وبيّن أن وجود هذا الهواء وحده لا يلزم أبدا وجود الأثرين ، وإنما لا بد من جرم من الأجرام المضيئة يكون حاضرا مع ذلك الهواء . وان مجرد وجود الجرم المضىء مع ذلك الهواء لا يستلزم أبدا حدوث الظاهرة ، بل لا بد من وجوده على وضع خاص . ولكن ليس وجود ذلك الهواء مع الجرم المضىء على الوضع الخاص يستلزم فى جميع الأوقات حدوث الظاهرة ، واذن وجب أن يكون هناك سبب آخر لكى يتم به حدوثها . وهو يمضى لربط هذا السبب بظاهرة طبيعية هى الانعكاس فيضع نظرية ولو اننا نجدها ناقصة ، فهى تربط هذه الأمور بعضها بالآخر ، وتؤدى على هذه الصفة بما يتفق وهذا الذى ذكره ، الوظيفة المطلوبة من النظرية العلمية .

هذا مثال يتبين منه بوضوح أن ابن الهيثم قد أدرك ماهية الغاية التى يتوخاها العلم من وضع النظريات . وابن الهيثم لم يستعمل فى بحوثه لفظ النظرية لأداء المعنى الذى يراد منه ، ولعل لفظ « القول » الذى يرد فى مثل هذه المواضع أقرب ما يؤدى بتعبيره معنى النظرية .

واشتراطه فى النظرية العلمية الصحيحة أن تكون نتائجها القياسية سواء كان القياس منطقيا أو رياضيا ، متفقة والواقع الموجود المشاهد فعلا ، يتبين بوضوح من بحثه عن حقيقة ضوء القمر[1] . فقد كان الرأى الشائع فى عصره لدى أصحاب التعاليم أن ضوء القمر هو ضوء الشمس منعكسا عن سطحه الى الأرض ، كما ينعكس الضوء عن سطوح الأجسام الصقيلة . فرأى أن يختبر صحة هذه النظرية ، ومضى فى بحث هندسى متسلسل الخطوات غاية فى الدقة ويدعو الى الاعجاب ، يقدر الجزء من مساحة سطح القمر ، الذى ينعكس عنه الى نقطة من سطح الأرض الضوءُ الواقع من الشمس على سطح القمر ، بحسب ما يقتضيه كون السطح العاكس سطحا كريا محدبا . فوجد أن ذلك الجزء هو جزء صغير من سطح القمر فى الجزء الأوسط منه كما يبدو للعين ، ولا يتفق البتة والواقع المحسوس المشاهد من الأمر . بل وتناول فى بحثه أيضا تأثير انعطاف الضوء عند نفوذه فى الطبقة الهوائية المحيطة بالكرة الأرضية . وعلى هذه الصفة بيّن بطلان تلك النظرية ، وأوضح على أطلالها رأيه فى أن ضوء القمر هو ضوء ثانوى يشرق عن القمر كما يشرق الضوء الثانوى عن سطوح الأجسام الكثيفة التى تستضىء بالأضواء المشرقة من الأجسام المضيئة بذاتها .

تلك أمثلة خاصة يتبين منها أن ابن الهيثم قد أدرك المعنى الحديث الذى نعنيه بالنظرية العلمية ، وانه أدرك أن النظرية العلمية فى جوهرها إن هى

---

(١) مقالة ابن الهيثم فى ضوء القمر .

إلا شرح أو تفسير تتبين به العلاقة بين الظواهر الطبيعية على ما هى عليه فى الواقع الموجود .

٨ — أخذ ابن الهيثم بالاستقراء وخطر الاعتبار فى مباحثه

والواقع الموجود قد يكون فى بعض الأحوال سهل المنال سهل الادراك ، تكفى فيه المشاهدة . ولكنه فى أكثر الأحوال قد يُحتاج لمعرفته الى شىء من اتخاذ العدة وتكييف الظروف ، بمعنى أن الأمر قد يحتاج الى تعديل وتحوير وتغيير فى الأحوال ، لعله يتيسر بذلك معرفة صفة عامة أو خاصة أساسية طبيعية ، تشترك فيها الظواهر المبحوث عنها ، ربما لا تبدو أول وهلة بوضوح لأنها تعرض مع أمور أخرى تخفيها عن الادراك . فمعرفة الحقائق الأولية فى الأمور الطبيعية تحتاج الى إجراء ما نسميه الآن « تجارب » هى الوسائل التى يعتمد عليها العلم فى استقراء تلك الحقائق أو فى التحقق من صحتها . فهل كان اعتماد ابن الهيثم على الواقع الموجود مقصوراً على ما يسهل مشاهدته أو ملاحظته من المعلومات التى تكتسب فى الحياة بالمران والخبرة ، أم هل هو قد تعمق فى دراسة الأمور الطبيعية فسبر باجراء التجارب حقيقتها ، واستخلص عناصر هذه الحقيقة من نتائج تلك التجارب بالاختزال أو الاختصار وبالتجريد كما هو الحال فى البحوث العلمية الحديثة ؟

سيتبين من موضوعات هذا الكتاب أن ابن الهيثم فى جميع بحوثه فى الضوء استدل على القواعد أو القوانين الأساسية بتجارب . فهو قد دلل على انتشار الضوء على سموت الخطوط المستقيمة فى الجسم المشف الواحد بتجارب ، ودلل على الصفة التى تنعكس عليها الأضواء بتجارب ، ودلل على الصفة التى تنعطف عليها الأضواء بتجارب . وفى جميع هذه التجارب اتخذ أجهزة أو آلات خاصة ، جرى فى استعمالها على نظام خاص . كل ذلك يدل دلالة قاطعة على أنه استعان فى تلك البحوث باجراء التجارب بالمعنى

الذى نعنيه الآن . وقد عبّر عن المعنى الذى يؤديه لفظ التجربة فى العلم الحديث بلفظ الاعتبار وسمى الشخص الذى يجرى التجربة المعتبر وسمى البيان أو التوضيح أو الاثبات بالتجربة الاثبات بالاعتبار ، تمييزاً له عن الاثبات بالقياس القائم على البرهان المنطقى بوجه عام أو البرهان الرياضى بوجه خاص . بل ان ابن الهيثم قد ذهب إلى أبعد من ذلك فى إدراك قيمة الاعتبار فى البحوث العلمية . فهو لا يعتمد على الاعتبار فى إثبات القواعد أو القوانين الأساسية فحسب بل يعتمد عليه أيضا فى إثبات النتائج التى تستنبط بالقياس بعد ذلك من تلك القواعد أو القوانين . والأمثلة على ذلك كثيرة قد وردت فى مناسباتها فى مواضع مختلفة من هذا الكتاب .

فابن الهيثم عالم اعتبارى بالمعنى التام المقصود من هذا التعبير [١] . والناحية الاعتبارية من بحوث ابن الهيثم واضحة الدلالة على أن عمله لم يكن مقصوراً على مجرد إجراء التجارب ، بل تضمن إنشاء أجهزة أو آلات استعملها فى تلك البحوث ، وإن كان قد سبقه إلى أمثال بعض الآلات التى استعملها بعض المتقدمين كبطليموس مثلا ، فانه قد عدلها وغير تصميمها وأصلحها ، بما جعلها قمنا أن تحقق الأغراض التى أرادها . ومنها ما كان معقد التركيب دقيق الأجزاء عسير الصنع . وهو لا يكتفى بمجرد وصفها وبيان كيفية استعمالها ، وإنما يأتى فى شرح مسهب بتفصيل كيفية صنع الأجزاء المختلفة التى تتركب منها الآلة ، كل جزء منها على حدته ، مبتدئا بقطعة من مادته « الخام » ، مفصلا كيفية قطعها وكيفية تشكيلها وكيفية تحويرها ، حتى يتم صنعها على الأبعاد الدقيقة الصحيحة ، ثم كيفية تركيب تلك الأجزاء بعضها بالآخر حتى يتم تركيب الجهاز كله كاملا تاما بأجزائه الاضافية وبتداريجه ومقاييسه .

---

(١) Experimental Scientist

فمثلا الآلة التى استخدمها فى بحوثه فى الانعكاس ، من أجزائها لوح مستدير من النحاس ذو شكل خاص . فهو يورد باسهاب كيفية صنع هذا اللوح من صفيحة من النحاس ، يحدد أبعادها ويبين سمكها ، ويبين كيف ترسم عليها خطوط ومواضع هذه الخطوط منها ، وأية نقطة تتخذ مركزاً وبأى بعد ترسم دائرة ، وأى قطر يخرج وأى قوس تقسم ، وكيف تقسم أجزاء وأى الأجزاء يتخذ مبدأ القسمة ، ثم كيف تقطع وكيف تسوى حتى تستحيل الى الشكل المطلوب بالأبعاد المطلوبة . ومآل هذا اللوح فى آلة الانعكاس ، أن يركب فى نصف حلقة من الخشب ذات شكل خاص بها ثقوب خاصة على أوضاع خاصة . فبالمثل هو يبدأ أيضا بقطعة من الخشب يذكر من أى نوع من الخشب يستحب أن تتخذ ، وكم تكون أبعادها وكيف ترسم عليها دائرة يتعين بها السطح الخارجى ، وكيف ترسم دائرة يتعين بها السطح الداخلى ، ويذكر أقطار هذه الدوائر ، ثم كيف تركب قطعة الخشب فى الشهر ، وهى « المخرطة » ، وكيف تخرط وكيف تعين الأوضاع التى تكون عليها الثقوب وكيف تثقب .

ولآلة الانعكاس أجزاء إضافية منها المرايا المختلفة التى استعملها لدراسة الانعكاس . فهو يبين من أى المواد تتخذ وأشكالها المختلفة ، كل واحدة منها على حدتها ، وكم تكون أبعادها ، وكيف تعد الحوامل التى تحملها ، وكيف تكون أشكالها وكم تكون أبعادها ، ثم كيف تلصق المرايا المختلفة على حواملها ، وكيف تهيأ القواعد التى ترتكز عليها الحوامل ، وأين يعد موضعها جميعا من الآلة وما الى ذلك .

ثم كيف تركب هذه الأجزاء جميعا بعضها مع الآخر بحيث تتم الآلة وتكون الأوضاع جميعا هى الأوضاع الصحيحة المناسبة ، وأوضاع سطوح المرايا المختلفة هى الأوضاع المطلوبة التى تتحقق بها الأغراض المقصودة .

هذا مثال واحد نذكره . وابن الهيثم ينهج على هذا النهج فى جميع

لأجهزة أو الآلات الهامة التى يستعين بها فى بحوثه . ونحن نرى أن مثل هذا التفصيل المسهب لكيفية صنع الأجهزة له دلالة جديرة بالذكر . فهو لا يدل على عناية جادة بالناحية العملية فحسب بل يدل أيضا على أن ابن الهيثم إن لم يكن هو نفسه قد قام بصنع مثل هذه الأجهزة بيديه فهى على أقل تقدير قد صنعت بارشاده وبناء على تصميمه . وانه قد أشرف على إعدادها وراقب خطوات العمل فى كل مرحلة من مراحله . وصُنع مثل هذه الأجهزة المعقدة فى عصر لم يكن مزودا بالآلات والعدد الميكانيكية التى يستعان بها الآن فى المصانع لصنع أمثالها ، ليدل على أن ابن الهيثم قد اجتمعت فيه الصفات التى تؤهله لأن يكون من بين علماء الطبيعة عالما من طراز « كلفن » مثلا ، من لذين جمعوا بين المقدرة الرياضية العالية التى تتجلى فى النواحى الرياضية من بحوثه الضوئية ، وبين الكفاية العملية الممتازة التى تدل عليها صنع هذه الأجهزة واستعمالها .

وإن كانت الأجهزة الرئيسية التى استعملها ابن الهيثم معقدة التركيب وليست سهلة الاستعمال ، خصوصا اذا قيست على الأجهزة البسيطة التى يستعان بها فى الوقت الحاضر لتوضيح المبادىء الأولية فى علم الضوء للمبتدئين بدراسته ، فان هذه المبادىء الأولية كانت فى عصره إما لا تزال موضع أخذ ورد وإما لا تزال فى عالم الغيب . والفصل فيها برأى قاطع يتطلب الالمام بكل ما يعرض من نواحيها المختلفة . فمثلا من الواضح أنه لا يكفى لمعرفة الصفة التى ينعكس عليها الضوء الاقتصار على انعكاس ضوء الشمس عن سطح المرآة المستوية . ونحن لنا الآن بعض العذر فى الاكتفاء بمثل هذا عند توضيح قانونى الانعكاس للمبتدئين بدراسة علم الضوء . فقد أصبح قانونا الانعكاس من الأمور المألوفة التى يتلقّنها صغار التلاميذ كما يتلقنون كرية الأرض مثلا ، ولأن المبتدىء سيعرض عليه فى أثناء دراسة الضوء الانعكاس عن المرايا ذات السطوح المنحنية ، وسيقال له مثلا

ان الجزء الصغير من سطح المرآة ذات السطح المنحنى هو بمنزلة الجزء الصغير من السطح المستوى وحكم الانعكاس عن الأول كحكم الانعكاس عن الثانى، أو ما يشبه هذا القول. ولكن مثل هذا لم يكن ليليق بمن كلف نفسه مشقة البحث عن حقيقة الانعكاس منذ تسعة قرون خلت، اذ لا سبيل لديه الا أن يستقصى على قدر المستطاع أكثر الأحوال. فان كانت آلة الانعكاس التى استعملها ابن الهيثم معقدة التركيب فلأنه أراد هذا الاستقصاء. وبالمثل فيما يتعلق بالآلات الأخرى.

وهذا كله مظهر من مظاهر اعتماده على الاستقراء فى بحوثه. وهو لا شك أدرك أن البرهان الاستقرائى ناقص بطبيعته. وعلينا كما يقول بلفظه «أن نجتهد بقدر ما لنا من القوة الانسانية» فنتصفح أكثر ما نستطيع من الأحوال حتى يقل احتمال الغلط فى نتيجة الاستقراء. وعناية ابن الهيثم بهذه الناحية جادة حقيقية تتجلى فى جميع بحوثه. فان ثبت مثلا أن ضوء الشمس ينتشر فى الهواء على سموت الخطوط المستقيمة وينعكس على صفة خاصة عن سطح المرآة المستوية، فما يدريه لعل الأمر غير ذلك اذا انتشر فى وسط آخر غير الهواء كالماء أو الزجاج، أو اذا انعكس عن مرآة غير مستوية كالكرية أو الاسطوانية أو المخروطية المحدبة أو المقعرة؟ وضوء النار وضوء القمر وضوء الكواكب وضوء النهار وضوء الفجر والضوء المشرق من مبصر لا يضىء بذاته، هذه الأضواء ما يدريه انها جميعا تمتد وتنعكس على تلك الصفة ذاتها؟ هل من سبيل الى معرفة ذلك غير الاعتبار بكل واحد من هذه الأضواء؟ لذلك نجده لا يفتأ يذكر ويكرر ويعيد فى بحوثه المختلفة ان المعتبر اذا اعتبر بكذا وجد الأمر كما وجده أولا، أو بكذا وجده كذلك. ويمضى فى سبيله دون أن يعتريه مرة كلل أو ضجر يؤدى حق الأمانة العلمية على خير ما فى استطاعة رجل فى ذلك العصر أن يؤديه به.

٩ – أخذ ابن الهيثم بالقياس

وعناية ابن الهيثم بالقياس تتجلى هى أيضا فى جميع بحوثه . فهو بعد أن يتثبت المبادىء الأولية بالاعتبار ، يتخذ تلك المبادىء قضايا يستنبط منها بالقياس النتائج التى تفضى اليها . ويشرح على هذا النمط كثيراً من الظواهر الهامة فى الضوء .

فمثلا يثبت ابن الهيثم بالاستقراء المبنى على الاعتبار أن الضوء يمتد فى الجسم المشف الواحد على سموت الخطوط المستقيمة . فيتخذ انتشار الضوء على خطوط مستقيمة حكما عاما ، ويستنبط منه ما يترتب عليه من أحوال الظلال وما نسميه أشباه الظلال . ويستنبط منه ما يترتب على نفوذ الضوء من الثقوب الضيقة ، وما يفضى اليه من حصول صور المرئيات بوساطة هذه الثقوب . وكذلك بعد أن يثبت بالاعتبار الصفة التى تنعكس عليها الأضواء ، أو بحسب اصطلاحنا الحديث بعد أن يثبت بالاعتبار قانونى الانعكاس ، يتخذهما أصلين ويبنى عليهما شرح كيفية إدراك صور المبصرات بالانعكاس . ويستنبط منهما بالبراهين الهندسية مواضع الخيالات التى ترى سواء أكان الانعكاس عن المرايا المستوية أو الكرية أو الاسطوانية أو المخروطية ، المقعرة منها والمحدبة . وما ينتظر أن تكون عليه هذه الخيالات من الوضع والعظم . وأيضا يستنبط من قانونى الانعكاس كيفية انعكاس ضوء الشمس عن المرآة الكرية المقعرة والمواضع التى يتجمع فيها شعاع الشمس ويحدث فيها الاحراق ويمضى لبيان كيف يمكن جعل الاحراق فى موضع معين معلوم ، وكيف يمكن تركيب مرآة عاكسة من حلقات كرية وحساب أقطارها بحيث يبلغ الاحراق فى نقطة معينة حده الأقصى ، وما إلى ذلك من بحوث يطول أمرها وسيأتى تفصيلها فى مواضعها فى هذا الكتاب . وبالمثل فيما يتعلق بالانعطاف .

وإن لم تكن الظواهر التى يشرحها على هذه الصفة من الظواهر المألوفة فى الحياة ، فهو كما ذكرنا من قبل يعنى باثبات النتائج التى يستنبطها بالقياس إثباتا بالاعتبار .

١٠ — أخذ ابن الهيثم بالتمثيل

وابن الهيثم قد أدرك أن التمثيل فى البحوث العلمية أداة لها قيمتها . والتمثيل أو « الأنالوچى » يقصد به فى العلم كما يقصد به فى المنطق القديم والحديث نقل حكم من ظاهرة إلى ظاهرة أخرى تماثلها فى أمر من الأمور . وفى علم الطبيعة موضوعات شتى يستعان بالتمثيل فى توضيحها وفى بعض الأحوال فى دراستها . فقياس مرور التيار الكهربائى فى سلك على سير السائل فى أنبوبة ، وقياس التوصيل الحرارى على التوصيل الكهربائى أو ظواهر المجال المغناطيسى على ظواهر المجال الكهربائى أو اللزوجة على مرونة المتانة وما إلى ذلك ، كله من قبيل التمثيل فى دائرة علم الطبيعة . ناهيك عن التمثيل فى فروع العلم المختلفة ، فى الجيولوجيا مثلا وما يتعلق بتكون طبقات الأرض فى العصور الغابرة ، وفى الطبيعة الفلكية وما يتعلق بالظواهر التى تقع فى السدم والنجوم القاصية . والتمثيل وإن كان أداة نافعة فى كثير من فروع العلم فانه يستعمل بشىء من الحيطة والحذر .

وابن الهيثم قد استعان به فى مواضع قليلة من بحوثه أراد فيها أن يصوّر فكرة ذكرها أو يوضح رأيا قال به . فهو مثلا لم يقنع فى دراسة الانعكاس باثبات قانونى الانعكاس واستنباط مثل الأمور التى ذكرناها آنفا ، بل أراد أن يبين علة الانعكاس أو يفسر كيفية حدوثه . فابتدأ يشرح ما يحدث إذا كرة صلبة صغيرة متحركة وقعت على سطح جسم صلب ، يمنعها من الاستمرار فى الحركة على السمت الأول ، وكيف ترتد الكرة عن هذا الجسم . ثم قاس انعكاس الضوء على ارتداد هذه الكرة ، وصقيل السطح العاكس

للضوء على صلابة الجسم المانع لحركة الكرة . فهو على هذه الصفة يمثل لانعكاس الضوء بمثال ميكانيكى. وأقل ما يقال فى هذا التمثيل انه قد سبق اليه « نيوتن » الذى شرح انعكاس الضوء على حسب نظرية الدقائق دون أن يتقيد كما تقيد « نيوتن » بحكم فى ماهية الضوء .

وما أشبه موقف ابن الهيثم فى هذا بموقف بعض أساطين علم الطبيعة فى أواخر القرن التاسع عشر ، لاسيما الانكليز منهم [1] ، الذين رأوا أن يمثلوا للأمور الطبيعية بمُثُل ميكانيكية ، جعلوها صورا تبين بالمحسوسات المعانى الخفية التى تنطوى عليها تلك الأمور ، أو التى تتضمنها البحوث النظرية أو المعادلات الرياضية التى تتعلق بها . وهم يتميزون فى تاريخ تطور علم الطبيعة بمذهبهم هذا ، وليس أليق من أن نسميهم « أصحاب المثل الميكانيكية » ، وليس من الخطأ أن نجعل ابن الهيثم من ثلتهم ، فهو قد رأى مثل رأيهم ونهج مثل منهجهم .

---

(١) على رأس هؤلاء « وليم تومسون » (١٨٢٤ — ١٩٠٧) ويعرف أيضا « باللورد كلفن » William Thomson Baron Kelvin of Largs و « كلارك مكسول » James Clerk Maxwell (١٨٣١ — ١٨٧٩)

الفصل الثانى

فى

علم الضوء قبل عصر ابن الهيثم

١١ — نظريات الابصار فى الفلسفة اليونانية

ليس من الغريب أن نجد لفلاسفة اليونان المتقدمين أقوالا تمت بصلة الى بعض الموضوعات المتعلقة بعلم الضوء خصوصا موضوع الإبصار وكيفيته . فالفلاسفة اليونانيون على اختلاف مذاهبهم وتباين آرائهم تناولوا فى بحوثهم الفلسفية « ماهية العلم » بوجه عام ، وكيفية الادراك بتوسط الحواس على وجه خاص ، فكان لزاما عليهم أن يتناولوا بين هذه البحوث وأمثالها ، كيفية إدراك الموجودات بحاسة البصر ، ولا تكاد تخلو فلسفة من الفلسفات القديمة عن أقوال تمس عن قرب أو عن بعد هذا الموضوع . ولكنهم جميعا لم يتفقوا على رأى واحد فيه ، بل تباينت آراؤهم بحسب مناحيهم الفكرية واختلاف ألوانهم الفلسفية .

ولعل أقدم ما هو معروف عن كيفية الإبصار ما ذهب اليه الفيثاغوريون وهم شيعة « فيثاغورس » الفيلسوف اليونانى فى القرن السادس قبل الميلاد . فاليه نسب القول بخروج ذرات أو بالأحرى دقائق تنبعث من المبصر اذا ما وردت الى البصر ، يحدث عن وقوعها عليه الابصار . وهذا القول قريب الشبه من نظرية الدقائق التى قال بها « نيوتن » والتى يُعد الضوء على حسبها دقائق تنبعث من الجسم المضىء .

ولكن لم يطل العهد بنظرية فيثاغورس . فقد خالفها « امبذقليس » الفيلسوف اليونانى المتوفى حوالى سنة ٤٣٥ قبل الميلاد ، وعدلها بما يتفق

ومنحاه الفلسفى الخاص . فالموجودات فى نظره تتكون من «عناصر» أو أجرام غير متجزئة . ويسود عالم الوجود فى نظره قوتان أو محركان أحدهما المحبة أو الألفة والثانى العداوة أو الغلبة أو البغضة[١] . فبعامل المحبة تتجاذب وتتصل تلك العناصر كل مثيل الى مثيله وكل نوع الى نوعه . وبعامل الغلبة تتنافر الأنواع عن غيرها والأشباه عن أضدادها . والادراك بوجه عام هو فى نظره من اتصال العناصر فى الموجودات الخارجة بأنواعها فى الانسان . والإبصار بوجه خاص هو بخروج عناصر من البصر واتصالها بعناصر من نوعها تخرج من المبصر . وبوقوع الاتصال بين هذه وتلك يحدث الإبصار[٢] . ويرى بعض العلماء فى مذهب « امبذقليس » فى الإبصار ميزة وهى أنه يتضمن القول بوجود « واسطة » يلزم أن توجد بين المبصر والبصر لكى يتم بوجودها الإبصار[٣] .

وقد نحا « أفلاطون » (٤٢٨ — ٣٤٨ أو ٣٤٧ قبل الميلاد) فى كيفية الابصار منحى آخر . فالبصر فى زعمه لا يدرك المبصر الا بثلاثة أمور . فمن البصر ينبعث ما عبر عنه الأفلاطونيون « بالنار الالهية » أو « بالقوة النورية » وهو ما شاع تسميته عند الاسلاميين بالروح الباصر . وهو فى زعم الأفلاطونيين من جنس النور الذى ينبعث من الأجسام المضيئة بذاتها وتستضىء به الأجسام الكثيفة . فاذا خرجت النار الالهية من البصر فى ضوء النهار اتصلت بذلك النور الذى من نوعها ، واذا ما اتصل المثل بالمثل على هذه الكيفية اندمجا واتحدا وتكون منهما « الشعاع » الذى به يدرك البصر المبصر . أما فى الظلام فليس ثمة نور والنار الالهية الخارجة من البصر لا تلقى النور الذى من نوعها ، فلا يحدث ذلك الاتصال الذى

---

(١) آثرنا أن نورد هنا الاصطلاحات التى استعملها الفلاسفة الاسلاميون ومنهم على الأخص ابن سينا والشهرستانى .

(٢) Preston فى كتابه The Theory of Light وغيره .

(٣) W. Wallace الفيلسوف الأيقوسى فى مقالته عن « امبذقليس » فى الموسوعة البريطانية طبعة ١٩١٠ .

يتكون منه الشعاع ، وانما تذهب النار الالهية هباء وتدثر ، فلا يقع الاحساس ولا تدرك المبصرات . ومضى أفلاطون على هذه الصفة يبين كيفية رؤية صور المبصرات فى المرايا وكيفية إدراك ألوان المبصرات . فادراك صورة المبصر بالانعكاس هو باتصال النار الالهية بالنور الذى من نوعها عند السطح العاكس . وحدوث هذا الاتصال على هذه الصفة التى تختلف عن حدوثه عند الإبصار بالاستقامة ينشأ عنه انقلاب الصورة فتدرك ميامن الصورة عند مياسرها ومياسرها عند ميامنها . أما الألوان فهى أيضا تنبعث من المبصرات ، عنصرها من عنصر النار الالهية ولكنها قد تختلف عنها فى المقدار وقد تساويها . فان ساوتها قدرا أدرك من المبصرات «الشفيف» ، وإن كانت أصغر مقدارا أدرك منها البياض ، وإن كانت أكبر مقدارا أدرك منها السواد [١] .

على هذا النحو نحا أفلاطون . ومذهبه فى كيفية الابصار غامض غير مجد من الناحية العلمية . وقد جاء أرسطوطاليس من بعده وعارض هذا المذهب ، عارض فيه فكرة الشعاع الذى يعزى اليه فى نهاية الأمر الابصار . وعارض فيه فكرة ان المبصر ينبعث منه شىء ما ترتبط به كيفية الابصار ، فى أى طور من أطوارها . ولذلك كان مذهبه هو أيضا غامض اذ رأى أن الضوء صفة أو كيفية عارضة تعرض على الوسط أو الجسم المشف الذى يتوسط بين المبصر والبصر . وأنكر أن للضوء وجودا فى ذاته أو أنه يقبل الحركة أو أن يكون شيئا يرد من المبصر ، والا فكيف يتفق أنه يوجد شيئان فى مكان واحد ؟ [٢] فهو صفة عارضة تعرض على المشف اذا زالت عنه كانت الظلمة . والابصار هو انطباع يحدث فى البصر لا من جراء شىء يرد من

---

(١) تلخيصا عما رواه Preston فى كتابه المذكور آنفا من محاورات أفلاطون نقلا عن كتاب « تياوس » .

(٢) تلخيصا عما رواه Preston نقلا عن E. Wallace من كتابه Aristotle's Psychology

المبصر الى البصر ، وإنما بفعل المشف المتوسط عند قبوله تلك الصفة العارضة عليه . ومذهب أرسطو مع غموضه يراه بعض الشراح يمثل الى حد ما ناحية من الحقيقة ، لأن القول بأن الضوء تكيف فى الوسط المشف هو فى مجمله صحيح ويتفق والفكرة الأساسية فى النظرية الموجية . ولكن نفى الحركة والوجود الذاتى عن الضوء يقلل فى نظرنا من المغزى العلمى لرأى أرسطو . وسنرى فيما بعد كيف استطاع ابن الهيثم توضيح هذه الأمور على أساس علمى ومبلغ أقواله فى هذا الصدد من الصحة .

ولم يبق رأى أرسطو هذا ، الرأى المعتمد المقبول فى الفلسفات التى جاءت من بعده . فلم يقبله « ابيقور » (٣٤١ — ٢٧٠ قبل الميلاد) لأنه نحا فى فلسفته المنحى الحسى البحت ، وأبطل فيها وجود اللامادى الغير المحسوس ، وأنكر الثنائية التى تتضمنها فلسفة أفلاطون وفلسفة أرسطو أيضا والتى ينطوى عليها القول بوجود عالم العقل وعالم الحس والقول بوجود الهيولى والصورة أو ما الى ذلك من الآراء . لذلك لم يقبل ابيقور القول بأن المبصر يؤثر فى البصر عن بُعد ، دون أن يرد منه الى البصر شىء ، فقرر فكرة « الورود » . ولكنه فى الوقت نفسه ذهب فى تصوير هذا الشىء الوارد من المبصر الى البصر مذهبا خياليا جعل فكرة الورود فى فلسفته تفقد قيمتها العلمية . فللمبصرات فى زعمه « أشباح » أو « صور » أو سمها ما شئت ، هى أخيلة رقيقة على مثال الأجسام المبصرة نفسها تتخلع عنها وتنبعث منها باتصال واستمرار [1] . والإبصار هو بورود هذه الأشباح الى العين . وقد ظل مذهب أرسطو المنطوى على عدم ورود شىء من المبصر الى البصر ومذهب ابيقور المنطوى على ورود شبح المبصر الى البصر يتنازعان آراء الفلاسفة الطبيعيين زمنا طويلا . والغريب انه على الرغم من تناقضهما فقد اندمجا معا وتكون منهما مذهب كان هو مذهب ابن سينا فى الإبصار ، فابن سينا قد جمع بين النقيضين

(١) W. Wallace فى مقالته عن ابيقور فى الموسوعة البريطانية طبعة ١٩١٠ .

ورأى أن الابصار هو « باتشاح شبح المبصر » فى البصر بمجرد المحاذاة دون أن يكون ذلك بورود شيء منه الى البصر . ولنا عودة الى هذا فى موضع آخر من الكتاب .

وقد نشأت فى العصر الذى ظهرت فيه فلسفة « الابيقوريين » فلسفة أخرى هى فلسفة « الرواقيين » وزعيمهم الأول « زينون السيتيومى » [١] (٣٣٦ — ٢٦٤ قبل الميلاد) وهى أيضا قد سادتها المادية فكل ما هو موجود مادى محسوس فى زعمهم . وفعل الجسم فى الجسم أو تأثيره فيه لا يكون الا بالاتصال المادى بين الجسمين أو بتماسهما . وكذا الادراك بتوسط الحواس . فالإبصار فى زعمهم لا يكون الا بالاتصال الفعلى أو المادى بين العضو الحاس وهو العين وبين المبصر . وكيفية ذلك أن يخرج من العين « شعاع » على شكل مخروط رأسه عند العين وقاعدته عند سطح المبصر ، فاذا ما خرج هذا الشعاع من العين ووقع على المبصر فلمسه حدث الإبصار . فكأن العين وهى العضو الحاس تمتد حتى تلمس المبصر ، وكأن الشعاع بمثابة ما يسميه علماء الحشرات قرون الاستشعار .

وقد شاع هذا المذهب فى الفلسفة الهندية أيضا وكان القول بالشعاع الخارج من العين من الآراء المعتمدة المعوّل عليها فيها [٢] . ولا يعنينا أى الفلسفتين قد نقلت عن الأخرى . وانما يعنينا أن القول بالشعاع الخارج من العين أخذ به أيضا جميع علماء الرياضة والفلك أو علماء العلم التعليمى الذين ظهروا فى العصر الاسكندرى ومن تبعهم ، وصارت هذه النظرية فى الابصار من مميزاتهم ، حتى أسماهم ابن الهيثم بحق « أصحاب الشعاع » .

---

(١) ولد فى « أسيتيوم » من أعمال قبرص وهو غير « زينون الايلى » الذى يسميه الشهرستانى « زينون الأكبر » .

(٢) Mallik فى كتابه Optical Theories

١٢ — الآثار العلوية فى فلسفة أرسطو

وإن كان أخطر ما ورد فى الفلسفات اليونانية القديمة مما يمت بصلة الى الضوء، هو ما جاء فيها خاصا بكيفية الابصار كما أجملنا فيما سبق ، فقد تناول أرسطو فى بحوثه الطبيعية شرح بعض الظواهر الضوئية ، مما يرى فى السماء وعرف قديما « بالآثار العلوية » كالأثرين قوس قزح والهالة . ولكنا نرى أن شروح أرسطو لهذه الظواهر هى من الناحية العلمية على جانب عظيم من الغموض . فهو مثلا ذهب الى أن قوس قزح ترى بانعكاس ضوء الشمس عن قطيرات الماء الصغيرة المستطيرة فى الجو ، ومثّل لها بالدائرة ذات التقازيح التى ترى من رش المجاذيف فى الماء اذا كان الناظر موليا ظهره للشمس . وبمثل هذا علل حدوث الهالة . وإن كان شرح حدوث الأثرين على أساس الانعكاس وحده ليس هو الشرح المقبول علميا فى الوقت الحاضر فان هذا ليس هو الذى يقلل فى نظرنا من قيمة أقوال أرسطو فى ذاتها، وإنما الذى يقلل من قيمتها ، مذهبه فى نفى الوجود الذاتى عن الضوء وغموض فكرته عن كيفية الإبصار وهو ينفى فيها أيضا ان شيئا له وجود يرد من المبصر ، إذ لا يستقيم مع هذا أو ذاك معنى معقول لا عن كيفية الإبصار فحسب بل ولا عن الانعكاس أو ماهية المنعكس أو ما الى ذلك .

١٣ — علم الضوء فى العصر الاسكندرى

إذن ليس من المغالاة القول بأن ما ورد فى الفلسفات اليونانية القديمة مما يمت بصلة إلى علم الضوء فى حدوده الطبيعية المعروفة فى الوقت الحاضر ، إنما هو بوجه عام آراء مختلفة لا تخلو فيما بينها من تباين وتناقض ، جاءت عرضا تبعاً لفكر فلسفية عامة ، ولم تكن هى المبحوث عنها بالذات . بيد أن هذا الحال تبدل فى العصر الاسكندرى . ففيه انصرف جانب من عناية علماء الرياضة أو بالأحرى العلم التعليمى ، الى البحث عن أمور هى من المبادىء

العامة التى يقوم عليها علم الضوء كما نعرفه فى الوقت الحاضر . ولو أن تلك البحوث لم تكن تخلو من أخطاء ، ولم تكن قد اتسعت الى الحد الذى يجعل منها وحدة علمية مستقلة قائمة بذاتها ، وكانت فى ذلك العصر وفى العصر الذى تلاه تعد فرعا تابعا لعلم الهندسة ، فانها من غير شك تمثل النواة التى يصح أن تنسب اليها النشأة الأولى لعلم الضوء .

وأصحاب التعاليم فى ذلك العصر عنوا بالبحث عن ثلاثة أمور فى هذا الصدد . أحدها كيفية الابصار أى كيفية رؤية المبصر إذا نظر اليه رأساً وهو فى مقابلة البصر عند ما يكون المبصر والبصر كلاهما فى جسم مشف واحد . وهذا ما عبر عنه ابن الهيثم بقوله « كيفية إدراك صورة المبصر بالاستقامة » وهذا الأمر هو أصل ما عناه الاغريق بلفظ « أوپطيق » وما سمّاه الاسلاميون باسم « المناظر » .

ويدخل فى مباحث هذا القسم البحث عما يعرض من الاختلاف على ما يدرك من صورة المبصر أو صور المبصرات (وعلى الأخص الاختلاف فى عظم الأقدار) من جراء اختلاف البعد . وهو أصل ما عناه الاغريق بلفظ « سينوغرافيا » وما يطلق عليه الآن « علم المنظور » وما أراده الاسلاميون بقولهم « اختلاف المناظر » ولعل هذا هو ما دعا الاسلاميين الى استعمال لفظ « المناظر » فى هذا المعنى على الوجه الشامل .

والأمر الثانى هو كيفية رؤية صور المبصرات منعكسة عن السطوح الصقيلة كالمرايا وما اليها . وهو أصل ما عناه الاغريق بلفظ « قاطوپطريقى » أى « المرأويات » وما عبر عنه ابن الهيثم بقوله « إدراك صور المبصرات بالانعكاس » .

والأمر الثالث كيفية رؤية المبصر إذا لم يكن البصر والمبصر كلاهما فى جسم مشف واحد . أو بوجه عام اذا لم يكن المشف المتوسط بين المبصر والبصر واحداً وهو الذى سُمى باسم « ديوپطريقى » وما عبر عنه ابن الهيثم

بقوله « إدراك صور المبصرات بالانعطاف » .

تلك هى الفروع الأساسية الثلاثة التى عنى بدراستها فى العصر الاسكندرى وقد غلب عليها جميعا فى العصر الاسلامى اسم « علم المناظر » وغلب عليها عند الأوروبيين فى الوقت الحاضر هى وما التحق بها من فروع علم الضوء الحديث اسم « علم الأوپطيقى » وهو الذى نعبر عنه « بعلم البصريات » . والذى يجدر بنا توكيده فى هذا الصدد أن علم المناظر فى العصر الاسكندرى كان المقصود منه البحث عن الأمور الثلاثة العامة التى ذكرناها من ناحية خاصة هى ناحية « الإبصار » أى الادراك بالبصر . فكان علم المناظر فى ذلك العصر تكاد لا تتجاوز مباحثه الناحية الشخصية المتعلقة بالشخص المبصر . خصوصا وان جميع تلك البحوث قامت على أساس أن الإبصار هو بالشعاع الخارج من البصر إلى المبصر . فالانعكاس والانعطاف المقصودان فى تلك البحوث هما انعكاس هذا الشعاع الخارج من البصر وانعطافه لا انعكاس الضوء أو انعطافه كما نعنى فى الوقت الحاضر . لذلك لم تكن مباحث علم المناظر فى ذلك العهد تتضمن انعكاس ضوء الشمس مثلا عن سطوح المرايا المختلفة أو انعطافه فى الأجسام المشفة المختلفة ، بل أفردت لهذه البحوث كتب أو مقالات ، ولم تشملها كتب المناظر ، وسميت تسمية أخرى وصارت معروفة بكتب المرايا المحرقة والكرات المحرقة . ولا شك فى دلالة هذا الأمر على ما كان يغشى الفكر الأولية البسيطة فى علم الضوء من الغموض والابهام .

هذا مجمل ما كان عليه علم الضوء فى العصر الاسكندرى .

أما الموضوعات التى تناولوا البحث عنها والطرق التى سلكوها فى البحث والنتائج التى توصلوا اليها فكل ذلك نوالى تفصيله فيما يلى .

١٤ — كتاب أوقليدس فى المناظر

أول من نعلم انه عنى بعلم المناظر بصفة خاصة من أصحاب التعاليم فى

العصر الاسكندرى هو أوقليدس (فى القرن الثالث قبل الميلاد) المعروف عند الاسلاميين بأوقليدس الصورى ، صاحب كتاب الأصول فى الهندسة . فله كتاب فى هذا العلم كان من الكتب التى نقلت من اليونانية الى العربية فى عصر الترجمة والنقل ، عرف بكتاب المناظر أو كتاب اختلاف المناظر لأوقليدس . ونقل الكتاب الى اللاتينية فى إبان عصر النهضة فى أوروبا . وقد كانت النسخ القديمة الأولى لهذا الكتاب قد نقلت عن كتاب المناظر لأوقليدس تحرير « ثاوون » (١) الاسكندرى من علماء القرن الرابع بعد الميلاد . ولكن عثر « هيبرج » سنة ١٨٩٥ على مخطوط يظن انه منقول عن مصنف يكاد يكون من معاصرى أوقليدس (٢) . ويمتاز تحرير « ثاوون » لكتاب أوقليدس بمقدمة أضافها الى الكتاب من عنده . وبحوث كتاب أوقليدس فى المناظر تدور حول ما يعرض من الاختلاف فى عظم المبصر تبعا لاختلاف بعده ، وفى وضعه بالاضافة الى غيره ، وبعض أمور أخرى تتعلق بذلك . وقد توخى فى بيان هذه الأمور الطريقة الهندسية فأورد مباحثه فى سلسلة نظريات برهن عليها بالبراهين الهندسية . وبراهينه على هذه النظريات مبنية على قضايا أو مقدمات هى بجمل المبادىء الأساسية فى الضوء التى كانت معروفة فى ذلك العصر الا ما يتعلق منها بموضوع الانعطاف . وهذه هى المقدمات : —

١ — ان العين تحدث باستمداد من الأجرام النيرة فى الجسم الشفاف المتوسط بينها وبين المبصرات كالهواء وما شاكله ، شعاعا كما تحدثه الأجرام النيرة وحدها بعينه . ويكون ذلك الشعاع كأنه منبعث من العين وخارج منها .

---

(١) كذا يسميه القفطى وهو Theon كان أشهر علماء الرياضة والفلك فى عصره ، عنى بتحرير كتاب الأصول لأوقليدس فى الهندسة وبشرح المجسطى وهو أبو «ايباشيا» التى قتلها الرعاع فى الاسكندرية وتم بمقتلها القضاء على الحركة العلمية فى هذا البلد .

(٢) أنظر Heiberg تأليف Histoire des Sciences de l'Antiquité « P. Brunet et A. Mieli »

٢ — ثم انه (أى الشعاع) يصير آلة فى الابصار فيختلف أحوال المناظر لاختلاف أوضاعه .

٣ — ولنتوهم ذلك الشعاع متصلا بالعين على خطوط مستقيمة وليحدث سموتا مستقيمة لا نهاية لكثرتها .

والشكل الشعاعى مخروط رأسه يلى العين وقاعدته تلى المبصرات . فالأشياء التى يقع عليها الشعاع تبصر والتى لا يقع عليها لا تبصر .

٤ — وما أبصر من زاوية عظيمة ظهر عظيما وبالعكس .

٥ — وما أبصر من زوايا كثيرة ظهر كثيرا .

٦ — وما أبصر من زوايا متساوية ظهر متساوية .

٧ — اذا اختلفت جهات الشعاعات علوا وسفلا ويمينا ويسارا رؤيت المبصرات مختلفة الجهات بحسب ذلك .

٨ — ما يقع عليه الشعاع أكثر فهو أصدق رؤية مما يقع عليه الشعاع أقل .

٩ — ما يقع عليه سهم المخروط الشعاعى فهو أصدق رؤية مما حوله لكون الشعاع الواقع عليه أكثر وأشد تراكما . وما هو أقرب منه أصدق مما هو أبعد . ولذلك يقلب الناظر سهم المخروط نحو ما يقصد رؤيته أو يريد أن يتحققه .

١٠ — اذا انعطف (المقصود انعكس) الشعاع من جسم صقيل كالمرآة حدثت هناك زاويتان متساويتان . إحداهما زاوية الشعاع والأخرى زاوية الانعطاف (والمقصود الانعكاس) [1] .

---

(١) الترقيم من عندنا . والمقدمات منقولة بألفاظها من مخطوطى تحرير المناظر لحسن بن شاكر وتحرير المناظر لنصير الدين الطوسى . ووردت فى كل منهما مرسلة مع ورود هذه الجملة « أقول ومما ينبغى أيضا أن يعلم قولنا » بين المقدمة المرقومة برقم ٦ وبين المرقومة برقم ٧ . وهى جميعا ما يتضمنه صدر الكتاب .

ونحن لا يعنينا كثيراً إن كانت هذه المقدمات كلها أو بعضها قد أضافها على الكتاب « ثاوون » من عنده ، وإنما يعنينا أن هذه المعانى جميعاً أدركها أوقليدس وانه بنى مباحث كتابه عليها . وتبلغ نظريات الكتاب بحسب ما هو وارد فى مخطوطى تحرير المناظر لحسن بن شاكر وتحرير المناظر لنصير الدين الطوسى ثمانى وستين نظرية فان كان عددها فى النسخة القديمة التى نشرها « هيبرج » ثمانى وخمسين [1] فأغلب الظن أن الترجمة العربية منقولة عن تحرير « ثاوون » للكتاب الأصلى .

ولا يسمح المقام هنا بتفصيل جميع نظريات الكتاب أو أشكاله كما تسمى فى العربية ولا ببيان براهينها الهندسية . وهى جميعاً سهلة بسيطة لا تتطلب من المعلومات الهندسية غير المبادىء الأولية ، وانما نكتفى بأن ننتقى ما نراه منها أهم النظريات ، ونورده فيما يلى كنماذج للبحوث الواردة فى الكتاب ليتبين منها ماهية المسائل المبحوث عنها والمستوى العلمى للكتاب بوجه عام :—

١ — الخطوط المتوازية ترى من بعيد مختلفة العرض .

٢ — المقادير المتوازية المختلفة الأبعاد لا يكون اختلافها فى الرؤية على (عكس) نسبة اختلافها فى الأبعاد .

٣ — الأشكال المتساوية الأضلاع التى تحيط برؤوسها دائرة ترى من بعيد مستديرة .

٤ — كيفية تعيين ارتفاع جسم يمكن الوصول الى قاعدته (أولا) بالشمس و (ثانياً) بالمرآة .

٥ — مايرى من الكرة أصغر من نصفها .

٦ — اذا كان ما بين العينين مثل قطر الكرة رؤى منها نصفها .

---

(١) P. Brunet و A. Mieli فى كتابهما المذكور آنفا .

٧ — للبصر موضع إذا ثبت فيه وانتقل المبصر فى مواضع مختلفة رؤى أبداً متساوياً .

٨ — قد يوجد للبصر مسافة يتحرك فيها ويكون المبصر ثابتاً ويراه متساوياً .

٩ — إيجاد موضع ترى منه الأقدار المختلفة متساوية .

١٠ — الأشياء المتساوية الحركة على خط واحد ، اذا توجهت من أحد الجانبين الى مقابلة البصر رؤى آخرها (أبعدها) متقدماً . واذا جاوزت مقابلة البصر الى الجانب الآخر رؤى المتقدم لاحقاً واللاحق متقدماً .

١١ — اذا كانت أقدار متحركة حركات مختلفة والبصر متحرك حركة مساوية لبعضها ، فانه يرى الذى حركته كحركته كأنه ثابت ، والذى حركته أسرع كأنه متحرك فى تلك الجهة ، والذى حركته أبطأ كأنه راجع الى الخلف .

والبراهين على هذه النظريات وأمثالها هى بوجه عام سليمة ، ولكنها لم تكن تخلو من أخطاء صححها من بعد الاسلاميون . فمثلا النظرية المرقومة هنا برقم ٣ وردت فى الأصل « الأشكال القائمة الزوايا ترى من بعيد مستديرة » ولم يكن البرهان عليها مقبولا ، وقد أشار الى ذلك كل من حسن ابن شاكر ونصير الدين الطوسى . وبالمثل البرهان الوارد فى الأصل عن النظرية المرقومة هنا برقم ٥ ، لم يكن سليما وقد أشار كل منهما الى ذلك أيضاً وأصلحه . وأيضاً النظرية المرقومة هنا برقم ١٠ أصلح البرهان عليها يعقوب بن اسحاق الكندى [١].

---

(١) روى حسن بن شاكر فى ذيل تحريره للمناظر ما قاله يعقوب بن اسحاق الكندى بلفظه .

وقد كان كتاب المناظر لأوقليدس أكثر كتب الضوء انتشارا لدى الاسلاميين ، وعنوا كما تبين بدراسته واصلاح أخطائه ، وحرره أكثر من واحد من أعلام علماء العلم التعليمى فى عصر الحضارة الاسلامية . ولكن من الواضح أنه لم يتناول من علم الضوء فى حدوده المعروفة فى الوقت الحاضر الا ناحية واحدة هى فى ذاتها ضيقة محدودة .

١٥ — كتاب بطليموس فى المناظر

وقد خلف العصر الاسكندرى كتابا آخر هو أرقى ما ألف فى ذلك العصر من الكتب المتعلقة بعلم الضوء . وينسب الكتاب الى بطليموس القلوذى (حوالى منتصف القرن الثانى بعد الميلاد) صاحب كتاب المجسطى فى الفلك وهو أكبر أصحاب التعاليم شأنا فى العصر القديم . غير أن نسبته الى بطليموس قد شك فى صحتها بعض العلماء[١] أولا لضعف بعض البراهين الهندسية الواردة فيه اذا قيست بالبحوث الرياضية الدقيقة العميقة التى تضمنها كتاب المجسطى ، وثانيا لأن كتاب المناظر يشير الى ما يترتب على الانعطاف من الظواهر المتعلقة بالرصد الفلكى ، ولم يرد ذكر ذلك البتة فى كتاب المجسطى نفسه . ويرى بعض العلماء[٢] أن الكتاب ربما قد اعتراه تعديلات وتغييرات عربية ولاتينية قد بدلت من معالمه الأولى . وأيا ما قيل فان الكتاب يصح أن يتخذ مقياسا لما وصل اليه البحث عن أمور الضوء فى العصر الاسكندرى . ويصح أن يمثل الحالة التى وجد ابن الهيثم علم الضوء قد بلغها قبل أن يبدأ بحوثه الخاصة فيه . وابن الهيثم نفسه يشير اليه فى كثير من بحوثه كما سيتبين بعد . وقد كان الكتاب من الكتب التى نقلت الى العربية

---

(١) Smith's Dictionary of Greek and Roman Biography

(٢) Lynn Thorndyke فى كتابه History of Magic and Experimental Science

وتداولها العلماء الاسلاميون ولكن أغلب الظن انه لم يبلغ من سعة الانتشار لدى الاسلاميين ما بلغه كتاب أوقليدس فى المناظر . وقد ترجم الكتاب الى اللاتينية نقلا عن العربية فى القرن الثانى عشر . والنسخة اللاتينية ليست كاملة . فالكتاب يقع فى خمسة أجزاء أو هى كتب أو مقالات كما يسميها الاسلاميون ، وتنقصه المقالة الأولى كلها وينقصه أيضاً الجزء الأخير من المقالة الأخيرة لأنها مبتورة تنتهى فجاءة دون أن يتم المعنى المبحوث عنه فى الجزء الأخير منها . وقد أشار الى هذا النقص مترجم الكتاب من العربية الى اللاتينية[١] وقد كانت المقالة الأولى منه مفقودة فى الأصل العربى بدليل أن لابن الهيثم كتابا ملخصا يقول عنه بلفظه « كتاب لخصت فيه علم المناظر من كتابى أوقليدس وبطليموس وتممته بمعانى المقالة الأولى المفقودة من كتاب بطليموس »[٢] أما الأصل العربى الذى نقلت عنه الترجمة اللاتينية والأصل الاغريقى فقد فقد كلاهما[٣] .

والمظنون أن المقالة الأولى المفقودة من كتاب بطليموس تختص بكيفية الإبصار وهو لا شك قد ذهب فى الإبصار مذهب القائلين بخروج الشعاع من العين كما تدل عليه مباحث الأجزاء الأخرى من الكتاب . والمقالة الثانية تتعلق بذكر الأمور العامة المرتبطة بألوان المبصرات وأوضاعها وعظمها وتجسمها وغير ذلك مما يسميه ابن الهيثم المعانى المبصرة ، وكيفية إدراكها وما يعرض فيها من الأغلاط[٤] ، وهو قد ذهب فى جميع هذه البحوث مذهب القائلين بالشعاع ، ولكنه قد تناول أموراً لم يتناولها أوقليدس من قبل

---

(١) P. Brunet و A. Mieli فى كتابهما المذكور آنفا .

(٢) مقالة ابن الهيثم التى أوردها ابن أبى أصيبعة .

(٣) L. Thorndyke فى كتابه المشار اليه آنفا .

(٤) P. Brunet و A. Mieli فى كتابهما المشار اليه آنفا .

وتوسع فى دراستها . ونستطيع أن نجمل أهم النتائج التى توصل اليها فى كل ذلك فى أمرين :

أحدهما أن خروج الشعاع من البصر ووقوعه على المبصر يترتب عليه إدراك بعد المبصر عن البصر [١] إذا لم يكن هذا البعد متفاوتا فى العظم . كما أن إدراك البعد يترتب أيضا على ما يدرك من كيفية لون المبصر . فان أدرك لونه كدراً مغبراً أدرك المبصر بعيداً ، وإن أدرك لونه زاهياً مشرقا أدرك المبصر قريباً . ويترتب إدراك البعد أيضا على ما يدرك من « كيفية » ضوئه ، فيدرك بعيداً مايدرك ضوؤه ضعيفا . ويدرك قريباً ما يدرك ضوؤه قوياً .

وسيتبين فيما بعد كيف عالج ابن الهيثم هـذا الموضوع على الأساس الصحيح المعول عليه فى الوقت الحاضر . وكيف حلل معنى البعد وميز فيه بين معنيين ، أولهما مجرد وجود المبصر فى المكان خارج البصر وكيفية إدراك هذا المعنى ، وثانيهما مقدار المسافة بينه وبين البصر وكيفية إدراك هذا المعنى .

الأمر الثانى حكمه عن الشرائط التى يتم بها إدراك المبصر واحداً إذا نظر اليه بالبصرين جميعا [٢] فهو قد تناول استقراء الأحوال التى يدرك فيها المبصر واحداً ، أى يدرك فى وضعه ، والأحوال التى يدرك فيها اثنين أو يدرك فيها فى وضع غير وضعه الذى هو عليه فى الواقع ، سالكا إلى ذلك سبيل الاعتبار . وحكمه العام يتلخص فى أن المبصر الذى يدركه البصران بشعاعين متشابهين ومتشابهى الوضع ، يدرك واحداً أو بالأحرى يدرك فى موضع واحد . والمبصر الذى يدركه البصران بشعاعين ليسا كذلك يدرك فى موضعين مختلفين . ولنا فيما بعد عودة إلى هذا الموضوع يتبين فيها أيضا

---

(١) P. Brunet و A. Mieli فى كتابهما المشار اليه آنفا .

(٢) Mach فى كتابه The Principles of Physical Optics

كيف عالجه ابن الهيثم على الأساس الصحيح ، وكيف توسع فى دراسته وربط هذه الأمور بأسباب طبيعية لا تختلف عناصرها بجملة عما هو معروف فى الوقت الحاضر .

والمقالتان الثالثة والرابعة من كتاب بطليموس يتناول فيهما البحث عن الانعكاس على أساس أن ما ينعكس هو الشعاع الخارج من البصر . ومباحثه فى هذا الأمر مبنية على أحكام ثلاثة :

الحكم الأول — ان الصورة التى ترى بالانعكاس فى المرايا ترى على سمت الشعاع الخارج من العين إلى النقطة من سطح المرآة التى يحدث عندها الانعكاس .

الحكم الثانى — ان موضع صورة النقطة المبصرة هو نقطة التقاء سمت هذا الشعاع بامتداد العمود الواقع منها على السطح العاكس إن كان مستوياً . أو على السطح المستوى المماس للسطح العاكس على نقطة الانعكاس إن كان السطح العاكس مقعراً أو محدباً .

الحكم الثالث — ان زاوية السقوط تساوى زاوية الانعكاس . وان الشعاعين الخارج أحدهما من العين إلى نقطة الانعكاس والمنعكس ثانيهما منها إلى المبصر ، فى المستوى العمود على السطح العاكس [١] .

وقد استنبط بطليموس هذه الأحكام بالاعتبار . والآلة التى استخدمها بسيطة التركيب سهلة الاستعمال كانت تتركب من قرص من النحاس مدرج . توضع عند مركزه المرآة العاكسة بحيث يكون سطحها عمودا على مستوى القرص ، وكان على القرص مسطرة أو مؤشر يتسنى به قياس مقادير الزوايا [٢] .

---

(١) عن P. Brunet و A. Mieli من كتابهما المشار اليه سابقا .

(٢) » » » » »

ونحن نرى أن تحقيق الأحكام الثلاثة بالاستقراء مع استقصاء أحوال المرايا المختلفة، خصوصا فيما يتعلق بالشطر الثانى من الحكم الثالث، ليس من الميسور باستعمال الآلة البسيطة التى ذكرها . ولكن من الواضح أن بطليموس كان يعلم بالمعنى الذى يتضمنه الشطر الثانى من الحكم، وخصوصا أن الحكم الثانى أيضا يتضمن هذا المعنى على وجه يشمل أحوال السطوح المنحنية والمستوية .

والمباحث التى تناولها بطليموس عن الانعكاس راعى فيها الانعكاس عن سطوح المرايا ومنها الكرية المحدبة والمقعرة والاسطوانية والمخروطية ولكن لم يتجاوز ما ورد عن الأخيرتين غير أقوال قليلة اكتفى فيها بذكرهما [١] . أما الكرية فقد راعى فيها حالات خاصة ولم تكن مباحثه فيها كاملة مستوفاة بل لم تكن تخلو من أغلاط هندسية وسنعود الى تفصيل هذا الأمر أيضا فى موضع آخر من الكتاب [٢] .

أما المقالة الخامسة فهى تعد أعظم أجزاء الكتاب خطورة وتمثل أرقى بحث علمى عملى فى الانعطاف ورثه العالم من العصر الاسكندرى .

فى هذه المقالة تناول بطليموس موضوع الانعطاف، وعالجه أيضا على أساس أن المنعطف هو الشعاع الخارج من العين . فاذا ما خرج هذا الشعاع من العين وامتد فى الهواء حتى لقى سطح المشف الثانى انعطف فيه . فاذا وقع بعد انعطافه على مبصر أدرك البصر هذا المبصر . تلك هى الفكرة الأساسية التى تقوم عليها جميع معانى المقالة .

وقد بنى بحوثه على أحكام، هى نظائر الأحكام الثلاثة التى سبق أن ذكرناها فى الانعكاس . فالصورة التى ترى بالانعطاف ترى على سمت

---

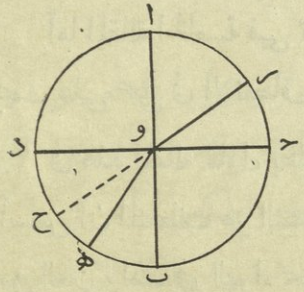
(١) رسالة Bode وعنوانها Die Alhazensche Spiegel-Aufgabe 1893

(٢) الباب الخامس من هذا الكتاب .

الشعاع الخارج من العين الى النقطة التى ينعطف عندها هذا الشعاع. وموضع صورة النقطة المبصرة هو نقطة التقاء سمت هذا الشعاع بامتداد العمود الواقع من النقطة المبصرة على السطح الذى يحدث عنده الانعطاف اذا كان هذا مستويا [١] . أما علاقات الزوايا بعضها ببعض فقد بينها فى جداول سيأتى ذكرها بعد .

وقد ساق لبيان موضع الصورة التى ترى بالانعطاف الاعتبار بجسم صغير يوضع فى قرار إناء ذى حرف قائم يصب فيه الماء . وقد أعاد ابن الهيثم ذكر هذه التجربة كما سنبين فيما بعد [٢] وهى لا تزال تذكر فى بعض كتب الضوء الى وقتنا الحاضر ، وكان ابن الهيثم أول من شرحها على الأساس الصحيح .

أما مقادير الزوايا فقد استعان بطليموس لقياسها بآلة ، هى أيضا بسيطة لا تختلف كثيرا عن الآلة التى وصفناها فى الانعكاس . وكانت تتركب [٣] من قرص من النحاس ، قسم أربعة أقسام متساوية بقطرين متعامدين مثل ا ب ، ح د (شكل ١) وقسمت قوس كل ربع منه تسعين درجة ، وثبت عند مركز القرص وهو نقطة و شخص صغير . ولاستعمال الآلة كان القرص يُغمر



(شكل ١)

فى إناء به ماء ، ويحرر وضعه بحيث يصير مستواه رأسيا ، وأحد قطريه ح د مثلا ملامسا سطح الماء . ثم يؤتى بشخص آخر صغير يوضع عند نقطة مثل

---

(١) P. Brunet و A. Mieli من كتابهما المشار اليه آنفا .

(٢) الباب السابع من هذا الكتاب .

(٣) P. Brunet و A. Mieli من كتابهما المذكور سابقا .

ر من محيط النصف البارز فوق سطح الماء، وينظر على سمت ر و، أى المستقيم الواصل بين الشخصين، ثم يؤتى بعود رفيع أو خلالة طويلة، ويحرك طرفها على القوس المقابلة لنقطة ر، أى قوس د ب، الى أن يرى طرفها على امتداد ر و عند ح مثلا. فاذا قيست القوس المحصورة بين موضع طرف الخلالة فى الواقع وبين نقطة ب، وجدت أصغر من القوس المقابلة لقوس ا ر، فيكون طرف الخلالة عند نقطة مثل ه فى الواقع عند ما ترى عند ح فى الظاهر، وتكون زاوية ا و ر أعظم من زاوية ب و ه.

على مثل هذه الصفة استدل بطليموس على أن الشعاع الخارج من العين فى الهواء ينعطف فى الماء بحيث تكون الزاوية المحصورة بين الساقط والعمود أعظم من الزاوية المحصورة بين المنعطف والعمود. واستدل أيضا على أنه اذا وقع عمودا على سطح الماء نفذ فيه من غير انعطاف.

وأيضا استدل على كيفية انعطاف الشعاع الخارج من العين عند نفوذه من الهواء فى الزجاج. ومن الماء فى الزجاج. وأورد فى مقالته جداول ذكر فيها مقادير زوايا الانكسار فى الوسط الأغلظ التى تقتضيها زوايا سقوط معلومة القدر فى الوسط الألطف. واعتبر فى تجاربه بزوايا سقوط تتفاضل بعشر درجات فعشر. وتمثل هذه الجداول نتائج أقدم تجارب عملية كمية معروفة فى تاريخ علم الضوء. وقد كان لها شأن فى العصور القديمة وفى عصر الحضارة الاسلامية، وأشار اليها ابن الهيثم نفسه فى مواضع من كتابه ومقالاته، وعول على بعضها فى بعض مباحثه. ونوردها[1] فيما يلى لأهميتها مبينين فيها مقادير زوايا السقوط وزوايا الانكسار التى تقابلها، وزيادات زوايا الانكسار ثم تفاضلات الزيادات على الترتيب.

---

(١) نقلا عن P. Brunet و A. Mieli من كتابهما المشار اليه سابقا.

جدول بطليموس

(أولا) الانكسار من الهواء فى الماء .

زوايا السقوط	زوايا الانكسار	زيادات زوايا الانكسار	تفاضلات الزيادات
° ٠	° ٠ ، ′ ٠		
		° ٨ ، ′ ٠	
° ١٠	° ٨ ، ′ ٠		′ ٣٠
		° ٧ ، ′ ٣٠	
° ٢٠	° ١٥ ، ′ ٣٠		′ ٣٠
		° ٧ ، ′ ٠	
° ٣٠	° ٢٢ ، ′ ٣٠		′ ٣٠
		° ٦ ، ′ ٣٠	
° ٤٠	° ٢٩ ، ′ ٠		′ ٣٠
		° ٦ ، ′ ٠	
° ٥٠	° ٣٥ ، ′ ٠		′ ٣٠
		° ٥ ، ′ ٣٠	
° ٦٠	° ٤٠ ، ′ ٣٠		′ ٣٠
		° ٥ ، ′ ٠	
° ٧٠	° ٤٥ ، ′ ٣٠		′ ٣٠
		° ٤ ، ′ ٣٠	
° ٨٠	° ٥٠ ، ′ ٠		

(ثانيا) الانكسار من الهواء فى الزجاج .

زوايا السقوط	زوايا الانكسار	زيادات زوايا الانكسار	تفاضلات الزيادات
° ٠	° ٠ ، ′ ٠		
		° ٧ ، ′ ٠	
° ١٠	° ٧ ، ′ ٠		′ ٣٠
		° ٦ ، ′ ٣٠	
° ٢٠	° ١٣ ، ′ ٣٠		′ ٣٠
		° ٦ ، ′ ٠	
° ٣٠	° ١٩ ، ′ ٣٠		′ ٣٠
		° ٥ ، ′ ٣٠	
° ٤٠	° ٢٥ ، ′ ٠		′ ٣٠
		° ٥ ، ′ ٠	
° ٥٠	° ٣٠ ، ′ ٠		′ ٣٠
		° ٤ ، ′ ٣٠	
° ٦٠	° ٣٤ ، ′ ٣٠		′ ٣٠
		° ٤ ، ′ ٠	
° ٧٠	° ٣٨ ، ′ ٣٠		
		° ٣ ، ′ ٣٠	
° ٨٠	° ٤٢ ، ′ ٠		

(ثالثا) الانكسار من الماء فى الزجاج .

زوايا السقوط	زوايا الانكسار	زيادات زوايا الانكسار	تفاضلات الزيادات
° ٠	° ٠ ، ′ ٠		
		° ٩ ، ′ ٣٠	
° ١٠	° ٩ ، ′ ٣٠		′ ٣٠
		° ٩ ، ′ ٠	
° ٢٠	° ١٨ ، ′ ٣٠		′ ٣٠
		° ٨ ، ′ ٣٠	
° ٣٠	° ٢٧ ، ′ ٠		′ ٣٠
		° ٨ ، ′ ٠	
° ٤٠	° ٣٥ ، ′ ٠		′ ٣٠
		° ٧ ، ′ ٣٠	
° ٥٠	° ٤٢ ، ′ ٣٠		′ ٣٠
		° ٧ ، ′ ٠	
° ٦٠	° ٤٩ ، ′ ٣٠		′ ٣٠
		° ٦ ، ′ ٣٠	
° ٧٠	° ٥٦ ، ′ ٠		′ ٣٠
		° ٦ ، ′ ٠	
° ٨٠	° ٦٢ ، ′ ٠		

ويتبين من هذه الجداول أن مقدار زاوية الانكسار التى تقتضيها زاوية سقوط قدرها ٦٠° عند الانعطاف من الهواء فى الماء تقضى أن يكون معامل انكسار الضوء بالمعنى المعروف الآن ١,٣٣٣ ولكن مقاديرها لزوايا السقوط الأخرى لا تؤدى إلى مثل هذه النتيجة ، بل ان التفاوت فى بعض الأحوال كبير يسترعى النظر. وأيضا فان مقدار زاوية الانكسار التى تقتضيها زاوية سقوط قدرها ٦٠° عند الانعطاف من الهواء فى الزجاج تقضى أن يكون معامل انكسار الضوء ١,٥٢٩ وهى قيمة مقبولة وخصوصا أن للزجاج أنواعا تتفاوت معاملات انكسار الضوء فيها بعضها عن الآخر .

وقد أشار « غوڤى » (١) إلى هذا الأمر وبين أن الخطأ فى قياس زاوية الانكسار التى تقتضيها زاوية سقوط قدرها ٦٠° بحسب ما هو وارد فى هذه الجداول لا يتجاوز ٣٠ دقيقة .

---

(١) Govi فى مقدمة النسخة التى نشرها سنة ١٨٨٥ لكتاب بطليموس فى المناظر وقد ذكر هذا الأمر P. Brunet و A. Mieli فى كتابهما المذكور آنفا .

وفى نظرنا يتضح من هذه الجداول ثلاثة أمور :

(أولا) ان مقادير الزوايا التى أوردها بطليموس ليست بوجه عام على قسط كبير من الدقة كما كان يظن بادىء الأمر ولا يزال متواتراً شائعا الآن .

(ثانيا) ان ما ذهب اليه بعض العلماء من أن بطليموس استقرأ من نتائج اعتباراته أن نسبة زاوية السقوط الى زاوية الانكسار ثابتة لكل وسطين[١] من المحال أن يكون صحيحاً ، فبحسب ما هو وارد فى هذه الجداول ليست هذه النسبة ثابتة ولا يمكن أن يكون هذا الأمر قد خفى على بطليموس .

(ثالثا) ان ما ذهب اليه بعض العلماء فى احتمال أن بطليموس قد استقرأ من نتائج اعتباراته حكما عاما فى الانعطاف ، وانه عدل الأرقام التى أوردها فى هذه الجداول بما يجعلها تتفق ومقتضى هذا الحكم[٢] له بعض ما يبرره ، فبحسب ما هو وارد فيها يتضح أن زيادات زوايا السقوط بعشر درجات فعشر تجعل زيادات زوايا الانكسار يتفاضل بعضها عن الآخر بقدر نصف درجة ، وذلك على اطراد سواء كان الانعطاف من الهواء فى الماء أو من الهواء فى الزجاج أو من الماء فى الزجاج . ولكن الأرجح فى نظرنا غير ذلك فلو كان بطليموس توصل حقيقة إلى حكم عام فى الانعطاف ، يقضى بأن زيادات زوايا السقوط بمقادير متساوية تجعل زيادات زوايا الانكسار تتفاوت بمقادير متساوية على تصاريف الأحوال ، لوجدنا لهذا المعنى صدى يتردد فى العصر الاسلامى .

وفيما عدا ذلك قد تضمنت المقالة الخامسة من كتاب بطليموس معنى القاعدة المعروفة الآن بقاعدة قبول العكس . وقد أشار ابن الهيثم إلى هذا

---

(١) من المتواتر فى كثير من الكتب نسبة هذا القانون الى بطليموس أنظر مثلا كتاب : The Rise of Modern Physics تأليف Crew .

(٢) A. Mieli و P. Brunet

فى مقالته فى الضوء .

وتضمنت أيضا بيان أن الانعطاف يترتب عليه أن الأجرام السماوية لا تبدو فى مواضعها الحقيقية . ولما كان مذهب بطليموس فى الابصار هو مذهب أصحاب الشعاع ، فقد قاس بطليموس انعطاف الشعاع الخارج من البصر والممتد فى الهواء عند نفوذه من الهواء فى « الأثير » أو فى « جسم الفلك » (بحسب التعبير القديم) قاس بطليموس هذا الانعطاف على انعطاف الشعاع الخارج من البصر عند نفوذه من جسم مشف غليظ إلى جسم مشف لطيف . وبيَّن على هذا الأساس أن أجرام السماء ترى أقرب إلى السمت من مواضعها الحقيقية . فترى ارتفاعاتها فوق الأفق أكبر مما هى عليه فى لواقع ، ويزداد الاختلاف كلما كانت تلك الأجرام أقرب إلى الأفق ، ويبطل إذا كانت عند السمت . بل وذكر بطليموس أيضا انه إذا علم ارتفاع الهواء أو باصطلاحات الأقدمين إذا علم نصف قطر مقعر كرة الفلك أو كرة السماء ، أمكن تصحيح خطأ الرصد المترتب على هذا الانعطاف . وقد اكتفى بطليموس بالاشارة إلى هذا الأمر دون أن يبين كيفية ذلك ، نظراً لأن ارتفاع الهواء وإن كان معلوما انه أصغر من بعد القمر عن الأرض فان مقداره لم يكن معلوما على التحقيق فى ذلك العصر [١] .

والمقالة الخامسة من كتاب بطليموس تنتهى كما سبق أن ذكرنا مبتورة .

١٦ — تتمة مباحث المتقدمين على ابن الهيثم فى علم الضوء

وإن كان كتاب بطليموس فى المناظر يمثل أرقى ما وصل اليه علم الضوء قبل عصر ابن الهيثم ، فثمة كتب ومباحث أخرى تتعلق بموضوعات من علم الضوء قد تمت فى العصور السابقة لابن الهيثم ومنها ما تم قبل عصر بطليموس نفسه .

---

١) P. Brunet و A. Mieli

فبطليموس أول من بحث عن الانعطاف بحثاً علميا عمليا كميا . ولكن بعض الظواهر العامة فى الانعطاف مثل ظهور العصا المغمور جزء منها فى الماء كأنها مكسورة ، أو ظهور الجسم المغمور فى الماء كأنه أقرب إلى السطح ، كانت لاشك معروفة ولكن لم يعن بدراستها دراسة جدية من قبله . وأيضا فان ما يترتب على الانعطاف من اختلاف المواضع التى ترى فيها الأجرام السماوية عن مواضعها فى الواقع ، قد سبقه إلى معرفته « كليوميدس » [١] وهو مشهور بكتاب له فى الحركات السماوية . والذى يعنينا من أمره أنه وهو فى صدد بيانه كيفية حدوث خسوف القمر عن وقوع ظل الأرض عليه ، دفع اعتراض من شك فى هذا الأمر واستدل على بطلانه بما روى عن رؤية القمر منخسفا والشمس لا تزال فوق الأفق . إذ لو كان الخسوف لوقوع ظل الأرض على القمر فكيف يتسنى أن يخسف القمر وبينه وبين الشمس خط مستقيم غير منقطع بجسم الأرض ؟ فدفع « كليوميدس » هذا الاعتراض بالتمثيل بالعصا المغمور جزء منها فى الماء ، وبالمبصر المغمور فى الماء الذى يرى أقرب إلى السطح . وذهب إلى أن انعطاف الشعاع الخارج من البصر الذى يرى به القمر أو الشمس أو كلاهما ، عند نفوذه من كرة الهواء إلى كرة السماء من الجائز أن يكون هو السبب فى رؤية الجرمين معاً فوق الأفق فى تلك الحالة ، مع ان جزءًا من تحديب سطح الأرض يتوسط بينهما ويحجب بعض ضوء الشمس عن القمر [٢] .

ولعل أكثر البحوث قيمة فيما عدا ما تضمنه كتاب بطليموس فى المناظر هى البحوث الخاصة بالمرايا المحرقة مما أورده أرشميدس (٢٨٧ —

---

(١) Cleomedes . ويرى Sarton أنه من علماء القرن الأول قبل الميلاد ويرى غيره أنه من القرن الثانى قبل الميلاد .

(٢) أورد P. Brunet و A. Mieli الفقرة الخاصة بهذا الموضوع منقولة من كتاب كليوميدس المشار اليه .

٢١٢ قبل الميلاد) من قبل ، وما أورده « ديوقليس » [١] (القرن الثانى بعد الميلاد) ثم « أنثيميوس » [٢] (توفى سنة ٥٣٤ ميلادية) من بعد ، فى مقالات أو كتب فى هذا الموضوع . وتتناول هذه المباحث انعكاس ضوء الشمس عن المرايا الكرية المقعرة وعن مقعر سطح مجسم القطع المكافىء . وكتاب « أنثيميوس » أحدثها عهدا وأكثرها خطرا . وقد بيَّن فيه « أنثيميوس » كيفية اتخاذ مرايا مستوية كثيرة العدد يضاف بعضها الى بعض بحيث تنعكس أشعة الشمس عنها جميعا الى نقطة واحدة يحدث فيها إحراق شديد . وتضمنت هذه البحوث بيان أن أشعة الشمس تنعكس عن تقعير الكرية من محيط دائرة الى نقطة واحدة . وانها تنعكس عن تقعير سطح مجسم المكافىء الى نقطة واحدة . ويتضمن كتاب أنثيميوس بحوثا عن القطوع المخروطية لها خطرها فى تاريخ هذا الفرع من الرياضة .

وقد ذكر ابن الهيثم أرشميدس وأنثيميوس بالذات فى مقالته فى المرايا المحرقة بالقطوع ، وأشار الى ما توصل الى معرفته أصحاب التعاليم فى هذا الشأن من قبله ، والى أن بعض البراهين الهندسية الواردة فى هذه البحوث لم تكن مستوفاة مقنعة . ولنا عودة الى هذا الموضوع فى موضع آخر من هذا الكتاب .

وأيضا فقد خلف العصر الاسكندرى كتابا فى « القاطوبطريقى » نسب أول الأمر الى بطليموس وعرف بكتاب بطليموس فى المرآة ، ثم اتضح انه من تأليف « ايرون » الاسكندرى من علماء القرن الثانى بعد الميلاد وهو ايرون المشهور بكتابه فى الحيل . ونقل كتاب المرآة الى اللاتينية من

---

(١) Diocles ذكره Sarton بكتابه فى المرايا المحرقة .

(٢) « Anthemios من علماء بيزنطيه وكانت له شهرة فى الرياضة والحيل وهندسة المبانى وكان أحد اثنين عهد اليهما بعمارة كنيسة أياصوفيا فى ذلك الوقت وأهم تصانيفه كتابه فى المرايا المحرقة » نقلا عن Sarton .

اليونانية لا من العربية [١] . وقد أشار بعض المتقدمين الى كتاب فى « القاطوبطريقى » نسبوه الى أرشميدس ولكن ليس من المعلوم فى الوقت الحاضر أن لأرشميدس كتابا فى هذا الموضوع [٢] . ولعل أخطر ما فى كتاب ايرون من المباحث أقواله الخاصة بالانعكاس ، التى بيّن فيها أن تساوى زاويتى السقوط والانعكاس يقتضى أن يكون الزمن الذى يستغرقه الشعاع الخارج من البصر فى ذهابه الى المرآة ثم انعكاسه عن المرآة الى النقطة المبصرة ، أقصر ما يمكن [٣] . وهى القاعدة التى تعرف فى الوقت الحاضر بقاعدة أقصر الأوقات وتنسب الى « فرما » . وسنبيّن فيما بعد كيف عمم ابن الهيثم هذه القاعدة فطبقها فى الانعطاف أيضا . أما فيما عدا ذلك فكتاب ايرون فى المرآة يفقد خطره العلمى بجانب ما ورد فى كتاب بطليموس من البحوث الخاصة بالانعكاس .

ومن مخلفات العصر الاسكندرى سوى ما ذكرنا ، كتاب فى المناظر ينسب الى « دميانوس » [٤] وهو على الأرجح من علماء القرن الرابع بعد الميلاد . وأهم ما يتضمنه الكتاب أربع عشرة قضية [٥] تكاد معانيها لا تتجاوز معانى المقدمات الواردة فى كتاب أوقليدس فى المناظر . وهى على التحقيق لا تنطوى على فكرة خطيرة أو رأى جديد يجدر ذكره هنا . وقد ذهب « دميانوس » فى كتابه المذهب القائل بأن الضوء ينتقل فى غير زمان . والأدلة التى ساقها للاستدلال على صحة مذهبه هذا لا تغنى من شىء ولا نغالى اذا قلنا انها غاية فى الضعف والسخف [٦] .

---

(١) L. Thorndyke فى كتابه History of Magic and Experimental Science

(٢) P. Brunet و A. Mieli فى كتابهما المشار اليه آنفا .

(٣) شرحه وقد أورد المؤلفان الفقرة الخاصة بذلك منقولة عن كتاب ايرون فى المرآة .

(٤) Damianos وقد نشر R. Schone الكتاب سنة ١٨٩٧ .

(٥) ذكر Mach هذه القضايا جميعا فى كتابه المشار اليه آنفا .

(٦) روى Mach أمثلة منها فى كتابه المشار اليه .

أما الاسلاميون المتقدمون عن ابن الهيثم فمنهم من تناول من قبله دراسة بعض الموضوعات المتعلقة بعلم الضوء . ومن أسبقهم وأخطرهم شأنا فى هذا المضمار يعقوب ابن اسحاق الكندى الفيلسوف المشهور المتوفى سنة ٨٧٣ ميلادية . وقد ذكر له ابن القفطى كتابى اختلاف المناظر واختلاف مناظر المرآة . ومن المعروف أن له كتابا نقل الى اللاتينية تناول فيه البحث فى علم المناظر على أساس ما جاء فى كتب أوقليدس وايرون وبطليموس ولكنه لم يتعرض فيه الى البحث عن الانعطاف [١] .

ومن المحقق أن كثيرين من رجال الطب وأصحاب التشريح مثل حنين ابن اسحاق (المتوفى سنة ٨٧٧ م) وقسطا بن لوقا (المتوفى حوالى سنة ٩١٢ ميلادية) وأبى بكر الرازى (المتوفى سنة ٩٢٤ م) وغيرهم قد تناولوا فيما تناولوه وصف العين ورطوباتها [٢] مما له علاقة بالابصار . ولأبى بكر الرازى كتاب فى المناظر ذكره ابن القفطى وغيره .

ولكن ليس من المعروف الآن أن أحداً من الاسلاميين المتقدمين على ابن الهيثم قد أضاف إلى علم الضوء شيئا جديداً ذا قيمة ولم يكن معروفا من قبل . فهم لا شك قد أصلحوا الكتب التى نقلت عن اليونانية وشرحوا غوامضها وصححوا أغلاط براهينها الهندسية كما أشرنا من قبل إلى ذلك ، ولكن على حسب ما نعلم فى الوقت الحاضر ظل علم الضوء عند المستوى الذى وصل به اليه أصحاب التعاليم من اليونان ، وظلت غايته تلك البحوث التى ذكرناها فيما سبق وما انطوت عليه من المعلومات ، وبقى كذلك حتى تناول ابن الهيثم دراسته .

---

(١) عن Sarton ويعرف الكتاب باسمه اللاتينى De Aspectibus

(٢) مما يجدر الاشارة اليه بحوث Meyerhof فى هذا الصدد .

الباب الثانى

فى

الآراء العامة فى الضوء وخاصة الامتداد على السموت المستقيمة

الفصل الأول

فى

آراء ابن الهيثم ونظرياته العامة فى الضوء

١٧ — رأى ابن الهيثم فى الضوء ومقابلته بالآراء السائدة فى عصره

من المفيد أحيانا وان لم يكن من الميسور دائما أن تحد حدود العلم ويبيّن موضوعه قبل البدىء فى دراسته . ولذلك كثيرا ما يبتدأ فى علم الضوء بتعريف يذكر للضوء . ولا يقصد من هذا التعريف أن يؤدى بالدقة وبالضبط فكرة ناضجة صحيحة عن ماهية الضوء . فمثل هذه الفكرة لا سبيل الى تكوينها قبل دراسة جميع ظواهر الضوء المعروفة ، واستقراء جميع أحوالها والاحاطة بالعلم كله ونواحيه جميعها . فأولى أن يكون موضع ورودها فى الخاتمة لا فى الفاتحة وفى النهاية لا فى البداية .

بيد أن لعلم الطبيعة مبادىء هى منه كالفروض الموضوعة ، وليس من شأنه البرهان عليها . وأعم هذه المبادىء القول بوجود العالم الخارجى وجوداً فى ذاته ، خارج الذهن وخارج النفس ، وان الحواس أدوات إدراكه .

وهذا القول لا شك يثير مسائل كثيرة بعضها معقد وبعضها غامض ، غير أن هذه المسائل لا يبحث عنها فى علم الطبيعة وهى من مقاصد الفلسفة .

فعلم الضوء كفرع من علم الطبيعة يعزى إحساس البصر الى عامل أو مؤثر خارجى له فى ذاته وجود عينى يسميه « الضوء » . ويمضى فى سبيله يبين خواص هذا الضوء ويدلى برأى فى ماهيته .

وتعريف الضوء هذا التعريف الأولى يبدو بسيطا معقولا مقبولا ، لا يثير اعتراضا ولا يستدعى شرحا أو بيانا . ولكن الأمر لم يكن كذلك فى عصر ابن الهيثم ولا فى العصور التى سبقته ، وظل غير ذلك عند الكثيرين مدة طويلة من بعده . فقد تضاربت الآراء وتشعبت المذاهب ازاء الفكرة الأولية البسيطة التى ينطوى عليها هذا التعريف . ففريق رأى أن الابصار يكون بدقائق صغيرة أو ذرات تنبعث من المبصر وترد الى البصر ، وفريق أنكر هذا المذهب وذهب الى أن الابصار بشىء يخرج من البصر الى المبصر لا بشىء يرد من المبصر الى البصر . وكأنهم بذلك ينكرون فكرة وجود الضوء كمؤثر خارجى يحدث عنه إحساس البصر من أساسها . والفلاسفة الاسلاميون قاطبة وقفوا موقفا غامضا ، لا هم يقولون بأن إحساس البصر يكون بشىء له وجود عينى يخرج من المبصر وينفذ فى الجسم المشف الى البصر ، ولا هم ينكرون انه بورود شىء من المبصر الى البصر .

فالفكرة الأولية البسيطة فى أن الضوء هو العامل أو المؤثر الخارجى الذى يحدث عنه إحساس البصر لم تكن مقررة معتمدة .

لذلك نجد ابن الهيثم فى مقالته فى الضوء يورد للضوء تعريفين مختلفين أحدهما تعريف أصحاب التعاليم وهو أن الضوء « حرارة نارية » تنبعث من الأجسام المضيئة بذواتها كالشمس أو النار أو الجسم المتوهج وانه اذا أشرق على جسم كثيف أسخنه واذا انعكس عن مرآة مقعرة واجتمع عند نقطة واحدة وكان عندها جسم يقبل الاحتراق أحرقه .

وعلم الضوء الحديث يعد الاختلاف بين الاشعاع الضوئى والاشعاع الحرارى اختلافا نوعياً لا اختلافا جنسياً فلا يخلو هـذا التعريف من معنى مقبول فى الوقت الحاضر . ولـكن أصحاب التعاليم لم يقصدوا بهذا التعريف إلا الضوء المنبعث من الأجسام المضيئة بذواتهـا وهم قد عكسوا الوضع فيما يختص بالبصر والابصار . وموقفهم غامض أشدّ الغموض فالذى يخرج من البصر إلى المبصر هو « قوة نورية » من جنس الضوء أى من جنس تلك الحرارة النارية التى تنبعث من الجسم المضىء بذاته ، ولـكنها فى الوقت نفسه ليست شيئا ذا وجود ذاتى ، بل هى فى زعمهم كما يقول ابن الهيثم « القوة الباصرة » أى من قوى النفس ، لا من الأشياء الموجودة فى الطبيعة خارج الذهن وخارج النفس .

والتعريف الآخر هو تعريف الفلاسفة الطبيعيين . فضوء الجسم المضىء بذاته هو بحسب تعريفهم « صورة جوهرية » أى هو معنى من المعانى التى تتقوم منها ماهية الجسم المضىء بذاته ، ولا تفارقه مادام حافظا لجوهره غير متغـــير عما هو عليه . وهو تعريف من الواضح أنه مأخوذ من فلسفة أرسطوطاليس ، ومقصور على الضوء المدرك من الجسم المضىء بذاته . أما الذى يدرك من الجسم الـكثيف الذى يستضىء من جسم مضىء بذاته ، فهو عندهم « صورة عرضية » ليست من مقومات هذا الجسم ، وتزول عنه إذا لم يكن بجواره جسم مضىء بذاته ، دون أن تزول عنه ماهيته كجسم كثيف موجود .

وتعريف الفلاسفة فيما يختص بضوء الجسم المضىء بذاته أقل قيمة من الناحية العلمية من تعريف أصحاب التعاليم .

وابن الهيثم يكتفى فى مقالته فى الضوء بذكر التعريفين منسوبا كل منهما إلى أصحابه ولا يرجح أحدهما على الآخر .

ولـكن أقواله التى أوردها وهو فى صدد ذكر التعريفات الأولية ،

وبيان الأمور الأساسية فى الضوء، سواء منها ما ورد فى مقالة الضوء أو ما ورد فى مواضع من كتاب المناظر، أقواله هذه تنم عن رأى فى الضوء، يخالف رأى أصحاب التعاليم ورأى الفلاسفة جميعا، قد اتخذه أساساً بنى عليه التعريفات التى أوردها، وبنى عليه مباحثه البصرية بوجه عام.

فابن الهيثم يبين أن الأضواء تنفذ فى بعض الأجسام ولا تنفذ فى البعض الآخر، والأجسام التى تنفذ فيها الأضواء يسميها « الأجسام المشفة » والخاصة الموجودة فى الجسم والتى من جرائها تنفذ الأضواء فيه يسميها « الشفيف » والشفيف على حسب تعريفه بلفظه « هو المعنى المؤدى للضوء » فى الأجسام وهو من المعانى « التى بها تتقوم ماهية الجسم المشف » (١).

والأجسام التى لا تنفذ فيها الأضواء يسميها « الأجسام الكثيفة » والمعنى المغاير لمعنى الشفيف يسميه « الكثافة ». وإن كانت للأجسام المشفة خاصة تأديتها للضوء فللأجسام الكثيفة خاصة هى أنها إذا جاورت أجساما مضيئة بذواتها استضاءت من ضوئها وأشرقت منها من جراء هذه المجاورة أضواء. ويعبر ابن الهيثم عن ذلك بأن فى الأجسام المشفة « قوة مؤدية للضوء » وفى الأجسام الكثيفة « قوة قبول للضوء ». وهو يحدد المعنى العلمى الذى يقصده بالشفيف تمييزاً له عن معناه العام فى نظر الجمهور. فالشفيف الذى يقصده ليس هو شفيف الثياب الرفيعة أو ما شابهها وإنما هو شفيف الهواء أو الماء أو البلور، حيث ينفذ الضوء فى جميع أجزاء الجسم المشف، بحيث إذا وجد كثيف فى أى جزء من أجزاء المشف قبل هذا الكثيف الضوء، فيستضىء ويشرق الضوء منه.

وابن الهيثم قد عنى عناية خاصة فى المناظر ببيان أن الضوء ينفذ فى الأجسام المشفة ممتداً فيها من كل نقطة من سطح الجسم المضىء على سموت خطوط مستقيمة. وإن لم نجد له عن كيفية حدوث هذا الامتداد نظرية

(١) مقالة الضوء.

مبسوطة بوضوح فى أقواله التى اطلعنا عليها ، فان أقواله وبحوثه وشروحه لهذه المعانى فى مجموعها إن دلت على شىء فهى تدل دلالة واضحة على أنه يعد الضوء شيئا ذا كيان ووجود ، تؤديه الأجسام المشفة على سموت مستقيمة . بمعنى انه يوجد فى المشف فى الجزء القريب من الجسم المضىء شىء منه شبيه بالذى فى المضىء ، ويوجد فى الجزء الذى يليه شىء منه شبيه بما فى الجزء الأول ، وهكذا حتى يتدرج إلى أن يضمحل [١] ، أو يقع على سطح كثيف فيستضىء به السطح ، أو يقع على البصر فيحدث الإبصار . والجسم المشف من حيث نفاذ الضوء فيه هو كالأداة يؤديه من مكان فيه إلى مكان . ولكن لا يبقى فيه بعد ذلك تأثير أو انفعال مستديم . فهو لا يزيد عن أن يكون وسطا كما نقول الآن ، ينتشر فيه الضوء دون أن ينصبغ انصباغا دائما بالضوء النافذ فيه ، ومن غير أن يستحيل أو تتبدل خواصه بصفة دائمة من جراء ذلك . فالجسم المشف كما يقول ابن الهيثم « إنما يقبل هذه الصور (ويعنى صور الأضواء والألوان) قبول تأدية لا قبول استحالة » [٢] . وقد تمتد أضواء متعددة على السموت المستقيمة وقد تكون هذه السموت متقاطعة أو متوازية أو مختلفة الوضع ولكن لا يترتب على ذلك امتزاج الأضواء أو الألوان ، بل يكون كل سمت منها « متميزاً بالجسم الذى منه امتدت الأضواء على ذلك السمت » . وابن الهيثم يدلل على هذا المعنى بالاعتبار :

« اذا كان فى موضع واحد عدة سرج فى أمكنة متفرقة وكانت جميعها مقابلة لثقب واحد وكان ذلك الثقب ينفذ إلى مكان مظلم وكان مقابل ذلك الثقب فى المكان المظلم جدار أو قوبل الثقب بجسم كثيف ، فان أضواء تلك السرج تظهر على ذلك الجسم أو ذلك الجدار متفرقة وبعدد تلك السرج . وكل واحد منها مقابل لواحد من السرج على السمت المستقيم الذى يمر بالثقب .

---

(١) تعليق الفارسى على مقالة الضوء .

(٢) و (١١٥) مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

وإذا ستر واحد من السرج بطل من الأضواء التى فى الموضع المظلم الضوء الذى كان يقابل ذلك السراج فقط ، وإن رفع الساتر عن السراج عاد ذلك الضوء إلى مكانه »[١]. وواضح اذا اعتبر هذا المعنى ، أنه قد « اجتمعت أضواء جميع تلك السرج فى الثقب ، ثم افترقت بعد نفوذها من الثقب . فلو كانت الأضواء تمتزج فى الهواء لكان أضواء السرج التى تجتمع فى الثقب تمتزج فى الهواء الذى فى الثقب ، وفى الهواء المتقدم للثقب ، قبل وصولها إلى الثقب ، وكانت إذا نفذت من الثقب تنفذ ممتزجة فلا تتميز بعد نفوذها »[٢].

وواضح من هذه الأقوال أنّ رأى ابن الهيثم لا يتفق ورأى أصحاب التعاليم المتقدمين ولا يتفق ورأى الرواقيين ولا الأبيقوريين ولا الأفلاطونيين ، وإن اتفق إلى حد ما ورأى أرسطو فابن الهيثم لا يذهب مذهب أرسطو فى إنكار وجود الضوء فى ذاته وفى نفى الحركة عنه . وهذا من أكبر الأسباب التى جعلت بحوثه عن الضوء منصبغة بصبغة البحوث العلمية الحديثة ، ومتجردة من مسوح النظريات الجوفاء التى لبست أقوال الفلاسفة الاسلاميين فى هذه المسائل .

فلو أن الفلاسفة الاسلاميين ينقضون رأى أصحاب الشعاع القائلين بخروج شىء من البصر ، فانهم فى الوقت نفسه ينفون خروج شىء من المبصر ونفاذه فى الوسط المشف . ومجمل مذهبهم كما يقول ابن سينا بلفظه « انه لا يخرج من البصر شعاعات البتة . بل من شأن المرئى اذا قابل البصر وبينهما مشف والمرئى مضىء بالفعل ، أن صورته تتشبح فى العين من غير أن يكون ذلك كشىء يخرج ويلاقى المشف المتوسط ، ينفذ فيه الى البصر البتة . بل إنما يحدث الشبح فى العين نفسه . ويكون المشف المتوسط مؤديا بمعنى انه يمكن من تأثير ذى الشبح لشبحه فى العين . والعلة التى بها يمكن القاء الشبح

(١) و (١١٥) ، و (١١٦) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .
(٢) و (١١٦) « « « « «

هو وقوع الضوء على ذى الشبح دون القابل . وهذه من الأفعال الطبيعية التى لا يحتاج فيها الى مماسة بين الفاعل والمنفعل بل يكفى فيها المحاذاة » (١).

وهذا المذهب فى الابصار شبيه بالقول بتأثير جسم فى آخر عن بعد ، دون أن يتطلب ذلك التأثير وسطا ينتقل فيه . وابن سينا لم ير غرابة ما فى القول بهذا الرأى . بل هو قد تشدد فى التمسك به حتى أطلقه على الأضواء الذاتية أيضا ، فنفى خروج شىء من الشمس مثلا وانتقاله . وفى هذا يقول بلفظه « فان قولنا الشعاع ينحدر أو يخرج أو يدخل ألفاظ مجازية . ليس من ذلك شىء . بل الشعاع يحدث فى المقابل دفعة . ولما كان يحدث من شىء عال ، توهم كأنه ينزل . وأن يكون على سبيل الحدوث فى ظاهر الحال أولى من النزول ، اذ لا يرى البتة فى الطريق ، ولا يحتاج الى زمان محسوس . فلا يخلو إما أن يكون البرهان دلّ على انحداره وأنى لهم بذلك ؟ وإما أن يكون الحس هو الدال عليه ، وعليه معولهم ، وكيف يدل الحس على حركة متحرك لا يحس بزمانه ولا يحس فى وسط المسافة ؟ » (٢) .

فليس الأمر مقصورا على تأثير المرئى فى العين ، بل هو يشمل أيضا تأثير المضىء بذاته فى المستضىء به . فكلاهما فى زعمه من الأفعال الطبيعية التى تحدث رأسا من غير وساطة . وهو يسهب فى أكثر من موضع من كتبه فى التدليل على صحة رأيه ، ويبين أن العقل يجيزه ، وأن ليس من برهان يبطله . وأن شرط وجود المشف المتوسط لا يستلزم أن المشف المتوسط ينفعل بمثل التأثير الحاصل . « فليس ببدع أن يكون جسم يفعل فى جسم بغير الملاقاة . فيكون أجسام تفعل بالملاقاة وأجسام تفعل لا بالملاقاة » (٣) . وهو يعزى العلة فى استنكار هذا الرأى الى كونه غير

(١) من أقواله فى الهالة وقوس قزح . الفصل الثانى من المقالة الثانية من الفن الخامس من طبيعيات الشفاء .

(٢) الفصل الثانى من مقالة الابصار وهى الثالثة من الفن السادس من طبيعيات الشفاء .

(٣) الفصل السابع من مقالة الابصار من طبيعيات الشفاء .

مألوف « ولو كانت العادة فى التأثيرات الطبيعية جرت على أنها عامتها تكون بالمحاذاة ولا تكون بالمماسة ، كما لا يبصر البصر الآن شيئا بالمماسة ، لكان اذا اتفق أن يقال فى شىء انه يؤثر بالمماسة استنكر ذلك ويعجب منه » (١) .

وقد شرح ابن سينا على أساس هذه الفكرة كيفية رؤية صورة المرئى فى المرآة « فان اتفق أن كان الجسم ذو الشبح صقيلا ، تأدى الى العين أيضا صورة جسم آخر نسبته من الصقيل نسبة الصقيل من العين . لا بأن يقبل الصقيل فى نفسه شيئا ينطبع فيه البتة بل يكون تأدى صورته سببا لتأدى صورة ما يكون منه ومن العين على نسبة مخصوصة » (٢) .

وقد شاع هذا الرأى عند الفلاسفة الاسلاميين ، وصار المعول عليه عندهم عامة . وقد نص عليه الغزالى . قال بلفظه « ولا تظن انه ينفصل من المتلون شىء ويصل الى العين ، ولا أن ينفصل من العين شعاع فيمتد الى المتلون . لكن يحدث صورة فى الصقيل المستعد لقبول الصورة بشرط المقابلة المخصوصة وتوسط الشفاف ... » ثم قال « والبصر انما يبصر على خط مستقيم على أن تلك الخطوط المستقيمة تخرج من المحيط وتصل الى المركز من الكرة المدورة ، حتى ظن ظانون ان تلك أشعة منبعثة من البصر الى القاعدة ، أو صور مقبوضة من القاعدة الى البصر . وكلا الوجهين خطأ كما ذكرناه » (٣) .

فمذهب ابن الهيثم وإن كان ينطوى على فكرة نراها الآن بسيطة مقبولة ، لا تستحق فى ذاتها كبير عناية أو اهتمام ، فانها كانت فى عصره وظلت من بعده ردحا من الزمن فكرة تناقض من ناحية رأى الفلاسفة السائد ، ولا

---

(١) من أقواله فى الهالة وقوس قزح من طبيعيات الشفاء .

(٢) من أقواله فى الهالة وقوس قزح من طبيعيات الشفاء وقد ورد مثل هذا المعنى فى كتب أخرى كالنجاة ورسالته فى النفس .

(٣) كتاب معارج القدس فى مدارج معرفة النفس .

تتفق ورأى أصحاب التعاليم من ناحية أخرى . ولولا تمسكه به بالرغم من أنه يتعارض وآراء الفريقين جميعاً لما استطاع أن يصحح النظريات القديمة فى كيفية الإبصار ، ولما كان له شأن يذكر فى وضع الأساس الذى يقوم عليه علم الضوء الحديث .

١٨ — رأى ابن الهيثم فى الأضواء الذاتية والعرضية

ومذهب ابن الهيثم فى أن للضوء وجوداً عينياً ربما يبدو فى ظاهر القول منصباً على الأضواء التى تنبعث من الأجسام المضيئة بذواتها . ولكن الأمر ليس كذلك . فابن الهيثم حقيقة يقسم الأضواء قسمين يستطيع الانسان أن يميز بينهما رأساً . القسم الأول الأضواء التى تشرق من الأجسام المضيئة بذواتها كضوء الشمس وضوء النار ، وسماها الأضواء الذاتية ، وأحيانا الأضواء الأولى ، وهى الأضواء التى سميت لدى أصحاب التعاليم « الحرارة النارية » . ولكن هذه الأضواء إذا وقعت على سطوح الأجسام الكثيفة جعلتها مضيئة . فالأضواء التى تشرق من هذه الأجسام الكثيفة المستضيئة من الأجسام المضيئة بذواتها سماها « الأضواء الثوانى » . وهى أيضا إذا وقعت على سطوح الأجسام الكثيفة جعلتها مضيئة . فالأضواء التى تشرق من هذه الأجسام الكثيفة المستضيئة بالأضواء الثوانى سماها الأضواء الثوالث وهكذا . والأضواء الثوانى أو الثوالث أو ما يتبعها التى تشرق من الأجسام التى ليست مضيئة بذواتها ، وانما تشرق منها إذا كانت بجوار الأجسام المضيئة بذواتها أو المستضيئة بغيرها ، أطلق عليها جميعاً اسم « الأضواء العرضية » .

ولكن هل يريدنا ابن الهيثم أن نفهم من هذا التقسيم أنه ميز بين الأضواء الأولى والأضواء العرضية كما ميز بينهما الفلاسفة وكما ميز بينهما أصحاب التعاليم ؟ الذى نراه انه يريد من هذا التقسيم التمييز لا بين الأضواء والأضواء ، وإنما بين فعل الجسم المشف وفعل الجسم الكثيف ، أى هو يريد به توضيح

خاصة الشفيف وخاصة الكثافة والتميز بين الخاصتين . فالضوء الأول كضوء الشمس مثلا يمتد فى الجسم المشف على سموت خطوط مستقيمة ويشرق من كل نقطة من الجسم المضىء بذاته على امتداد كل خط مستقيم يصح أن يتوهم فى الجسم المشف المتصل بهذه النقطة إشراقا « كريا من جميع الجهات » . ولكن اذا قابل هذا الضوء جسما كثيفا استحال الأمر وتبدل . فاستمرار الامتداد على السموت المستقيمة يبطل ويصير سطح الكثيف مصدرا جديدا للضوء ، ويشرق من كل نقطة من سطحه ضوء على امتداد كل خط مستقيم يصح أن يتوهم ممتدا من هذه النقطة فى الجسم المشف المتصل بها . وبذلك يتضح الاختلاف لا بين الضوء الذاتى وبين الضوء العرضى ، وانما بين فعل المشف الذى يسمح للضوء بالنفاذ فيه وبين فعل الكثيف الذى بحسب تعبيره « يثبت الضوء » ويجعله يشرق من سطحه دون أن ينفذ فيه .

وتثبيت الكثيف للضوء بهذا المعنى الذى يتبين به الفرق بين فعله وبين فعل المشف لا أكثر ، هو السبب فى أن البصر لا يدرك المبصر الا اذا كان كثيفا أو فيه بعض الكثافة . فالهواء اللطيف المجرد من الكثافة ، أى الهواء المشف الذى فى غاية الشفيف لا يدركه البصر . وابن الهيثم يبين بالاعتبار أن الجسم المشف الذى يمتد فيه الضوء على السموت المستقيمة اذا كان به كثافة ما فمن جراء هذه الكثافة تشرق منه أضواء عرضية تتميز عن الأضواء الأولى التى يؤديها على سموتها من جراء خاصة الشفيف التى فيه .

فالتقسيم الى الأضواء الذاتية والأضواء العرضية لا يفيد فى نظر ابن الهيثم اختلافا ما بين ماهيتى القسمين ، وإنما هو وسيلة الى توضيح الفرق بين خواص الأجسام المشفة وبين خواص الأجسام الكثيفة . وهو قد عنى عناية تامة من الناحية العملية ببيان أن الأضواء الذاتية والأضواء العرضية خواصهما واحدة من حيث الاشراق على السموت المستقيمة ، ومن حيث

الضعف تبعا لزيادة البعد ، ومن حيث كيفية الانعكاس فى كل ومن حيث كيفية الانعطاف ، فكأن التمييز بينهما لا يعرض من جراء اختلافهما فى الماهية وانما يعرض من جراء اختلاف خواص الأجسام بالنسبة الى تأديتها للضوء وتثبيتها للضوء ، بالمعنى الذى يقصده من لفظ « التثبيت » .

فان كان الضوء المشرق من المضيء بذاته شيئا ، فان ما يشرق من الكثيف المستضيء بغيره شيء من مثله ومن جنسه ، وإن كان البصر موجودا وورد اليه من الكثيف شيء فليس هذا الشيء كما يقول الفلاسفة شبح الكثيف يتشح رأسا فى العين ، وليس يكون ذلك كما يقول الفلاسفة من غير شيء يخرج من المبصر ويلاقى المشف وينفذ فيه الى البصر . بل هو ضوء من جنس الضوء الذى يشرق من الجسم المضيء بذاته ، ويخرج من المبصر ويرد فعلا الى البصر .

وإن كانت علاقة المضيء بذاته بالكثيف المستضيء به تشبه الى حد ما كما أشار الى ذلك « ماك » علاقة المغناطيس المؤثر بقطعة الحديد المجاورة له التى يحدث فيها « التمغنط بالتأثير » فان هذه العلاقة بين المؤثر والمؤثر فيه ، هى فى نظر ابن الهيثم تتضمن شيئا له وجود عينى وله حقيقة وكيان فى ذاته ، هو الفاعل المستتر خلف هذه الظواهر . وليس يكفى أن يقال « صورة جوهرية » موجودة فى المضيء بذاته ، و « صورة عرضية » تعرض على الكثيف بمجرد مقابلته للأول .

١٩ — رأى ابن الهيثم فى الأضواء العرضية والمنعكسة

ويعنى ابن الهيثم عناية خاصة بالتمييز بين الأضواء العرضية التى تشرق من الأجسام الكثيفة المستضيئة بغيرها وبين الأضواء المنعكسة عن سطوح الأجسام الصقيلة . والتمييز هنا يرجع إلى أن الأضواء العرضية تشرق من كل نقطة من سطح الكثيف المستضيء ، على امتداد كل مستقيم يصح أن يتوهم

خارجا من تلك النقطة فى الجسم المشف المتصل بها ، فى حين أن الأضواء المنعكسة لا تمتد من نقاط انعكاسها إلا على خطوط مستقيمة ذات وضع خاص يتطلبه الانعكاس ، وهى لا تضعف على تصاريف الأحوال تبعاً لزيادة البعد عن هذه النقاط . فابن الهيثم يقصد التمييز بين مايسمى أحيانا فى الكتب الابتدائية « الانعكاس المنتظم » وبين مايسمى « الانعكاس غير المنتظم » وكأنه يريد جلاء الغموض الذى يتبادر إلى أذهان المبتدئين من استعمال هاتين العبارتين . فما من اختلاف بين الأضواء العرضية وبين الأضواء المنعكسة من حيث انها أضواء ، وإنما الاختلاف هو بين خواص الجسم الكثيف الذى تشرق منه الأضواء العرضية وخواص الجسم الصقيل الذى تنعكس عن سطحه الأضواء المنعكسة[1] . والتمييز بينهما يقصد به هو أيضا ، بيان اختلاف خواص الأجسام من حيث فعلها ، لا اختلاف الأضواء فى ذاتها . وابن الهيثم يبين بالتجربة أن الأجسام الصقيلة كالمرايا المصنوعة من الفضة أو من المعادن المصقولة ، وإن كانت تعكس الأضواء من سطوحها على سموت مستقيمة فى أوضاع خاصة وذلك من جراء خاصة الصقال التى فيها ، فهى فى الوقت نفسه أيضا أجسام كثيفة « تثبت » الضوء بالمعنى الذى يقصده من التثبيت ، فيشرق من سطوحها أضواء عرضية علاوة على تلك الأضواء التى تنعكس فى الاتجاهات الخاصة .

وابن الهيثم محق فيما ذهب اليه من أمر هذا التمييز والعناية بتوضيحه . ومقالته فى ضوء القمر تدل على أن الآراء فى هذا الصدد كانت مضطربة فى عصره ، وعلى أن الموضوع كان حقاً يتطلب شيئا من العناية لكشف ما غشيه من الغموض واللبس . فاستمداد القمر ضوأه من الشمس كان أمراً متفقاً عليه بوجه عام ، ولكن الآراء فى كيفية حدوث هذا الاستمداد وفى كيفية إشراق ضوء القمر على الأرض لم تكن جلية . فالفلاسفة الذين امتدت

(١) نظرية ابن الهيثم فى الانعكاس وسترد فيما يلى .

أقوالهم فى العلم الطبيعى إلى البحث عن ماهية الأجرام السماوية أوردوا ضمن هذه الأقوال رأيهم فى أن القمر يقبل الضوء من الشمس ، ولكن جاء كلامهم فى هذا كما يقول ابن الهيثم « مرسلا لامبرهناً » ويقول « ولا يوجد لهم قول فى كيفية ضوئه المشرق على الأرض » . وفريق أصحاب التعاليم يلخص ابن الهيثم مذهبهم فيقول « المظنون من رأيهم أن جرم القمر لا ضوء له وأن ضوأه المشرق على الأرض إنما هو شعاع الشمس إذا أشرق عليه انعكس من سطحه إلى الأرض . . . . ولكن ليس يحفظ لأحد منهم كلام محقق فى هذا المعنى ، لا فى قبوله (أى القمر) الضوء ولا فى انعكاس الضوء عنه» [١].

وهو يعنى فى مقالته هذه بدحض المذهب الشائع عن أصحاب التعاليم فى أن ضوء القمر هو ضوء الشمس منعكساً عن سطحه إلى الأرض كما يعرض فى المرايا الصقيلة .

فالغرض الذى يرمى اليه من التمييز بين الأضواء المنعكسة وبين الأضواء العرضية يتجلى فى أجلى بيان من هذه المقالة . وهو يورد فيها براهين هندسية سليمة سنورد خلاصتها فيما بعد ، يثبت بها أن الانعكاس الذى ينقاد للقانونيين لا يتفق وما يشاهد من أمر ضوء القمر . ويستنبط من ذلك أن إشراق الضوء من القمر على الأرض ليس على طريق الانعكاس كما ظن أصحاب التعاليم ، وانما على طريق إشراق الأضواء العرضية من سطوح الأجسام الكثيفة المستضيئة من الأجسام المضيئة بذاتها [٢] .

٢٠ — نظرية ابن الهيثم فى الفجر والشفق

وقد أورد ابن الهيثم فى صدد بحوثه فى الأضواء الذاتية والأضواء العرضية وكيفية إشراقها نظريته فى ضوء الصباح وهو الفجر وضوء العشى وهو الشفق .

---

(١) مقالة « ضوء القمر » .

(٢) يجدر بنا أن نشير هنا الى أن ابن الهيثم فى بعض اعتباراته بالأضواء الذاتية كضوء الشمس مثلا فى كتابه المناظر ، يمثل بضوء القمر أيضا . ونرى أن هذا يجب ألا يحمل على معناه الظاهرى بعد ما تكبده من العناء فى توضيح رأيه عن ضوء القمر فى مقالته فى هذا الموضوع .

وقدم لشرح هذه النظرية بذكر الواقع المشاهد « فانا نجد الأرض مضيئة فى أول النهار وآخره قبل طلوع الشمس وبعد غروبها وليس شىء من المواضع المضيئة فى هذين الوقتين مقابلا لجرم الشمس ولا لشىء منها ، وليس لضوء النهار علة غير الشمس اذ ليس يزيد فى النهار ضوء لم يكن فى الليل الا ضوء الشمس فقط . وأيضا فان الشمس اذا طلعت وصارت فوق الأرض فانا نجد المساكن وأفنية الدار التى هى مستترة عن الشمس بالحيطان والسقوف مضيئة مع ذلك وليست مقابلة للشمس ولا لشىء منها . وكذلك أظلال الجبال والأجسام الكثيفة وجميع الأظلال توجد مضيئة بالنهار ، مع استتارها عن جرم الشمس بالأجسام الكثيفة التى هى أظلال لها . ونجد أيضا كثيراً من المساكن المستترة عن السماء مضيئة قبل طلوع الشمس وبعد غروبها مع استتار الشمس ومع استتار هذه المواضع عن السماء » ثم هو يخص بالبيان وصف ظهور ضوء الصباح بالتدريج فيقول « انا نجد ضوء الصباح يبتدىء من آخر الليل وقد بقى قطعة من الليل فيمتد من أفق المشرق ذاهباً نحو وسط السماء كالعمود المستقيم ويوجد ضعيفاً خفياً ، ويوجد مع ذلك وجه الأرض مظلما بظلمة الليل ، ثم يقوى هذا الضوء ويزيد مقداره فى العرض والطول ويقوى نوره والأرض مع ذلك مظلمة ، ثم لا يزال يتزايد مقداره ويقوى نوره ، فيضىء حينئذ وجه الأرض المقابل لذلك الضوء المنكشف له ، بضوء ضعيف دون الضوء الذى يظهر فى الجو فى ذلك الوقت . ثم لا يزال الضوء الذى فى الجو يقوى وينبسط الى أن يملأ أفق المشرق ويبلغ الى وسط السماء ، ويمتلىء الجو ضوءًا ، وحينئذ يقوى الضوء الذى على وجه الأرض ويشرق ويصير نهاراً واضحاً والشمس مع ذلك تحت الأفق وغير ظاهرة . ثم تطلع الشمس بعد هذه الحال فيزداد النهار وضوحا . وكذلك نجد الضوء فى آخر النهار وبعد أن تغرب الشمس وتختفى تحت الأفق....»[1].

(١) و (٢٦) ، و (٢٧) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

وابن الهيثم يرى أن النظرية التى توضع لشرح ضوء الصباح وضوء العشى يجب أن تحيط بهذه الحقائق التى بدأ بذكرها . وهو قد بنى نظريته فى ذلك على آرائه التى أوضحناها فى الشفيف والكثافة وفعلهما فى الضوء . فالهواء وإن كان جسما مشفاً إلا أنه لايخلو من الكثافة وفيه منها شىء يسير . وضوء الشمس وهى لاتزال تحت الأفق بعيدة عنه يصل إلى الهواء المقابل لها الذى يكون فى ذلك الوقت بعيداً عن الهواء المستظل بالأرض حيث لا يزال ظلام الليل سائداً . فاذا ما وصل إلى ذلك الهواء نفذ أكثره فيه لشفيفه ولكن فى الوقت نفسه يستضىء ذلك الهواء قليلا من جراء ما فيه من الكثافة ومتى استضاء أشرق منه ضوء عرضى ، وامتد هذا الضوء فى الجهات ونفذ فى الهواء المستظل بالأرض . غير أن حواشى ظل الأرض تستضىء من هذا الضوء العرَضى أكثر مما تستضىء منه الأجزاء التى تلى الحواشى ، وهذه أكثر مما يليها وهكذا . لأن الضوء العرضى كلما بعد عن مصدر إشراقه ضعف الى أن يبلغ أجزاء لا يحس فيها أثر منه . فاذا اقتربت الشمس من الأفق ومال مخروط ظل الأرض جهة المغرب وصار هواء الأفق الذى نراعيه والذى كان وسط مخروط الظل قريبا من حاشية المخروط ، أدرك البصر الضوء العرضى المشرق من الهواء المستضىء من ضوء الشمس وهذا هو الصباح [١] .

ونظرية ابن الهيثم فى أن فى الهواء المشف كثافة يسيرة تجعله يستضىء قليلا من الضوء النافذ فيه ، لا تزال صحيحة مقبولة الى وقتنا الحاضر . فلا شك أن فى الهواء دقائق صغيرة قد تكون نقعا معلقا فيه أو قد تكون قطيرات صغيرة من الماء أو بلورات صغيرة من الثلج أو غير ذلك . ووجود مثل هذه الدقائق فى الوسط المشف تنشأ عنه الظاهرة المعروفة الآن « بظاهرة الاستطارة » [٢] . فيصدر فى الاتجاه العمود على الاتجاه الذى

(١) أسهب ابن الهيثم كثيرا فى الشرح ونجد خلاصة الفكرة مركزة فى الورقات (٣٤) — (٣٧) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٢) Scattering of Light راجع « البصريات » للمؤلف .

ينفذ الضوء فى الوسط المشف فيه ، ضوء نسميه « الضوء المستطير » .

وقد زاد ابن الهيثم توضيح نظريته ، وعزا السبب فى عدم إدراك هذا الضوء العرضى فى الهواء الذى بين الجدران ، وفى داخل البيوت فى أثناء النهار ، الى أن هذا الهواء يسير قليل المسافة [١] أى قليل السمك فالضوء العرضى المشرق منه ضعيف [٢] .

٢١ — نقد ابن الهيثم رأى أصحاب الشعاع

من أعظم آثار ابن الهيثم فى الضوء باتفاق جميع المؤرخين أنه أبطل نظرية قديمة ، كانت شائعة توارثتها الأجيال من عصر اليونان الى عصره ، فى كيفية حدوث الإبصار . وهى تتلخص فى أن الابصار يكون بشعاع أو بحزمة من الأشعة على حسب التعبير الحالى ، تخرج من البصر الى المبصر . وقد كانت هذه النظرية نظرية جمهور أصحاب التعاليم من علماء الرياضة والهيئة من المتقدمين والمتأخرين عارضوا بها مذهب الفلاسفة الذين ذهبوا الى أن الإبصار يكون من صورة أو شبح يرد من المبصر الى البصر منه يدرك البصر صورة المبصر .

وقد كانت نظرية الفلاسفة الطبيعيين لا تخلو من غموض فماهية هذه

---

(١) و (٣٨) من مخطوط المقالة الأولى .

(٢) ومما يجدر ذكره فى هذا الصدد تعليق كمال الدين الفارسى على هذه المسألة اذ تناول تعليقه ناحيتين الأولى أن الجدران وسطوح الأجسام الكثيفة التى تحوى الهواء فى أثناء النهار يشرق منها ضوء عرضى أقوى مما يشرق من الهواء نفسه من جراء ما فيه من الغلظ ، فيستتر ضوء هذا الهواء كما يستتر ضوء الكواكب والنيران عند اشراق الشمس . والثانية اقراره أن اشراق ضوء الشمس على الهواء فى أثناء النهار يجعل الهواء مضيئا ضوءا عرضيا يدركه البصر والدليل على انه مدركه هو أن لون السماء يدرك بعد طلوع الشمس زرقة وفى الليل سوادا . فكمال الدين يعزى دون شك زرقة السماء الى استضاءة الجو من اشراق ضوء الشمس عليه وهو بذلك يدنو من النظرية الحديثة التى تعزى زرقة السماء الى ظاهرة الاستطارة التى أشرنا اليها ولا يشوب رأى الفارسى فى هذا الأمر غير تمسكه بنظرية فى حدوث الألوان عن امتزاج الظلمة بالضوء سيأتى ذكرها فيما بعد ، فرأى على حسب هذه النظرية أن لازوردية السماء تحصل عن امتزاج الضوء بالسواد الذى هو لون ما وراء الهواء المستضىء .

الصورة وكيفية ورودها الى البصر كانتا كما أشرنا من قبل من الأمور المبهمة، فى حين أن نظرية أصحاب التعاليم كانت أقرب الى الأوليات الفطرية . فمن المعلوم أن الاحساس يكون بالملامسة . إذن قياس الإبصار على الاحساس باللمس أول ما يتبادر الى الذهن . وكما ان الانسان عند الاحساس باللمس يمد عضوه الحاس حتى يلمس به المحسوس فكذلك عند الاحساس بالبصر يمتد من البصر شعاع اذا ما لمس طرفه المبصر وقع الاحساس وأدرك البصر المبصر . وقد بقى أثر هذه النظرية يتردد فى الأذهان أجيالا . وانه لصداها الذى يتردد فى ذهن « ديكارت » إذ يشبه الانسان وهو يبصر المبصرات بعينيه الاثنتين ، بالكفيف الذى يتحسس المحسوسات من حوله بعضوين فى يديه[1]. وقد كانت هذه النظرية متفقة والمتواتر فى ذلك العصر من المعلومات وما لا نزال نجده فى عصرنا الحاضر شائعا بين بعض الناس كالاعتقاد مثلا بأن من الانسان والحيوان ما يبصر فى الظلام ، أو بأن من عيون بعض الحيوان ما يتألق ويضىء فى الظلام فيخرج منه الشرر .

وقد بسط ابن الهيثم فى صدر كتابه فى المناظر رأى أصحاب الشعاع وبيّن ما اتفقوا وما اختلفوا فيه . فقد اتفقوا فى أن الشعاع الذى يخرج من البصر الى المبصر يكون على هيئة مخروط ، قاعدته سطح المبصر ورأسه عند البصر . واختلفوا فى هيئة الشعاع فمنهم من ذهب الى أن مخروط الشعاع جسم متصل ملتئم ، وفريق قال انه يخرج من البصر على هيئة خط مستقيم واحد الى أن ينتهى الى المبصر ، ثم يتحرك على سطح المبصر حركة سريعة جدا فى الطول والعرض لا يدركها الحس لسرعتها فيحدث بتلك الحركة المخروط المصمت . وفريق قال انه يحدث دفعة واحدة عند ما يفتح البصر أجفانه .

---

(١) ذكره Mach فى كتابه The Principles of Physical Optics . وقياس ادراك المبصر بالبصر على تحسس الكفيف للشىء بالعصا تشبيه قديم أورده أيضا حنين بن اسحاق فى كتاب « العشر مقالات » الذى نشره « مايرهوف » .

ومنهم من ذهب الى أن الشعاع خطوط مستقيمة هى أجسام دقاق أطرافها مجتمعة عند مركز البصر ، وتمتد متفرقة حتى تنتهى الى المبصر . وما وافق أطرافها من سطح المبصر أدركه البصر ، وما حصل بين الأطراف لم يدركه . وعللوا بذلك اختفاء الأجزاء الصغيرة جدا والمسام الدقيقة التى تكون على سطوح المبصرات .

ومنهم من ذهب الى أن الشعاع قوة نورية تنبعث من البصر وتنتهى الى المبصر وبها يكون الاحساس .

ومن أصحاب هذا الرأى من ذهب إلى أن الهواء عند اتصاله بالبصر يقبل منه كيفيته ، فيصير شعاعا يدرك به البصر المبصرات . فكأن العين تكيف الهواء المتصل بها تكييفا خاصاً يجعله واسطة أو آلة تدرك بها المبصرات .

وابن الهيثم بعد أن عرض هذه الآراء كما رآها أصحابها ، انتقل إلى التمهيد إلى الفكرة الأساسية فى نظريته . فاستأنف البحث عن الشرائط التى يجب توافرها عند الابصار وهى التى يسميها « المعانى التى لا يتم الابصار إلا بها »[1] فبين أن المبصر يجب أن يكون مضيئا إما بذاته أو باشراق ضوء من غيره عليه . وأن يكون بينه وبين العين بعد . وأن يكون بين كل نقطة من سطح المبصر وبين العين خط مستقيم غير منقطع بكثيف ، أى أن يكون الجسم المتوسط بين سطح البصر وبين المبصر (وهو الذى نسميه الآن الوسط) مشفاً . ثم استدل من ذلك على أن العلة الأساسية فى الإبصار هى وجود المبصر مع توافر هذه الشرائط . ويقول بلفظه « إن البصر إذا أحس بالمبصر بعد أن كان لا يحس به ، فقد حدث فيه شىء ما ، بعد أن لم يكن ، وليس يحدث شىء بعد أن لم يكن إلا لعلة . ونجد المبصر إذا قابل البصر أحس به البصر ، وإذا زال عن مقابلة البصر لم يحس به البصر ، وإذا عاد المبصر إلى

(١) ذكرها فى الفصل الثانى من المقالة الأولى « فى البحث عن خواص البصر » وشرحها فى الفصل الأخير منها وهو الثامن « فى علل المعانى التى لا يتم الابصار الا بها » .

مقابلة البصر عاد الاحساس . وكذلك نجد البصر إذا أحس بالمبصر ثم أطبق أجفانه بطل ذلك الاحساس ، وإذا فتح أجفانه والمبصر فى مقابلته عاد ذلك الاحساس . والعلة هى التى إذا بطلت بطل المعلول ، وإذا عادت عاد المعلول . فالعلة إذن التى تحدث ذلك الشىء فى البصر هو المبصر»[1]. فان كان الأمر كذلك وكان من شرائط الابصار أن يكون المبصر مضيئاً ، وأن يكون المتوسط بين البصر وبين المبصر جسما مشفاً لا كثيفاً ، وبما أن الشفيف فى الجسم المشف لا يختص بشىء مما يتعلق بالضوء يخالف به الكثافة فى الجسم الكثيف إلا أن الضوء ينفذ فيه ، إذن الابصار انما هو من تأثير الضوء الوارد من المبصر إلى البصر .

ذلك بايجاز هو المنطق الذى أبان به ابن الهيثم الفكرة الأساسية فى نظريته .

وقد كان بعض أصحاب الشعاع وعلى رأسهم أوقليدس قد أوّلوا مذهبهم إلى أن الشعاع الذى يخرج من البصر إلى المبصر هو كآلة اتصال يخرج من البصر إلى المبصر لكى يؤدى من المبصر إلى البصر شيئا يقع منه الإحساس .

وموقف ابن الهيثم من هذا الفريق موقف المتسائل المنكر — ما الداعى إلى فرض خروج شعاع يمتد من البصر إلى المبصر إذا كان حتما علينا بعد ذلك أن نقول ان هذا الشعاع وظيفته أن يؤدى شيئا يرد من المبصر إلى البصر منه يقع الاحساس؟ ما الداعى إلى تكليف الوسط المشف بقبول هذا الشعاع الخارج من العين ثم تكليف هذا الشعاع بتأدية شىء آخر من المبصر إلى العين ؟ أليس الأنسب والأبسط أن نقول ، وقد بان أن الأضواء تمتد على السموت المستقيمة ، إن الوسط المشف يقبل هذا الضوء الصادر من المبصر ويؤديه إلى البصر رأساً على السموت المستقيمة من غير توسط

(١) و (٩٩) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

الشعاع الخارج من العين ؟

ويمضى ابن الهيثم الى إبطال القول بخروج الشعاع من البصر باسهاب لا يخلو من شيء من التكرار . وخلاصة رأيه أن هذا الشعاع الذى يخرج من البصر إما أن يكون مادياً ، أو على حسب تعبيره جسما ، أو لا . فان كان جسما فنحن إذا نظرنا إلى السماء ورأينا الكواكب فقد خرج من البصر جسم ملأ مابين السماء والأرض ، ولم ينقص من البصر شيء . وهذا كما يقول « محال فى غاية الاستحالة وفى غاية الشناعة » [١] وإن لم يكن هذا الشعاع جسما فهو لايحس هو نفسه بالمبصر « لأن الاحساس ليس هو إلا للأجسام ذات الحياة » [٢] والابصار بالبصر لا به . فهو إنما يؤدى شيئا من المبصر الى البصر . و « ليس هذا الذى يقال انه يخرج من البصر شيئا محسوساً وإنما هو مظنون » [٣] ويقول « اذا كان الهواء والأجسام المشفة المتوسطة بين البصر والمبصر تؤدى الى البصر شيئا من المبصر ، من غير حاجة الى شيء يخرج من البصر ، وهى مع ذلك ممتدة بين البصر والمبصر ، فقد سقطت الحاجة الى إثبات شيء آخر يؤدى الى البصر شيئا » وإذن يكون القول بخروج الشعاع عبثاً لا حاجة اليه ولا داعى له .

ولكن الأمر لم يكن مقصوراً على التدليل على بطلان رأى أصحاب الشعاع لا سيما وأن الفلاسفة أنفسهم قد نقدوا هذا الرأى وأقاموا أدلتهم على بطلانه [٤] فلم تنته مهمة ابن الهيثم عند هذا الحد . فالفلاسفة من الجانب الآخر وإن عارضوا أصحاب الشعاع بقولهم بنظرية الورود فقد كان رأيهم

(١) و (١٠٣) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٢) « « « « «

(٣) و (١٠٤) « « « « «

(٤) انظر مثلا كتاب النجاة أو الشفاء لابن سينا . وقد أشار الفارسى الى محالات أخرى منها انه اذا كان الادراك بأطراف الشعاع فلا فرق بين القريب والبعيد فلا تدرك المبصرات البعيدة أصغر (الجزء الأول من التنقيح) .

فى الورود (كما ذكرنا من قبل) غامضاً ، لا يغنى شيئا فى بيان كيفية ورود صورة المبصر الى البصر ، بل يقرر بأسلوب تحكمى أن فعل المبصر فى إيراد صورته أو شبحه للبصر من الأفعال الطبيعية التى يكفى فيها المحاذاة ، ولا يتطلب نفوذ شىء فى المشف الى البصر . بل ولم تكن ماهية تلك الصورة أو ذلك الشبح الحادث فى البصر واضحة . فابن سينا يرى أن الشبح « ليس هو صورة الشىء فى نفسه قد تجرد تجرد الشىء عن صورته . بل هو شىء غيره مناسب له » (١) . أما ما هو فلم يتبين لنا من أقواله . واذا قوبل هذا برأى أصحاب الشعاع وجد الثانى أقرب إلى فطرة العقل (٢) .

وقد كان ابن الهيثم على بينة تامة بالشكوك التى اكتنفت الأمر وأدرك أن نظرية الورود ناقصة غامضة ، يجب إتمام نقصها وكشف ما فيها من الغموض إذا أريد الأخذ بها . وكان مذهبه الذى ذهب اليه فى أن للضوء حقيقة ووجوداً ذاتياً ، كفيلا بسد أكبر ثغرة فى النظرية وإزالة أخطر دواعى الخلل فيها . ولكن الأمر لا يقف عند هذا الحد فهناك مسائل كثيرة يجب توضيحها وبيانها . فالضوء مثلا يرد من الأجزاء المختلفة من المبصر الواحد ، بل ويرد من المبصرات المختلفة التى تكون مقابلة للبصر فى وقت واحد ، ولكن البصر يدرك كل مبصر منها وكل جزء من المبصر الواحد إدراكا صحيحاً بيناً لا اشتباه فيه ، ويدرك صور هذه المبصرات بما قد يكون فيها من نقوش دقيقة ومعانى لطيفة غير مختلطة ولا ممتزجة . والمبصر قد يدركه البصر رأساً « بالاستقامة » فى مكان ، وقد يدرك له صورة فى مرآة فى مكان آخر على وضع آخر ، وقد يدركها مصغرة وقد يدركها مكبرة ، وقد

(١) الفصل السابع من مقالة الابصار من الشفاء .

(٢) الغموض الذى اكتنف نظرية الورود كما تصورها الفلاسفة بقى مقرونا بها مدة طويلة بعد عصر ابن الهيثم وكان من أثر ذلك أن كثيرا من علماء الرياضة والفلك الاسلاميين ومن المحتمل أنهم لم يطلعوا على مناظر ابن الهيثم مثل نصير الدين الطوسى آثروا رأى أصحاب الشعاع كما أشرنا الى ذلك فى الباب الأول من الكتاب .

يدركها مساوية للمبصر نفسه . والمبصر إذا كان فى جسم مشف والبصر فى جسم مشف آخر يختلف شفيفه عن شفيف الأول ، قد يدرك البصر له صورة فى موضع غير موضعه ، وقد تكون هى أيضا مكبرة أو مصغرة إذا قيست بالمبصر نفسه ، أو قد تكون مساوية له فى العظم . هذا فضلا عما يحدث من الاختلاف فى المعانى التى يدركها البصر من المبصر نفسه ، فقد يدرك البصر المبصر مضيئا مسفر اللون ، وقد يدركه مظلما مغبر اللون ، وقد يدركه قريباً وقد يتراءى للبصر أنه بعيد ، وقد يدركه صغيراً وقد يتراءى للبصر أنه عظيم وما إلى ذلك من الاختلافات التى يكاد لا يحصيها الحصر . فان قيل بنظرية الورود كان واجباً لا إزالة الغموض وإصلاح الخلل فحسب ، بل كان واجباً أيضا تطبيق النظرية لشرح هذه الظواهر وما اليها وكان حتما أن تتسع النظرية لقبول كل هذه الظواهر والاحاطة بها . وابن الهيثم قد أدرك قطعاً كل ما يترتب على قبوله هذه النظرية والأخذ بها . وقد أدرك أن الأمر يتطلب إعادة النظر فى كل ظواهر الإبصار بل وفى كل ظواهر الضوء ، الذى هو العامل المستتر خلف كل ظواهر الإبصار ، والبحث عنها جميعا على ضوء هذه النظرية . أدرك أن الأمر يتطلب بيان أن النظرية تنظم جميع هذه الظواهر على نظام وترتيب ، وتوجد بينها تماسكا وارتباطا ، وتؤلف منها جميعا وحدة ، يشد أجزاؤها بعضها الآخر . أدرك ابن الهيثم كل هذا ومضى فى سبيله لاتمام عمله وتحقيق غرضه .

٢٢ — توضيح معانى بعض الاصطلاحات الواردة فى أقوال ابن الهيثم

قضى ابن الهيثم على مذهب أصحاب الشعاع وشيد على أنقاض مذهبهم نظريته فى الورود . ولما كان لفظ « الشعاع » قد اتخذ عند أصحاب التعاليم ذلك المعنى الخاص الذى يفيد خروج شىء من البصر الى المبصر ، فلعل ابن الهيثم قد تجنب عن قصد كثرة ورود لفظ الشعاع فى بحوثه . وهو لفظ شائع الآن يكاد يكون أول ما يألفه المبتدىء بدراسة علم الضوء من

اصطلاحات هذا العلم . فلسنا نجد فى أقوال ابن الهيثم مثلا التعبير بالشعاع الساقط والشعاع المنعكس والشعاع المنعطف عن المعانى التى تدل عليها هذه الاصطلاحات فى الوقت الحاضر .

وإن كنا نجده فى بعض المواضع من كتاب المناظر وفى بعض مقالاته التى يعرض فيها شيئا يخص الابصار استعمل هذا اللفظ فهو يعبر به عن معنى محدود ، مجرد عن المعنى الذى لبس هذا اللفظ عند أصحاب التعاليم . وسيتبين فيما بعد أن رأى ابن الهيثم فى تركيب العين هو أن طبقاتها من مقدم البصر ، كرية السطوح متحدة المركز ويسمى مركزها « مركز البصر » . فالسموت المستقيمة التى تتلاقى عند مركز البصر نافذة من ثقب القزحية الذى هو إنسان العين يسميها « خطوط الشعاع » وهذه الخطوط المستقيمة التى يمكن أن تتوهم ممتدة من مركز البصر قاطعة لسطوح طبقاته الأمامية على زوايا قائمة (على حسب رأيه) ونافذة من ثقب القزحية ، يلتئم منها مخروط يسميه « مخروط الشعاع » ومحور هذا المخروط يسميه « سهم مخروط الشعاع » أو باختصار « سهم الشعاع » . ولكنه عند استعمال هذه الاصطلاحات لا يعنى بها الا هذه الخطوط المستقيمة المتوهمة المتلاقية عند مركز البصر [١] . ويجرد هذه الاصطلاحات تجريدا تاما عن أية فكرة تفيد خروج شىء من البصر . وسيتبين فيما بعد كيف استعان بهذه الاصطلاحات فى بعض المواضع لبيان بعض الحقائق وشرحها .

ولكن ابن الهيثم فى مقالته فى الضوء يضع للشعاع تعريفا ينطبق الى حد ما على المعنى الذى نطلقه عليه فى الاصطلاح الحديث . وقد استعمل هو نفسه هذا اللفظ لأداء هذا المعنى فى مقالتيه فى المرايا المحرقة . وورود لفظ الشعاع

---

(١) يشير الى ذلك صراحة فى أكثر من موضع واحد ونكتفى بالاشارة الى و (١٠٥) من مخطوط المقالة الأولى . ويجب أن يحمل لفظ الشعاع على هذا المعنى عند وروده فى مقالاته المختلفة كمقالته فى الأثرين مثلا .

بهذا المعنى فى أقواله يبرر لنا استعمال لفظ الشعاع فى هذا الكتاب بالمعنى الذى يؤديه فى الاصطلاح الحديث دون قيد أو شرط. فالسموت المستقيمة التى ينفذ عليها الضوء فى الأجسام المشفة وإن كانت خطوطاً متوهمة فهو يطلق لا على هذه الخطوط المتوهمة وحدها بل عليها وعلى الضوء الممتد على سموتها اسم « الشعاع » . فالشعاع على حسب تعريف ابن الهيثم هو الضوء النافذ على السموت المستقيمة . وهو اصطلاح عام يطلقه على جميع أشكال ما نسميه الآن « الحزمة الضوئية » ، ولا يقصد به خطاً واحداً من الخطوط التى تلتئم منها الحزمة ، ولا يقصد به مجموعة الخطوط على أنها خطوط وهمية تدل على انتقال الضوء كما هو الاتجاه الرياضى فى تعريف الشعاع ، بل يقصد به هذه الخطوط المتوهمة الغير المحسوسة والشىء الذى هو يصاحب هذه الخطوط ، الذى هو الضوء والذى هو ذو حقيقة ووجود ، ويمتد على سموت هذه الخطوط .

وقد أورد ابن الهيثم فى بحوثه عن انعكاس الضوء أقوالا يتبين منها ذلك بوضوح لا يعتريه الشك . فهو فى شرح معنى امتداد الضوء على السمت المستقيم يقرر انه لا يقصد بذلك خطاً متوهماً ليس له عرض ويقول بلفظه « فانا نقول ان الضوء الممتد على استقامة خط واحد من الخطوط المستقيمة ليس يكون الخط المستقيم المتوهم ، أعنى أنه ليس يكون طولا بلا عرض . لأن الضوء ليس يمتد الا فى جسم والجسم اذا كان فى غاية الدقة واللطافة فليس يكون الا ذا عرض . فأصغر الصغير من الضوء الذى لا يصح أن يوجد ضوء أدق منه ليس يكون الا ذا عرض» [1]. ويبين أنه اذا توهمنا هذا المقدار الذى هو بحسب تعبيره أصغر الصغير من الضوء منفرداً « فانه يكون ممتداً على استقامة الخط المتوهم الممتد فى وسط طوله . ويمكن مع ذلك أن نتوهم فى طوله خطوطاً مستقيمة كثيرة غير ذلك الخط تكون

(١) و (٦٣) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر وما يلى من بعض الورقات التى تليها .

موازية له ومقاطعة » فهو يرى كما نرى الآن انه لا يمكن فى طبيعة الضوء أن يُجرد منه خط هندسى لا عرض له . فالشعاع الذى يعد فى التوهم خطاً يشغل فى الطبيعة فراغا . فاذا سقط شعاع على سطح عاكس مثلا فهو فى الواقع لا يلقاه على نقطة هندسية الا فى الوهم . وهو بعد الانعكاس كما هو قبل الانعكاس لا يمتد على سمت خط هندسى . وإن قيل إن شعاعا يمر بنقطة أو ينعكس من نقطة فلا يقصد بذلك الا الخط المتوهم الممتد فى وسط هذا المقدار من الضوء الذى يعبر عنه « بأصغر الصغير من الضوء » ويمر بتلك النقطة . وابن الهيثم يرى أن الضوء المتصل ليس هو مجموعة من الخطوط ويقول بلفظه « فهو شيء واحد لا خطوط مجتمعة . الا انه مع اتصاله ليس يمتد الا على سموت مستقيمة » (١) . ويقول فى موضع آخر « ولا الضوء المتصل بمنزلة أضواء دقاق متضامة » (٢) .

وإن كان ابن الهيثم قد عرف الشعاع هذا التعريف الدقيق فاننا نجده أميل الى قصر استعمال لفظ الشعاع بهذا المعنى على الأضواء الذاتية الصادرة من الأجسام المضيئة بذواتها كضوء الشمس مثلا ، الذى كثيرا ما يعبر عنه لا سيما فى مقالتيه فى المرايا المحرقة بشعاعات الشمس ، دون أن يستعمله فى الأضواء العرضية الصادرة من الأجسام المستضيئة بغيرها وهى التى تدرك بها المبصرات المعتادة فى الحياة . لذلك نجده قد تجنب استعمال الشعاع بهذا المعنى فى كتاب المناظر . وإن ورد ذكر الشعاع فى هذا الكتاب فانه يرد بمعنى الخطوط المستقيمة المتوهمة التى نتوهمها ممتدة من مركز البصر الى الخارج دون أن يكون لهذه الخطوط أى معنى من المعانى التى نسجها حولها أصحاب الشعاع . وتجنبه استعمال الشعاع بالمعنى المألوف الآن فى كتاب المناظر ، قد اضطره للتعبير عن امتداد الأضواء وعن الانعكاس وعن

---

(١) و (٦٦) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) » » » » » »

الانعطاف وعن كيفية الابصار وغير ذلك ، الى استعمال اصطلاح آخر بمعنى غير المعنى الذى يؤديه فى اصطلاحاتنا الحديثة فى علم الضوء . وإن لم نعن بتوضيح هذا الأمر فلربما يتسرب الى أقواله شيء من الغموض يجعل معانيها مبهمة ملتبسة .

والاصطلاح الذى يستخدمه هو « الصورة » ونحن نرى أن معنى الصورة فى بحوث ابن الهيثم يجب أن يحمل على معنى شبيه بالمعنى المقصود من هذا اللفظ فى اصطلاح الفلاسفة . فالصورة فى الفلسفة العربية أو بالأحرى فى الفلسفة الأرسطوطاليسية تطلق اذا أوجزنا القول على واحد من اثنين يتقوم بهما « الجسم الطبيعى » أو اذا شئنا قلنا يتقوم بهما كل « موجود محسوس فى عالم الطبيعة » وهما « الهيولى » أو « المادة » و « الصورة » ونجد لتوضيح ذلك أمثلة كثيرة فى كتب الفلسفة العربية (١) .

ونرى أن لفظ الصورة الوارد فى كثير من أقوال ابن الهيثم يجب أن يحمل على معنى من قبيل معناه فى الفلسفة ، يفيد الشكل أو الهيئة التى تتشكل بها الهيولى لكى يتم وجود « الشيء » المقول أو المنصوص عنه . فاذا قال « صور الأضواء » و « صور الألوان » أو قال « صور الأضواء يقبلها الجسم المشف قبول تأدية » أو تكلم عن صورة المرئى الواردة الى العين . أو اذا فرضنا نقطة مبصرة ولتكن ا ، وسقط منها شعاع على سطح عاكس فانعكس من نقطة من السطح ولتكن ب ، ومر بعد انعكاسه بنقطة ولتكن حـ ، بحيث كان ا ب شعاعا ساقطا وكان ب حـ شعاعا منعكسا ووجدناه يقول ان صورة ا تنعكس من نقطة ب الى نقطة حـ ، فلفظ الصورة لا يمكن أن يؤدى فى مثل هذه الأقوال المعنى الذى يؤديه اللفظ نفسه اذا قلنا على حسب

(١) الاصطلاحان المقابلان للصورة والهيولى فى الانكليزية هما على الترتيب « Form » ، « Substance » وفى كتابى كشاف اصطلاحات الفنون للتهانوني ومفاتيح العلوم للخوارزمى توضيح لمعنيهما وأيضا فى كثير من كتب الفلسفة العربية كالنجاة لابن سينا ومقاصد الفلاسفة للغزالى .

اصطلاحاتنا الحديثة أن المرآة أو العدسة تحدث صورة حقيقية أو تقديرية للجسم . وابن الهيثم يطلق على المعنى الذى نقصده من لفظ الصورة فى الاستعمال الحديث لفظ « الخيال » . فاذا فرضنا فى مثالنا الأخير أن السطح العاكس مرآة مستوية وكان ا ب شعاعا ساقطا من النقطة المضيئة على سطح المرآة وكان ب ح الشعاع المنعكس الى العين عند ح ، فالذى تراه العين على امتداد ح ب خلف السطح العاكس فى موضع بعده عن السطح كبعد نقطة ا عنه ، هو فى اصطلاح ابن الهيثم « خيال » ا ، لا صورة ا كما نقول . أما ما يرد على استقامة ا ب الى السطح ثم ينعكس على استقامة ب ح الى العين فهو صورة ا فى اصطلاحه .

ومن الجائز أن يكون ابن الهيثم فى بعض أقواله كقوله « صورة النقطة التى يدركها البصر » أو « صورة المبصر التى يدركها البصر » يقصد المعنى « المعنوى » الذى يتكون فى الذهن عن النقطة المبصرة أو المبصر المدرك . ولكن لا التباس فى أنه يقصد بالصورة أيضاً معناها الخارجى الموجود فى المبصر وجوداً حقيقياً فى العالم الخارجى . وورود الصورة بهذا المعنى الى البصر كيفيته الطبيعية هى المقصودة فى بحوث ابن الهيثم . وكيفية ورودها بحسب نظريته فى الابصار هى بورود الضوء من المبصر الى البصر . فالضوء كوسيلة طبيعية لورود الصورة الى البصر هو الأمر المعنى به فى جميع بحوثه الطبيعية . فان قيل صورة ا ترد الى بصر ح على استقامة ا ح ، أو صورة ا ترد الى بصر ح بالانعكاس من ب ، فلا ريب أن المقصود الضوء الذى هو كالأداة لحمل صورة ا الى بصر ح ، إما رأساً بالاستقامة من ا الى ح ، أو بالانعكاس من ا الى ب ثم من ب الى ح .

وابن الهيثم أكثر منا توفيقاً فى استخدام لفظ الخيال بالمعنى الذى بيّناه ، وهو فى نظرنا قد وفق أيضا فى استخدام لفظ « الصورة » لأداء المعنى الذى يقصده من أمر الضوء . وقد يتجاوز توفيقه فى هذا الأمر حدود تصوره

هو نفسه. فان أمعنا النظر فى معنى قوله مثلا « ومن طبيعة الأجسام المشفة أن تقبل صور الأضواء والألوان وتؤديها إلى الجهات المقابلة لها » [١] أو « ان كل جسم متلون مضىء فان ضوأه ولونه تمتد صورتهما فى الهواء المشف المتصل به إلى جميع الجهات المقابلة له » [٢] أو « وإنما خاصة الأضواء والألوان أن تمتد صورها على سموت مستقيمة ومن خاصة الجسم المشف ألا يمنع نفوذ صور الأضواء والألوان فى شفيفه فهو إنما يقبل هذه الصور قبول تأدية لا قبول استحالة » [٣] أو غير ذلك من الأقوال العدة التى يرد فيها التعبير بصورة الضوء وصورة اللون، وجدنا أن حمل الصورة على معنى من قبيل معناها فى اصطلاح الفلاسفة يجعل لهذه الأقوال معانى ليس من الصواب إغفالها [٤].

٢٣ — رأى ابن الهيثم فى ألوان الأجسام الكثيفة

وعناية ابن الهيثم بذكر الألوان وصورها معطوفة على الأضواء وصورها كما يتضح من الأمثلة التى ذكرناها فيما سبق جاءت تابعة لرأى له فى الألوان نرى لزاماً علينا توضيحه.

وموضوع الألوان وماهيتها وكيفية حدوثها وتغيرها مسائل قديمة شغلت من قديم الزمان عقول المفكرين من فلاسفة وعلماء. ولكنها ظلت غامضة حتى استطاع « نيوتن » فى القرن السابع عشر أن يميط عنها اللثام ويكشف حقيقتها، بتجاربه المشهورة فى « تشتيت » الضوء، وبما أدت اليه هذه

(١) و (٨٣) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر.
(٢) « « « « «
(٣) و (١١٥) « « « « «

(٤) نخشى أن يتبادر الى الذهن أننا نكلّف أقوال ابن الهيثم ما لا تحتمل من المعانى وإننا نتلمس فيها ما يبرر لنا أن نسبغ عليها من الأفكار والآراء ما فى أذهاننا نحن وما لم يخطر منه شىء على فكر ابن الهيثم نفسه. ولكن الاختلاف بين أسلوبه العلمى وبين أسلوبنا الحديث فى بعض المواضع يتطلب أحياناً التلطف لفهم مقاصده وأغراضه. ونحن لا نتردد البتة فى تسجيل الخطأ عليه فيما نرى انه أخطأ فيه. كما يتبين فى مواضع كثيرة من هذا الكتاب.

التجارب من المعلومات [١] . فقد بـيّن أن الضوء الأبيض كضوء مصباح مثلا ليس فى ذاته ضوءاً بسيطاً واحداً . وإنما يتحلل الى أضواء عدة لاحصر لها يختلف بعضها عن الآخر من حيث مقدار زاوية انعطافه ، عند نفوذه من وسط مشف الى آخر مشف يختلف عنه فى الشفيف . وهذه الأضواء ذوات الانعطافيات المختلفة يدركها البصر ذات ألوان مختلفة وهى التى نسميها الآن ألوان الطيف . وهذه المعلومات التى تبينت بعد بحوث نيوتن تُتخذ الآن وسيلة الى شرح كيفية حدوث الألوان كما هو معلوم . ويُعد الاختلاف الذاتى بين هذه الأضواء ذات الانعطافيات المختلفة اختلافا فى التردد .

فاذا توهمنا جسما كوردة حمراء فان هذا الجسم يشرق منه على حسب وجهة النظر الحديثة ضوء ذو تردد معين موضعه فى الطيف الجزء الأحمر منه . فاذا ورد منه الى البصر ضوؤه هذا ، أدرك البصر منه حمرة . فادراك الحمرة ناشىء عن عامل أو مؤثر خارجى هو هذا الضوء ذو التردد المعين الصادر من الوردة الحمراء . وابن الهيثم يوافقنا فى أن الاحساس الذى يحس به البصر ومنه يدرك الحمرة فى الجسم ناشىء عن « شىء » له وجود فى ذاته ولكنه يخالفنا فى ذهابه الى أن هذا الذى ينشأ عن فعله إدراك البصر للحمرة شىء آخر غير الضوء الوارد من الجسم الى البصر . ويذهب الى أنه وإن كان موجوداً بالذات مستقلا عن الضوء العرضى المشرق من الجسم فانه يمتد معه فى السموت المستقيمة التى يمتد فيها الضوء العرضى نفسه . ويدلل على ذلك بمشاهدات واعتبارات . منها [٢] انه اذا دخل المعتبر بيتاً ضيقاً مظلماً جدرانه بيضاء ، ويدخل اليه ضوء الشمس من ثقب فسيح ، وينتهى هذا الضوء الى أرض البيت ، ثم جعل فى موضع الضوء على الأرض جسما

---

(١) يوجد عرض هذه البحوث فى كتابنا « علم الطبيعة : نشوءه ورقيه وتقدمه الحديث » . وأيضاً فى كتابنا « البصريات » .

(٢) و (٥٩) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

أرجوانياً مثلا ، فانه يجد صورة اللون الأرجوانى على جدران البيت مع الضوء العرضى المشرق من الجسم المستضىء بضوء الشمس . فهو يذهب الى أن الجسم المستضىء بضوء الشمس يشرق منه ضوء عرضى ويشرق منه أيضاً مع هذا الضوء « اللون » فيجدهما المعتبر أو يجد صورتيهما معاً على الجدران . واذا قرب المعتبر فى التجربة المذكورة من الجسم الأرجوانى جسما أبيض نقى البياض ، كثوب أبيض ، ولم يولجه فى الضوء النافذ من الثقب ، فانه يجد لا شك صورة اللون الأحمر على هذا الجسم الأبيض ، ويجدها فى زعمه ممتزجة بالضوء . فاذا باعد الجسم ازداد اللون ضعفاً كما يزداد الضوء ضعفاً . واذا أداره حول موضع الضوء من الجسم الأرجوانى وجد اللون عليه أيضاً ، ووجده ممتزجاً بالضوء . كذلك اذا اتخذ المعتبر إناء من الزجاج الرقيق وملأه شراباً أحمر وقابل به الشمس فى البيت المذكور وجعل فى ظل الاناء ثوباً أبيض فانه يجد لون الشراب علق على الثوب الأبيض مع الضوء النافذ فى شفيف الشراب وشفيف الزجاج [١] .

وابن الهيثم وإن هو يميز بين الضوء وبين اللون ويعدهما شيئين منفصلين موجودين بالذات فهو يريد أيضاً من هذه التجارب وأمثالها أن يبين انهما فى هذه الأحوال متصاحبان متلازمان يمتدان على سموت واحدة ويشرقان بكيفية واحدة .

والتمييز بين اللون وبين الضوء يرد فى كل بحوثه التى يذكر فيها اللون فيما يتعلق بالأجسام الكثيفة التى يدركها البصر . فهو فى مقالته الثالثة فى المناظر وهى المقالة التى يبين فيها كيفية إدراك المعانى المبصرة [٢] يفرد لادراك اللون أقوالا غير التى يتناول فيها بيان كيفية إدراك الضوء . ويورد فى كثير من أقواله « الألوان وصورها » معطوفة على « الأضواء وصورها » .

---

(١) و (٦١) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٢) الباب الثالث من هذا الكتاب .

وموقف ابن الهيثم لايخلو فى نظرنا من تناقض . فهو يعزى إدراك البصر للضوء وإدراك البصر للون الى الاحساس البحت المجرد عن القياس والتمييز (كما يتضح بعد) ويشترط لادراك لون الجسم ورود اللون الى البصر مع ورود الضوء العرضى المشرق من الجسم . ويوحد فيما بين الضوء واللون من حيث الخواص . فكيفية الاشراق فى كل منهما واحدة ، والامتداد فى السموت المستقيمة فى كل منهما واحد . وهما كذلك من حيث الانعكاس ومن حيث الانعطاف ، كما سيتضح ذلك فى موضعه من هذا الكتاب . ولكن على الرغم من كل هذا فهو يصر على أن يجعل لكل منهما وجوداً فى ذاته مغايراً لوجود الآخر . وهو يقول « ومما يظهر منه ظهوراً بيناً أن الألوان لها حقيقة وهى صورة فى الجسم المتلون وليست شيئا يعرض بين البصر والضوء ما يظهر فى وجه الانسان من حمرة الخجل وصفرة الوجل »[1] . فهو يدلل على حقيقة اللون بحمرة الخجل أو صفرة الوجل . والتدليل جدير فى ذاته بالذكر هنا ولنورده بلفظه قال « فان الانسان قد يكون ساكن اللون وليس فى وجهه حمرة مفرطة فاذا عرض له الخجل ظهرت فى وجهه حمرة لم تكن قبل ذلك . حتى يستدل من حمرة وجهه على خجله . فالناظر الذى يراه فى الحالتين قد أدرك فى وجهه فى الحالة الثانية حمرة لم تكن فى وجهه فى الحالة الأولى . والضوء الذى على ذلك الوجه قبل الخجل وبعده ضوء واحد . ووضع البصر فى الحالتين من ذلك الوجه وضع واحد . وبُعده منه بعد واحد . ووضع الوجه أيضاً من الجهة التى منها يرد الضوء الى الوجه ومن المضىء الذى منه يرد الضوء ، والمواضع المضيئة التى منها يرد الضوء الى ذلك الوجه وضع واحد لم يتغير . وليس للحمرة التى تظهر فى الوجه عند الخجل علة غير الخجل . وليس الخجل أمراً من خارج ولا يتعلق بالضوء ولا بالبصر الناظر إلى ذلك الوجه . فالحمرة التى تظهر فى وجه الانسان هى صورة

(١) و (٦٤) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

فى جسمه لا شىء يعرض بين البصر الناظر اليه و بين الضوء » .

ونحن وقد أصبحنا بعد تجارب نيوتن على علم بحقيقة كيفية حدوث الألوان يسهل علينا أن ندرك خطأ إحدى مقدمات القياس فى هذا التدليل. فالضوء المشرق على الوجه فى الحالتين واحد ولكن الضوء المشرق من الوجه فى الحالتين ليس كذلك . ولكن لم تكن ظروف الحال وقتئذ قد أتاحت الكشف عن هذا الأمر البسيط الذى يحر الجهل به إلى مثل هذه النتائج .

ويتضح الى أى مدى بلغ بابن الهيثم التمييز بين الضوء و بين اللون كشيئين لكل منهما وجود مستقل مغاير لوجود الآخر من ذهابه الى القول بجواز امتداد الألوان فى الأجسام المشفة سواء صاحبتها الأضواء وامتدت معها أولم تصاحبها . وهو صريح أيضا فى النص على هذا الرأى حيث يقول « وقد يحتمل أن يكون الهواء والأجسام المشفة تقبل صور الألوان كما تقبل صور الأضواء حضر الضوء معها أو لم يحضر . . . ويكون ليس يظهر منها للبصر الا ما كان مصاحبا للضوء لأن البصر ليس يدرك شيئا الا اذا كان مضيئا . ويحتمل أن تكون الألوان . . . لا تمتد فى الهواء ولا يقبلها الهواء الا بعد إشراق الضوء عليها » [١] .

فابن الهيثم يجيز عقلا امتداد الألوان على السموت المستقيمة حتى فى الظلام التام . ولكنه يرى إن من شرائط إدراك البصر لون الجسم المبصر أن يرد لونه إلى البصر مصاحبا للضوء الوارد منه الى البصر . فان كان الجسم فى مكان مظلم لا يستضىء سطحه بضوء ما ولا يشرق من سطحه الى البصر ضوء ما فلونه لا يظهر للبصر . ولكن ذلك لا ينفى أن يكون لونه موجودا ممتدا على السموت المستقيمة . وابن الهيثم لا ينكر أن لون الجسم الواحد قد يختلف بحسب اختلاف الأضواء التى تشرق عليه . فان كان الضوء ضعيفاً ظهر لونه كدراً وكلما زاد الضوء شدة زاد اللون إشراقا . ولكنه يرى أن

---

(١) و (٦٣) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

هذا الاختلاف ليس اختلافا فى لون الجسم نفسه وانما هو أمر نفسى يتعلق بالشخص الذى يُدرِك ، وليس أمرا موضوعيا يتعلق بذات لون الجسم . وفى هذا المعنى يقول « قد يحتمل أن يكون البصر ليس يدرك حقيقة اللون على ماهى عليه من أجل انه ليس يدرك اللون الا مع الضوء . ومن أجل اختلاف إدراكه للّون بحسب اختلاف الأضواء التى تشرق على الجسم المتلون . فاما أن اللون له فى نفسه حقيقة فليس يبطل من أجل اختلاف إدراك البصر له »[١] .

وفكرة ابن الهيثم فى أن ألوان الأجسام الكثيفة كالحمرة التى ندركها فى الجسم الأحمر والخضرة التى ندركها فى الجسم الأخضر والبياض الذى ندركه فى الجسم الأبيض (وهو يعد البياض لونا قائما بذاته) ، وفى أن ألوان الأجسام المشفة كالزجاج الملون أو الشراب الأحمر وما الى ذلك ، فكرته فى أن هذه الألوان جميعاً لها وجود ذاتى قد عارضها كثيرون من قبله ومن بعده ، بل لعل ابن الهيثم هو الوحيد من أساطين العلم فى عصر الحضارة الاسلامية الذى عارض جمهور الفلاسفة الذين ذهبوا الى أن اللون لا وجود له بالذات ، وأن الضوء شرط وجوده ، بحيث اذا بطل الضوء بطل اللون معه . ولعل أيضاً موقف الفارسى من ابن الهيثم فى هذا الصدد هو الموقف الوحيد الذى نجد الفارسى فيه يسفه لابن الهيثم رأيا فيحشره بين الذين لا يتحققون الأمور . فالفارسى يعلق على تعليل ابن الهيثم الذى ذكرناه آنفا ويقول « وذلك لا يوجب أن يكون للّون ثبوت فى نفسه سواء اقترن به ضوء أو لا . وهذا هو الخلاف بين أساطين الحكمة وبين من لم يتحقق الأمر فيه من المتأخرين فمنع ذلك واستشنعه . فان الأولين يرون أن الضوء شرط فى وجود اللون واذا انتفى الضوء انتفى اللون . وبعض الناس

---

(١) و (٦٥) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

يرون انه ثابت فى نفسه وان الضوء شرط إدراكه بالبصر »[١].

وكأن ابن الهيثم قد تنبأ باعتراضات الفارسى على أقواله فنراه يختم أقواله هذه قائلا « وقد يحتمل أن تختلف الآراء ويقع الالتباس فى مائية صورة اللون التى فى الجسم المتلون فأما انيتها وأنها صورة فى الجسم لا صورة تعرض من خارج فليس يقع فيه لبس »[٢].

ولا شك ان رأى ابن الهيثم بالقياس الى معلوماتنا فى الوقت الحاضر خطأ من أساسه. ولعله اضطر اليه من جراء رغبته فى التمييز بين ما أسماه لون الجسم أو لون جرم الجسم وبين ما أسماه اللون المدرك بالانعكاس. فالصفيحة من الفضة مثلا لها لونها الخاص الذى هو لون جرمها اذا ما أبصرت مثلا فى ضوء النهار ولكنها اذا ما وضعت فى وضع خاص من جسم أحمر مشرق اللون، ومن البصر، فان نقاط سطحها التى ينعكس منها الى البصر ضوء ذلك الجسم يدرك لونها أحمر. فالحمرة التى تدرك فى أجزائها التى يحصل عندها الانعكاس ليست لون جرمها. فلا وجود لهذا اللون الأحمر فيها. وإنما هو لون عارض عليها يعرض فى الوضع الخاص بالانعكاس، بحيث اذا ما انحرف البصر عن هذا الوضع زال اللون واذا عاد البصر اليه عاد. وقد يعرض بدل الحمرة خضرة أو زرقة اذا كان لون

---

(١) الجزء الأول من التنقيح. والفارسى يرسم بدقة ووضوح جديرين بالاعجاب والتقدير الخطة المثلى التى تتبع فى مثل هذه المواقف ويقول بعد كلام له « ولا معنى لقول من يقول لم ينعدم اللون بل خفى عن البصر لأن اللون ان كان ذا حقيقة وقد غاب عن الحس، ولم يقم على وجوده دليل، فالحكم بوجوده تحكم محض. وسبيل العقل أن لا يحكم بوجود أمر الا اذا دل عليه دليل حسى أو عقلى ان أنصف من نفسه ». ويعد الفارسى اختلاف لون الجسم الواحد بحسب اختلاف الضوء المشرق عليه اختلافا « نوعياً » يجعل الجسم الواحد يتلون بأنواع مختلفة من اللون. ويعده اختلافا فى ماهية اللون. ويستنبط من ذلك أن الضوء شرط لوجود اللون لا شرط ظهوره للبصر فحسب. « فان علة الظهور فقط لا تغير حقيقته عما هو عليه ».

(٢) و (٦٥) مخطوط المقالة الأولى من المناظر.

الجسم الذى يشرق منه الضوء المنعكس الى البصر أخضر أو أزرق .

والتمييز هنا يراد به إبراز أثر آخر لخاصة الكثافة الموجودة فى الجسم الكثيف والتى هى ضد الشفيف والتى من جرائها يستضىء الجسم الكثيف فيشرق منه ضوء عرضى ويمتد على السموت المستقيمة فى المشف المتصل بالجسم الكثيف . فمن جراء هذه الكثافة يكون للكثيف لون . ويمتد هذا اللون فى زعمه على السموت التى تمتد عليها الأضواء العرضية المشرقة من الجسم . ومن ذلك يتضح الغرض من قوله « كل كثيف ذو لون » . فى حين أن اللون المدرك بالانعكاس يعرض على الجسم لا من جراء الكثافة بل من جراء صقيله الذى يجعله يعكس الضوء الواقع عليه الى جهة خاصة معينة . ويتضح من هذا أيضا المعنى الذى يقصده من ذهابه فى مقالته فى ضوء القمر الى أن لون القمر لا يحدث بالانعكاس . وتأكيده أن اللون المدرك من القمر هو لون جرمه .

وابن الهيثم يعزى الى الانعكاس الظاهرة التى يعبر عنها بلفظ « التقازيح » والتقازيح كما يقول الفارسى « لفظة مأخوذة من قوس قزح ومعناها الألوان المختلفة المتجاورة من الزرقة والخضرة والصفرة والحمرة » ويطلق ابن الهيثم هذا الاصطلاح لا على الظاهرة اللونية التى تحدث فى قوس قزح وحدها بل على ظواهر لونية كثيرة مثل التطويس الذى يتراءى للبصر فى أرياش الحيوانات ، ومثل الألوان التى تعرض على الثوب الذى اسمه « أبو قلمون » [1] . ويدلل على أن هذه الألوان الزاهية ليست الألوان الحقيقية لتلك الأجسام بأنها ليست ثابتة بل تختلف وتتغير تبعا لاختلاف

---

(١) فى المحيط : « أبوقلمون ثوب رومى يتلون ألواناً » . وفى المخصص : « القلمون مطارف كثيرة الألوان » . والواضح انه نوع من الثياب ذو ألوان مختلفة تتبدل وتتغير بحسب وضعها من العين وبحسب وضعها من مصدر الضوء المشرق عليها . وهو من قبيل ما يسمى فى الفرنسية « Changeant » .

أوضاع تلك الأجسام ، وان تلك الأجسام اذا كانت فى مواضع ضعيفة الضوء اختفت تلك التقازيح العارضة عليها وظهرت ألوان جرمها وهى ألوانها الحقيقية .

وابن الهيثم محق فى التمييز بين اللون و بين التقازيح وهو وإن كان يمثل بقوس قزح وبتطوس أرياش الطيور أو بعض الحيوانات وبأبى قلمون ، فالظاهرة فى قوس قزح كما يقول بحق كمال الدين الفارسى أشد ارتباطا بالانعطاف منها بالانعكاس . أما فى الأمثلة الأخرى فهى فى حقيقة الأمر ليست من قبيل الانعكاس الصرف بل تنشأ عن التداخل ، إما بمعناه العام كما فى التداخل فى الأغشية الرقيقة أو بالمعنى الخاص بالحيود كما يحدث مثلا فى المحزوز .

٢٤ — رأى ابن الهيثم فى ألوان الاجسام المضيئة بذواتها

أما اذا تساءلنا عن رأى ابن الهيثم فى ألوان الأجسام المضيئة بذواتها وهل هو رآها ذات ألوان ؟ وإن كانت كذلك فى زعمه فما علاقة ألوانها بأضوائها ؟ فاننا لا نجد له فى المناظر ولا فى مقالاته الأخرى الخاصة بالضوء التى اطلعنا عليها شرحا مسهبا مستوفى يتضح منه بالدقة رأيه فى ذلك . ولكنه فى صدد بيان رأيه فى أن ألوان الأجسام الكثيفة تصاحب الأضواء المشرقة منها يشير إشارة مقتضبة الى الأجسام المضيئة بذواتها ويقول « وكذلك الأجسام المضيئة من ذواتها توجد أضواؤها شبيهة بصورها التى تجرى مجرى الألوان » ويمثل بالشمس والنار فيقول « فان ضوء الشمس صورته التى تجرى مجرى اللون شبيهة بصورة الشمس . وكذلك ضوء النار شبيهة الصورة بصورة النار » [١] .

فان جاز لنا أن نستخلص من هذا القول المقتضب رأيه فى ألوان

---

(١) و (٥٨) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

الأجسام المضيئة بذواتها ، نجده يرى أن ما يقوم مقام اللون هنا إنما هو صورة الضوء نفسه . وإن جاز لنا أن نمضى فى الاستنباط الى ما بعد ذلك ، وحملنا لفظ الصورة على معناه فى الفلسفة ، وذهبنا الى أن الضوء يتقوم وجوده كما يتقوم وجود كل موجود محسوس من هيولى وصورة ، وأن صورة الضوء الذاتى هى التى تدرك لونا ، إذا جاز لنا كل هذا ، وجدنا قوله المقتضب المذكور ينطوى على معنى يصح قبوله إجمالا .

٢٥ — أخطاء ابن الهيثم فى رأيه فى امتزاج الألوان ورأيه فى علة التقازيح

ولا يسعنا ونحن فى صدد بيان آراء ابن الهيثم فى الألوان ، أن نغفل توضيح الخطأ فى مواضع أخرى من أقواله فى هذا الشأن ، وخصوصاً ما يتعلق منها بأمرين أحدهما امتزاج الألوان وثانيهما علة التقازيح .

أما الأمر الأول فقد أخطأ فيه على وجه ، وأصاب أو كاد أن يصيب على وجه آخر . فمن المعلوم أن الألوان المختلفة إذا امتزجت ، أو وقعت على البصر فى وقت واحد ، أو فى أوقات مختلفة بينها فترات من الزمن قصيرة لا تتجاوز فى العظم حداً معيناً ، فان البصر يدركها لونا يتكون من امتزاجها جميعا . وابن الهيثم قد أدرك هذا المعنى ، وأورده فى مثال الدوّامة [1] . قال بلفظه « فان الدوامة اذا كان فيها أصباغ مختلفة وكانت تلك الأصباغ خطوطا ممتدة من وسط سطحها الظاهر وما يلى عنقها إلى نهاية محيطها ، ثم أديرت الدوامة بحركة شديدة ، فانها تتحرك على الاستدارة حركة فى غاية السرعة ، وفى حال حركتها إذا تأملها الناظر فانه يدرك لونها لونا واحداً مخالفاً لجميع الألوان التى فيها ، كأنه لون مركب من جميع ألوان تلك

(١) الدوامة كما يقول الفارسى فى التنقيح هى فلكة يرميها الصبى على الأرض فتدوم أو تدور .

الخطوط »[١] ولكنه أسرف حين استخلص من أقوال مسهبة أوردها فى امتزاج الألوان[٢] حكما عاما نص عليه بقوله « ان الألوان التى يدركها البصر من المبصرات إنما يدركها ممتزجة بصور الأضواء التى هى فيها، وممتزجة بجميع الصور المشرقة عليها من ألوان الأجسام المقابلة لها. وإن كان الجسم المشف المتوسط بينها وبين البصر فيه بعض الغلظ فان لونه أيضا يمتزج بألوانها »[٣]. فهذا الحكم إذا أطلق إطلاقا على هذه الصفة لا يستقيم. لأن المبصر ذا اللون الأحمر مثلا، اذا استضاء بضوء ذى لون كاللون الأخضر مثلا، فان البصر لا يدرك منه لونا ممتزجا من حمرة لونه الذاتى وخضرة المشرق عليه، بل هو لا يدرك منه لونا قط، لأنه لا يشرق من المبصر الأحمر وهو على تلك الصفة ضوء ما. حقيقة ان ابن الهيثم علم أن فى الأمر شيئاً خفياً وأراد توضيحه. علم أن الألوان التى تشرق على جسم من الأجسام لاترد من هذا الجسم إلى البصر على ما كانت عليه فى الأصل، أو على حسب تعبيره بلفظه « ليس تظهر صور جميع الألوان على جميع الأجسام المقابلة لها ويظهر بعضها. وليس يظهر البعض إلا اذا كان اللون قوياً، وكان الضوء الذى فى اللون قوياً، وكان الضوء الذى فى الجسم الذى تظهر عليه صورة اللون ضعيفاً، وكان لون ذلك الجسم مسفراً »[٤]. ويتساءل عن السبب فى أن الأمر كذلك، على الرغم من أن الأضواء، وعلى زعمه الألوان أيضا، تمتد فى الهواء وتشرق على جميع الجهات المقابلة لها. ويمضى الى بيان رأيه فى الأمر. وتتضمن أقواله آراء له يجدر ذكرها هنا بايجاز:

منها أن السبب فى إسفار اللون، أو « قوة اللون » على حسب تعبيره،

---

(١) و (٤٣) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر.

(٢) و (١١٩) — و (١٢٥) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر.

(٣) و (١٢٥) » » » »

(٤) و (١١٩) » » » »

هو « قوة » الضوء الذى فيه ، أى الذى يصاحبه اللون معه عند امتداده ، وذلك وفقاً لمذهبه فى وجود الألوان وجودا مستقلا عن الأضواء ومصاحبتها للأضواء عند الامتداد . وعلى أساس هذه الفكرة يبين السبب فى « أن الألوان القوية اذا كانت فى مواضع مظلمة وكانت الأضواء التى عليها يسيرة جدا ، فان تلك الألوان تظهر مظلمة ولا تتميز للبصر . واذا كانت فى مواضع مضيئة وكانت الأضواء التى عليها قوية ظهرت الألوان وتميزت للبصر » [٢] . وبالمثل فيما يتعلق بالأجسام المشفة الملونة .

ثم هو يرى أيضا كما يقول بلفظه « فاذا نظر الناظر الى جسم من الأجسام الكثيفة التى قد أشرق عليها صورة لون من الألوان ، فانه إنما يدرك تلك الصورة من صورة ثانية ترد اليه من تلك الصورة . وتكون هذه الصورة الثانية أضعف من الصورة الأولى التى على ذلك الجسم ، والصورة الأولى أضعف من اللون نفسه . فالصورة الثانية التى ترد الى البصر من الصورة الأولى تكون أضعف من اللون نفسه بكثير » [٢] . ويريد ابن الهيثم من هذا القول انه اذا أشرق على جسم ما لون جسم آخر ، فان ما يلبس الأول من لون الثانى يكون أضعف من لون الثانى فى ذاته ، ثم ما يرد من الجسم الأول الى البصر يكون أضعف مما لبسه ، فهو أضعف بكثير من لون الجسم الآخر . ومن أجل ذلك يعزى السبب فى عدم ظهور جميع الألوان المشرقة على جميع الأجسام الى هذا الضعف من جهة ، والى امتزاج الألوان الواقعة على الجسم بلون الجسم ذاته من جهة ، وامتزاجها جميعا بالأضواء التى تشرق من سطح الجسم من جهة أخرى . ويرى فى هذا الامتزاج أن اللون القوى يستظهر على الضعيف ، كما أن الضوء القوى يستظهر أيضا على اللون فيخفيه عن الحس . وواضح من هذا الشرح أنه لم يتبين أهم عناصر الموضوع ، وهو

(١) و (١٢٠) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٢) و (١٢٠) — و (١٢١) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

أن الألوان الواردة من المبصر المستضىء بالضوء الأبيض ليست فى حقيقة الأمر المزيج الحاصل من الألوان المشرقة عليه ولونه الذاتى، وإنما هى المزيج الحاصل من لونه الذاتى ومن الموجود فى الألوان المشرقة عليه، من الألوان التى يتركب منها لونه الذاتى. وذلك كما هو معلوم من جراء امتصاص الجسم المبصر امتصاصا خاصا جميع أضواء الطيف التى ألوانها ليست من نوع لونه الذاتى، أو ليست من نوع الألوان التى يتركب منها لونه الذاتى.

وهـذه الحقيقة المتعلقة بحدوث ألوان المبصرات بالامتصاص ظلت كما أشرنا من قبل مجهولة غامضة قرونا بعد ابن الهيثم.

أما عن علة التقازيح أو كيفية حدوثها فابن الهيثم قد جارى عصره فى نظرية بقيت سائدة مدة طويلة من الزمان، اتبعها كثير من علماء أوروبا فى عصر النهضة وفيما بعد عصر النهضـة [1]، وطبقها هو فى تعليـل حدوث ألوان قوس قزح فى مقالته فى الأثرين، كما طبقها الفلاسـفة الذين تناولوا فى بحوثهم الطبيعية هذين الأثرين وحاولوا تعليل حدوثهما. والفكرة الأساسية فى النظرية أن التقازيح التى تتدرج من الحمرة الى البنفسجية تحدث عن امتزاج الضوء بالظلمة بنسب مختلفة. فاذا وقع الضوء المنبعث من المضىء بذاته كضوء الشمس مثلا على جسم فيـه كثافة وفيه شفيف، فالذى يظهر على الطبقة الأولى من الجسم يكون ضوءا صافيا، والذى ينفذ فيه لشفيفه يكون ممتزجا بالظل الموجود فى تضاعيف الجسم، وهو الظل الذى ينشأ من جراء مايوجد من الكثافة فى الجسم. فاذا زاد امتزاج الضوء بالظل تبعا لزيادة مسافة نفوذه اشتد إظلام لونه، فيتحول اللون بالتدريج من البياض الى الحمرة ثم بالتدريج الى البنفسجية والسواد، ماراً فى تدرجه بألوان الطيف المختلفة. والنظرية (ان كان يصح أن يطلق عليها هذا الاسم) تنطوى على فكرة أولية تربط حدوث الألوان بظاهرة الامتصاص، وأوردها ابن الهيثم فى بعض أقواله

(١) Mach فى كتابه The Principles of Physical Optics

فى المناظر أيضا ، قال « والتلون هو ظلمة ما ، أو كالظل اذا كان اللون رقيقا . فان كان المبصر ذا ألوان مختلفة فان أول ما يدرك البصر من صورته هو ظلمة ، أجزاؤها مختلفة الكيفية فى القوة والضعف وكالأظلال المختلفة فى القوة والضعف » [١] وابن الهيثم لا يطيل الكلام فيها . والنظرية فى الواقع غامضة وليست بذات قيمة علمية يوبه لها .

٢٦ — رأى ابن الهيثم فى أن انتقال الضوء لا يكون الا فى زمان

ومذهب ابن الهيثم فى أن للضوء وجودا فى ذاته وأن صورته يقبلها الجسم المشف قبول تأدية من مكان الى آخر ، يتضمن القول بأن انتقال الضوء فى الوسط المشف لا يكون آنيا ، أى دفعة واحدة وفى غير زمان ، بل يستغرق زمانا مقدورا ، فيكون للضوء سرعة محدودة .

وهذه الفكرة من أخطر المعلومات التى كشفها العلم الحديث عن الضوء ، ولم يشرع العلم الحديث فى قبولها قبل الربع الأخير من القرن السابع عشر عندما استدل « رومر » عليها من مشاهدة فلكية تتلخص فى أن الفترة الزمنية بين رؤية خسوفين متتاليين لأحد أقمار المشترى ليست ثابتة بل تتغير تغيراً دوريا تكاد تكون مدته عاما ، والفكرة لم تقرر كحقيقة علمية تؤيدها التجارب إلا حوالى منتصف القرن التاسع عشر .

أما قبل ذلك فقد كان السائد أن سرعة الضوء لانهاية لها ، وانه لا يستغرق فى انتقاله من مكان إلى آخر أياً كان البعد بينهما زماناً ما . وقد كان ذلك رأى « كپلر » و « ديكارت » ومن قبلهما « داميانوس » وقد أشرنا إلى ذلك فيما سبق .

ونحن لا نريد أن نكتفى بالقول بأن فكرة أن للضوء سرعة محدودة ، يؤدى اليها مذهب ابن الهيثم فى الضوء وتستقيم مع تفكيره فحسب ، بل نريد

---

(١) و (٤١) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

أن نقرر أيضا أن ابن الهيثم أدركها، ونص عليها نصاً صريحاً فى بعض بحوثه. فهو فى مقالته الثانية فى المناظر فى أثناء شرحه كيفية إدراك البصر للضوء يبين أن الآن الذى عنده يقع الإدراك ليس هو الآن الذى عنده يصل الضوء إلى سطح البصر. وفى أقواله فى هذا الأمر يشبه وصول الضوء من السطح الخارجي للبصر إلى داخل البصر، بوصول الضوء من المنافذ والثقوب التى يدخل منها إلى الأجسام المقابلة للمنافذ والثقوب، ويقول بصريح العبارة « إذا كان الثقب مستتراً ثم رفع الساتر (فوصول)[1] الضوء من الثقب إلى الجسم المقابل ليس يكون إلا فى زمان وإن كان خفياً عن الحس »[2].

وهو فى شرح هذا المعنى يقول « لأن وصول الضوء من الثقب إلى الجسم المقابل للثقب ليس يخلو من أحد أمرين. إما أن يكون الضوء يحصل فى الجزء من الهواء الذى يلى الثقب قبل أن يحصل فى الجزء الذى يليه، ثم فى الجزء الذى يليه، ثم فى الجزء الذى يلى ذلك الجزء من الهواء، إلى أن يصل إلى الجسم المقابل للثقب. وإما أن يكون الضوء يحصل فى جميع الهواء المتوسط بين الثقب وبين الجسم المقابل للثقب، وعلى الجسم نفسه المقابل للثقب دفعة واحدة. ويكون جميع الهواء يقبل الضوء دفعة لا جزءاً منه بعد جزء.

« فان كان الهواء يقبل الضوء جزءا بعد جزء فالضوء إنما يصل إلى الجسم المقابل للثقب بحركة. والحركة ليست تكون الا فى زمان. وإن كان الهواء يقبل الضوء دفعة واحدة، فان حصول الضوء فى الهواء بعد أن لم يكن فيه ضوء، ليس يكون أيضا الا فى زمان وإن خفى عن الحس » ولكنه يشرح هذا الأمر الأخير على أساس أن رفع الساتر عن الثقب يستغرق زمانا، وأن الساتر لا ينكشف عن شىء من الثقب له مساحة الا فى زمان، وانه ليس يصير الضوء من الهواء الذى فى خارج الثقب الى الهواء الذى فى داخل

---

(١) فى الأصل « ووصل ».

(٢) و (٤٥) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر.

الثقب الا فى زمان . وواضح أن هذا لا يتفق والغرض المقصود من الأمر [١] . وإن دل على شىء فانما يدل على أن ابن الهيثم يرى أن مجرد الحصول بعد العدم يتطلب الزمان . ولا يفيد هذا فيما هو بصدده من أن انتقال الضوء من مكان الى مكان يحتاج الى الزمان . فضلا عن أنه رأىٌ خالفه فلاسفة عصره الذين ذهبوا الى أن الوجود بعد العدم كالعدم بعد الوجود ، من الأمور الآنية التى تحدث دفعة واحدة ، وليست تحدث فى زمان يحده آنان مختلفان . ولكن هذا كله لا ينفى انه قد أدرك حقا أن للضوء سرعة محدودة .

ومما يدل على هذا أقواله الكثيرة المتفرقة فى مواضع مختلفة من كتابه المناظر . فلابن الهيثم نظرية فى انعكاس الضوء سيأتى بيانها فيما يلى يشبه فيها حركة الضوء عند سقوطه على السطح العاكس وبعد انعكاسه عنه ، بحركة كرة صغيرة تقع على سطح جسم فترتد عنه . فلا شك انه كان يرى أن للضوء سرعة محدودة وأنه يستغرق زمانا معينا فى الانتقال من مكان الى مكان .

وله أيضا نظرية فى الانعطاف يقرر فيها كما سنبين بعد أن للضوء حركة وإن كانت حركة سريعة تخفى عن الحس لسرعتها . وان حركته تختلف بحسب شفيف الجسم المشف الذى ينفذ فيه الضوء . وان حركته فى المشف الألطف أعظم منها فى المشف الأغلظ .

فان قررنا هنا أن ابن الهيثم رأى أن للضوء سرعة محدودة وأن انتقاله ليس يكون إلا فى زمان فقولنا هذا لاينبنى على إشارة وجدناها فى تضاعيف أقواله ، أو على رأى عرضى ذكره وأجازه . بل لأنه رأىٌ قد ثبت عليه وبنى على أساسه بعض نظرياته .

---

(١) علق الفارسى على هذا فى التنقيح ودفع من عنده على ما يمكن أن يُعترض به على الرأى القائل بأن انتقال الضوء يتطلب الزمان . ولعل الفارسى كان يقصد دفع الآراء التى حاول بها «داميانوس» اثبات أن الضوء ينتقل فى غير زمان والتى ذكر «ماك» فى كتابه أمثلة منها .

٢٧ — نظرية ابن الهيثم فى انعكاس الضوء

لم يقنع ابن الهيثم فى بحوثه عن انعكاس الضوء ببيان الكيفية التى ينعكس بها الضوء بل ضمن تلك البحوث نظرية له فى بيان العلة فى أن الضوء ينعكس وفقاً لقانون الانعكاس بشطريه المعروفين فى الوقت الحاضر . وهو فى وضع نظريته فى ذلك قد سبق « نيوتن » إلى الاتجاه فى تعليل انعكاس الضوء نحو الوجهة الميكانيكية ، فاتخذ من ارتداد الجسم المتحرك إذا صدم جسما صلباً يمنعه من الاستمرار فى حركته على السمت نفسه ، اتخذ من ذلك مثالا يحتذى على منواله فى شرح انعكاس الضوء . والذى يدعو إلى الاعجاب والتقدير أنه لم يسبق « نيوتن » فى ذلك فحسب بل بنى أقواله فى شرح المثال الميكانيكى على معانى يجمع المؤرخون أنها من مكشوفات عصر النهضة وماتلاه . وينسب إلى « نيوتن » بصفة خاصة الفضل الأكبر فى تحريرها وصوغها فى القالب المألوف لدينا فى الوقت الحاضر .

ونحن فى عرض نظرية ابن الهيثم هنا نقسمها قسمين نتناول فى القسم الأول بيان الناحية الميكانيكية البحتة من أقواله ويتكون منه بحث فى موضوع من موضوعات تصادم الأجسام عالج فيه ابن الهيثم ارتداد كرة صغيرة عند اصطدامها بجسم صلب . وهو فى نظرنا بحث على جانب من الخطورة ، حقيق بالتفصيل والشرح . ونتناول فى القسم الثانى مذهبه فى قياس انعكاس الضوء على ارتداد الكرة فى المثال الميكانيكى المذكور ، ومناقشة آرائه وبيان موقفه فى هذا الأمر .

٢٨ — الناحية الميكانيكية من نظرية ابن الهيثم فى انعكاس الضوء

وابن الهيثم يمهد إلى نظريته باعتبارات منها اثنان أساسيان يعتبر فى أولهما بما يسميه « الحركة الطبيعية » للجسم أى حركته إذا ترك وشأنه تحت تأثير جاذبية الأرض . ويعتبر فى الآخر بما يسميه « الحركة العرضية » أى

التى تعرض على الجسم بفعل فاعل . والاعتبار [١] الأول يتلخص فى أن يسقط المعتبر كرة صغيرة ملساء من الحديد أو النحاس أو ما يجرى مجراهما من موضع مرتفع على مرآة مستوية أفقية من الحديد . ثم يتأمل الكرة عند لقائها المرآة وبعده . وابن الهيثم فى وصف هذا الاعتبار يرى ألا يكون وزن الكرة أكثر من مثقال ، وألا يقل الارتفاع عن عشرين ذراعا ، ويبين أن الكرة بعد لقاء المرآة ترجع إلى جهة العلو ثم تهبط الى جهة السفل ، وانها إن ألقيت من مسافة أكبر « كان انعكاسها عن المرآة أقوى والى مسافة أبعد ، وإن ألقيت من مسافة أقرب كان رجوعها أقل » [٢] .

وهذه التجربة بالرغم من بساطتها نجدها من التجارب التى لا يزال فى الوقت الحاضر يمهد بها الى دراسة تصادم الأجسام فى كثير من الكتب حتى الحديثة منها .

والاعتبار الثانى [٣] يتلخص فى أن تجعل المرآة المذكورة فى الاعتبار الأول ، فى جدار قائم على سطح الأرض بحيث يكون سطحها رأسياً . ثم تقذف الكرة نحو المرآة بقوة . ويقترح ابن الهيثم أن تجعل الكرة « فى رأس سهم قوس من التى تقذف الحصى » وتقذف بقوة بحيث تكون حركتها أولا على استقامة العمود القائم على سطح المرآة ، وثانياً على استقامة خط مائل على سطح المرآة ومواز للأفق ، ويتأمل المعتبر الكرة فى الحالتين . وابن الهيثم فى بيان ما يشاهد فى الحالة الأولى يقول بلفظه « فانه (أى المعتبر) يجدها ترجع على العمود نفسه القائم على سطح المرآة ، ويكون ذلك يدرك

(١) و (٧٠) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) يضيف ابن الهيثم الى هذا قوله بلفظه « وإن اعتبر المعتبر هذا المعنى بكرة قدرها أكبر من مثقال فينبغى أن يكون اعتبارها من مسافة أبعد من المسافة التى يعتبر بها الكرة الصغيرة . لأن الحركة المكتسبة انما تكون بحسب مقدار المسافة (و) بحسب مقدار الثقل . وليس هذا موضع تحرير الكلام فى هذا المعنى » ولا يخفى ما فى هذا القول من التناقض .

(٣) و (٧١) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(كذا) بأن يدرك الكرة عند رجوعها موازية للأفق، ثم لا تلبث الكرة بعد هذا الرجوع حتى تهبط إلى أسفل »[١] ويقول فى بيان ما يشاهد فى الحالة الثانية « فانه يجدها ترجع فى الجهة المقابلة للجهة التى فيها الرامى، ويجدها فى أول رجوعها متحركة على خط موازٍ للأفق، ومائل على سطح المرآة ميلا شبيهاً بميل السهم عند تفويقه إلى المرآة بالقياس إلى الحس، ثم لا تلبث الكرة حتى تهبط إلى جهة السفل، للقوة الطبيعية المحركة لها إلى أسفل. وكلما كانت حركة القاذف أقوى فانه يوجد رجوع هذه الكرة أقوى وإن اعتبر هذا المعنى بجسم غير المرآة ويكون فيه بعض اللين كالخشب أو ما يجرى مجراه وجد رجوع الكرة بقوة دون القوة الأولى »[٢].

والذى تجدر العناية به ليس التجربتين اللتين ذكرهما ابن الهيثم فى ذاتيهما فحسب، بل أيضا المعانى التى ضمنها شرحه كيفية ارتداد الكرة عند اصطدامها بسطح الجسم الصلب المانع لها من الحركة، والطريقة التى نهج عليها للوصول الى النتائج التى أرادها. غير أن ابن الهيثم فى إيراد كثير من هذه المعانى قد استعان باصطلاحات لم يعن على خلاف ما عودنا فى كثير من بحوثه، بتعريفها أو تحديد معانيها بالدقة الكافية، ولربما لم تكن قد تألفت بعد لتلك المعانى صور واضحة معينة فى ذهنه، يسهل تأديتها بتعاريف دقيقة. ولكنا نستطيع أن نستخلص من أقواله، ومن المناسبات التى وردت فيها تلك الاصطلاحات، شيئا من معانيها بل شيئا من المعانى التى كانت تدور بذهنه وتشغل فكره.

فهو يستعمل الاصطلاح « قوة حركة » الجسم المتحرك. ويقول عن الجسم الهابط الى أسفل « اذا كانت مسافته أطول كانت حركته أقوى وأسرع » وعن الحركة التى يكتسبها انها « إنما تكون بحسب مقدار المسافة

(١) و (٧١) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر.

(٢) و (٧٢) « « « «

وبحسب مقدار الثقل » ويقول عن الكرة المقذوفة فى الاتجاه الأفقى فى الاعتبار الثانى « انه كلما كانت قوة القذف أقوى كان رجوع الكرة أقوى » فالذى يتضح من مثل هذه الأقوال أن ما يريده من « قوة الحركة » معنى من قبيل الكم ، لأنه فى نظره قابل للزيادة والنقص . وهذا المعنى بالنسبة الى معلوماتنا فى الوقت الحاضر إما أن يكون من قبيل معنى « كمية التحرك » أو من قبيل معنى « طاقة الحركة » لأنه ينص صراحة على أن « قوة الحركة » فى الجسم الهابط هى بحسب مسافة الهبوط وبحسب ثقل الجسم . وانها فى المتحرك فى الاتجاه الأفقى بحسب قوة قذفه .

ومن المعلوم أن التمييز بين معنى كمية التحرك ومعنى طاقة الحركة لم يكن فى مبدىء الأمر سهلا ميسورا . وانه قد أتى حين من تاريخ علم الميكانيكا الحديث التبس فيه المعنيان ، وقام فيه من جراء ذلك خلاف ظلّ نصف قرن أو أكثر بين مذهب «ديكارت» (١٥٩٦—١٦٥٠) الفيلسوف الرياضى الفرنسى وبين مذهب « ليبنتز » (١٦٤٦ — ١٧١٦) الفيلسوف الرياضى الألمانى [١] .

ومن الاصطلاحات التى استعملها بمعنى خاص « الممانعة » وقد ورد هذا الاصطلاح فى صدد شرحه لكيفية ارتداد الجسم المتحرك إذا لقى فى أثناء حركته جسما ساكنا يمنعه عن الاستمرار فى الحركة . وهو يعبر بهذا اللفظ على الوجه العام عن الخاصة الموجودة فى الجسم المانع التى من جرائها يرتد الجسم المتحرك عنه إذا ما لقيه . وهذه الخاصة فى نظره مرتبطة ارتباطا وثيقا بخاصة أخرى فى الجسم المانع ، أو هى بالأحرى تنشأ عن خاصة أخرى فى الجسم المانع هى امتناعه عن الانفعال . وتتضح هذه المعانى من أقواله التى مهّد بها إلى بحثه الميكانيكى الذى نحن بصدده حيث يقول بلفظه :

« إن الأجسام الثقال إذا سقطت الى أسفل من موضع عال ثم لقيت عند

---

(١) يوجد عرض مبسط لهذا الموقف فى كتابنا « علم الطبيعة : نشوءه ورقيه وتقدمه الحديث » .

مسقطها جسما صلبا كالصخر أو الحديد أو ما جرى مجرى ذلك ، انعكست فى الحال راجعة ويكون رجوعها بحركة قوية . وإذا لقيت عند مسقطها جسما رخوا كالرمل أو التراب أو ما شاكل ذلك انتشبت فيه ولم ترجع . وإن صادفت جسما فيه بعض الصلابة وبعض اللين كالجص أو الخشب أو ماجرى مجرى ذلك فى اللين ، رجعت رجوعا ضعيفا . وكذلك إن رمى رام بحجر الى جهة من الجهات فلقى ذلك الحجر جسما من الأجسام الصلبة قبل أن تفنى الحركة التى فيه ، فانه ينعكس راجعا ، وإذا كانت حركته قوية يرجع بقوة قوية . وإن لقى جسما رخوا كالصوف أو القطن أو التراب أو شيئا من الأجسام السريعة الانفعال انتشب فيه أو سقط الى السفل ، ولم يرجع الى الجهة التى تحرك منها . وإن لقى جسما فيه بعض الصلابة وبعض اللين رجع رجوعا ضعيفا ، بحسب ما فى ذلك الجسم من الصلابة ثم انحط الى السفل »[١] .

ثم يصف ابن الهيثم بعد كلام له الاعتبارين اللذين ذكرناهما آنفا ويقول فى شرح رجوع المتحرك عند لقائه المانع الذى يمنعه عن الاستمرار فى حركته الأولى «(فأما)[٢] لِمَ يرجع المتحرك عند الممانعة ؟ فلأنه يكتسب من الممانعة حركة فى جهة الرجوع . والذى يدل على أن حركة الرجوع إنما تحدث من الممانعة ، هو أن هذه الحركة تكون بحسب الممانعة ، وكلما كانت الممانعة أقوى كان الرجوع أقوى . وقوة الممانعة تكون بحسب قوة الحركة الأولى وبحسب امتناع الجسم المانع من الانفعال »[٣] .

فابن الهيثم يريد « بالممانعة » معنى كميا يزيد فى بعض الأجسام كالحديد أو الصخر عنه فى أجسام أخرى كالجص أو الخشب ، ويكاد يعدم فى بعض

---

(١) و (٦٨) ، و (٦٩) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) فى الأصل « فاذا » .

(٣) و (٧٢) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

الأجسام كالصوف أو التراب . ويرى أن زيادته فى بعض الأجسام توجب رجوع الجسم المتحرك عنها بحركة قوية ، ونقصانه فى بعض الأجسام يوجب رجوعها بحركة ضعيفة . وهـذا المعنى يتفق إلى حد كبير والفكرة الأساسية فى التجارب التى أدت بنيوتن الى فكرة معامل الارتداد التى أدخلها فى بحوثه عن تصادم الأجسام . ويتضح هـذا الأمر بجلاء من أقوال ابن الهيثم التى شرح بها النتائج المستقرأة من الاعتبارين اللذين ذكرناهما حيث يقول بلفظه « فيتبين من هـذا الاعتبار أن المتحرك على استقامة اذا لقى مانعا يمنعه من الحركة ، فانه يتحرك راجعاً وتكون قوة رجوعه بحسب قوة الحركة التى تحرك بها فى الأول وبحسب قوة المانع وامتناعه من الانفعال ، ويكون وضع المسافة التى يتحرك عليها فى الرجوع بحسب وضع المسـافة التى يتحرك عليها فى الأول » (١) .

فقوة المانع أو امتناعه من الانفعال بحسب مدلول هذه العبـارة تقدر فى نظر ابن الهيثم بنسبة قوة حركة الرجوع الى قوة الحركة فى الأول . وهذا المعنى شبيه بالمعنى المتضمن فعلا فى تعريف معامل الارتداد . وكأن ابن الهيثم يعبر عن المعنى المقصود بمعامل الارتداد بقوله « قوة الممانعة » .

وهو يجرد من معنى الممانعة الموجودة فعلا فى الأجسـام الطبيعية معنى تعليميا هو الذى يريده فى أمر انعكاس الضوء . ويعبر عنـه « بالممانعة فى الغاية » ، فهو يعقب على أقواله التى ذكرناها آنفا بقوله « فالضوء اذا لقى جسما صقيلا فهو ينعكس عنه من أجل انه متحرك ومن أجل أن الجسم الصقيل يمانعه ، ويكون رجوعه فى غاية القوة لأن حركته فى غاية القوة ولأن الجسم الصقيل يمانعه ممانعة فى الغاية » .

وبما أن قوة الممانعة تكون كما قد تبين بحسب قوة رجوع المتحرك لا على وجه الاطلاق وإنما بالاضافة الى قوة حركته قبل التصـادم ، فكلما زادت

(١) و (٧٢) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

حركة الرجوع بالنسبة إلى الحركة الأولى قبل التصادم كانت الممانعة أكبر . فالممانعة فى الغاية تكون عند ما تكون حركة الرجوع مثل الحركة الأولى قبل التصادم . وهو فى أقواله يقرن الممانعة فى الغاية بحركة الرجوع فى الغاية . ولما كانت حركة الرجوع فى الأجسام الطبيعية أضعف دائما من الحركة الأولى ، فليس من المعقول البتة أنه يقصد بقوله حركة الرجوع فى الغاية حركة يكون مقدارها أكبر من الحركة الأولى . فغاية حركة الرجوع أن تكون مثل الحركة الأولى .

وان كان هذا هو المعنى الذى يقصده بالممانعة فى الغاية فيما يتعلق بانعكاس الضوء ، فانه عبر أيضا بالممانعة فى الغاية عن الممانعة عند ما تكون حركة المتحرك على استقامة العمود على سطح المانع ، حيث تؤثر الممانعة فى الحركة كلها ، تمييزا لها عن الممانعة عند ما تكون حركة المتحرك فى اتجاه يميل على اتجاه العمود حيث يكون تأثيرها فى مركبة الحركة فى اتجاه العمود لا فى الحركة كلها .

وهذا المعنى من أهم المعانى التى يقرنها ابن الهيثم بالممانعة ، ويعده أمرا مدلولا عليه بالاعتبار . ويورده فى أقواله عند ارتداد المتحرك اذا لقى المانع وكانت حركته فى اتجاه يميل على اتجاه العمود ، ويقول بلفظه « فأمّا لِمَ (يكون)[1] وضع المسافة التى يتحرك عليها فى الرجوع بحسب وضع المسافة التى يتحرك عليها أولا ؟ فان ذلك لأن المتحرك اذا تحرك على العمود القائم على السطح المانع ، كانت الممانعة والحركة متقابلتين ، وكانت الممانعة فى الغاية ، لأن المتحرك لو نفذ بحركته الأولى لنفذ على استقامة العمود الممتد فى نفس الجسم المانع . فالحركة التى تحدث من هذه الممانعة إنما تحدث على استقامة العمود ، لأن الحركة الأولى على العمود ولأن الممانعة على العمود ، وليس هناك حركة على غير العمود ولا ممانعة على غير العمود . ولذلك يرجع

(١) فى الأصل « يكن » .

المتحرك الذى بهذه الصفة على العمود نفسه »[١] فرجوع المتحرك على العمود عند ما تكون حركته الأولى على العمود دليل عنده على أن الممانعة على العمود .

ومن الاصطلاحات التى استعملها « الاعتماد » . وأول ورود هذا الاصطلاح فى أقواله عند بيان أن حركة المتحرك عند لقائه سطح المانع يمكن حسبانها مركبة من مركبتين إحداهما عمودية على سطح المانع والأخرى موازية للسطح . وهو يعبر عن معنى المركبة بلفظ « القسط » ويقول بلفظه « واعتماد المتحرك على الجسم المانع إنما يكون مركباً من الحركة إلى الجهة التى يمتد منها العمود القائم على سطح الجسم المانع النافذ فى نفس الجسم المانع ، ومن الحركة الى الجهة التى يمتد اليها العمود القائم على هذا العمود الممتد فى السطح الذى فيه الحركة »[٢] . فلا شك أنه يدرك أن الحركة مقدار موجّه ، قابل للتحليل والتركيب بالمعنى المفهوم فى الوقت الحاضر . وأقواله التى تلى ما رويناه صريحة إلى أقصى حدود الصراحة فى أداء هذا المعنى . ففيها يحلل ابن الهيثم حركة المتحرك الى مركبتين ، إحداهما فى اتجاه العمود على سطح المانع ، والأخرى بحسب تعبيره الدقيق فى اتجاه العمود القائم على العمود المذكور الممتد فى السطح الذى فيه الحركة . أما المركبة الأولى فهى من جراء الممانعة تبطل ، ويُستبدل بها حركة على العمود نفسه ولكن فى الاتجاه المضاد . أما المركبة الثانية فلا ممانعة تؤثر فيها ، فلا هى تبطل ولا تزيد ولا تنقص ولا يطرأ عليها تغير قط ، وإنما تبقى على حالها الأول . وإذن تكون حركة المتحرك بعد التصادم مركبة من مركبتين إحداهما فى اتجاه العمود على سطح المانع إلى الخارج ، والأخرى المركبة الثانية من حركة المتحرك قبل التصادم الباقية على حالها الأول . وإذن تكون حركة المتحرك بعد التصادم على خط يقع بين العمود على السطح ، وبين العمود القائم على

(١) و (٧٢) — و (٧٣) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) و (٧٣) « « « « «

هذا العمود الممتد فى المستوى الذى فيه الحركة . وإذا كانت الممانعة فى الغاية كانت مركبة الحركة المكتسبة من الممانعة فى اتجاه العمود على السطح إلى الخارج مثل مركبة حركة المتحرك قبل التصادم فى اتجاه هذا العمود . وبما أن المركبة الثانية تبقى على حالها إذن تكون حركة المتحرك بعد التصادم مثل حركته الأولى قبل التصادم ويكون اتجاهها يميل على العمود على سطح المانع بزاوية مثل زاوية ميل حركته الأولى قبل التصادم على هذا العمود . وليس أجدر ببيان هذه الأمور من أن نورد أقواله فى هذا الصدد بلفظه . قال « وإذا كان الاعتماد مركبا من هاتين الحركتين كانت الحركة التى تحدث من هذه الممانعة مركبة من الحركة على العمود القائم على سطح الجسم المانع فى الجهة الخارجة من الجسم المانع ، ومن الحركة نفسها التى كانت فى جهة العمود القائم على هذا العمود الممتد فى الجهة التى اليها الحركة . وذلك لأن الاعتماد إذا كان مركبا من الحركتين المذكورتين كان القسط من هذا الاعتماد ، الذى هو من الحركة على العمود النافذ فى الجسم المانع ، يبطل من أجل أن الجسم المانع هو من هذه الجهة ومانع للمتحرك من هذه الجهة . ويتولد من هذا القسط من الاعتماد ومن ممانعة الجسم المانع ، لهذا القسط من الاعتماد ، حركة على العمود نفسه الذى عليه كان (هذا القسط) [1] من الاعتماد ، وفى الجهة من هذا العمود المقابلة لجهة الاعتماد . ويكون القسط الثانى من الاعتماد الذى هو من الحركة على العمود القائم على هذا العمود باقياً على حاله لم يبطل ولم يتولد منه حركة مضادة ، لأن جهة هذا العمود ليس فيها مانع . وإذا كان هذا القسط باقياً ، ويتولد من القسط الأول حركة على العمود القائم على سطح الجسم المانع فى الجهة الخارجة من الجسم المانع ، كانت الحركة الحادثة مركبة من الحركة على العمود القائم على سطح الجسم المانع ،

---

(١) وردت العبارة التى بين القوسين « هذا العمود لقسط » .

ومن الحركة على العمود القائم على هذا العمود الممتد فى الجهة التى اليها الحركة . وإذا كان ذلك كذلك كان الخط الذى عليه حركة الانعكاس ، فيما بين العمود القائم على سطح الجسم المانع وبين العمود القائم عليه ، اللذين من الحركتين عليهما تولدت حركة الانعكاس ، ويكون بُعد هذا الخط المائل من العمود الثانى كبعد الخط الذى عليه كانت تكون الحركة من هذا العمود ، لو نفذ المتحرك على استقامة ، لأن قسط هذا العمود من الحركة لم يبطل ولم ينقص ولم يزد ، ويكون هذا الخط فى السطح الذى فيه العمود ، لأن الحركتين اللتين منهما تولدت هذه الحركة هما فى هذا السطح . والحركة الأولى أيضا هى فى هذا السطح . وهذا السطح قائم على السطح المستوى المماس للسطح الصقيل على نقطة الالتقاء ، لأن السطح المستوى المماس هو الذى يمتد فيه العمود الثانى . واذا كان بعد هذا الخط عن العمود الثانى كبعد الخط المتصل بالخط الذى عليه كانت الحركة الأولى عن العمود الثانى ، كان ميل هذا الخط عن العمود الأول القائم على سطح الجسم المانع ، مساويا لميل الخط الذى عليه كانت الحركة الأولى عن هذا العمود »[1] .

وهذه الأقوال لا تتضمن فكرة تحليل السرعة الى مركبتين فحسب ، بل تتضمن أيضا فكرة تحصيل السرعة من مركبتيها . ومنها يتبين أن المقصود بالاعتماد أمر مرتبط بمعنى الحركة ، وله قسطان يقابلان مركبتى السرعة ، ولكنه مع ذلك ليس من قبيل الحركة بمعناها « الكينماتيكى » البحت ، أى هو لا يؤدى المعنى المقصور على معنى السرعة فقط ، وانما يتناول أيضا الناحية الديناميكية التى يُعنى فيها بالعلاقة بين حركة الجسم وبين القوة المؤثرة ، سواء كانت القوة هى العلة التى معلولها حركة الجسم ، أو كانت هى المعلول الذى علته حركة الجسم . وإن لم يبين ابن الهيثم المعنى الذى أراده بالضبط من لفظ الاعتماد ، فاللفظ فى اصطلاح المتكلمين الاسلاميين يؤدى معنى

---

(١) و (٧٣) — و (٧٥) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

خاصا عبر عنه الفلاسفة الاسلاميون بلفظ الميل . ولعل أقرب ما يؤدى المعنى المقصود من الميل أو الاعتماد هو التعريف الذى أورده الغزالى قال « الاعتماد والميل هو كيفية بها يكون الجسم مدافعا لما يمنعه عن الحركة الى جهته » [١] . والميل عند الفلاسفة هو السبب القريب للحركة ، الذى من جراء اختلافه فى الشدة والضعف يكون اختلاف الحركة نفسها فى الشدة والضعف ، وكانوا يعدونه أمرا مخالفاً للحركة نفسها ، ومظهره للحس مدافعة الجسم المتحرك لما يمنعه عن الحركة فى الجهة التى يتحرك فيها . ومعناه عند الفلاسفة أقرب الى أن يكون معنى كمياً ، منه الى أن يكون معنى كيفياً ، لا كما يستفاد من تعريف الغزالى إذا تقيدنا بألفاظه . والحركة عند الاسلاميين كانت تقسم قسمين ، أحدهما الحركة الطبيعية وهى حركة الجسم إذا ما ترك وشأنه عند سطح الأرض يتحرك بتأثير ثقله أو خفته كما كانوا يقولون ، والآخر الحركة القسرية وهى حركة الجسم المرمى قسرا عند مفارقته المحرك الذى يحركه . ولذلك قسموا الميل تبعا لذلك قسمين الميل الطبيعى والميل القسرى .

وقد أوضح الفلاسفة الاسلاميون هذا الأمر وأسهبوا فى بيانه [٢] . ومن أقوال ابن سينا فى الميل قوله «الميل هو ما يحس بالحس إذا ما حوول أن يسكّن الطبيعى بالقسر ، أو القسرى بالقسر »[٣]. والمتحرك بالقسر يستمد فى نظرهم من المحرك ميلا قسريا ، يكون هو السبب فى استبقاء الحركة القسرية فيه . وابن الهيثم لم يوضح هذا الأمر فى أقواله ، ولكننا لا نجد مجالا للشك فى أنه قصد بلفظ الاعتماد هذا المعنى الذى بيناه أو على الأقل معنى قريبا منه . فقوله يفيد صراحة أن اعتماد الجسم المتحرك على الجسم

---

(١) كتاب معيار العلم للغزالى .

(٢) نكتفى بالاشارة الى كتابى شرح الاشارات للطوسى والرازى .

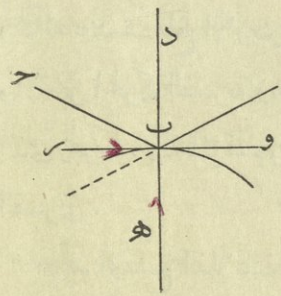
(٣) المقالة الرابعة من السماع الطبيعى من كتاب الشفاء .

المانع هو من جراء حركة المتحرك أو على حسب تعبيره من حركته . والحركة عنده (أو بالأحرى قوة الحركة كما يقول) ليست مجرد سرعة بل هى مقدار يكون بحسب السرعة وبحسب الثقل كما يقول . فالاعتماد فى نظره مقدار كمى يتركب من سرعة الجسم المتحرك ومن ثقله (إذا تقيدنا بلفظه) ، به يكون الجسم مدافعا لما يمنعه عن الحركة فى الجهة التى يتحرك اليها .

* * *

تلك هى أهم المعانى الميكانيكية التى نستخلصها من أقوال ابن الهيثم فى هذا الصدد .

ويجدر بنا أن نجمل فيما يلى بايجاز شرحه لكيفية ارتداد الكرة المتحركة عند لقائها جسما ساكنا يمنعها عن الاستمرار فى حركتها الأولى .



(شكل ٢)

لنفرض أن كرة صلبة صغيرة تتحرك فى استقامة ا ب (شكل ٢) وتلقى الجسم المانع أيا كان شكل سطحه عند ب ولنخرج من ب العمود ب د على سطح المانع ونمده من جهة ب الى ه ثم لنخرج فى مستوى ا ب د ، ومن نقطة ب المستقيم ب و ، عموداً على ب د ونمده من جهة ب الى ر .

فحركة الكرة عند لقاء المانع عند ب تكون مركبة من مركبتين إحداهما فى اتجاه ب ه ، والأخرى فى اتجاه ب ر . والمركبة فى اتجاه ب ه تستبدل بها من جراء الممانعة والمدافعة حركة فى اتجاه ب د فان كانت الممانعة فى الغاية كانت الحركة المكتسبة فى اتجاه ب د مثل الحركة الأولى فى اتجاه ب ه . أما المركبة فى اتجاه ب ر فتبقى على حالها . وإذن تصير الحركة الحادثة مركبة من مركبتين إحداهما فى اتجاه ب د ، وتساوى المركبة الأولى فى اتجاه ب ه والأخرى المركبة الثانية فى اتجاه ب ر ، ولذلك ترتد الكرة بعد التصادم

على استقامة ب حـ بحيث تكون زاوية حـ ب د مساوية زاوية ا ب د .

٢٩ – الناحية الضوئية من نظرية ابن الهيثم فى انعكاس الضوء

وابن الهيثم كما قلنا من قبل يقيس على هذا المثال الميكانيكى انعكاس الضوء . ولكنه يقدم فى مقدمة الفصل الثالث من المقالة الرابعة [١] بيان رأيه فى أن علة الانعكاس خاصة فى السطح العاكس يسميها « الصقال » ويعرف « الصقال » بأنه شدة ملاسة سطح الجسم . ويعرف ملاسة سطح الجسم بأنه اتصال أجزاء السطح بعضها ببعض وتضامها وضيق المسام التى تكون فى الجسم . وهو فى موضع آخر من هذا الفصل يبين أن خاصة الصقال بالمعنى الكامل لا توجد فى سطوح الأجسام ، لأنها لا تخلو من مسام وفيها تفرق . ولكن إن كانت مسامها وتفرقها ضيقاً عدت من الصقيلة ، وإن لم تكن عدت من الخشنة . وهو يوازن بين فعل السطوح الخشنة وفعل السطوح الصقيلة فيقول عن الأجسام الخشنة « فاذا لقيت الأضواء هذه الأجسام نفذت فى مسامها الى حيث تنتهى المسام وتفرقت فيما بين أجزائها المتفرقة . فتشتت الأضواء عند لقاء (الأجسام) الخشنة وتفرق أجزاؤها »[٢] . ثم يقول « من الأجسام الخشنة ما تكون فيه أجزاء صغار صقيلة إلا أن الأجزاء الصغار الصقيلة التى تكون فى الأجسام الخشنة ليست تكون إلا متفرقة ومختلفة الأوضاع . فاذا لقى الضوء جسما بهذه الصفة فان أجزاء ذلك الضوء التى تلقى مسام ذلك الجسم تنفذ فى مسامه ، وأجزاء ذلك الضوء التى تلقى الأجزاء الصغار الصقيلة تنعكس عن تلك الأجزاء . (لكنها)[٣] تكون من بعد الانعكاس متفرقة متشتتة ، لتفرق تلك

(١) و (١٤) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) و (٦٧) من مخطوط المقالة الرابعة والعبارة الأخيرة وردت فى الأصل « فتشتت الأضواء عند لقاء الأضواء (كذا) الخشنة وتفرق أجزاؤها » .

(٣) فى الأصل « التى » .

الأجزاء ولاختلاف أوضاعها . وإذا كان الضوء المنعكس متفرقا متشتتا لم يظهر . وكذلك ما يدخل المسام من أجزاء الضوء إن صادف هناك صقالا وانعكس بعد دخوله ، لم يخرج الضوء المنعكس من المسام وإن خرج كان متفرقا متشتتا . فالأجسام الخشنة التى بهذه الصفة قد ينعكس عنها ضوء ما ، إلا انه لا يظهر . وليس يظهر الضوء المنعكس عن جسم من الأجسام الا إذا كانت الأجزاء الصقيلة التى فى ذلك الجسم أكثر من الأجزاء الخشنة ، وكانت الأجزاء الصقيلة مع ذلك متشابهة الوضع أو قريبة من التشابه ، وكان التفرق الذى بينها ضيقا . وإذا كان الجسم بهذه الصفة فهو من الأجسام الصقيلة » (١) .

وفى هذا دليل على أن ابن الهيثم يرمى من التمييز بين الأضواء العرضية والأضواء المنعكسة ، لا الى التمييز بين الضوئين ، وإنما الى التمييز بين الأجسام الخشنة والأجسام الصقيلة ، فالضوء من حيث هو ضوء واحد فى الحالتين .

أما كيفية حدوث الانعكاس عن سطح الصقيل فهى فى نظر ابن الهيثم مثل كيفية ارتداد الكرة فى المثال الميكانيكى السابق إذا كانت الممانعة فى الغاية . فكما أن الكرة فى هذا المثال ترتد عن سطح الجسم الصلب المانع لها من الحركة بحيث يكون خط حركتها أولا وخط حركتها ثانيا والعمود المقام من نقطة اللقاء جميعها فى مستوى واحد ، وبحيث تكون الزاوية التى يحيط بها الخط الثانى والعمود مثل الزاوية التى يحيط بها الخط الأول والعمود ، فكذلك يكون انعكاس الضوء إذا لقى جسما صقيلا . وفعل السطح الصقيل فى الضوء كفعل هذا الجسم الذى ممانعته فى الغاية فى الكرة .

وإن كانت كيفية الانعكاس واحدة فثمة فرق يذكره ابن الهيثم بين

---

(١) و (٦٨) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

حركة الضوء وحركة الكرة . فالضوء يتحرك حركة فى غاية السرعة ، ولا تؤثر فيه قوة تحركه الى أسفل ، كالقوة المحركة للكرة الى أسفل بعد رجوعها عن المرآة فى الاعتبار الميكانيكى . ويقول ابن الهيثم بفلظه « فأما الضوء فليس فيه قوة تحركه الى جهة مخصوصة ، بل إنما خاصته أن يتحرك على الاستقامة فى جميع الجهات التى يجد السبيل اليها ، اذا كانت تلك الجهات ممتدة فى جسم مشف . فاذا انعكس الضوء بما حصل فيه من القوة المكتسبة ، وصار على سمت الاستقامة التى أوجبها الانعكاس ، امتد على ذلك السمت ، وليس فيه قوة تحركه الى غير ذلك السمت ، لأن ليس من خاصته أن يطلب جهة مخصوصة » [١] ولذلك لا يحيد عن سمت هذه الاستقامة من بعد الانعكاس .

وابن الهيثم فى هذه النظرية لا يدلى برأى فى حقيقة الضوء . فلم يضمن أقواله ما يفيد أنه يرى أن الضوء من قبيل الدقائق الكرية المتناهية فى الصغر ، كما ذهب نيوتن فى نظريته ، وغاية ما يريده أن يصور انعكاس الضوء على منوال ارتداد الكرة فى المثال الميكانيكى ، ويمثل لخاصة الصقال فى السطح العاكس للضوء بخاصة الصلابة فى الجسم المانع فى المثال الميكانيكى . وإن كان انعكاس الضوء سببه صقال السطح ، فلا ارتباط البتة بين الصقال والصلابة ، وكما يقول هو نفسه « لأن الأضواء تنعكس عن الأجسام الصقيلة وإن لم تكن الأجسام الصقيلة صلابا كالماء وجميع الرطوبات التى سطوحها صقيلة » [٢] . فهو لا يريد من نظريته أكثر من أن يمثل للانعكاس بمثال ميكانيكى .

ومن المعلوم أن نظرية الدقائق التى قال بها نيوتن فى الضوء اعترضتها شكوك وعقبات . وذلك أن نيوتن لشرح الانعكاس قال بالمدافعة كما قال بها

---

(١) و (٧٥) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) و (٦٧) ، و (٦٨) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

ابن الهيثم من قبل ، ولكنه لشرح الانعطاف عند نفوذ الضوء من وسط مشف لطيف كالهواء الى وسط مشف غليظ كالماء أو الزجاج ، قال بعكس المدافعة ، أى بالمجاذبة ، وذهب الى وجود قوة تجذب الدقائق الضوئية فى اتجاه العمود على السطح الى داخل المشف . والضوء اذا لقى سطح الماء أو الزجاج مثلا انعكس وانعطف فى وقت واحد . فكيف السبيل الى التوفيق بين المدافعة التى يقتضيها الانعكاس ، وبين المجاذبة التى يقتضيها النفوذ ، والانعكاس والنفوذ يحدثان معا والضوء هو هو فى الحالتين ؟

ووجد نيوتن مخرجا له من المأزق . فذهب إلى أن لكل دقيقة من دقائق الضوء أطواراً دورية تتعاقب عليها ، فان كانت عند لقاء السطح فى طور يدعو إلى الانعكاس انعكست ، وإن كانت فى طور يدعو إلى النفوذ فى المشف انعطفت . وقد يبدو الآن هذا المذهب سقيما ، ولكنه قُبِل من نيوتن فى ذلك العهد[١] . وقضى به على النظرية الموجية بالخمول قرناً ونيفاً .

وإن كان قد اعترض على نيوتن فى هذا الأمر فقد اعترض على ابن الهيثم فى الأمر نفسه من قبل . وجاء الاعتراض على ابن الهيثم من كمال الدين الفارسى الذى يعترض بقوله « وفيه نظر لأن الصقال إن كان يمنع من نفوذ الضوء ويوجب رده ، فكيف ينعطف فى الأجسام المخالفة الشفيف لشفيف التى هو فيها ، وإن لم يمنع فلِمَ ينعكس من سطوح المائعات مع نفوذه فيها ؟ وغير جائز أن يقال ضوء واحد بعينه ينفذ وينعكس فيكون الواحد اثنين »[٢] .

ومن عجائب المصادفات أن كمال الدين الفارسى كان من أنصار النظرية الموجية فهو يقول فى حركة الأضواء « إنما هى على نحو حركة الأصوات لا على نحو حركة الأجسام ، وإذ ذاك فالمدافعة التى ذكرها غير متصورة

---

(١) يوجد شرح موجز لهذا الأمر فى كتابنا « علم الطبيعة : نشوءه ورقيه وتقدمه الحديث » .

(٢) الجزء الأول من التنقيح للفارسى ص ٣٧٤ من النسخة المطبوعة .

فيها » . وكان القول بانتقال الأصوات على هيئة موجات شائعا فى ذلك العصر .

٣٠ ـ نظرية ابن الهيثم فى انعطاف الضوء

ولابن الهيثم أقوال فى شرح الانعطاف ذكرها ضمن بحوثه فى هذه الظاهرة ، يجدر بنا لارتباطها بالموضوع الذى نحن بصدده أن نبينها هنا ليتضح لنا موقفه فى هذا الأمر أيضا . وهو يذكر فيها صراحة أن سبب الانعطاف عند نفوذ الضوء من مشف إلى مشف آخر يختلف عنه فى الشفيف هو أن سرعة الضوء فى الوسطين ليست واحدة ، وان سرعته فى المشف الألطف أعظم من سرعته فى المشف الأغلظ ، ويحاول أن يبين كيف يترتب على كون سرعة الضوء فى المشف الألطف أعظم من سرعته فى المشف الأغلظ ، أن ينعطف الضوء عند نفوذه من الألطف فى الأغلظ إلى جهة العمود ، وعند نفوذه من الأغلظ فى الألطف إلى ضد جهة العمود .

وأقوال ابن الهيثم فى هذا الأمر جاءت بوجه عام مقتضبة . ولكنها تتضمن معانى جديرة بالذكر والتبيين .

فهو يرى أولا أن الأجسام المشفة فى الطبيعة ليس شفيفها فى الغاية وان فيها شيئا من الغلظ ، والغلظ والشفيف فى نظره من الأضداد ، فان كان الشفيف (كما بينا من قبل) هو المعنى الذى يجعل الأجسام تؤدى الأضواء فيها ، فالغلظ هو المعنى الذى يجعل الأضواء تعتاق عند الامتداد فيها . ثم هو يرى أن سرعة الضوء عند وقوعه على سطح المشف الثانى تتحلل إلى مركبتين ، إحداهما فى اتجاه العمود على السطح ، والأخرى فى اتجاه المماس للسطح على نقطة السقوط . وأقواله تفيد انه يرى أيضاً أن المركبة الثانية لا تحتفظ بقيمتها الأولى إذا نفذ الضوء فى المشف الثانى ، فان كان المشف الثانى أغلظ فانها تصير أصغر . فلا تبقى محصلة المركبتين فى المشف الثانى على استقامة

حركة الضوء فى المشف الأول ، بل يكون اتجاهها منعطفاً إلى جهة العمود وتكون سرعة الضوء فى المشف الثانى أصغر من سرعته فى الأول . وبالمثل إذا نفذ الضوء من الأغلظ فى الألطف ، فان مركبة السرعة فى اتجاه المماس تصير فى الألطف أكبر ، وينعطف الضوء عند خروجه إلى الألطف إلى خلاف جهة العمود .

وابن الهيثم لا يذكر صراحة أكانت المركبة فى اتجاه العمود على السطح تبقى فى نظره ثابتة أم تتغير هى أيضا . وأقواله فى مجموعها تنصب على التغير الذى يحدث فى مقدار المركبة التى فى اتجاه المماس وحدها ، ويرى أن العلة فى أن هذه المركبة فى الأغلظ أصغر منها فى الألطف هى أن ممانعة الأغلظ أكبر من ممانعة الألطف . وهو يقصد بالممانعة هنا معنى يخالف معناها فى الانعكاس . وليست هى أيضا من قبيل « المقاومة » التى تقلل السرعة فحسب ، لأن التغير يحدث فى نظره عند السطح الفاصل بين الوسطين المشفين سواء كان الضوء ينفذ من الأغلظ فى الألطف أو من الألطف فى الأغلظ ، وهو فى كلتى الحالتين تغير إيجابى . ففى المشف الأغلظ تصغر مركبة السرعة ، وفى المشف الألطف تعظم ، أى ان لكل من الغلظ فى ذاته والشفيف فى ذاته فعلا إيجابياً . الغلظ يعوق تلك الحركة ويقلل قيمتها ، والشفيف يسرعها ويزيد قدرها .

ولو أن ابن الهيثم قد أدرك أن سرعة الضوء فى الوسط الألطف أعظم منها فى الوسط الأغلظ ، فان فكرته عن تحليل السرعة الى مركبتين متعامدتين وقصر التغير على المركبة التى فى اتجاه المماس ، على الصفة التى بينها تجعل النظرية بوجه عام غير صالحة ، ولعله هو نفسه قد أدرك نقصا فيها ، ولعله هو نفسه لم يرد منها أكثر من توضيح فكرة خاصة هى فكرة التمييز بين الاتجاهات . لأنه يريد كما يستفاد من أقواله أن يدلل بهذا الشرح على القول بأن حركة الضوء أقوى وأسرع فى بعض الاتجاهات دون الأخرى ، وانها

فى الوسط المشف الأغلظ أقوى وأسرع فى اتجاه العمود على السطح منها فى اتجاه المماس وفى المشف الألطف أقوى وأسرع فى اتجاه المماس منها فى اتجاه العمود . فان ورد الضوء الى السطح عموداً عليه نفذ على استقامته ، وإن ورد مائلا على السطح نفذ منعطفاً الى الجهة التى هى أسهل له نفوذاً ، فتكون علة الانعطاف أن الضوء يمتد عند نفوذه فى الأجسام المشفة على السمت الذى تكون حركته عليه أسهل وأسرع . وخصوصاً انه حاول أن يوضح هذه الفكرة بأمثلة ميكانيكية . فمثّل للانعطاف من الألطف فى الأغلظ بالكرة الصغيرة من الحديد ، فهى إذا وقعت على لوح رقيق وكان اتجاه حركتها فى اتجاه العمود على اللوح ، فان نفوذها فى اللوح أسهل مما لو كان اتجاه حركتها مائلا على العمود ، حين تكون قوة الحركة واحدة فى الحالتين . ومثّل أيضا بالسيف فهو اذا ضرب به عود وكان حد السيف قائماً على سطح العود قطعه فى أكثر الأحوال ، وإن ميّل السيف وضرب به العود لم يقطع العود بالسهولة نفسها .

ونروى فيما يلى أقواله فى هذا الصدد قال بلفظه « فأمّا لِمَ ينعطف الضوء اذا لقى جسما مشفا مخالف الشفيف للجسم الذى هو فيه ، فذلك لأن نفوذ الضوء فى الأجسام المشفة إنما يكون بحركة وبحركة فى غاية السرعة . وهذا المعنى قد بيناه فى المقالة الثانية . والأضواء تمتد فى الأجسام المشفة بحركة سريعة تخفى عن الحس لسرعتها . ومع ذلك فان حركتها فى الأجسام اللطيفة أعنى الشديدة الشفيف أسرع من حركتها فى الأجسام الغليظة أعنى الأضعف شفيفاً . وذلك أن كل جسم مشف اذا نفذ فيه الضوء ، فان الجسم المشف يمانع الضوء ممانعة ما بحسب ما فيه من الغلظ . لأن كل جسم طبيعى فلا بد أن يكون فيه غلظ ما لأن (الصفاء والشفيف) [1] ليس له غاية

---

(١) الوارد فى الأصل « الصفار الشفيف » وهو لا شك خطأ من الناسخ فى النقل ولعل المقصود ما ذكرناه أو « الصفاء أو الشفيف » أو « صفاء الشفيف » .

فى التخيل الذى هو تخيل (معنى) [١] الشفيف وهو (فى) [٢] الأجسام الطبيعية ينتهى الى غاية لا يصح أن يتجاوزها . والأجسام المشفة الطبيعية ليس تخلو من غلظ ما . فالأضواء اذا نفذت فى الأجسام المشفة فهى تنفذ فيها بحسب الشفيف الذى فيها . وتمانع الأجسام المشفة الأضواء بحسب الغلظ الذى فيها . فاذا نفذ الضوء فى جسم مشف ثم لقى جسما آخر مشفاً أغلظ من الجسم الأول ، صار الجسم الأغلظ يمانع الضوء أشد (مما) [٣] كان يمانعه الجسم الأول .

« وكل متحرك اذا تحرك فى جهة من الجهات ، ذاتية كانت حركته أو عرضية ، فانه اذا لقى مانعاً يمانعه عن تلك الحركة لم يكن بد من أن تتغير حركته . فان كانت الممانعة قوية ردت حركته الى الجهة المضادة لجهة حركته ، وإن كانت الممانعة ضعيفة لم ترد حركته الى الجهة المضادة ، ولم تمكنه من النفوذ فى الجهة التى كان متحركا فيها (بمثل) [٤] الحركة التى كان يتحركها ، بل تتغير حركته . والمتحركات الطبيعية التى تتحرك على استقامة اذا نفذت فى جسم من الأجسام المنفعلة ، فإن نفوذها على العمود القائم على سطح الجسم الذى تنفذ فيه يكون أسهل . وهذا المعنى يوجد بالمشاهدة فى الأجسام الطبيعية ، فان انسانا لو أخذ لوحا (رقيقا) [٥] فسد به ثقبا واسعا وسمّره من جوانبه ، وأخذ كرة من الحديد ووقف مقابلا للوح ، ورمى بالكرة على اللوح بقوة ، واعتمد أن تكون حركة الكرة على العمود القائم على سطح اللوح ، فان اللوح ينخرق وتنفذ الكرة فيه اذا كان اللوح رقيقا وكانت

---

(١) فى الأصل « مضىء » .
(٢) « « « ان » .
(٣) « « « ما » .
(٤) « « « مثل » .
(٥) « « « دقيقا » .

لقوة التى حركت بها الكرة قوية . واذا أخذ ذلك الانسان لوحا مثل ذلك اللوح وسمره على ذلك الثقب ، وأخذ تلك الكرة بعينها ، ووقف فى جهة مائلة عن مقابلة اللوح ، وعلى بعد مثل البعد الذى كان بينه وبين اللوح فى الحالة الأولى ، ورمى بالكرة على اللوح بقوة مثل القوة التى كان رمى بها الكرة فى الحالة الأولى ، فان الكرة تنزلق على اللوح ولا تخرق اللوح اذا لم يكن اللوح فى غاية الرقة ، ولا تتحرك فى الجهة التى كانت تتحرك اليها ، بل تميل عن تلك الجهة الى جهة أخرى .

« وكذلك إن أخذ سيفا وجعل بين يديه عودا من الخشب قويا ، وضرب العود بالسيف (وحد السيف قائم)[1] على سطح العود على زوايا قائمة ، فانه يقطع العود فى أكثر الأحوال . وإن ميّل السيف وضرب العود بالسيف والسيف مائل على العود لم يقطع العود ، بل ربما قطع بعضه وربما انفلّ السيف . وكلما كان السيف أميل كان تأثيره فى العود أضعف وأمثال ذلك كثيرة .

« فيتبين من هذا الاعتبار أن الحركة على العمود أسهل وأقوى وان الحركات المائلة ماكان منها أقرب الى العمود كان أسهل مما بعد عن العمود .

« فالضوء اذا لقى جسما مشفاً أغلظ من الجسم الذى هو فيه ، فانه يمانعه من النفوذ فى الجهة التى كان متحركا فيها . وليست ممانعته فى غاية القوة فليس يعود فى الجهة التى تحرك منها . فان كانت حركة الضوء على عمود نفذ على استقامة لقوة الحركة على العمود ، وإن كانت حركته على خط مائل فليس يتمكن من النفوذ على استقامته لضعف حركته . فيعرض من ذلك أن يميل الى جهة هى أسهل نفوذا من الجهة التى كان متحركا اليها . وأسهل حركاته هى على العمود وما قرب من العمود أسهل مما بعد عنه . والحركة فى الجسم

---

(١) فى الأصل « وجد السيف قائما » .

الذى تنفذ فيه الحركة اذا كانت الحركة على خط مائل على سطح ذلك الجسم فهى مركبة من الحركة فى جهة العمود النافذ فى الجسم الذى فيه الحركة ، ومن الحركة فى جهة العمود القائم على العمود النافذ فيه . فاذا كان الضوء متحركا فى الجسم المشف الغليظ على خط مائل على سطحه فنفوذه فى ذلك الجسم المشف إنما هو بحركة مركبة من الحركتين المذكورتين . ولما كان غلظ الجسم قد عاقه عن السمت الذى كان متوجهاً اليه وليست (ممانعته)[١] فى غاية القوة ، وكان يلزم من ذلك أن (يميل)[٢] الى جهة هى أسهل نفوذا ، وكانت الحركة على العمود أسهل الحركات ، وجب من ذلك أن يتحرك الضوء الممتد على الخط المائل على العمود الخارج من النقطة التى عليها لقى الضوء سطح الجسم المشف الغليظ . ولما كانت حركته (مركبة)[٣] من حركتين إحداهما الحركة على العمود القائم على سطح الجسم الغليظ ، والأخرى الحركة على العمود القائم على هذا العمود ، وكانت الحركة المركبة التى فيه لم تبطل بالكلية ، انما اعتاقت اعتياقا فقط ، وجب أن يميل الضوء الى جهة هى أسهل من الجهة التى كان متحركا اليها ، مع بقاء الحركة المركبة التى فيه . والجهة التى هى (أسهل)[٤] من الجهة التى كان متحركا اليها مع بقاء الحركة فيه ، هى (الجهة)[٥] التى هى أقرب الى العمود . فكذلك صار الضوء الممتد فى جسم مشف اذا لقى جسما مشفا أغلظ من الجسم الذى هو فيه انعطف على خط أقرب الى العمود الخارج من النقطة التى عليها لقى الجسم الغليظ الممتد فى الجسم الغليظ ، من الخط الذى كان متحركا عليه .

---

(١) فى الأصل « ممانعة » .
(٢) « « « تميل » .
(٣) « « «المركبة» .
(٤) « « « أسفل » .
(٥) « « « الجهات» .

« فهذه هى علة انعطاف (الأضواء)[١] فى الأجسام المشفة التى هى أغلظ من الأجسام المشفة التى هى فيها .

« ولما كان ذلك كذلك صار الانعطاف خاصة للأضواء المائلة . واذا امتد الضوء فى جسم مشف ثم لقى جسما آخرا مشفا مخالف الشفيف للجسم الذى هو فيه وأغلظ منه وكان مائلا على سطح الجسم المشف الذى لقيه انعطف الى جهة العمود القائم على سطح الجسم المشف الممتد فى الجسم الأغلظ .

« وأما العلة الموجبة لانعطاف الضوء من الجسم الأغلظ إلى الجسم الألطف إلى خلاف جهة العمود ، فهى أن الضوء إذا تحرك فى الجسم المشف يدافعه مدافعة ما ، والجسم الأغلظ يدافعه مدافعة أكثر ، كما أن الحجر إذا تحرك فى الهواء كانت حركته أسرع وأسهل من حركته إذا تحرك فى الماء ، لأن الماء يدافعه مدافعة أكثر من مدافعة الهواء . فاذا خرج الضوء من الجسم الأغلظ إلى الجسم الألطف كانت حركته أسرع . وإذا كان الضوء مائلا على سطح الجسم المشف الذى هو الفصل المشترك بين الجسمين ، فحركته على خط فيما بين العمود الخارج من مبدىء حركته (وبين)[٢] العمود القائم على ذلك العمود الخارج من مبدىء الحركة أيضا ، فيكون ممانعة الجسم الأغلظ له من الجهة التى اليها يخرج العمود الثانى . فاذا خرج الضوء من الجسم الأغلظ (و) صار فى الجسم الألطف ، صارت ممانعة الجسم الألطف للضوء التى هى من الجهة التى اليها يخرج العمود الثانى ، أقل من الممانعة الأولى فتصير حركة الضوء إلى الجهة التى كان يمانع عنها أكثر . (وكذلك ينعطف)[٣] الضوء فى الجسم الألطف إلى خلاف جهة العمود »[٤] .

---

(١) فى الأصل « الأصول » .
(٢) « « « وهو » .
(٣) « « « وكذلك يفعل » .
(٤) و (٢٨) — و (٣٢) من مخطوط المقالة السابعة من المناظر .

ومما تجدر الاشارة اليه هنا موقف الفارسى من ابن الهيثم فى هذا الشأن أيضا ، فهو كما بينا آنفاً قد عارضه وحاجَّه فى أمر الانعكاس ، أما فى هذا الأمر فهو يُعرض عن رأى ابن الهيثم ولا يعيره التفاتاً ، ويعلق عليه بقوله « هذا ما ذكره ابن الهيثم رحمه الله فى لمية الانعطاف على النحو المشروح . ولا يخفى انه كلام خطابى وبيان تمثيلى . أما تمثيله بالسيف فذلك مخالف لما يعتقده مزاولو السيوف فانهم يرون أن السيف إذا لم يكن مائلا فلا قوة لضربته وإنما قوته عندما يكون حده مائلا على ضريبته » [١] .

وفى نظرنا إن أقوال ابن الهيثم هذه لا تخلو فعلا من ضعف واضطراب ولكنها ليست من السخف على القدر الذى يصح معه إغفالها والاعراض عنها . فالتمييز بين الجهات فى الأجسام المشفة فيما يتعلق بحركة الضوء فكرة تنبنى عليها النظريات الخاصة بنفوذ الضوء فى البلورات . فهى فى ذاتها بصرف النظر عن كونها تتفق أو لا تتفق وانعطاف الضوء فى الأجسام المشفة المعتادة كالماء أو الزجاج ، فكرة مقبولة معمول بها فى الوقت الحاضر . وإذا راعينا جملة رأى ابن الهيثم فى القول بأن الضوء يسلك فى نفوذه فى الأجسام المشفة الطريق الذى تكون عليه الحركة أسهل وأسرع ، لم نجده رأياً صحيحاً فحسب ، بل نجده يعد الآن من القواعد الأساسية فى علم الضوء . فهو يتفق إلى حد والرأى الذى رآه « فِرْما » ، وبنى عليه قاعدته التى تعرف بقاعدة أقصر الأوقات ، والتى تتلخص فى أن الضوء عند نفوذه من نقطة فى جسم مشف الى نقطة أخرى فى جسم مشف آخر ملامس للأول ، يختلف شفيفه عن شفيف الأول ، يسلك السبيل الذى يستغرق فيه من الوصول من النقطة الأولى الى الثانية أقصر الأوقات . فهو يسلك السبيل الذى تكون عليه الحركة بحسب تعبير ابن الهيثم « أسهل وأسرع » .

---

(١) ص (١٣٢) من الجزء الثانى من التنقيح (النسخة المطبوعة) .

أما أقواله من ناحية الكيفية التى يحصل بها الانعطاف ، وتضمنها فكرة تحليل السرعة الى مركبتين ، واعتبار المركبة التى فى اتجاه المماس هى المتغيرة ، فتناظرها فى كل ذلك نظرية نيوتن . ففيها أيضا تحلل سرعة الضوء إلى مركبتين ، إحداهما عمودية على السطح والأخرى فى اتجاه المماس ، مع الفارق فى أن نيوتن يعتبر المركبة العمودية على السطح هى المتغيرة ، وانها عند نفوذ الضوء فى الجسم الأغلظ تزداد من جراء القوة التى تؤثر فى الدقائق الضوئية بحسب نظريته عند اقترابها من السطح ، وتجذبها فى اتجاه العمود الى داخل الجسم الأغلظ ، وانها فى الجسم الألطف تقل من جراء القوة التى تؤثر فى الدقائق الضوئية عند اقترابها من سطح الألطف وتدفعها قليلا فى اتجاه العمود الى خارج الجسم الألطف . ومع الفارق أيضا فى أن نظرية نيوتن تتطلب أن تكون سرعة الضوء فى الأغلظ أعظم وفى الألطف أصغر وهو ما ينفيه الواقع ، فى حين ان الأمر بحسب أقوال ابن الهيثم بعكس ذلك .

أما التناقض بين ما يوجب الانعكاس وبين ما يوجب الانعطاف ، فلا تخلو منه أول وهلة أقوال ابن الهيثم . ولكنه حاول التفريق بين الكيفيتين ، حيث عزا الانعكاس الى فعل المدافعة فى مركبة الحركة التى فى اتجاه العمود على السطح ، وعزا الانعطاف الى فعل « الممانعة الغلظية » فى مركبة الحركة التى فى اتجاه المماس . ثم ان رأيه فى انعكاس الضوء وانعطاف الضوء بما هو ضوء ، يتلخص فى أن الانعكاس يحدث من جراء مدافعة صقال السطح الذى يقع عليه الضوء ، للضوء الواقع عليه ، مدافعة لها نظير فى الأمور الميكانيكية ، وان الانعطاف يحدث لأن طبيعة الضوء أن يسلك عند نفوذه فى الأجسام المشفة السبيل الذى تكون عليه حركته أسهل وأسرع . فلا تناقض على هذه الصفة بين ما يوجب انعكاس الضوء وبين ما يوجب انعطافه .

وقد بين ابن الهيثم كما اتضح من قبل أن صقال السطح ذلك الصقال الذى يترتب عليه الانعكاس ليس يكون تاما فى الأجسام الطبيعية ، لأن

صقال هذه الأجسام لا يبلغ الغاية التى يتخيلها التخيل . وإذن فالضوء الواقع على السطح الفاصل بين جسم مشف وبين جسم آخر ، لا ينعكس كله فى الأحوال المعتادة . فان كان الجسم الثانى مشفا فليس ما يمنع من نفوذ الجزء المتبقى بعد الانعكاس فيه . واذا نفذ الضوء وكانت حركته فى الجسم الثانى تختلف عن حركته فى الأول ترتب على هذا انه ينعطف عن مسيره فى الجسم الأول .

فرأىُ ابن الهيثم إجمالا لا يؤدى الى شىء من التناقض ، وخصوصاً انه لم يعن فى الانعطاف ببيان علة نفوذ الضوء فى الأجسام المشفة ، حتى يقال ان علة النفوذ تتعارض وعلة الانعكاس . وهو حريص فى انتقاء ألفاظه التى يعبر بها عن غرضه . فنظريته فى الانعطاف هى بحث بحسب تعبيره عن « لِمَ ينعطف الضوء على الكيفية التى ينعطف عليها » ولم يقل انه بحث عن « لِمَ ينفذ الضوء فى الأجسام المشفة دون الأجسام الكثيفة » . ولم يتعرض فى أقواله الى العلة فى أن الأجسام تنقسم قسمين أحدهما المشفة ، والآخر الكثيفة ، أو الى كنه الاختلاف بينهما .

وأيضاً فابن الهيثم لم يُدْلِ برأى فى ماهية الضوء . ولسنا نذكر أن فى موضع ما من كتابه فى المناظر أو من مقالاته فى الضوء التى اطلعنا عليها إشارة ما ، مبهمة كانت أو صريحة ، يستدل منها على أنه يرى أن الضوء فى ماهيته كرات أو دقائق صغيرة مادية تتحرك بسرعة عظيمة ، حتى يقال انه يرى أن انعكاس الضوء وانعطافه يكونان على الصفة الميكانيكية البحتة ، فيقع التناقض بين ما يوجب الانعكاس وبين ما يوجب الانعطاف ، أو يوجب النفوذ . بل ان رأى ابن الهيثم الذى بيناه من قبل فى أن الضوء المتصل ليس بمنزلة أضواء دقاق متضامة ، ينفى فكرة اعتبار الضوء ، مكونا من أجزاء لا تتجزأ ، لكل منها فى ذاته وجود مستقل عن وجود الآخر . والقول بأن هذه الأجزاء يدفع السطحُ عنه بعضَها ، ويجذب اليه بعضَها الآخر ، والأجزاء

طبيعتها واحدة ، والسطح هو هو والمشف هو هو ، هذا القول هو الذى يقع فيه التناقض وينطوى على معنى الخلف .

فابن الهيثم بانحيازه الى مذهب الاتصال قد اجتنب مثل هذا التناقض . وإن كانت كشوف الطبيعة الحديثة قد زعزعت مذهب الاتصال من أساسه فهو لا يزال أكثر ملاءمة للظواهر العامة المعروفة فى الضوء ، ولا يزال معتمدا عليه فى شرح هذه الظواهر فى الوقت الحاضر .

٣١ — مجمل المعانى الميكانيكية التى ضمنها ابن الهيثم نظريتيه فى الانعكاس والانعطاف

وإن كثيرا من المعانى التى ذكرها ابن الهيثم ، لم يصل الى علمنا أن أحداً أشار اليها من قبل . وعلى الرغم من أن المقصود من بحثه لم يكن تحرير القول فى الناحية الميكانيكية من الموضوع ، وعلى الرغم من أن عنايته بهذه الناحية جاءت عرضاً ، ولم يتجاوز هو فيها القدر الذى يكفيه للتمثيل فيما يريده من أمر الضوء ، فان بحثه قد تضمن مبادىء وأصولا هى فى نظرنا على جانب من الخطورة ، يجدر بنا الاشارة اليها فى هذا المقام .

فبحثه يتضمن : —

(أولا) معنى قانون القصور الذاتى وهو قانون نيوتن الأول الذى يعد الآن من الدعائم التى يقوم عليها علم الميكانيكا . والقانون ينُص على أن الجسم المادى لا يغير من نفسه حركته المستقيمة المنتظمة لا من حيث اتجاهها ولا من حيث مقدارها ، وابن الهيثم قد أدرك ما ينصب من هذا المعنى على اتجاه الحركة . ويتبين ذلك فى أكثر من موضع واحد من أقواله . يتبين مثلا من وصفه حركة الكرة فى التجربة الثانية بعد ارتدادها من السطح ، إذ يستدرك قائلا « ولا تلبث الكرة حتى تهبط الى السفل للقوة الطبيعية المحركة لها الى أسفل » ويتبين من أقواله التى يميز بها بين حركة الضوء وحركة الجسم

المادى ، فهو ينص صراحة كما ذكرنا من قبل على أن الضوء ليس فيه « قوة تحركه الى جهة مخصوصة » ، وانه اذا صار على سمت الاستقامة الذى أوجبه الانعكاس « امتد على ذلك السمت غير منفرج عنه لعدم ما يوجب ذلك » فهو يدرك المعنى المذكور من القانون ويعزى خروج الحركة من الاستقامة الى فعل القوة .

(ثانيا) معنى كميا مركبا من سرعة الجسم المتحرك ومن « ثقله » على حسب تعبيره وهو الذى يطلق عليه « قوة الحركة » .

(ثالثا) فكرة إسناد تغير « قوة الحركة » من حيث الكم أو المقدار الى « القوة » وذلك واضح من إسناد تغير الحركة الى فعل « الممانعة » فى أقواله عن الانعكاس وعن الانعطاف . ومن هذا يتبين أنه أدرك أيضا ما ينصب من نص قانون القصور الذاتى على مقدار الحركة .

(رابعا) فكرة تحليل الحركة الى مركبتين متعامدتين وتحصيلها من مركبتين متعامدتين .

(خامسا) فكرة انه اذا أثرت قوة فى اتجاه إحدى هاتين المركبتين تغيرت هذه المركبة وحدها دون الأخرى . فاذا آل الأمر الى أن صارت تلك المركبة أصغر مما كانت أو أكبر ، أو انتكس اتجاهها رأسا على عقب ، فان حركة الجسم بعد ذلك تكون مركبة من حركتين متعامدتين إحداهما ما آلت اليه تلك المركبة بفعل القوة التى أثرت فى الجسم ، والأخرى المركبة العمودية عليها التى ظلت ثابتة لم تتغير .

تلك بايجاز أهم المعانى التى تضمنتها أقواله ولا يخفى على القارىء خطورتها وقيمتها فى ذاتها .

الفصل الثانى

فى

امتداد الأضواء على السموت المستقيمة وما يترتب عليه من الظواهر

٣٢ — غاية ابن الهيثم من بحوثه عن امتداد الأضواء على السموت المستقيمة

إذا كانت البحوث العملية المستقصاة عن خواص الأضواء الذاتية وخواص الأضواء العرضية تثبت أن الخواص واحدة فى الحالتين ، كان ذلك دليلا على أن ماهية الأضواء الذاتية وماهية الأضواء العرضية واحدة ، ويصير مذهب ابن الهيثم فى التوحيد بينهما لا يعوزه الدليل ، وتصير نظريته فى أن للضوء وجوداً ذاتياً وأن الابصار إنما هو بفعل هذا الضوء الذى يشرق من المبصر وينفذ فى المشف الى البصر ، وهى النظرية التى بينا فيما سبق أن الفلاسفة أنكروها وان أصحاب التعاليم لم يسموا اليها ، تصير هذه النظرية صحيحة فى أساسها لها عضد من التجارب العملية .

لذلك نجد ابن الهيثم قد استقصى البحث من الناحية العملية عن امتداد الضوء على السموت المستقيمة . وكان غرضه الأول من ذلك بيان أن الامتداد على السموت المستقيمة خاصة عامة ، يشترك فيها جميع الأضواء ذاتيها وعرضيها ، وانها طبيعة ثابتة للضوء بما هو ضوء وليست صفة عارضة تعرض فى بعض الأحوال وتزول فى بعض الأحوال ، وانها من لواحق الضوء نفسه وليست من لواحق الجسم المضىء الذى يشرق منه الضوء ، وانها لازمة لا تنفك عن الضوء حتى اذا انعكس عن سطح الصقيل الى جهة خاصة أو انعطف فى مشف آخر أو خرج نافذاً منه .

وبحوث ابن الهيثم فى هذا الموضوع مطولة متشعبة قد فصلها جلَّها فى مقالته الأولى فى المناظر باسهاب ، ونورد خلاصتها فيما يلى على ترتيب خاص نراه أكفل بتوضيحها وأكفل ببيان أغراضه منها .

٣٣ – بحوث ابن الهيثم الاعتبارية عن خواص الاضواء الذاتية

بين ابن الهيثم امتداد الأضواء الذاتية على سموت الخطوط المستقيمة بتجارب لا تختلف كثيراً عما نجده مذكوراً فى كتب الدراسة الأولية فى الوقت الحاضر .

فضوء الشمس اذا دخل بيتا مظلما من ثقب « وكان الهواء الذى فى البيت كدراً بغبار أو دخان فان الضوء يظهر ممتداً على استقامة من الثقب الذى يدخل منه الضوء الى الموضع الذى ينتهى اليه ذلك الضوء من أرض البيت أو جدرانه »[١] . واذا كان الهواء صافيا نقيا ولم يظهر امتداد الضوء للحس وأخذ المعتبر جسما كثيفا وقطع به السمت المستقيم بين الثقب وموقع الضوء عند أية نقطة كانت « وجد الضوء يظهر على ذلك الجسم الكثيف ويبطل من الموضع الذى كان يظهر فيه من أرض البيت أو جدرانه »[٢] .

« واذا اعتبر المعتبر أى مسافة شاء من المسافات المنعرجة والمنحنية والمقوسة التى بين الثقب وبين الموضع الذى يظهر فيه الضوء فقطعها بالجسم لم يظهر فيها شىء من ذلك الضوء »[٣] .

وابن الهيثم يذكر فى هذه الاعتبارات أن السمت المستقيم يمكن أن يعتبر بعود مستقيم وأنه اذا كان الثقب صغيراً كان الاعتبار أبين .

وتحدوه الرغبة فى الاستقراء وعدم القنوع بدليل واحد أو تجربة واحدة قد تصح فى ضوء الشمس ولكنها ربما لا تصح فى ضوء غيرها من الأجسام

---

(١) و (١٥) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٢) » » » »

(٣) و (١٦) » » »

المضيئة بذاتها ، الى ذكر ضوء النار وأضواء بعض الكواكب ، حيث اذا كان الثقب ضيقاً ولبثت التجربة زمانا مقتدرا حتى يتحرك الكوكب مسافة محسوسة وجد ضوؤه الذى فى البيت قد انتقل من موضعه وصار فى مقابلة الكوكب على استقامة [١] .

وهو يتخذ ظاهرة الاظلال دليلا على امتداد الأضواء على السموت المستقيمة ويقول بلفظه « وقد يظهر هذا المعنى أيضا فى جميع الأضواء من الأظلال . فان الأشخاص المنتصبة الكثيفة اذا أشرق عليها الضوء وظهرت أظلالها على الأرض وعلى ما يقابلها من الأجسام الكثيفة توجد الأظلال أبداً ممتدة على استقامة وتوجد المواضع التى استظلت هى المواضع التى قطعت الأشخاص المظلة المسافات المستقيمة التى بينها و بين الجرم المضىء الذى انقطع ضوؤه عن تلك المواضع »[٢] .

ويمضى ابن الهيثم بعد ذلك لبيان أن الضوء يشرق من جميع أجزاء الجسم المضىء بذاته كالشمس مثلا [٣] ويدلل على ذلك أولا بالمشاهدة ، فضوء الشمس عند أول طلوعها فى أى أفق من آفاق العالم يكون ضعيفا حيث يطلع منها جزء يسير ، وكلما زاد الجزء الظاهر قوى ضوؤها الى أن يظهر مركزها وأكثرها الى تمامها ، وكذلك عند الكسوف . فالضوء يشرق اذا لم يستغرق

---

(١) و(١٦) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر . ومما تجدر الاشارة اليه فى هذا الشأن أن ابن الهيثم يذكر وهو فى صدد الأضواء الذاتية الاعتبار بضوء القمر وأضواء بعض الكواكب السيارة الكبار كالزهرة والمشترى والمريخ والشعرى . وقد بينا فيما سبق أن ذكر القمر فى هذا الصدد يجب ألا يحمل على ظاهره . أما الكواكب السيارة فان لابن الهيثم مقالة فى أضواء الكواكب يبين فيها أن أضواءها اذا كانت مستمدة من الشمس وجب أن يشاهد فيما يقع منها بين الشمس وبين الأرض مثل أوجه القمر ، والا فتكون أضواؤها ذاتية . ومشاهدة مثل هذا الأمر لا يتيسر بالعين المجردة ومن المعلوم أن أول من كشف عن أوجه الزهرة « غاليليه » واستعان لذلك بالتلسكوب الذى اخترعه . فورود ذكر كبار السيارات فى الاعتبار بالأضواء الذاتية لم يكن سخفا أو تخليطا .

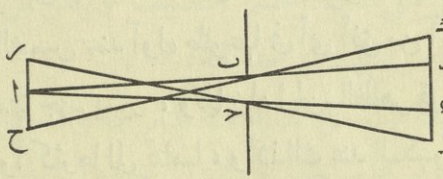
(٢) و(١٧) ، و(١٨) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٣) و(١٨) — و(٢٠) « « «

الكسوف جميعها من الجزء الباقى منها ، وكلما كان الباقى أعظم كان الضوء أقوى ، وذلك لأن الضوء المشرق من جميع المضىء أقوى من المشرق من بعضه والمشرق من جزء أعظم أقوى من المشرق من جزء أصغر .

ثم يدلل ابن الهيثم بعد ذلك بما يشاهد فى التجارب التى ينفذ فيها الضوء من الثقوب ، ولهذا فى نظرنا شأن كبير من الناحية التاريخية سنبينه فيما بعد . فضوء الشمس اذا نفذ من ثقب ضيق يوجد أبدا منخرطا انخراطا محسوسا بحيث اذا ما وقع على جسم يقابل الثقب وجدت المساحة المستضيئة به أوسع من الثقب أضعافا مضاعفة [١] . ويستدل من هذه المشاهدة على أن ضوء الشمس حتما يشرق من جميع أجزائها الى الثقب الضيق على سموت خطوط مستقيمة يلتئم منها شكل مخروطى ثم يمتد الضوء بعد ذلك على سموت الخطوط المستقيمة نفسها فيحدث مخروط آخر مقابل للمخروط الأول .

ويجدر بنا أن نوضح بالرسم كما فعل الفارسى [٢] المعانى التى أرادها ابن الهيثم . فاذا رمزنا لقطر الشمس بالمستقيم ر ح ، وكان ضوؤها من نقطة واحدة مثل ا لنفذ الضوء من الثقب منخرطاً انخراطاً يسيراً غير محسوس إذ



(شكل ٣)

لا يوجد فرق محسوس بين بعد الثقب عن الشمس وبين بعد موقع الضوء عنها ، فيكون المستقيمان ب د ، ح ه مثلا فى حكم المتوازيين .

أما اذا كان الضوء يشرق من جميع نقاط الشمس فانه عند نفوذه من الثقب يلتئم منه المخروط الناقص الذى مقطعه فى الشكل المستقيمان ب ك ، ح ط . فينخرط الضوء النافذ من الثقب انخراطاً محسوساً ويكون قطر موقعه على

(١) و(٢٠) — و(٢٢) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .
(٢) ص (٢٣) من الجزء الأول من التنقيح (النسخة المطبوعة) .

الجسم المقابل للثقب أكبر كثيراً من قطر الثقب نفسه ، ويزداد كلما بوعد الجسم عن الثقب .

وابن الهيثم يمضى بعد ذلك إلى تجربة أخرى ويقول « فليتخذ (أى المعتبر) صفيحة من نحاس وليكن فيها سعة وليثقب فيها ثقباً مقتدراً مستديراً ثم يداخل فى هذا الثقب أنبوبا أسطوانياً صحيح الاستقامة معتدل الاستدارة ذا طول مقتدر ، وليكن سعة الثقب بمقدار سعة الأنبوب وليكن ثقب الأنبوب ليس بأغلظ من غلظ الميل ، ويداخل الأنبوب فى ثقب الصفيحة حتى يستوى طرفه مع سطح الصفيحة ، وليثبت هذه الصفيحة على جسم مرتفع عن الأرض ولتكن قائمة على حرفها »[1]. فاذا قدم المعتبر إلى الصفيحة فى ظلمة الليل ناراً كسراج ذى فتيلة غليظة ، وقربها إلى الثقب وقابل طرف الأنبوب بجسم كثيف ظهر على ذلك الجسم ضوء . وهذا الضوء هو ضوء ذلك « الجزء من النار المقابل لثقب الأنبوب المساوى مساحته لمساحة ثقب الأنبوب فقط » وهو لا شك أضعف من الضوء المشرق من النار جميعها على سائر الأمكنة المنكشفة اليها بتمامها . وإن حركت النار قليلا حتى يقابل الثقب جزء آخر منها وجد الضوء النافذ كالأول وفى مكانه وعلى قوته وإن ضيق الثقب وجد الضوء أيضا ولكنه يوجد أضعف .

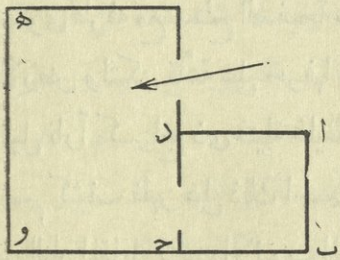
وعلى هذه الصفة استدل على أن الضوء يشرق من الجسم المضىء بذاته من جميع أجزاء الجسم وانه يمتد على السموت المستقيمة . وهو بعد ذلك يعمم حكمه . لولا أن هذه الاعتبارات تنصب على الأضواء التى تشرق عن أجزاء من المضىء ذات مساحة معينة ، وعلى الأضواء التى يجب أن تبلغ من القوة حداً تظهر به للحس ، ولكن إذا كانت التجارب تصح أيضا فى الحالات التى تتصاغر فيها الأجزاء المنكشفة من المضىء الى أصغر حد مستطاع ، وتتضاءل تبعاً لذلك الأضواء الى أصغر حد مستطاع ، فان الأجزاء المتناهية

(١) و (٢٢) ، و (٢٣) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

فى الصغر والأضواء المتناهية فى الضعف التى لا يدركها الحس لقصوره ، يكون حالها أيضا كذلك . وإذن تكون طبيعة المضىء بذاته أن ينبعث الضوء من كل نقطة منه وطبيعة الضوء المنبعث منه أن يمتد على السموت المستقيمة .

٣٤ — اعتبارات عامة فى الأضواء العرضية

يتناول ابن الهيثم فى بحوثه عن الأضواء العرضية شرح تجارب يبين بها هذه الأضواء بصفة عامة ، ويميز بها بينها وبين الأضواء المنعكسة . وهى التجارب التى تمهد إلى رأيه الذى ذكرناه عن هذه الأضواء فيما قبل .



(شكل ٤)

ويستخدم ابن الهيثم فى بعض هذه التجارب بيتاً مظلماً مسقفاً ا ب ح د (شكل ٤) يتجه جداره ا ب قبل المشرق وفى جداره الغربى د ح فتحة متسعة نوعا قد يغنى عنها باب البيت إذا كان بابه فى هذا الجدار . والجدار د ح يعلو فوق مستوى سقف البيت ، وفى الجزء الأعلى منه فتحة ذات اتساع مقتدر . ويوجد أمامه حائط مرتفع ه و يصل اليه ضوء السماء من فتحة الجدار ح د ، والفضاء الواقع بين الجدار ح د والحائط ه و مسقف من فوق الفتحة كما هو مبين بالشكل بحيث لا يصل إلى داخل البيت المظلم إلا الضوء المشرق من الجدار ه و [1].

ويشرح ابن الهيثم كيفية الاعتبار والمشاهدات التى تلاحظ . فالمعتبر يراعى إلى أن يشرق ضوء الصباح على الحائط ه و من الفتحة الموجودة فى أعلى الجدار ح د ، فيجد فى البيت من الداخل ضوءاً ضعيفاً ، وكلما اشتد الضوء على الحائط اشتد الضوء فى البيت ، ويكون الموضع المقابل للفتحة أشد استضاءة من سائر أجزائه الأخرى . وعلى ذلك إلى أن تطلع الشمس وتشرق

(١) و(٢٨) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

على الحائط ، وإلى أن يزول الضوء عنه .

فالحائط ه و فى هذا الاعتبار جسم كثيف يستضىء بضوء الصباح ثم بالضوء الذاتى المشرق من الشمس ، فيشرق منه ضوء عرضى ، ويستضىء بهذا الضوء العرضى البيت من الداخل .

وإن كان فى البيت بيت آخر مظلم ذو فتحة وضعها من الموضع المستضىء من البيت الأول كموضع فتحة البيت الأول من الجدار ه و فان البيت الثانى أيضاً يستضىء داخله ، لاسيما اذا كان الموضع المستضىء من البيت الأول الذى هو الموضع المقابل للفتحة أبيض اللون . وعلى هذه الصفة يتبين أن الجسم الكثيف المستضىء بالضوء الذاتى يشرق منه ضوء على كل ما يقابله ، كاشراق الضوء من المضىء بذاته . وكذلك الجسم الكثيف المستضىء بضوء مشرق من آخر كثيف يستضىء بضوء ذاتى ، أى وكذلك الجسم الكثيف المستضىء بضوء عرضى .

وهو أيضاً يتناول شرح اعتبارات أخرى يميز بها بين الضوء العرضى والضوء المنعكس[1] . فاذا كان فى البيت المظلم ثقب ليس بالفسيح المتسع يدخل منه ضوء الشمس حتى يقع على أحد جدرانه أو على أرض البيت ، فان البيت يستضىء من جميع نواحيه بالضوء العرضى المشرق من الموضع الذى يقع عليه ضوء الشمس ، ويوجد ما كان أقرب الى هذا الموضع أشد استضاءة من غيره . فاذا أُتى بجسم مجوّف كالمكوك مثلا ووضع بحيث يتلقى أشعة الشمس النافذة من الثقب إلى الداخل ، فاستضاءة البيت من الداخل تكاد تنعدم إلا ما لعله يقابل تجويف ذلك الجسم الأجوف من سقف البيت أو جدرانه . أما إذا استبدل بالجسم الأجوف صفيحة مصقولة من الفضة مثلا ووضعت بحيث يقع جميع ضوء الشمس النافذ من الثقب عليها ، وجد الضوء منعكساً عن سطحها إلى موضع خاص ويكون فيه الضوء شديداً ومحصوراً .

(١) و(٥٠) — و(٥٢) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

فالضوء المشرق من الموضع الذى يقع عليه ضوء الشمس يختلف من حيث كيفية إشراقه عن الضوء المنعكس عن سطح الصفيحة المصقولة .

وإذا قرب من الصفيحة جسم أبيض وقوبلت الصفيحة به من غير جهة الانعكاس أو أدير الجسم حول الصفيحة من جميع جهاتها غير جهة الانعكاس ، وجد الضوء ظاهراً على الجسم الأبيض ولو أنه يوجد ضعيفاً إذا قيس بالضوء المنعكس الى جهة الانعكاس المذكورة .

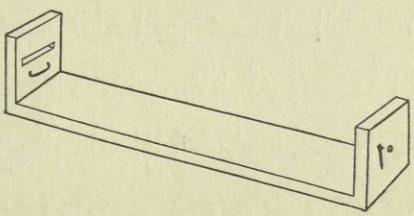
فالصفيحة وإن كانت تعكس الضوء بالكيفية المبينة فانه فى الوقت نفسه يشرق من سطحها ضوء عرضى يمتد الى ما يقابله من الأجسام .

ويستمر ابن الهيثم فى شرح ما يشاهد إذا وقع ضوء الشمس النافذ من الثقب على الجسم الأبيض وما يشاهد إذا وقع على جسم أسود قاتم اللون ، ويذكر أن ما يشاهد بالاعتبار بضوء النار أو ضوء القمر مثل ما يشاهد بالاعتبار بضوء الشمس ، وبهذه الكيفية يزيد الأضواء العرضية بياناً وتوضيحاً ، ويميز بينها وبين الأضواء المنعكسة .

٣٥ — الاعتبار بضوء القمر

ولعل من أجدر تجاربه بالذكر فى هذا الصدد تجربة أوردها فى مقالته فى ضوء القمر بيّن بها أن جرم القمر إذا أشرق عليه ضوء الشمس وصار مضيئا ، فان ضوأه يشرق من كل نقطة من سطحه على كل نقطة تقابلها كما تشرق الأضواء الأولى من الأجسام المضيئة بذواتها .

والآلة التى يصفها لبيان ذلك تتركب من مسطرة مقتدرة السمك والطول والعرض ، صحيحة الاستقامة مستوية السطوح ، مثبت فى طرفيها هدفان متوازيان عمودان على سطح المسطرة عرضهما كعرض المسطرة (شكل ٥) محفور فى وسط أحدهما ا



(شكل ٥)

على سطحه المواجه للمسطرة حفر أملس مقعر على هيئة نصف كرة فى وسطه ثقب صغير . وبوسط الهدف الآخر ب فتحة مستطيلة ضيقة ملساء موازية لسطح المسطرة بُعد وسطها من حرف المسطرة الملتصق به هذا الهدف كبعد مركز الثقب من الحرف الآخر ، وطول الفتحة يوتر عند مركز الثقب زاوية ليست بأقل من الزاوية التى يوترها عنده قطر القمر .

والآلة مثبتة على حامل بحيث يمكن تحريكها بسهولة وتوجيهها نحو القمر . ولاستعمالها تهيأ فى الوضع الذى إذا نُظر فيه من الثقب خلال الفتحة رؤى طرفا الفتحة منطبقين على محيط القمر ، فان وجدت فى الفتحة فرجة خالية سدت . فاذا ما أعدت على هذا النحو أبعدت العين عن الثقب ، وقوبل الثقب بجسم كثيف ، فيظهر على سطحه ضوء القمر النافذ من الفتحة إلى الثقب . فاذا سدت الفتحة بالتدريج أخذ الضوء على الكثيف يتصاغر ، وإن سدت الفتحة بساتر ذى ثقب حتى لا يبقى منها إلا جزء صغير ، كان الضوء الواقع على الكثيف هو الصادر من الجزء الذى على السموت المستقيمة الممتدة بين الثقب الموجود فى الهدف ا وبين هذا الجزء من الفتحة . وإن حرك الساتر حتى ينكشف من سطح القمر أجزاء مختلفة رؤى الضوء أيضا ، وإن حركت المسطرة حتى ينكشف جزء آخر من سطح القمر أو نقلت الى مواضع مختلفة أو استخدمت آلات عدة كان الأمر كذلك .

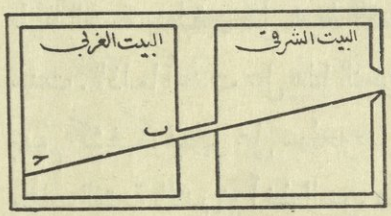
وابن الهيثم يستنبط من هذا الاعتبار أن الضوء الذى يصدر عن جرم القمر عند إشراق الشمس عليه إنما يصدر عنه كما يصدر عن الأجسام المضيئة بذواتها ، فيشرق من كل نقطة من سطح القمر على كل نقطة تقابلها ، لا كما يصدر عن الأجسام العاكسة . وهو يشير إلى وجوب الاحتياط فى إجراء التجربة فيغير اتساع الفتحة برفق وتكون المسطرة وقت تأمل الضوء ثابتة لاتتحرك ويكون الجسم الذى يظهر عليه الضوء الخارج من الثقب قريباً جداً منه ، ويجب أن يُتأمل الضوء تأملا شديداً ، ويجب أن يتخير لاجراء

التجربة ليالى امتلاء القمر ، لأن ضوء القمر ضعيف والضوء الخارج من جزء صغير منه ضعيف جداً ويتطلب الأمر الامعان والتفقد .

٣٦ — اعتبار ابن الهيثم لبيانه امتداد ضوء الصباح على السموت المستقيمة

ذكرنا فيما قبل رأى ابن الهيثم فى أن ضوء الصباح أو الفجر من قبيل الأضواء العرضية . ومن التجارب التى يوردها لتحقيق امتداد الأضواء العرضية على السموت المستقيمة تجربة تنصب على ضوء الصباح .

وتتلخص التجربة [1] فى أن يتفقد المعتبر بيتين متجاورين (شكل ٦) أحدهما شرقى والآخر غربى . ويكون الحائط الشرقى من الأول منكشفاً للسماء ، ويثقب فى أعلى هذا الحائط ثقباً مستديراً ا « قطره ليس بأقل من قدم ويكون مخروطاً داخله أوسع من خارجه » (كالمبين بالشكل) ويثقب فى الحائط المشترك بين البيتين ثقبين (نرمز لأحدهما وهو الواقع فى مستوى الشكل بالحرف ب) مساويين للثقب المذكور ، اسطوانيين لا منخرطين بحيث يكون مركز الثقب الأول ا على امتداد محور كل منهما فيكون الثقبان مقابلين للثقب الأول . ويتحرى أن يكونا « أقرب إلى الأرض من الثقب الأول وبحيث إذا نظر الناظر (وهو فى البيت الثانى) فى كل واحد منهما رأى السماء من الثقب الأول الأعلى » ويشترط أن يكون الحائط بين البيتين سميكا أو كما يقول بلفظه « جسيما ليكون للثقبين امتداد مقتدر فى جسم الحائط حتى لا ينخرط الضوء الخارج



(شكل ٦)

---

(١) و(٣٠) — و(٣٣) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر . وقد أورد « ثيدمان » هذه التجربة فى رسالته «Zu Ibn Al Haitams Optik» نقلا عن التنقيح . والتجربة غير موضحة بشكل لا فى مخطوطى المناظر ولا فى التنقيح . ووضحها «ثيدمان» بشكل من عنده . ولكن شرحه يدل على انه ظن أن الثقبين اللذين يعنيهما ابن الهيثم والذى أحدهما فى الشكل الذى أوردناه هنا هو المرموز له بالحرف ب ، هما فتحتا هذا الثقب من طرفيه . وليس هذا هو المقصود ولا يستقيم معه المعنى ، وقد أدى فعلا الى لبس فى أكثر من موضع مما أورده .

من هذين الثقبين انخراطا مسرفا » .

وكيفية الاعتبار أن يُمد « خيط من الثقب الأول الأعلى الى أحد الثقبين وليتحر أن يمر الخيط بنقطة من النهاية الخارجة من الثقب الأعلى والنقطة النظيرة لها من النهاية الخارجة من الثقب المقابل له ، ويداخل الخيط فى الثقب ، وليكن طرف الخيط الذى يلى الثقب الأعلى مشدوداً بمسمار من خارج الثقب ، ويدخل المعتبر الى داخل البيت الغربى ويمد الخيط (على وضع كالمبين بالشكل) الى أن ينتهى طرفه الى موضع من البيت إما أرضه أو بعض جدرانه ، ثم يمد الخيط مداً شديداً حتى يصح استقامته ووضعه » ثم يعلم على موضع طرفه علامة ولتكن نقطة ح المبينة بالشكل ، وتكون هذه النقطة على استقامة السمت الممتد من نقطة النهاية الخارجة من الثقب الأعلى ا الى نقطة النهاية الخارجة من الثقب ب ثم يعيد هذا العمل بالنسبة الى الثقب الآخر ويعين موضع النقطة النظيرة لنقطة ح بالنسبة اليه .

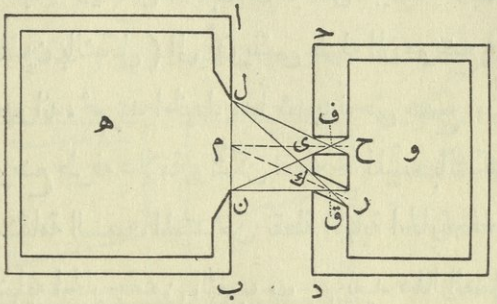
فاذا تحرى المعتبر ليلة ظلماء ودخل البيت الغربى وأغلق الباب ولم يترك فى البيتين شيئا من الضوء ، ونظر من أحد الثقبين وليكن ب مثلا ، الى أن يرى السماء من الثقب الأعلى ا ، وتحرى ألا يحاذيه كوكب ، ثم تأمل الموضع الذى أعلم عليه العلامة ح مثلا ، فانه يجده مظلما لا أثر للضوء فيه . فاذا انتظر حتى يسفر الصباح ونظر الى أن يرى الجو مضيئا ثم تأمل موضع العلامة ح ، فانه يرى فيه أثر ضوء ضعيف ، ويتقوى الأثر بحسب سطوع ضوء الجو الى أن يتبين . ويكون الضوء فى الموضع ح بالنسبة الى الثقب ب أو الموضع الآخر الذى هو نظيره بالنسبة الى الثقب الآخر ، مستديراً أوسع من الثقب قليلا حسب ما يقتضيه انخراط الضوء . وإذا ستر أحد الثقبين انقطع ضوؤه عن الموضع المقابل له ، وكذلك اذا قطع السمت المستقيم بين هذا الثقب وبين الثقب الأعلى ا بجسم كثيف .

وكذلك إذا ثقب المعتبر فى الحائط المشترك بين البيتين ثقوباً كثيرة وجد

بعدتها أضواءً واقعة على النحو المذكور .

٣٧ — اعتبار ابن الهيثم للتحقق من امتداد الأضواء العرضية على السموت المستقيمة

وقد حقق ابن الهيثم أن الأضواء العرضية التى تظهر على الأجسام الكثيفة تشرق على سموت الخطوط المستقيمة بتجربة عامة بلغت من دقة الوصف ما يجعلها جديرة بالشرح المستقصى هنا[1].



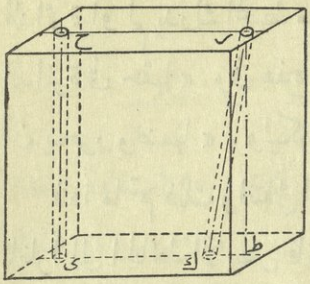
(شكل ٧)

فى هذه التجربة يُتخذ حائط ا ب (شكل ٧) أبيض نقى البياض منكشفاً للسماء ويقابله حائط آخر موازٍ له ، وبالقرب منه . ووراء كل من الحائطين بيت (ورمز للبيتين فى الشكل على الترتيب بالحرفين ه ، و) لا ينفذ اليه الضوء الا من بابه . ثم يؤتى بجسم من الخشب مكعب الشكل مستوى السطوح طوله ليس بأقل من ذراع . وينصف سطحان متقابلان من سطوحه بخطين مستقيمين موازيين لحرف المكعب ، ويؤخذ على أحدهما نقطتان ر ، ح (شكل ٨) تبعد كل منهما عن الطرف القريب منها بما لا يزيد عن عرض أصبعين ، وتجعل كل منهما مركزاً وترسم دائرة نصف قطرها أصبع واحد ثم يتخذ على المستقيم الثانى نقطتان ط ، ى تقابلان نقطتى ر ، ح ، وعلى البعدين نفسيهما ، ويقسم المستقيم ط ى فى نقطة ك بحيث تكون نسبة ط ك إلى ك ى ، كنسبة سمك

---

(١) و (٣٩) — و (٤٩) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر . والشرح الوارد فى الأصل طويل وخلو من الأشكال وقد أوردناه هنا ناهجين على طريقة ابن الهيثم نفسه فى بيان كيفية اعداد الاعتبار واجراء المشاهدات مقتبسين من أقواله مع التصرف فى الوصف والشرح بما يجعلها أكثر وضوحا ومع التحفظ فى التزام معانيه .

الخشبة إلى البعد بين الحائطين .



(شكل ٨)

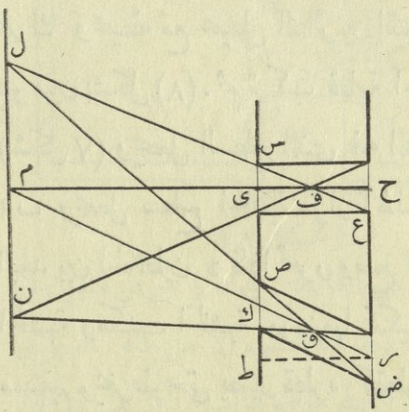
وتجعل كل من نقطتى ك ، ى مركزاً وترسم دائرة حول كل منهما نصف قطرها أصبع واحد . ثم تثقب قطعة الخشب ثقباً اسطوانياً قائما محوره ح ى ومحيطه مع محيطى الدائرتين اللتين مركزاهما النقطتان ح ، ى . وتثقب أيضا ثقباً آخر اسطوانياً مائلا محوره ر ك ومحيطه مع محيطى الدائرتين اللتين مركزاهما النقطتان ر ، ك ، كما هو مبين بشكل (٨) . ثم تركب قطعة الخشب فى فتحة تعمل فى الجدار حـ د (شكل ٧) ويجعل السطح الذى فيه الدائرتان المتقاربتان مما يقابل الجدار ا ب ويجعل سطح الخشبة موازياً لهذا الجدار ويجعل البعد بينهما مساوياً البعد بين الحائطين « فاذا تحرر وضع الخشبة سد ما يفضل من الخلل حول الخشبة ومكنت الخشبة موضعها تمكيناً وثيقاً » . وبعد ذلك يؤتى بعود مستقيم ويخرط حتى يصير قطره كقطر الثقب ويجعل طرفه منخرطاً مدبباً بحيث تصير نقطة رأس المخروط على محور العود بالضبط . ثم يدخل العود فى الثقب الاسطوانى القائم ويعلم بطرفه المدبب نقطة مثل م (شكل ٧) على الحائط الأبيض ثم يخرج العود .

فاذا دخل المعتبر البيت (و) الذى وضعت الخشبة فى جداره وجعل بصره عند محيط الثقب القائم ونظر الى الحائط الأبيض ، أمكنه أن يتفقد نهاية مايدركه بصره من الحائط الأبيض ، وأبعد موضع عن النقطة م يدركه على الحائط ، ويستعين بمن يعيّن له هذا الموضع بالضبط . ثم تجعل النقطة م مركزاً وترسم دائرة نصف قطرها البعد بين نقطة م والموضع المذكور ويجعل محيط الدائرة بيّنا واضحا . فاذا جعل المعتبر بصره ثانية على محيط الثقب القائم ، ونظر الى الدائرة المرسومة وأدار بصره حول محيط الثقب

ولم ير غير محيط الدائرة «فالدائرة فى حقها، وإن أدرك بصره زيادة على محيط الدائرة أو لم يدرك المحيط من بعض الجهات، أو من جميع الجهات، فليست الدائرة فى حقها» . وفى هذه الحالة يلزم تغيير الدائرة واعتبارها «ببصره الى أن يتحرر وضعها» . وليكن نصف قطر الدائرة بعد ضبطها م ل .

فاذا ما تم ذلك وانتقل المعتبر الى الثقب المائل وأدار بصره حول محيطه ناظراً الى الحائط الأبيض فانه يدرك الدائرة المرسومة بلا زيادة ولانقص .

ويورد ابن الهيثم برهاناً هندسياً يبرهن به على ذلك .



(شكل ٩)

وبرهانه يتوقف على فرض أن البصر يدرك المبصر على السموت المستقيمة، وأورده مرسلا لم يوضحه بشكل ولم يستعن فيه برموز، ولكنه لا يخرج عما يأتى :

لنفرض أن المستقيم ح ى (شكل ٩) هو محور أو سهم الثقب القائم ويمر بنقطة م التى هى مركز الدائرة المرسومة على الحائط، فالبصر اذا وضع فى نقطة مثل ع عند محيط الثقب كان أبعد موضع يراه على الحائط هو نقطة ل ، وإن كان الابصار على سمت الخط المستقيم تكون النقاط ع ، س ، ل على مستقيم واحد يمر بمنتصف ح ى ولتكن نقطة المنتصف ف .

وبما أن نسبة سمك الخشبة الى البعد بين الحائطين هى

$$\frac{\text{ح ى}}{\text{ى م}} = \frac{\text{ط ك}}{\text{ك ى}}$$

يكون

$$\frac{\text{ط ك} + \text{ك ى}}{\text{ك ى}} = \frac{\text{ح ى} + \text{ى م}}{\text{ى م}}$$

$$\therefore \frac{\text{ط ى}}{\text{ك ى}} = \frac{\text{ح م}}{\text{ى م}}$$

ولكن ط ى = ر ح $\quad \therefore \frac{\text{ر ح}}{\text{ك ى}} = \frac{\text{ح م}}{\text{ى م}}$

وبما أن ك ى يوازى ر ح إذن نقاط ر ، ك ، م على استقامة واحدة .

فان نصفنا ر ك على ق فنظرا لأن ف ق يوازى سطحى الحائط

$$\therefore \frac{\text{ف ى}}{\text{ف م}} = \frac{\text{ق ك}}{\text{ق م}} \text{ ولكن } \frac{\text{ف ى}}{\text{ف م}} = \frac{\text{ى س}}{\text{م ل}}$$

ى س نصف قطر الثقب القائم ويساوى نصف قطر دائرة الثقب المائل وليكن ك ص

$$\therefore \frac{\text{ف ى}}{\text{ف م}} = \frac{\text{ك ص}}{\text{م ل}} \quad \therefore \frac{\text{ق ك}}{\text{ق م}} = \frac{\text{ك ص}}{\text{م ل}}$$

وإذن تكون نقاط ق ، ص ، ل على استقامة واحدة وامتداد ل ص ق يمر بنقطة على محيط الثقب الذى مركزه ر ولتكن ض .

وإذن يكون ض ص ل مستقيما .

فان كان الابصار على سمت المستقيم ووضع البصر عند ض فان أبعد نقطة من م يدركها على الحائط تكون هى نقطة ل .

ومن هذا يتضح أنه اذا أدير البصر حول محيط الثقب الذى مركزه ر فانه لا يرى من الحائط أكثر من الدائرة التى مركزها م ، ونصف قطرها م ل ، ومنه يتضح أن غاية ما يظهر للبصر اذا أدير حول محيط الثقبين داخل البيت هو محيط الدائرة المرسومة على الحائط الأبيض . فاذا أدرك البصر شيئا يتجاوز محيط هذه الدائرة أو لم يدرك منها شيئا كانت الأوضاع المذكورة غير صحيحة . وفى هذه الحالة يجب تحرير الأوضاع بالضبط والاستيثاق من ذلك بالدقة .

وبعد ذلك يُثقب فى الحائط الأبيض ثقب مستدير محيطه هو محيط

الدائرة أى مركزه م ونصف قطره م ل ويجعل الثقب منخرطاً متسعاً الى داخل البيت ه كما هو مبين بشكل (٧) ويسد الثقب بعد ذلك بجسم كثيف غير صقيل مستوى السطح أبيض مشابه لبياض الحائط « كثوب أبيض أو حجر أو قرطاس » ويسوى سطحه مع سطح الحائط .

وعلى هذه الصفة يتم اعداد ما يلزم للاعتبار .

أما المشاهدات التى تجرى فتتلخص فيما يلى : —

اذا أضاء ضوء الصباح وقوى على الحائط الأبيض قبل أن تشرق عليه الشمس يدخل المعتبر البيت الذى فيه الثقبان ويغلق الباب ويسبل عليه ستراً صفيقاً ، ثم يسد الثقب المائل ، ويقابل الثقب القائم بجسم كثيف أبيض ، فانه يجد عليه ضوءاً بحسب قوة ضوء الحائط ، ويجد الضوء عليه مستديراً منخرطاً كانخراط الضوء الذاتى (فقرة ٣٣) . وإن جعل بصره فى موضع من ذلك الضوء ، فانه لا يرى الا الجسم الذى سد به الثقب على الحائط الأبيض . ثم اذا هو رفع ما سد به هذا الثقب ودخل البيت وسد جميع منافذه الا الثقب القائم ونظر الى الجسم الكثيف الأبيض الذى قابل به الثقب فى الحالة الأولى فانه يجد ان الضوء الذى كان قد ظهر عليه قد بطل ، وإن ظهر عليه ضوء « فهو بحسب ما يصح أن يصدر عن الضوء الذى يصل الى محيط داخل الثقب القائم » فاذا ظهر شىء من الضوء فليصبغ داخل الثقب القائم بصبغ أسود لكى ينقطع ذلك الضوء الظاهر . فاذا رد بعد ذلك الجسم الأبيض الذى سد به الثقب على الحائط الأبيض ا ب ، وأعاد الاعتبار عاد الضوء على الجسم الكثيف الأبيض الذى يقابل به الثقب فى داخل البيت واذا فعل هذا مراراً وجد النتيجة واحدة .

فالضوء فى هذه الحالة يرد من سطح الجسم الأبيض المستضىء بضوء الجو « ثم إن تحرى المعتبر المسافة المستقيمة التى بين الثقب القائم وبين الثقب الذى فى الحائط فيقطعها بجسم كثيف نقى البياض فى أى المواضع شاء من المسافة التى بينهما من خارج الثقب ، وكان الضوء مشرقاً على هذا الجسم ، فان

الضوء يظهر على الجسم الذى فى داخل البيت » . ويتبين من هذا الاعتبار أن الضوء الذى يصدر من الضوء العرضى إنما يصدر على سموت مستقيمة .

وأيضا اذا اعتبر المعتبر الضوء الذى يظهر على الكثيف الذى يقابل به الثقب فانه يجده أضعف من الضوء العرضى الذى فى الجسم الخارج ، وإذا باعد الكثيف وجد الضوء الذى فيه أضعف .

واذا تم اعتبار هذه المعانى من الثقب القائم فليسده وليفتح الثقب المائل وليعتبر منه هذه المعانى فانه يجدها كما وجدها من القائم .

ثم ليفتح الثقبين ويقابل كلا منهما بكثيف أبيض فانه يجد الضوء على الجسمين معاً فى وقت واحد . فيتبين له أن الضوئين إنما يردان معا من الجسم الواحد بعينه الذى سد به ثقب الحائط الأبيض .

وكذلك إن ثقب المعتبر ثقوباً أخرى فى الخشبة على النسبة التى تقدم شرحها وفتحها جميعا وقابل كلا منها بكثيف ، أو الجميع بكثيف فسيح ، وجد أضواءاً بعدد الثقوب ، ويكون كل منها مقابلا للجسم الأبيض الذى سد به ثقب الحائط الأبيض على سمت الاستقامة ، بحيث إذا رفع هذا الجسم بطلت تلك الأضواء جميعاً .

وإذا تحقق هذا المعنى من ضوء الفجر فيراعى المعتبر طلوع الشمس وإشراقها على الحائط الأبيض ، ثم يعتبره على الوجوه المتقدمة ، فانه يجد الحال فى ضوء الشمس كما وجده فى ضوء الفجر ، الا أن ما يظهر من الضوء حينئذ على الكثيف الذى يقابل به الثقب يكون أقوى . وكذا إن اعتبر بضوء القمر أو ضوء النار .

وابن الهيثم يشرح هذه التجربة باسهاب وقد أوردناها هنا بايجاز ، ملتزمين الى حد كبير عباراته وألفاظه . والتجربة من أحسن الأمثلة فى نظرنا لتوضيح الطريقة التى نهجها ابن الهيثم فى بحوثه العملية ، وفى وصف تجاربه الهامة ، وشرحها وسرد نتائجها وبيان الأغراض التى أرادها منها .

٣٨ – استقراء أحوال الأضواء المنعكسة والنافذة

ولا يقنع ابن الهيثم بالتجارب التى أوردناها بل يمضى فى تحقيق الامتداد على السموت المستقيمة فى الأضواء المنعكسة وفى الأضواء النافذة من الأجسام المشفة . ويصف لذلك تجارب كثيرة . ويتلخص بعضها فى أن يؤتى بجسم كثيف تقطع به المسافة المستقيمة بين السطح الصقيل العاكس وبين موقع الضوء الذى ينعكس عنه ، أو بين الجسم المشف وبين موقع الضوء النافذ منه الذى هو منه بمثابة الظل ، حيث يتبين فى جميع الأحوال أن الامتداد هو فعلا على السموت المستقيمة . ويستعين أيضاً فى بعض تجاربه لبيان امتداد الأضواء المنعكسة على السموت المستقيمة بظاهرة الظلال حيث إذا استقبل الضوء المنعكس ، على جسم كثيف أبيض يوضع بالقرب من السطح العاكس ودوخل فى المسافة المستقيمة بينهما ميل دقيق أو خلالة ، لوحظ ظهور ضوء منعكس على الميل نفسه وظهور ظل الميل على الجسم الكثيف الأبيض . « وقد يمكن أن تحرر المسافة المستقيمة التى بين الميل وبين الظل بمسطرة تمتد فيما بينهما ويحرك الميل فى طولها » [١] فيوجد الظل فى موضعه . وبالمثل أيضاً فى الأضواء النافذة من الأجسام المشفة .

وهو يعنى أيضاً فى بحوثه فى الانعطاف كما سنبين فى الجزء الثانى من هذا الكتاب ببيان أن الضوء عند نفوذه من وسط مشف كالهواء الى آخر مشف يختلف شفيفه عن شفيف الأول كالماء أو الزجاج فانه يمتد فى المشف الثانى أيضاً على السموت المستقيمة سواء كان نفوذه فيه مقروناً بالانعطاف أو غير مقرون .

٣٩ – حكم ابن الهيثم عن كيفية اشراق الأضواء من الأجسام المضيئة

تلك بحوث ابن الهيثم العملية الخاصة بالامتداد على السموت المستقيمة

---

(١) و (٥٣) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

أوجزناها فيما سبق . ويتبين منها كيف عنى ابن الهيثم بالأضواء الذاتية والأضواء العرضية فى بحوثه وكيف تصفحها وكيف استقرأ أحوالها المختلفة. وهو يستنبط من هذه البحوث المتشعبة حكما عاما ينص عليه قائلا بلفظه « فقد تبين من جميع ما شرحناه وبيناه بالاستقراء والاعتبار ، أن إشراق جميع الأضواء إنما هو على سموت خطوط مستقيمة فقط . وإن كل نقطة من كل جسم مضىء ذاتياً كان الضوء الذى فيه أو عرضياً ، فان الضوء الذى فيه ، يشرق منه ضوء على كل خط مستقيم يصح أن يتوهم ممتداً منها فى الجسم المشف المتصل بها »[١] .

وهذا الحكم يعد من المبادىء والأصول فى علم الضوء . فهو لا شك يتضمن المعنى الذى نعبر عنه الآن بالانتشار على الخطوط المستقيمة ، والذى يعد من الخواص الأولية للضوء . وهو فى الوقت نفسه يتضمن أيضاً معانى أخرى قد أدركها ابن الهيثم ونص عليها . فهو يعقب عليه قائلا « فيلزم من ذلك أن يكون الضوء يشرق من كل نقطة من كل جسم مضىء فى الجسم المشف المتصل بها إشراقا كرياً ، أعنى على كل خط مستقيم يصح أن يمتد من تلك النقطة فى الجسم المشف . ويلزم أن يكون الجسم المشف هواء كان أو غيره إذا أضاء بضوء ما ، أى ضوء كان ، فان الضوء الذى فيه هو ضوء يشرق عليه من كل نقطة من الضوء الذى منه أضاء ذلك الجسم المشف ، على كل سمت مستقيم يمتد من تلك النقطة فى ذلك الجسم المشف »[٢] .

وقد يبدو أول وهلة أن هذا التعقيب إعادة وتكرار لمعنى الحكم المذكور يغنى عنه الحكم ذاته . ولكنا نرى أن اللزوم الأول يتضمن معنى يجاوز المعنى الذى يؤديه الحكم وهو معنى الاشراق الكرى والنص عليه . فضلا عما فيه من توكيد معنى الحكم نفسه . فابن الهيثم يريد القول بأن النقطة من

---

(١) و (٥٧) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٢) و (٥٨) « « « «

سطح الجسم المضىء سواء كان ضوؤه ذاتياً أو عرضياً مستمداً من غيره لا يشرق منها الضوء الى جهة خارج الجسم فحسب ، بل يشرق منها ضوء الى جهة باطن الجسم أيضاً بقدر ما يسمح به امتداد الوسط المشف من وراء النقطة المضيئة الى تلك الجهة . والمعنى فى الواقع ليس سطحياً كما يظن بادىء ذى بدء ، فهو صدى بعيد إن صح هذا التعبير لفكرة طبقها « هويجنز » بعد ابن الهيثم بستة قرون أو يزيد لشرح الانعكاس والانكسار على أصول النظرية الموجية . فمن المعلوم أنه إذا وقعت موجة « ضوئية » على سطح جسم فالنقطة التى يلمس عليها صدر الموجة سطح الجسم تعد مركزاً تبتدىء منه مويجة ضوئية لا تنتشر خارج الجسم فحسب ، بل تنتشر أيضاً داخل جرمه لو كان بالجسم شفيف يخول ذلك . وليس بقادح فكرة ابن الهيثم أن يترتب على اختلاف شفيف الجسم عن شفيف الوسط الخارجى أن تكون سرعة الانتشار الى الخارج وسرعة الانتشار الى الداخل مختلفتين ، والواقع انه أدرك هذا الاختلاف كما أشرنا الى ذلك فيما قبل . وإن لم يكن للجسم شفيف البتة فان سطحه لا يخلو من مسام والمسام المتصلة بالنقطة المضيئة من سطحه لا شك يمتد فيها على قدر إحاطتها بهذه النقطة شىء من الضوء المشرق من تلك النقطة .

أما اللزوم الثانى فان لابن الهيثم منه غرض فابن الهيثم يعارض أصحاب الشعاع على اختلاف مذاهبهم وتعدد آرائهم التى ذكرناها من قبل فى كيفية الابصار . ومنها قول فريق منهم إن الشعاع الخارج من البصر الى النقطة المبصرة يجعل الوسط المشف بينهما يؤدى من النقطة المبصرة الى البصر صورتها على سمت امتداد هذا الشعاع . ولذلك نراه هنا يُلزم أن يكون إشراق الضوء الذى هو عنده علة الابصار ، من النقطة المضيئة على الوسط المشف الملامس لها ، لا على سمت شعاع البصر وحده بحسب قول هذا الفريق ، بل على كل السموت التى يصح أن تتوهم ممتدة من تلك النقطة الى جميع نواحى

الوسط المشف .

وفكرة الاشراق الكرى التى نص عليها ابن الهيثم فى هذا الصدد نصاً صريحاً متى تقررت فى الذهن كخاصة عامة من خواص الضوء تستلزم معنى آخر نجد ابن الهيثم قد أدركه أيضا إدراكا صحيحاً من ناحيته الكيفية . فالاشراق الكرى يستلزم أن تقل استضاءة الجسم المستضىء بغيره بحسب زيادة البعد بينه وبين مصدر الضوء الذى يستضىء به . وهو أدرك حقاً هذا المعنى ونص عليه فى أكثر من موضع واحد من بحوثه . وهو يذكره فى صدد هذا الحكم أيضا فيقول « وقد تبين أيضاً أن الأضواء الثوانى أضعف من الأضواء التى عنها تصدر وكلما بعدت هذه الأضواء عن مباديها ازدادت ضعفاً » (١) ويذكره فى صدد بيان ما يترتب على الانعكاس من ضعف الضوء فى بحوثه عن الانعكاس حيث يقول « فكل ضوء يشرق من جسم مضىء فان قوته تكون بحسب بعده من مبدئه وكلما كان أبعد عن مبدئه كان أضعف » (٢) ثم يمضى لبيان أن الضوء المنعكس إن كان ينخرط ويتسع بعد انعكاسه فانه كلما بعد عن السطح العاكس ضعف ويعزى السبب الى ثلاث علل « إحداهن بعده عن موضع الانعكاس والأخرى انبساطه واتساعه والأخرى الانعكاس » وإن كان الضوء المنعكس ينخرط ويضيق فانه يقوى بسبب اجتماعه ويضعف بسبب البعد وبسبب الانعكاس . فتكون النتيجة النهائية بحسب ما يترتب على تكافىء قوته وضعفه أو تفاوتهما . وواضح أن ابن الهيثم لم يوفق فى التفريق بين عامل البعد وبين عامل الانخراط ، فى أقواله هذه الخاصة بالانعكاس . ولكن أقواله بوجه عام فى هذه المواضع وغيرها صريحة الدلالة على أنه رأى أن الضوء يضعف بسبب البعد عن مصدره .

---

(١) و (٥٨) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٢) و (٦٠) « « الرابعة «

٤٠ — شرح ابن الهيثم لظاهرة الاظلال واستدراك أخطاء من تقدموه

خاصة امتداد الأضواء على السموت المستقيمة يترتب عليها رأساً حدوث الاظلال . فمن الواضح أن الضوء اذا كان امتداده على سموت الخطوط المستقيمة فانه إذا أشرق على جسم كثيف استتر ما وراء هذا الجسم عن الضوء ، وإذا رفع الكثيف أشرق الضوء على الموضع المستظل . وارتباط الاظلال بخاصة الامتداد على سموت الخطوط المستقيمة وشرح أشكال الاظلال المختلفة على أساس هذه الخاصة يجعل ظاهرة الاظلال ذاتها دليلا على امتداد الأضواء فى السموت المستقيمة . وقد أدرك ابن الهيثم فعلا هذا المعنى كما بينا من قبل . ولكنه أفرد للاظلال مقالة خاصة هى مقالته « فى الاظلال » تناول فيها أموراً كثيرة لا يضمنها كتابه المناظر . وظاهرة الاظلال مألوفة ، ولها شأن فى علم الفلك وهى كما يقول ابن الهيثم فى مقدمة مقالته أحد الأصول المعتمد عليها فى علم الهيئة ، فالخسوفات بأنواعها المختلفة تحدث عن الاظلال ، وتحقيق مقادير الخسوفات وأزمانها لا يتأتى إلا بدراسة أشكالها . ولكن على الرغم من هذا يستفاد من مقالة ابن الهيثم أن الذين تناولوا هذه الظاهرة بالبحث من قبله لم يستوفوا بحثها ولم يبينوا أشكال الاظلال المختلفة ، ولم يميزوا بين مانسميه « الظل » وما نسميه « شبه الظل » فى الوقت الحاضر ، واقتصرت أقوالهم على ناحية واحدة من نواحيها .

لذلك عنى ابن الهيثم بصفة خاصة فى بحثه بالتمييز بين معنى الظل ومعنى شبه الظل وبدأ مقالته بتعريفين ، أحدهما تعريف الظلمة ويعرفها بعدم الضوء بالكلية والآخر تعريف الظل ويعرفه بعدم بعض الأضواء مع وجود ضوء أو أضواء أخرى . فمعنى الظل فى اصطلاحنا الحديث يطلق عليه « الظلمة » وفى مواضع كثيرة يعبر عنه « بالظل المحض » ومعنى شبه الظل

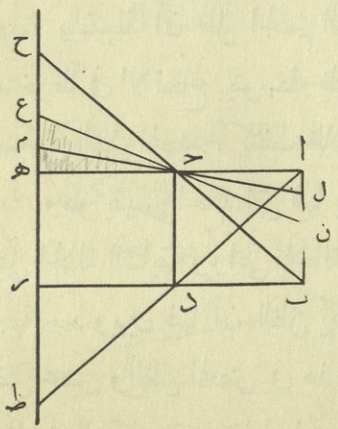
يطلق عليه لفظ « الظل » مجرداً . والأرجح كما يستفاد من أقواله أن من تقدموه فى الكلام فى الأظلال اقتصرت أقوالهم على الظل المحض أو الظلمة وهى ما يطلق عليه أحياناً اسم « الظل الهندسى » .

وابن الهيثم تناول فى مقالته الأشكال المختلفة العامة التى تحدث الأظلال على صورتها ، وعنى بذكر التفصيلات وبالاشارة إلى المواضع التى يشوبها الزلل من أقوال من تقدموه .

ونوضح فيما يلى طريقته فى شرح الظاهرة بمثال يصح أن نقيس عليه الأحوال الأخرى ذات الأشكال المختلفة ، ناهجين فى توضيحه المنهج الذى اتبعه هو نفسه .

لنتوهم مستوى نخرجه حتى يقطع سطح الجسم المضىء ويقطع سطح الجسم الكثيف ولنفرض لسهولة الشرح انه يقطع الأول على المستقيم ا ب (شكل ١٠) وبقطع الثانى على المستقيم ح د .

نصل ا ح ، ب د ونخرجهما على استقامة ، فهما إما أن يكونا متوازيين وإما أن يتلاقيا فى جهة ا ب وإما أن يتلاقيا فى جهة ح د . لنفرض أنهما متوازيان ، ولنأخذ على امتداد ا ح نقطة ولتكن ه ، ونخرج منها مستقيما يوازى ح د ، ونخرجه حتى يلاقى امتداد ب د على ر وامتداد ب ح على ح وامتداد ا د على ط .



(شكل ١٠)

فمن هذا الشكل يتبين أن أى مستقيم يخرج من أية نقطة من ا ب إلى أية نقطة من ه ر ينقطع بخط ح د فلا يمكن والأضواء تمتد على السموت المستقيمة أن يشرق من المضىء إلى

نقاط هـ ر ضوء ما . وإذن هـ ر فيه ظل محض أو ظلمة لا أثر لضوء المضيء فيها .

ولكن إذا أخذنا نقطة قريبة من ا ، ولتكن ل بحيث يكون ا ل جزءاً يسيراً من المضيء يصح أن يشرق منه ضوء ووصلنا ل حـ ، ومددناه حتى يقطع ح ط على م ، فان الأضواء الممتدة من نقاط ا ل المماسة لنقطة حـ تنتهى إلى هـ م ، ولكن الخطوط الخارجة من جميع نقاط ل ب إلى جميع نقاط هـ م تنقطع جميعاً بخط حـ د . وإذن الجزء هـ م يشرق عليه ضوء من الجزء ا ل من المضيء ولكن يمتنع عنه ضوء الجزء المتبقى من المضيء وهو ل ب وهو الجزء الأعظم . فخط هـ م ظل ولكنه ليس ظلمة تامة وليس ظلا محضاً بل هو ظل يمازجه ضوء . وإن كان ا ل أصغر من ل ب كثيراً كان الظل فى هـ م أكثر .

فان أخذنا نقطة أخرى مثل ن تلى نقطة ل على المضيء ، ووصلنا ن حـ ومددناه حتى يقطع ح ط على ع ، اتضح أن م ع يستضيء من ا ل ولا ن ويستتر عن ن ب ، فالجزء م ع إذن ظل يشوبه ضوء غير أن ضوأه أكثر من ضوء هـ م وهكذا .

بهذه الكيفية يبين ابن الهيثم الظل المحض والظل الذى يمازجه ضوء . ومنه يستنبط أن ظل الجسم الذى يمثل فى الشكل بالمستقيم حـ د يكون منخرطاً فى الاتساع يتوسطه ظل محض يحيط به ظل يمازجه ضوء والذى منه يلى الظل المحض أكثف ظلا والذى يتطرف عنه أرق .

وهو يقيس الحالة التى فيها يتلاقى المستقيمان ا حـ ولا ب د فى جهة ا ب على الحالة السابقة ويراعى الحالة التى فيها يتلاقى المستقيمان ا حـ ولا ب د فى جهة حـ د ويبين فيها أن الظل يكون أيضاً منخرطاً إلى الاتساع ويتوسطه ظل محض والظل المحض فى هذه الحالة مستدق ينتهى عند نقطة (هى التى تمثل فى الشكل بنقطة تقاطع امتدادى ا حـ ولا ب د فى الحالة التى فيها يتلاقيان من جهة حـ د) وما وراءه يكون الظل فيه ممازجاً للضوء كما ان عن جنبى الظل

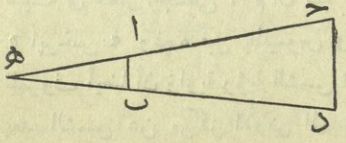
المحض ظل يمازجه ضوء ، وهو متدرج ما يلى الظل المحض أكثف ظلا مما يلى الحاشية .

ويبين ابن الهيثم كل ذلك بوضوح وجلاء . ولعل موضع النقص فى بحوث سابقيه كان قصرهم أقوالهم على هذه الحالة الأخيرة ، وقصرهم أقوالهم على الظل المحض المستدق وإغفالهم الظل الممازج للضوء الذى يحدث من حوله ومن ورائه . فنحن نجد ابن الهيثم فى مقالته لا يعنى بتوكيد حدوث الظل الممازج للضوء فى شرحه فحسب ، بل يمضى بعد ذلك لبيانه بالتجربة ويؤكد عند وصف ما يشاهد فى هذه التجارب أن الاكتفاء بمراعاة الظل المحض لا يجوز وانه خطأ وقع فيه المتكلمون فى الأظلال يجب إصلاحه .

واتخذ فى بعض هذه التجارب « سراجا ذا فتيلة غليظة » وجعله على مسرجة مرتفعة عن الأرض فى بيت لا يدخله الضوء ، وجعل بُعد السراج عن الحائط نحو ذراعين أو أقل ، واعتمد عوداً دقيقاً قابل به السراج ، ومد العود فيما بين السراج والحائط . فاذا تأمل المعتبر ما يظهر على الحائط فى مثل هذه الحالة وجد ظلا عريضاً أعرض كثيراً من العود ، وإذا قدم العود إلى السراج اتسع عرض الظل وإذا أبعده عنه وقربه نحو الحائط ضاق عرض الظل . ومضى ابن الهيثم يصف باسهاب ما يشاهد فى هذا الاعتبار وفى الاعتبار بالشمس بدلا من السراج .

وهو لا يكتفى بذلك ، بل يقدر بعد نهاية الظل المحض عن الكثيف الذى يعترض أشعة الشمس ، حتى إذا تبين بالاعتبار أن ظل الكثيف فى الواقع لا ينتهى عند البعد المقدر بالحساب دل ذلك أيضاً على صحة ما يريده .

فاذا فرضنا أن حد (شكل ١١) قطر الشمس ، ا ب قطر الجسم الكثيف الذى يعترض أشعة الشمس ، فالظل المحض يمتد وراء ا ب إلى النقطة التى يتلاقى عليها امتداداً حـ ا ، د ب



(شكل ١١)

ولتكن ه ، ويكون $\frac{\text{ه ا}}{\text{ا ب}} = \frac{\text{ه ح}}{\text{ح د}}$

ويعتمد ابن الهيثم فى تقدير هذه النسبة كما يقول هو نفسه على ما ذكره بطليموس فى كتابه المجسطى عن نسبة بعد الشمس عن مركز الأرض إلى نصف قطر الأرض ويستدل على أن نسبة بعد الشمس عن مركز الأرض إلى قطر الشمس كنسبة ١١٥ : ١[1]، فان كان الكثيف على سطح الأرض كانت حتما نسبة $\frac{\text{ه ح}}{\text{ح د}}$ أقل من ١١٥ : ١

وإذن $\frac{\text{ه ا}}{\text{ا ب}}$ أقل من ١١٥ : ١

فلا يتجاوز بعد الكثيف الذى يعترض أشعة الشمس عن نهاية ظله

---

(١) الأصل الذى رجعنا اليه فيما يتعلق بمقالة الأظلال هو تحرير الفارسى لهذه المقالة وهو الوارد فى ذيل التنقيح . والنسخة المطبوعة مضطربة فى هذا الموضع بالذات . وهى مأخوذة عن مخطوطين فى الهند وروجعت على مخطوط « ليدن » . وقد أشار « كرنكو » الذى راجع النسخة على مخطوط ليدن الى هذا الاضطراب . والوارد فى المعنى الذى نحن بصدده هو « فان بطليموس قد بين فى المجسطى أن بعد الشمس عن مركز الأرض ١٢١٥ مرات مثل نصف قطر الأرض » ولم ترد بيانات أخرى يمكن منها استخراج النسبة المطلوبة ولا تستقيم الأقوال الواردة لبيان كيفية الحصول عليها . ولكن من المعلوم أن نسبة بعد الشمس عن مركز الأرض الى نصف قطر الأرض بحسب ما هو وارد فى المجسطى يتفق وهذا المقدار المذكور وهو يساوى بالتقريب جزءا من عشرين من قيمة النسبة المعتمدة فى الوقت الحاضر . ثم ان ابن الهيثم فى مقالته فى صورة الكسوف يشير الى نسبة بعد الشمس عن مركز الأرض الى بعد القمر عن مركز الأرض ، المذكورة فى المجسطى وهى $\frac{1}{6}$ ١٨ : ١ ، وهذه النسبة تساوى بالتقريب جزءا من عشرين من القيمة المعتمدة فى الوقت الحاضر وتتفق وما كان معتمدا عليه فى عصر المجسطى . ثم ان نسبة قطر القمر الى قطر الأرض كانت أيضا معروفة قدرها « ابرخس » وغيره قبل بطليموس وهى تساوى بالتقريب $\frac{3}{11}$ أو تزيد قليلا ، وكان من المعروف أيضا أن زاوية رؤية الشمس تساوى بالتقريب زاوية رؤية القمر . فاذا حسبنا نسبة بعد الشمس عن مركز الأرض الى قطر الشمس من هذه المعلومات نجدها بالتقريب تتفق ونسبة ١١٥ : ١ وهو المقدار الذى ذكره ابن الهيثم فى هذا الصدد . ويلاحظ أنه لا يتفاوت كثيرا والنسبة التى تقدر من المعلومات الحديثة .

المحض ١١٥ مرة قطر الكشيف . ويوضح ابن الهيثم هذا الأمر بمثال عددى . لنفرض أن الكشيف عود قطره شعيرة فيكون بعد نهاية ظله عنه أقل من ١١٥ شعيرة وبما أن الذراع ١٤٤ شعيرة يتبين كما يقول بلفظه انه « لو كان أظلال الأجسام الكشيفة المقابلة للشمس هى المنخرطة إلى الحدة فقط لما وجد للعود الدقيق ظل على وجه الأرض إذا كان بعده عن الأرض أكثر من ذراع واحد » .

بهذه الكيفية وعلى هذه الصفة وضح ابن الهيثم موضوع الظل المحض والظل الممازج للضوء . وهو لايختم مبحثه فى الموضوع قبل أن ينبه إلى علاقته بخسوف القمر ، ويقرر ان خسوف القمر لا يكون بالظل المنخرط إلى الحدة فقط بل يكون أيضا بما يحيط بهذا الظل المنخرط الذى هو الظل المحض ، من الظل المتسع الذى يمازجه الضوء أو الذى هو أرق من الظل المحض . ويدلل بما يشاهد فعلا ويقول ان الوجود يشهد بذلك « لأن المعتبر إذا تأمل جرم القمر وقت انخساف بعضه فانه يجد بعضه أسود شديد السواد ، ويجد حاشية السواد التى تلى الجزء الباقى من القمر أرق وأقل سواداً ، ويجد السواد يرق على تدريج . وإذا أنعم التأمل ثم كان الذى بقى من القمر جزءاً يسيراً فانه يجده منكسر اللون غير قوى الضوء . وفيما يظهر له ، دليل واضح على أن ظل الأرض منخرط إلى الاتساع ، وان ماقرب من الظل المحض أقوى مما بعد ، وان جزء القمر الشديد السواد حالة الخسوف هو الذى فى داخل المخروط المستدق ، والرقيق السواد هو الذى فى المخروط المتسع » [١] .

ونرى أن بحوث ابن الهيثم عن الاظلال تغير الوضع التاريخى لهذا الموضوع . فهو قد أحاط بالفكر الأساسية فيه ، وشرحها بما لايتسع إلى

---

(١) يعلق الفارسى فى التنقيح بما يدلل به على صحة أقوال ابن الهيثم ويستشهد بخسوف تام شاهده كان زمان مكثه أكثر من ساعة . وقد استعان ڤيدمان الى معرفة تاريخ تأليف التنقيح بورود الاستشهاد بهذا الخسوف فى الكتاب .

القول بنسبة الفضل فى شرح الأمور المتعلقة بالاظلال الى أمثال « ليناردو دا ڤنشى » أو « كرتشر » كما هو الشائع فى كتب تاريخ علم الضوء [١] .

٤١ — بحوث ابن الهيثم عن كيفية توزع الضوء فى الاظلال وبيانه أوجه الخطأ فى أحكامه

ويتبين من المثال الذى أوضحنا به طريقة ابن الهيثم فى بحوثه عن الاظلال أنه يتناول بيان كيفية اختلاف مقادير الضوء فى الأجزاء المختلفة من الظل الذى يمازجه ضوء . فهو فى الحقيقة يتناول البحث عن كيفية استضاءة الأجزاء المختلفة وكيف تختلف هذه الاستضاءة فى المواضع المختلفة من الظل تبعاً لقربها أو بعدها عن الظل المحض أو عن الحاشية . والموضوع الذى تعرض له ابن الهيثم فى الواقع معقد وهو جدير بالعناية لاسيما انه أصاب فى ناحية من نواحيه وأخفق فى نواحى أخرى .

إذا حللنا المعنى الذى نعنيه فى اصطلاحنا الحديث بشدة الاستضاءة عند نقطة، وجدناه معنى مركباً لا بسيطاً ، فنحن نتوهم نقطة ونتوهم حول هذه النقطة جزءا صغيرا من السطح ذا مساحة مقتدرة ولكنها غاية فى الصغر ، ونقدر على أسلوب ما معدل الضوء الذى يقع عمودا على هذه المساحة الصغيرة فى وحدة الزمن ، ثم نحسب ما ينال وحدة المساحات منها ، وهذا الذى نحسبه على هذه الصفة نجرد منه معنى نعبر عنه « بشدة الاستضاءة » عند تلك النقطة ، ونتخذ هذا المعنى أساسا ونبنى عليه جميع البحوث العملية والنظرية فى فرع من فروع الضوء ، له شأنه من الناحية التطبيقية فى الحياة نسميه «الفتومترية» . ولكن وضع أساس علم « الفتومترية » على هذه الصفة جاء متأخراً ولم تبدأ

---

(١) Mach فى كتابه The Principles of Physical Optics

الفكرة الأساسية فيه تتكون إلا حوالى منتصف القرن الثامن عشر[١]، ولم يكن المعنى الكمى للضوء قد أدرك بوضوح قبل ذلك .

وابن الهيثم فى تعرضه إلى هذا الموضوع فى بحوثه عن الاظلال قد عنى من تلك المعانى المختلفة التى يتضمنها تعريف شدة الاستضاءة بمعنيين اثنين . الأول انه راعى دائماً مساحة صغيرة فى الظل فوازن كما اتضح مثلا فى المثال الذى أوردناه بين الضوء الذى يستضىء به الجزء الصغير هـ م (شكل ١٠) وبين الضوء الذى يستضىء به الجزء الذى يليه وهو م ع وهكذا .

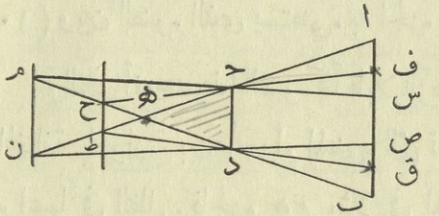
والثانى أنه عد هذا الضوء كماً قابلا للزيادة والنقصان ، ووازن بين مقاديره المختلفة بالموازنة بين أجزاء المضىء التى تستضىء بها المساحات المختلفة التى يراعيها فى الظل . فالجزء هـ م مثلا فى المثال المذكور يستضىء بالجزء ا ل من المضىء والجزء م ع الذى يليه يستضىء بالجزئين ا ل ، ل ن من المضىء فضوؤه إذن أكثر وهكذا ، فهو فى هذا وحده قد أدرك بل أدرك وطبق أحد الأصول الثلاثة التى بنى عليها « لامبير » علم الفتومترية . ولكنه أغفل عاملين أساسيين لهما دخل وشأن فى الأمر يتوقف عليهما مقدار الضوء الواقع عموداً على مساحة صغيرة من السطح ، أحدهما عامل البعد فهو لم يراعه فى بحوثه فى هذا الصدد على الرغم من أنه ذكره مراراً فى مقالته الأولى فى المناظر ، حيث قرر فى مناسبات كثيرة كما أشرنا إلى ذلك من قبل أن استضاءة سطح الكثيف تقل تبعاً لزيادة بعده عن مصدر الضوء ، والعامل الثانى هو عامل الميل أى ميل الجزء المضىء الذى يشرق منه الضوء بالنسبة إلى اتجاه إشراق

---

(١) ينسب الفضل الأكبر فى ذلك الى Bouguer و Lambert وقد عنى الأول بالناحية العملية ونشر رسالته Essai d'Optique sur la gradation de la lumière سنة ١٧٢٩ ثم أتبعها بكتابه Traité d'Optique ونشر سنة ١٧٦٠ بعد وفاته . أما Lambert فاتجهت عنايته الى الناحية النظرية والى وضع الأساس الرياضى للموضوع ونشر مؤلفه Photometria سنة ١٧٦٠ . انظر كتاب ماك مثلا .

الضوء منه على المستضىء . ثم هو علاوة على ذلك قد أغفل أن شدة استضاءة الجزء الصغير من السطح المستضىء منوطة أيضا بميله بالنسبة الى اتجاه ورود الضوء اليه .

ويتضح كيف تسرب الخطأ إلى بحوثه باغفال هذه الأمور إذا حللنا أقواله فى كيفية توزع الضوء فى الظل الذى يكتنف المخروط المستدق إذا كان الكثيف أصغر حجما من المضىء . فلنفرض أن ا ب (شكل ١٢) هو المضىء ، ح د الكثيف ولنخرج ا ح ، ب د حتى يتلاقيا على ه ولنخرجهما حتى يلاقيا مستقيما موازياً للمستقيم ح د على ط ، ح . فابن الهيثم بعد أن بيّن كما



(شكل ١٢)

اتضح فى المثال السابق ، أن الظل الذى يحيط بالظل المحض من جنبيه يرق كلما بعدنا عنه وقربنا من الحاشية ، تناول شرح كيفية توزع الضوء على ح ط الذى هو أبعد عن ح د من نقطة ه ، التى تمثل رأس مخروط الظل المحض . فاذا وصلنا ح ح ومددناه حتى يلقى ا ب على ف ، ووصلنا ط د ومددناه حتى يلقى ا ب على ق ، اتضح أن ح ط يستضىء بالجزئين ا ف ، ب ق من المضىء .

وابن الهيثم يبين أنه لا تستضىء كل نقطة من ح ط بكل نقاط ا ف ، ولا بكل نقاط ب ق . لأن الجزء الذى يلى نقطة ط من جهة ح « الذى هو أصغر جزء يصح أن يظهر عليه الضوء » يستضىء بالجزء الذى يلى ا « الذى هو أصغر جزء يصح أن يشرق منه الضوء » ، ويستضىء الجزء الذى يليه بجزءين من ا ف وهكذا . وبالمثل حكم استضاءة أجزاء ح ط من ب ق . وهو يرى أنه إذا كان الجزءان ا ف ، ب ق من المضىء متساويين أو فى حكم المتساويين ، أى ليس بينهما تفاوت كبير ، يكون الظل فى ح ط

كما يقول بلفظه « متساوياً متشابهاً ، وكذا ضوؤه » . ويفصل هذا الأمر بالطريقة الآتية :

لنفرض أن أجزاء كل من ا ف ، ب ق عشرة مثلا وجميعها متساوية . فالجزء الصغير الذى عند نقطة ح نفسها يصل اليه ضوء من الأجزاء العشرة من ا ف ، ولا يصل اليه ضوء ما من أى جزء من أجزاء ب ق . ولكن مما يلى نقطة ح من جهة ط توجد نقطة على ح ط ، يكون الجزء الذى عندها بحيث يصله ضوء من تسعة أجزاء فقط من أجزاء ا ف مما يلى ا ، ومن جزء واحد فقط من أجزاء ب ق هو الجزء الذى يلى نقطة ب . وأيضا توجد نقطة تلى تلك النقطة على ح ط يكون الجزء الذى عندها بحيث يصله ضوء من ثمانية أجزاء فقط من أجزاء ا ف ، ومن جزءين فقط من أجزاء ب ق . وهكذا . فكأن أجزاء ح ط عند هذه النقاط المتتالية تستضىء جميعا بعشرة أجزاء من مجموع أجزاء ا ف ، ب ق العشرين .

ومن هذا يستنبط أن الظل فى ح ط يكون متشابهاً متساوياً .

وواضح أن هذا الشرح لا يصح على الوجه العام وإن كان يمثل إلى حد ما وفى حدود ضيقة وعلى صفة تقريبية ، ما يحدث فى أحوال الظلال عند الكسوفات . وابن الهيثم لا شك كان يقصد بصفة خاصة هذه الناحية . والحقيقة أن أجزاء ا ف ، ب ق المتساوية ليست جميعا فى حكم المتساوية الأبعاد عن ح ط وليست جميعاً فى حكم المتعامدة على السمت الواصل بينها وبين أجزاء ح ط ، كما ان الضوء الواقع على ح ط ليس فى حكم المشرق على أجزاء ح ط فى اتجاه العمود عليها ، ثم ان الأجزاء المستضيئة من خط ح ط لا تستضىء فى الواقع من الأجزاء الخطية من ا ف ، ب ق فقط بل من أجزاء أخرى أيضا لا تقع فى مستوى الشكل ، إذ لا يخفى أن للمضىء والحاجز المعتم كليهما امتداداً فى اتجاه العمود

على مستوى الشكل وهو المستوى المتوهم لتوضيح الفكرة الأساسية فى الشرح .

وابن الهيثم يطبق هذه الفكرة فى أمر آخر . فاذا أخرجنا مستقيما آخر مثل مر ن بعده عن حد أكبر من بعد ح ط عنه ، وقطع المستقيم امتداد ا ح على نقطة ن وامتداد ب د على نقطة م كالمبين بالشكل ، ووصلنا م ح ومددناه حتى يقطع ا ب على نقطة س ، ووصلنا ن د ومددناه حتى يقطع ا ب على نقطة ص فابن الهيثم يبين أن م ن يستضىء بضوأى ا س ، ب ص وهما أعظم من ا ف ، ب ق ومنه يستنبط أن الضوء المشرق على م ن أكثر من المشرق على ح ط وإذن كما يقول بلفظه « فظل م ن أرق من ظل ح ط » . ومن الواضح أنه إذا كانت « رقة » الظل بحسب شدة الاستضاءة وهو الواقع ، فان الأمر ليس كذلك .

تلك هى بايجاز أخطاؤه فى بحوثه عن هذه الناحية من الموضوع .

٤٢ — ابن الهيثم وموضوع الخزانة المظلمة ذات الثقب

وخاصة امتداد الأضواء على سموت الخطوط المستقيمة تؤدى رأساً إلى أن الضوء المشرق من جسم مبصر إذا نفذ من ثقب ضيق فى حاجز واستقبل على حاجز أبيض من خلفه تكونت على هذا الحاجز صورة منكوسة للجسم . ويستعمل عادة للحصول عليها جهاز أو آلة تسمى فى كتب الضوء الابتدائية « الخزانة المظلمة ذات الثقب » ، ويطابق هذا الاسم اسمها اللاتينى الذى عرفت به فى القرون الوسطى وفى عصر النهضة . ومن المتواتر نسبة الفضل فى الكشف عن تكوّن الصورة على هذه الصفة الى « دلا پورتا » الذى أورد ذكر هذه « الخزانة المظلمة » ووصفها فى كتاب له نشر فى سنة ١٥٨٩ [١] .

(١) والكتاب اسمه « Magia Naturalis » أى « السحر الطبيعى » وكان كشكولا اختلط فيه الغث بالثمين وحوى موضوعات عدة فى فروع مختلفة كتوالد الحيوان واستحالة =

ولكن مما لاشك فيه أن ابن الهيثم تناول دراسة نفوذ الأضواء من الثقوب . وهو قد دلل (كما ذكرنا فيما سبق) فى مقالته الأولى فى المناظر على أن ضوء الشمس يشرق من جميع أجزاء سطحها بمشاهدة انخراط ضوء الشمس النافذ من ثقب ضيق انخراطاً متسعاً . وأكثر تجاربه على امتداد الأضواء تتضمن الاعتبار « بالبيوت المظلمة »[١] ذوات الثقوب . فمن المرجح أنه وهو يمعن النظر فى مواقع الأضواء النافذة من الثقوب قد عرض أمام بصره فى بعض تلك التجارب صورة منكوسة لجسم موجود فى الخارج . وإن كنا حقاً لانجد لهذه الظاهرة ذكراً صريحاً فى أقواله فى المناظر ، فان له مقالة فى « صورة الكسوف »[٢] تدل لا على انه كان يعلم على التحقيق بتكون الصور بوساطة الثقوب الضيقة فحسب ، بل على انه عالج أيضاً ناحية تبينت له من هذه الظاهرة ، لا يُعنى بذكرها أو شرحها فى كتب الضوء المتداولة بين أيدينا الآن .

فمن المعروف أن الحصول على صورة واضحة بوساطة الثقب مشروط بضيق الثقب ، وانه كلما زاد الثقب ضيقاً زادت الصورة شبهاً بالجسم الذى هى صورته ، وصارت حواشيها أدق وأكثر تحققاً . ولكن فى الوقت نفسه كلما زاد الثقب ضيقا قل الضوء النافذ وصارت الصورة أدنى إلى الخفاء عن البصر . فلكى تتكون صورة واضحة تراها العين ، يشترط فى الثقب ألا يكون متسعاً فسيحاً فتشتبه الصورة ، ولا ضيقاً جداً فلا يدركها الحس لضعف ضوئها . وهذا مجمل ما تنحصر فيه العناية الآن . والذى يدعو إلى الدهشة

= المعادن وعلم الاستاتيكا والصيد وتحضير الروائح العطرية وفيه وصف لبعض تجارب فى الضوء ومنها كيفية الحصول على صورة مقلوبة لمبصر عند ما ينفذ الضوء الصادر منه خلال ثقب صغير الى داخل غرفة مظلمة .

(١) أغلب الظن أن الاسم « Camera Obscura » مأخوذ عن العبارة العربية « البيت المظلم » التى ترد كثيراً فى أقوال ابن الهيثم .

(٢) مقالة صورة الكسوف تحرير الفارسى ووردت فى ذيل التنقيح .

أن ابن الهيثم يعنى فى مقالة « صورة الكسوف » بأمر أبعد من ذلك ، وهو البحث عن الحد الذى إذا تجاوزه اتساع الثقب تختفى معالم الجسم فى الصورة ، فكأنه يحاول أن يجد ضابطاً لأمر يبدو لا ضابط له ، لكى يسترشد به فى الانتفاع بالظاهرة .

٤٣ — شرط عدم اشتباه الصورة فى نظر ابن الهيثم

ومقالة « صورة الكسوف » من المقالات التى لا تدرك منها المعانى التى يرمى اليها ابن الهيثم إلا بشىء من الترويى والتبصر . ولكن متى وضحت الفكرة الأساسية التى يتخذها أساساً لأقواله ويبنى عليها ما يريد من المعانى أو النتائج ، زال ما يبدو أول وهلة من الغموض ، وصارت أجزاء المقالة ومقاصدها متدرجة متماسكة ومعانيها مقبولة واضحة ، لا لُبسة ولا غموض[1] .

وتتضح الفكرة الأساسية التى يبنى عليها أقواله فى هذه المقالة إذا توهمنا نقطتين من نقاط الجسم المرئى الذى ينفذ منه ضوء من الثقب ويقع على الحاجز . فموقع الضوء من كل بمثابة صورتها ، وموقع الضوء من كل هو كالبقعة منبسط ذو مساحة مقتدرة . فان كان موقع الضوء من إحداهما بعيداً عن موقع الضوء من الأخرى كانت صورة إحداهما متميزة عن صورة الأخرى ، وتبقى متميزة كذلك اذا اقترب الموقعان أحدهما من الآخر حتى يتلامسا .

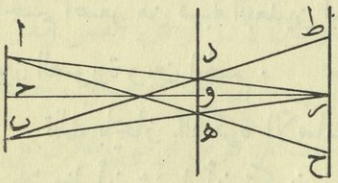
---

(١) بدأ ابن الهيثم هذه المقالة بقوله « قد يوجد ضوء الشمس وقت كسوفها ، اذا نفذ من ثقب ضيق مستدير ، وانتهى الى سطح مقابل للثقب هلاليا ، اذا كان الجزء الباقى من جرم الشمس هلاليا ولم يستغرق الكسوف جميعها . ولا يوجد مثل ذلك عند خسوف القمر ، اذا كان الجزء الباقى منه هلاليا ، ولا فى أوائل الشهور وأواخرها ، بل يوجد ضوؤه أبدا مستديرا اذا كان الثقب مستديرا ... الخ » وقد علق مصحح طبعة حيدر أباد لكتاب التنقيح بعد تعجبه من ورود مثل هذه الأقوال من ابن الهيثم بقوله « لعله فاته الاعتبار (أى الاعتبار بضوء القمر) لسوء آلات المناظر فى زمانه » . وسيتضح فيما يلى الأغراض التى أرادها ابن الهيثم من هذه الأقوال .

أما إذا تجاوز اقتراب أحدهما من الآخر حد التماس ، وامتزج بعض الضوء من إحداهما ببعض الضوء من الأخرى ، فان صورتى النقطتين المتوهمتين على الجسم تتداخلان ولا تكونان متميزتين .

هذه هى الفكرة الأساسية التى يبنى عليها ابن الهيثم بحوثه وينسج حولها أقواله . فعند ورود الضوء من الجسم ونفوذه من الثقب ووقوعه على الحاجز، تتكون على الحاجز ما نسميه هنا بقعة ضوئية . ولكى تكون هذه البقعة الضوئية صورة قريبة الشبه من صورة الجسم ، يرى ابن الهيثم أن اتساع الثقب يجب ألا يتجاوز الحد الذى يكون فيه موقع الضوء الوارد من أحد طرفى الجسم مماساً لموقع الضوء الوارد من طرفه الآخر ، وكلما كان موقعا الضوئين المذكورين أبعد كانت الصورة أشد شبهاً بالجسم ، وأدنى ألا تشتبه .

وينص ابن الهيثم فعلا على الشرط الهندسى لذلك . وهو بايجاز ألا تكون نسبة قطر الثقب إلى قطر الجسم أكبر من نسبة بعد الحاجز (الذى تحدث عليه الصورة) عن الثقب الى بعد الحاجز عن الجسم . ولتوضيح ذلك نفرض أن مستوى شكل (١٣) يمثل مقطعاً مستوياً يمر بالجسم والحاجز ذى الثقب ، وليكن ا ب قطر الجسم فى مستوى المقطع ، د ه قطر الثقب فيه ، وليكن القطران متوازيين ، وليكن المستقيم الواصل بين نقطة ح ، وهى منتصف القطر ا ب ونقطة و ، وهى مركز دائرة الثقب عموداً عليهما .



(شكل ١٣)

نصل ا د ، ب ه ونمدهما حتى يتلاقيا على ر ، وليكن الحاجز الأبيض الذى يقع عليه الضوء مستوياً موازياً للقطرين المذكورين ، وليوضع عند ر وليكن مقطعه بمستوى الشكل المستقيم المرسوم عند ر موازياً ا ب أو د ه .

نمد ا هـ حتى يلقى هذا المستقيم على ح ، ونمد ب د حتى يلقاه على ط ونمد حـ و فمن السهل بيان أنه يلقاه على ر .

ومن الشكل يتضح أن ضوء نقطة ا النافذ من الثقب يكون موقعه على ط ح بين نقطتى ر ، ح ، وضوء ب النافذ من الثقب يكون موقعه بين نقطتى ر ، ط وموقعاهما على الحاجز متماسان غير متداخلين وفى هذه الحالة يكون

$$\frac{\text{د هـ}}{\text{ا ب}} = \frac{\text{ر و}}{\text{ر ح}}$$

فاذا قرب الحاجز نحو الثقب تجاوز ضوء ا على الحاجز امتداد المستقيم حـ و إلى أعلى وتجاوز ضوء ب امتداده إلى أسفل ، فيداخل أحدهما الآخر ، وتكون نسبة قطر الثقب إلى قطر الجسم أكبر من نسبة بعد الحاجز الأبيض عن الثقب إلى بعده عن الجسم . وإذا أبعد الحاجز الأبيض عن الثقب ابتعد موقع الضوء من ا عن موقع الضوء من ب ، وكانت نسبة قطر الثقب الى قطر الجسم أصغر من نسبة البعدين المذكورين ، وكان ذلك أدعى إلى زيادة الشبه بين الصورة وبين الجسم .

تلك بايجاز الفكرة الأساسية التى تنطوى عليها أقوال ابن الهيثم . ويلاحظ أن شرط أن تكون نسبة قطر الثقب إلى قطر الجسم ليست أكبر من نسبة البعدين ، الأَولى به أن ينصب على أصغر أقطار الجسم .

٤٤ — توضيح الحكم بتطبيقه على صورة كسوف الشمس

ويوضح ابن الهيثم هذا الشرط الذى بيناه آنفاً بمثال . وإن ذكرنا أن الثقوب الضيقة كانت من الوسائل التى استعين بها فى دراسة كسوف الشمس فى القرون الوسطى وفى عصر النهضة وجدنا ابن الهيثم يحرص عند اختيار مثاله على أن يكون مثالا عملياً له فى ذاته قيمة .

فى أثناء الكسوف الجزئى للشمس حيث لا يستغرق الكسوف الشمس

جميعها، يتبقى منها جزء هلالى مضىء . فاذا اتخذ ثقب يتوافر فيه الشرط الذى يقول به، ونفذ منه ضوء هذا الجزء الهلالى من الشمس، واستقبل على حاجز أبيض، فهل هذا الضوء الواقع على الحاجز يكون شكله هلالياً ؟ وإذا كان الأمر كذلك ثم اعتبر هلال القمر بالثقب نفسه فهل يحتفظ الضوء الواقع على الحاجز بهلاليته فى هذه الحالة أيضا، أم تبطل وتصير البقعة الضوئية أقرب الى الاستدارة ؟

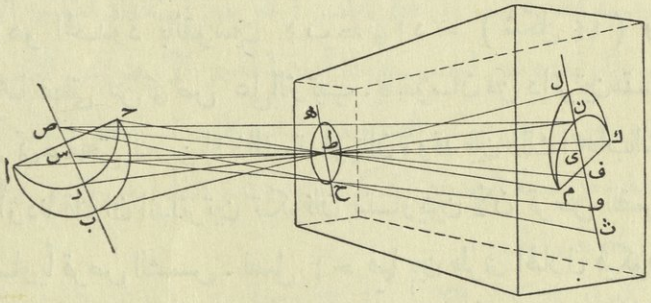
هذان السؤالان هما الموضوع الذى كتب فيه ابن الهيثم مقالة « صورة الكسوف ». وسيتضح فيما يأتى إلى أى حد وفق فى بحثه، وسيتضح أيضاً أنه كان يعلم تمام العلم بعمل الثقوب الضيقة فى إحداث صور للمبصرات .

ويبتدىء ابن الهيثم بتحديد فروض المسألة فليكن الجزء الهلالى من الشمس هو المحدود بالقوسين ا ب حـ ، ا د حـ (شكل ١٤) وليكن مركزاهما نقطتى س ، ص على الترتيب . فالقوسان من دائرتين متساويتين لأن دائرتى صفحتى النيرين إذ ذاك متساويتان « وقد بين ذلك أصحاب التعاليم » أو اذا أردنا قلنا ان الدائرتين تكونان متساويتين لأن قرص القمر يبدو للعين مساوياً قرص الشمس . نصل ا حـ فيما بين طرفى الهلال فيكون خط المركزين ص س عمودا عليه وينصفه، وليلق خط المركزين قوسى الهلال على د ، ب . ثم ليكن مركز الثقب ط ونصف قطره ط ح والحاجز الواقع عليه الضوء النافذ من الثقب موضوعا بحيث يكون نسبة بعده عن الثقب الى بعده عن الشمس كنسبة قطر الثقب الى قطر الشمس، وليكن المستقيم الواصل بين مركز الشمس س ومركز الثقب ط عموداً على مستوى دائرة الثقب وعلى مستوى الحاجز الذى يُستقبل عليه الضوء، وليكن كلا المستويين موازياً للمستقيم الواصل بين مركزى قوسى هلال الشمس وهو ص س د ب .

ثم نصل س ط ونمده حتى يلقى مستوى الحاجز على نقطة ى ونصل

ص ط ونمده حتى يلقى مستوى الحاجز على نقطة ف ونصل ا ط ، ح ط ونمدهما حتى يلقيا مستوى الحاجز على نقطتى ك ، م على الترتيب . واذا وصلت كل نقطة من قوس ا ب ح بمركز الثقب ومدت هذه المستقيمات فانها تلاقى مستوى الحاجز على نقاط يتكون منها قوس ك ل م تكون نقطة ى مركزها .

وبالمثل اذا وصلت نقطة ص وهى مركز القوس ا د ح بنقطة ط وهى مركز الثقب ومد المستقيم فانه يلاقى الحاجز على نقطة ولتكن ف وإن وصلت كل نقطة من قوس ا د ح بمركز الثقب ومدت المستقيمات فانها تلاقى الحاجز على نقاط يتكون منها قوس ك ن م تكون نقطة ف مركزها .



(شكل ١٤)

ويتضح من التماثل أنه اذا وصل ك م كان خط المركزين ف ى عموداً عليه وينصفه واذا مد خط المركزين ف ى قطع القوسين على نقطتين ولتكونا ن ، ل تكون نقطة ن منهما موضع التقاء امتداد د ط بالحاجز ونقطة ل موضع التقاء امتداد ب ط بالحاجز .

وهذه الفروض والبيانات التى تستنبط منها وإن كنا لم نتقيد فى ذكرها هنا بألفاظ ابن الهيثم نفسه ، ولا بترتيب ورودها فى الأصل ، فمعانيها جميعاً قد وردت فى أقواله وهى وحدها دليل على أن ابن الهيثم كان يعلم بتكون صور المرئيات بوساطة الثقوب الضيقة .

وابن الهيثم يبين أن الهلال المضيء المحدود بالقوسين ا ب ح ، ا د ح يتشكل بينه وبين مركز الثقب ط مجسم من الضوء محدود بسطحين مخروطيين، أو بالأحرى بسطحين كل منهما جزء من سطح مخروطى أحدهما محدب وسهمه س ط ورأسه ط، والآخر مقعر وسهمه ص ط ورأسه ط أيضاً، والمستقيمات التى يلتئم منها هذا المجسم الضوئى إذا مدت على استقامتها، تكوّن منها مجسم ضوئى مقابل للأول هو أيضا محدود بسطحين مخروطين أحدهما محدب ورأسه عند ط وسهمه ط ى ، والآخر مقعر رأسه عند ط أيضاً وسهمه ط ف، ومقطع هذا المجسم الضوئى بالحاجز الأبيض شكل هلالى محدود بالقوسين ك ل م ، ك ن م .

ومن الواضح أن هذا الشكل الهلالى هو صورة الهلال المضيء إذا كان الثقب المتخذ ضيقاً جداً بمثابة نقطة هندسية عند المركز ط . وهذا المعنى الأخير بلا مراء تنطوى عليه أقوال ابن الهيثم[1]. ولكنه لم يشر اليه بالذات فى هذا الموضع لأن له غرضاً آخر يرمى اليه ويمضى إلى بيانه . فالمجسم الضوئى الذى يتشكل بين الهلال المضيء وبين مركز الثقب ثم يمتد من مركز الثقب الى الحاجز ، هذا المجسم المزدوج ليس هو الوحيد الذى يتشكل بين الهلال المضيء وبين الثقب ، فله أشباه تتشكل بين الهلال المضيء وبين كل نقطة من نقاط الثقب كل منها أيضاً مجسم ضوئى مزدوج يمتد من وراء الثقب إلى الحاجز الأبيض .

فاذا فرضنا أن مستوى السهمين س ط ، ص ط يقطع دائرة الثقب على القطر ه ط ح ، فالقطر ه ط ح يوازى المستقيم ص س د ب ،

---

(١) يمثل الفارسى (فى ذيل التنقيح الذى أورد فيه تحريره لمقالة صورة الكسوف) لتكون الصور بوساطة الثقوب الضيقة بما يرى من صور قطع السحاب وصور كبار الطيور وما يشاهد فى هذه الصور من الحركة اذا كانت هذه الأشياء متحركة ، حيث تكون حركة الصور فى خلاف جهة حركة تلك الأشياء .

ويوازى أيضاً المستقيم ف ى ن ل ، فان وصلنا ص ح ومددناه على استقامته فهو يلقى الحاجز على نقطة مثل ث تقع على امتداد ل ن ى ف . ونظراً لأن نسبة قطر الثقب إلى قطر الشمس كنسبة بعد الحاجز عن الثقب إلى بعد الحاجز عن الشمس فان ف ث = ف ن .

وهو يورد لهذا برهانا هندسياً نفصل فيما يلى المعانى التى تضمنها :

فرضا $\frac{\text{ى ط}}{\text{ى س}} = \frac{\text{ط ح}}{\text{س ب}}$

وبما أن ط ح يوازى س ب

∴ المثلثان ى ط ح ، ى س ب متشابهان .

∴ ى ب يمر بنقطة ح التى هى طرف قطر الثقب

وإذن $\frac{\text{ى ط}}{\text{ط س}} = \frac{\text{ى ح}}{\text{ح ب}}$ (١)

وبما أن المثلثين ى ح ث ، ص ح ب متشابهان

∴ $\frac{\text{ى ح}}{\text{ح ب}} = \frac{\text{ى ث}}{\text{ص ب}}$ (٢)

من (١) و (٢) يتبين أن $\frac{\text{ى ط}}{\text{ط س}} = \frac{\text{ى ث}}{\text{ص ب}}$ (٣)

كذلك من تشابه المثلثين ى ط ف ، س ط ص ينتج

أن $\frac{\text{ى ط}}{\text{ط س}} = \frac{\text{ى ف}}{\text{س ص}}$ (٤)

من (٣) و (٤) ينتج أن :—

$\frac{\text{ى ط}}{\text{ط س}} = \frac{\text{ى ث} - \text{ى ف}}{\text{ص ب} - \text{س ص}} = \frac{\text{ف ث}}{\text{س ب}}$ (٥)

وأيضا $\frac{\text{ى ط}}{\text{ط س}} = \frac{\text{ى ن}}{\text{س د}} = \frac{\text{ى ف}}{\text{س ص}}$

$$\therefore \frac{ى\ ط}{ط\ س} = \frac{ى\ ن + ى\ ف}{س د + س ص} = \frac{ف\ ن}{ص\ د} = \frac{ف\ ن}{س\ ب} \quad (٦)$$

فيتضح من (٥) و (٦) أن ف ن = ف ث .

وبما أن $\frac{ى\ ط}{ط\ س} = \frac{ف\ ط}{ط\ ص}$

$$\therefore \frac{ى\ ط}{ى\ ط + ط\ س} = \frac{ف\ ط}{ف\ ط + ط\ ص}$$

$$\therefore \frac{ى\ ط}{ى\ س} = \frac{ف\ ط}{ف ص} = \frac{ط\ ح}{ص\ د}$$

و بما أن ط ح يوازى ص د إذن المثلثان ف ط ح و ف ص د متشابهان وإذن ف د يمر بنقطة ح وهى طرف القطر .

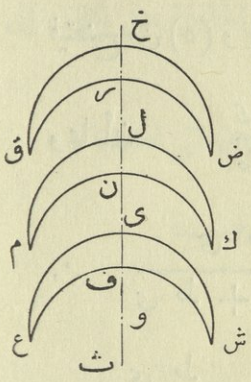
وبالمثل اذا مد س ح فانه يلقى الحاجز على نقطة مثل و تكون على المستقيم ل ن ى ف أيضا ويكون ى و = ى ل .

وإن كان امتداد د ح يمر بنقطة ف كما اتضح آنفا ، فان امتداد ب ح يمر بنقطة ى .

فاذا روعى المجسم الضوئى المتشكل بين الهلال المضىء وبين نقطة ح فان المجسم المقابل له فيما بين نقطة ح والحاجز الأبيض يكون محدوداً بسطحين مخروطيين أحدهما محدب سهمه ح و ، والآخر مقعر وسهمه ح ث ، ويكون مقطع هذا المجسم بمستوى الحاجز الأبيض شكلا هلالياً ، محدوداً بقوسين إحداهما محدبة وتمر بنقطة ى ، والأخرى مقعرة وتمر بنقطة ف ، ويكون شكله شبيهاً بشكل الهلال الأول .

وبالمثل اذا روعى المجسم المتشكل بين الهلال المضىء ونقطة ه ، فيكون مقطع المجسم المقابل له بالحاجز الأبيض شكلا هلالياً ، ولكن فى الجانب

الثانى من الهلال الأول ك ل م ن ك ، ووضع الهلال الثالث هذا من الأول كوضع الثانى منه .



(شكل ١٥)

وتتبين أوضاع هذه الأهلة الثلاثة من شكل (١٥) فالهلال الأوسط المحدود بالقوسين ك ل م ن ك هو الحادث من المجسم المتشكل بين الهلال المضىء وبين مركز الثقب ط ، قوس ك ل م وهى المقابلة لقوس ا ب حـ من الهلال المضىء ، هى قوس من دائرة مركزها نقطة ى . وقوس ك ن م وتقابل قوس ا د حـ من المضىء هى قوس من دائرة مركزها ف ، ونصف قطرها كنصف قطر دائرة قوس ك ل م .

كذلك الهلال المحدود بالقوسين ش ى ع ، ش ف ع وهو الذى فى الجانب الأسفل من الأوسط هو الحادث من المجسم المتشكل بين الهلال المضىء وبين نقطة ح التى هى الطرف الأسفل من قطر الثقب ، وقوسه المحدبة تمر بنقطة ى التى هى مركز القوس المحدبة فى الأوسط ، وقوسه المقعرة تمر بنقطة ف التى هى مركز القوس المقعرة فى الأوسط ، وقوسا هذا الهلال أيضا قوسان من دائرتين حيث تكون نقطة و مركز القوس المحدبة ونقطة ث مركز القوس المقعرة ونصف قطر كل منهما كنصف قطر إحدى قوسى الهلال الأوسط .

وأيضاً الهلال المحدود بالقوسين ض خ ق ، ض ر ق وهو الذى فى الجانب الأعلى من الأوسط هو الحادث من المجسم المتشكل بين الهلال المضىء وبين نقطة ه التى هى الطرف الأعلى من قطر الثقب ، وقوساه أيضا قوسان من دائرتين تكون نقطة ل من الهلال الأوسط مركز قوسه المحدبة ونقطة ن مركز قوسه المقعرة ونصف قطر كل منهما كنصف قطر

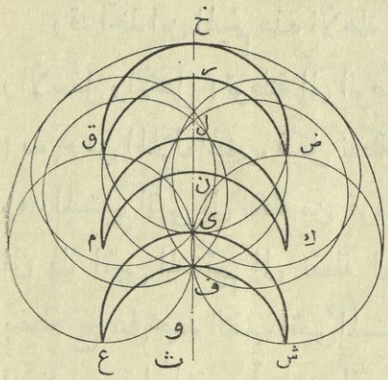
احدى قوسى الهلال الأوسط .

وقد اتخذ ابن الهيثم هذه الأهلة الثلاثة (وسنعبر عنها فيما يلى بالأوسط والأسفل والأعلى) توطئة إلى الوصول الى الشكل العام . فاذا راعينا قوس ا ب حـ من الهلال المضيء فكل نقطة منها اذا وصلت الى ط (مركز الثقب) ومد المستقيم انتهى إلى نقطة من قوس ك ل م فان وصلت نقطة ب مثلا الى ط انتهى المستقيم الى نقطة ل ولكن إن وصلت نقطة ب نفسها بنقطة حـ على محيط الثقب انتهى المستقيم الى نقطة ى وإن وصلت بالطرف الآخر من قطر الثقب أى بنقطة هـ انتهى المستقيم الى خ ، فان وصلت نقطة ب بجميع نقاط محيط الثقب انتهت هذه المستقيمات بمحيط دائرة مركزها ل ونصف قطرها ل ى = ل خ ، ويساوى نصف قطر القوس ك ل م نفسها . وهو يقيس على هذا أية نقطة أخرى نراعيها من قوس ا ب حـ ، فهى إذا وصلت بمركز الثقب انتهى المستقيم إلى نقطة معينة على قوس ك ل م واذا وصلت بجميع نقاط محيط الثقب انتهت امتدادات هذه المستقيمات بمحيط دائرة مركزها تلك النقطة المعينة ونصف قطرها كنصف قطر القوس ك ل م نفسها وهكذا .

وإذن الضوء الوارد من الحد المحدب للهلال المضيء ينتهى الى حيث تنتهى محيطات هذه الدوائر ، فيكون أقصى ما ينتهى اليه هذا الضوء على الحاجز الأبيض هو المنحنى المماس لهذه الدوائر التى مراكزها على قوس ك ل م وأنصاف أقطارها كنصف قطر هذه القوس ويحيط بها جميعاً من الخارج .

وبالمثل إذا راعينا قوس ا د حـ من الهلال المضيء ووصلنا أية نقطة منها بمركز الثقب فالمستقيم ينتهى الى نقطة معينة من قوس ك ن م وإذا وصلنا النقطة نفسها بجميع نقاط محيط الثقب ، فالمستقيمات تنتهى الى محيط دائرة مركزها تلك النقطة المعينة ونصف قطرها كنصف قطر قوس ك ن م نفسها

أو قوس ك ل م . وإذن يكون أقصى ما ينتهى اليه الضوء الوارد من الحد المقعر للهلال المضيء هو المنحنى المماس لهذه الدوائر ويحيط بها جميعاً من الخارج .



(شكل ١٦)

وكما هو موضح بشكل (١٦) يتكون المنحنى الأول من ثلاثة أجزاء أحدها أكبر من نصف دائرة مركزها نقطة ى ونصف قطرها ى خ أى نصف قطرها يساوى قطر دائرة القوس ك ل م ، والقسمان الآخران كل منهما قوس من دائرة نصف قطرها كنصف قطر القوس ك ل م ومركز إحداهما نقطة ك ومركز الأخرى نقطة م ، فيكون الشكل الاجمالى لهذا المنحنى هو ف ع خ ش ف .

أما الثانى فيتكون أيضاً من ثلاثة أجزاء أحدها أصغر من نصف دائرة مركزها ف ونصف قطرها كقطر دائرة القوس ك ن م (أو ك ل م) والجزءان الآخران كل منهما نصف دائرة نصف قطرها كنصف قطر القوس ك ن م ومركز إحداهما نقطة ك ومركز الأخرى نقطة م .

فتكون البقعة الضوئية العامة الحادثة على الحاجز الأبيض حدها الخارجى هو المنحنى الأول لأنه يتجاوز الثانى من ناحية خ كما يتضح من الشكل .

ولكن هل هذه البقعة الضوئية لها شبه ما بالهلال المضيء ؟

ابن الهيثم يمضى لبيان رأيه فى ذلك . فهى محدودة من ثلاث جهات بالقوس المحدبة التى تبدأ من نقطة ع وهى طرف الهلال الأسفل الى نقطة خ وهى منتصف القوس المحدبة من الهلال الأعلى الى نقطة ش وهى الطرف الآخر للهلال الأسفل . أما من جهتها الرابعة وهى الجهة السفلى فى الشكل

ففيها غؤور مظلم لا ضوء فيه، تحده من جانب قوس من الدائرة التى مركزها م المنحصرة بين أحد طرفى الهلال الأسفل وهو نقطة ع ومنتصف قوسه المقعرة وهو نقطة ف. وتحده من الجانب الآخر قوس من الدائرة التى مركزها ك المنحصرة بين الطرف الآخر للهلال الأسفل وبين نقطة المنتصف المذكورة. فان وصلنا طرفى الهلال الأسفل بالمستقيم ع ش فالمساحة المنحصرة بين هذا المستقيم وبين مقعر الهلال الأسفل لا يملؤها الضوء. وإن كانت الدائرة التى مركزها ك تشغل جزءاً محسوساً من هذه المساحة فالدوائر الأخرى التى مراكزها على قوس م ن تشغل من هذه المساحة أجزاءاً تتصاغر بالتدريج كلما قرب المركز الى ن، والدائرة التى مركزها ن تمس مقعر الهلال الأسفل على ف فلا تشغل من المساحة المذكورة شيئاً ما.

وبالمثل من الجانب الآخر.

ومن هذا يتبين أن الضوء الذى يملأ جزءاً من المساحة المذكورة لا يتوزع على هذا الجزء بنسبة واحدة فهو قوى وشديد عند ف وعن جنبتى نقطة ف، ولكنه يتضاءل فيما يلى طرفى الهلال الأسفل. وهذا الغؤور المظلم وتوزع الضوء من حوله بالكيفية المذكورة يجعلان البقعة الضوئية من جهتها السفلى فى الشكل تبدو كأن فيها تقعيرا، وإن لم يكن فى الواقع تقعيراً مستديراً فانه يبدو للحس كأنه تقعير مستدير.

وإذن تظهر البقعة الضوئية من جانبها الأعلى محدودة بقوس محدبة ومن جانبها الأسفل كأن فيها تقعيراً مستديراً.

على هذا الأساس وبهذا المعنى يرى ابن الهيثم أن البقعة الضوئية تكون محتفظة بشىء من هلالية الهلال المضىء وخصوصاً ان الضوء فى وسط البقعة يكون أقوى منه عند الحاشية.

وتزداد فكرة ابن الهيثم وضوحا بالموازنة. ففرض أن نسبة قطر الثقب الى قطر الشمس كنسبة بعد الحاجز الأبيض عن الثقب الى بعده عن الشمس

يتوقف عليه كون منتصف القوس المقعرة للهلال الأسفل مركزاً للقوس المقعرة للأوسط ، وكون منتصف القوس المقعرة للأوسط مركزاً للقوس المقعرة للأعلى . وبالمثل فيما يختص بالأقواس المحدبة .

أما لو كانت نسبة قطر الثقب إلى قطر الشمس أكبر كثيراً من نسبة البعدين وأعيد شكل (١٥) فوضع الهلال الأوسط ووضع مركزى قوسيه وهما نقطتا ف ، ى كل ذلك يبقى كما هو من غير تغيير ، ولكن المستقيم الواصل بين نقطة س وهى مركز القوس المحدبة من الهلال المضىء وبين نقطة ح وهى الطرف الأسفل لقطر الثقب يلقى الحاجز على نقطة مثل و يكون بعدها عن ى أى مركز القوس المحدبة من الأوسط أكبر كثيراً من ى ل وهو نصف قطر هذه القوس المحدبة . وكذلك المستقيم ص ح يلقى الحاجز على نقطة مثل ث يكون بعدها عن ف وهى مركز القوس المقعرة من الهلال الأوسط أكبر كثيراً من نصف قطرها ، وبالمثل فيما يختص بالطرف الآخر من قطر الثقب .

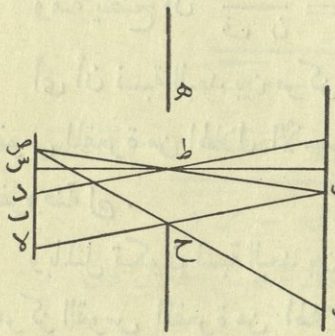
فاذا راعينا قوس ا ب ح من الهلال المضىء وأخذنا أية نقطة عليه ووصلناها بمركز الثقب انتهى المستقيم إلى نقطة معينة على قوس ك ل م واذا وصلت النقطة بجميع نقاط محيط الثقب انتهت امتدادات المستقيمات بمحيط دائرة مركزها تلك النقطة المعينة ونصف قطرها فى هذه الحالة لا يساوى نصف قطر قوس ك ل م بل أكبر كثيراً ، وبالمثل فيما يختص بقوس ا د ح ، فالدائرتان اللتان مركزاهما م ، ك لا تتقاطعان كما فى الحالة السابقة على منتصف القوس المقعرة من الهلال الأسفل بل على نقطة أقرب إلى منتصف المستقيم الواصل بين طرفى الهلال الأسفل ، وإذن الغؤور المظلم الذى أشرنا اليه يكون أصغر ، وإذن الجزء الذى يشغله الضوء من باطن الهلال الأسفل يكون أكبر فيكاد الضوء يضىء كل الظلام الذى يحف به الهلال الأسفل ، فلا يكاد يبدو غؤور فى الجهة السفلى من البقعة الضوئية .

وبالعكس إذا كانت نسبة قطر الثقب إلى قطر الشمس أصغر فهذا أدعى إلى تعظيم الغؤور وتضخيمه .

٤٥ — التوضيح بمثال عددى

وابن الهيثم يمضى إلى توضيح ذلك بمثال عددى ، ويعتبر بالحالة التى تكون فيها نسبة قطر الثقب إلى قطر الشمس عشرة أمثال نسبة بعد الحاجز عن الثقب إلى بعده عن الشمس . ولا ضرورة البتة إلى التقيد بهذه النسبة العددية لتوضيح فكرته .

فلنفرض أن نسبة قطر الثقب إلى قطر الشمس ك مرة نسبة بعد الحاجز عن الثقب إلى بعده عن الشمس .



(شكل ١٧)

ولتكن نقطة س (شكل ١٧) مركز محدب قوس هلال الشمس ونقطة ص مركز مقعر قوسه ، وليقطع خط المركزين ص س القوس الأولى على نقطة ب والقوس الثانية على نقطة د .

ولتكن نقطة ط مركز الثقب و هـ ح قطره الموازى للمستقيم ص س د ب ثم نصل س ط ونمده حتى يلقى مستوى الحاجز على ى فتكون نقطة ى مركز القوس المحدبة من الهلال الأوسط ، ثم نصل ص ط ونمده حتى يلقى الحاجز على ف فتكون نقطة ف مركز القوس المقعرة منه .

ويكون $\frac{\text{ط ح}}{\text{س ب}} = \frac{\text{ط ح}}{\text{ص د}} = \text{ك} \frac{\text{ى ط}}{\text{ى س}}$

ثم نصل د ط ونمده فهو يلقى الحاجز على ن ، وتقع نقطة ن على امتداد خط مركزى قوسى الهلال الأوسط ، ونصل ص ح ونمده حتى يلقى الحاجز على ث فتكون نقطة ث هى مركز القوس المقعرة من الهلال الأسفل ونصل ف ح ، ونمده حتى يلقى امتداد ص س ب على لا .

فيكون $\frac{ى\ ط}{ى\ س} = \frac{ف\ ط}{ف\ ص} = \frac{ط\ ح}{ص\ لا} = \frac{١}{ك}\ \frac{ط\ ح}{ص\ د}$

ومنه يتضح أن ص لا $= ك$ ص د .

كذلك $\frac{ى\ ط}{ط\ س} = \frac{ف\ ط}{ط\ ص} = \frac{ف\ ح}{ح\ لا} = \frac{ف\ ث}{ص\ لا}$

ولكن $\frac{ى\ ط}{ط\ س} = \frac{ف\ ن}{ص\ د}$

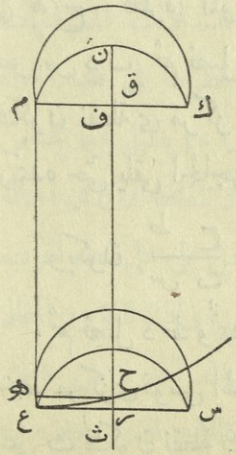
$\therefore \frac{ف\ ن}{ص\ د} = \frac{ف\ ث}{ص\ لا} = \frac{١}{ك}\ \frac{ف\ ث}{ص\ د}$

ومنه يتضح أن $\frac{ف\ ث}{ف\ ن} = ك$

أى أن نسبة البعد بين مركز القوس المقعرة من الهلال الأوسط ومركز القوس المقعرة من الهلال الأسفل الى نصف قطر القوس هى تلك النسبة المفروضة ك .

وبالمثل تكون نسبة البعد بين مركز القوس المقعرة من الهلال الأوسط ومركز القوس المقعرة من الهلال الأعلى الى نصف قطر القوس كذلك مساوية ك .

وبالمثل أيضا فيما يختص بالأقواس المحدبة . وليكن وضعا الهلالين الأوسط والأسفل على الحاجز كما هو مبين بشكل (١٨) ونصل ك م فهو يقطع خط المركزين على نقطة ولتكن ق ونصل س ع وليقطعه على نقطة ر ونرسم الدائرة التى مركزها م ونصف قطرها البعد بين المركزين ف ر ث ويساوى م ع فانها تقطع خط المركزين على نقطة فلتكن ح .



(شكل ١٨)

فاذا وصلنا م ع وأسقطنا من نقطة ح عموداً عليه يلقاه على ه كان من السهل بيان أن ر ح = ع ه

وان $\overline{\text{ع ه}}$ (٢ م ع − ع ه) = $\overline{\text{ح ه}}^{٢}$

فاذا رمزنا لنصف قطر قوس الهلال بالرمز نو فنظراً لأن

م ع = ف ث

فان $\overline{\text{م ع}}$ = ك نو

ولكن ح ه = ر ع ، ع ه = ر ح

∴ ر ح (٢ ك نو − ر ح) = $\overline{\text{ر ع}}^{٢}$

∴ $\overline{\text{ر ح}}^{٢}$ − ٢ ك نو ر ح + $\overline{\text{ر ع}}^{٢}$ = صفرا .

ومن هذه المعادلة ينتج أن

$$\text{ر ح} = \text{ك نو} \pm \sqrt{\overline{\text{ك نو}}^{٢} - \overline{\text{ر ع}}^{٢}}$$

وبما أن ر ح ليس أكبر من ك نو فان قيمة ر ح التى نعنى بها هنا هى

$$\overline{\text{ر ح}} = \text{ك نو} - \sqrt{\overline{\text{ك نو}}^{٢} - \overline{\text{ر ع}}^{٢}}$$

ونظرا لأن $\overline{\text{ر ع}}$ هو نصف وتر فى دائرة قوس الهلال فان

ر ع < نو [1]

واذن من المحال أن تكون قيمة ر ح أكبر من

$$\text{ك نو} - \sqrt{\text{ك}^{٢}\,\text{نو}^{٢} - \text{نو}^{٢}}$$

أى أكبر من $\text{ك نو} - \text{نو}\sqrt{\text{ك}^{٢} - ١}$

فان كانت ك = ١٠ كما فى المثال العددى الذى مثل به ابن الهيثم يتبين أن قيمة ر ح حتما لا يمكن أن تتجاوز

$١٠\,\text{نو} - \text{نو}\sqrt{٩٩} = ٠,٠٥\,\text{نو}$ بالتقريب .

---

(١) يقول ابن الهيثم فى هذا « ان كل هلال تحيط به قوسان من دائرتين متساويتين فان القوس المقعرة منهما أقل من نصف دائرة ، لأن كل دائرتين متساويتين تتقاطعان فان الواصل بين تقاطعهما هو وتر فى كل منهما وليس بقطر » .

∴ ح ر لا تتجاوز جزءاً من عشرين جزءاً من نصف قطر قوس الهلال بالتقريب . وهذا ما بينه ابن الهيثم فى مثاله العددى .

ويجدر بنا أن نوضح هنا الطريقة التى اتبعها ابن الهيثم نفسه فى الحصول على هذه النتيجة .

لنرمز لقطر الدائرة التى مركزها م ونصف قطرها م ع بالحرف ن فهو فى أقواله بـيّن أولا أن

$$\text{ح ر} \times (\text{ن} - \text{ح ر}) = \overline{\text{ح ه}}^{2}$$

ومنه بـيّن أن

$$\frac{\text{ح ر}}{\text{ح ه}} = \frac{\text{ح ه}}{\text{ن} - \text{ح ر}}$$

و

$$\frac{\text{ح ر}}{\text{ن} - \text{ح ر}} = \frac{\text{ح ه}}{\text{ن} - \text{ح ر}} \cdot \frac{\text{ح ر}}{\text{ح ه}} = \left(\frac{\text{ح ه}}{\text{ن} - \text{ح ر}}\right)^{2}$$

وبما أن ح ه أقل من نصف قطر قوس الهلال ، فهو أقل من $\frac{1}{20}$ ن

واذن $\frac{\text{ح ر}}{\text{ن} - \text{ح ر}}$ أقل من $\frac{1}{400}\left(\frac{\text{ن}}{\text{ن} - \text{ح ر}}\right)^{2}$

ومن هذا استدل رأسا من غير زيادة توضيح أن

$$\frac{\text{ح ر}}{\text{ن}} = \frac{1}{400} \text{ بالتقريب}$$

وإذن ح ر يساوى جزءاً من عشرين من نصف قطر قوس الهلال بالتقريب .

ومن هذا يتبين أن الضوء يملأ جزءاً عظيما من مقعر الهلال الأسفل وغؤور المنطقة المظلمة التى تبدو للحس كأنها تقعير لا يتجاوز فى هذه الحالة هذا الجزء الصغير من نصف قطر قوس الهلال . وكلما زادت قيمة النسبة ل كان هذا الغؤور أصغر .

٤٦ — المقابلة بين صورة كسوف الشمس وصورة هلال القمر

وابن الهيثم يتخذ هذه الأمور توطئة إلى المقابلة بين صورة كسوف الشمس وصورة هلال القمر .

فاذا كانت نسبة قطر الثقب إلى قطر الشمس كنسبة بعد الحاجز عن الثقب إلى بعد الحاجز عن الشمس ، والشمس منكسفة والجزء المتبقى منها هلالى ، فان موضع الضوء على الحاجز يدركه الحس ، ويبدو للحس هلالى الشكل محتفظاً إلى حد ما بمعالم الهلال الأصلى . ولكن ما الذى يحدث إذا استخدم الثقب نفسه أو استخدم ثقب أكثر اتساعا أو أصغر ، للحصول على صورة هلال القمر ؟

يسترشد ابن الهيثم فى البحث عن هذا بالمعلومات الفلكية التى كانت معروفة فى عصره . ويقول « ثم ان بطليموس قد بيَّن فى المجسطى أن قطر الشمس مثل قطر القمر ثمانى عشرة مرة وأربعة أخماس ، ونسبة قطر الشمس إلى قطر القمر كنسبة بعد الشمس من الأرض إلى بعد القمر من الأرض ، لأن الشمس والقمر يحيط بهما مخروط واحد رأسه مركز البصر ، فبعد الشمس من الأرض مثل بعد القمر ثمانى عشرة مرة وأربعة أخماس [١] ، فاذا قوبل القمر بثقب قطره جزء من ثمانية عشر جزءاً وأربعة أخماس من قطر الثقب الذى قوبل به الشمس وظهر شكل ضوئها الحادث هلالياً ، وكان بعد السطح الذى يظهر عليه ضوء القمر من الثقب جزءاً من ثمانية عشر وأربعة أخماس من البعد الذى بين السطح الذى يظهر عليه ضوء الشمس وبين الثقب ، كانت نسبة بعد الثقب عن السطح الموازى إلى بعد السطح عن القمر كنسبة قطر الثقب إلى قطر القمر . فعند ذلك

---

(١) يلاحظ كما أشرنا من قبل أن القيمة العددية لهذه النسبة تختلف اختلافا عظيما عن القيمة المعتمدة فى الوقت الحاضر .

يجب أن يظهر ضوء القمر هلاليا » . فهو لاينكر من الوجهة النظرية أن صورة هلال القمر يمكن الحصول عليها بوساطة ثقب ضيق مناسب . ولكنه بعد ذلك يبين أن الصورة تكون ضعيفة الضوء لايدركها الحس لضعف ضوئها . فعند توافر شرط النسبة على الوضع المذكور يكون قطر الثقب النافذ فيه ضوء القمر جزءاً من ثمانية عشر جزءاً وأربعة أخماس الجزء من قطر الثقب المستعمل فى ضوء هلال الشمس عند كسوفها الجزئى . واذا أغفلنا الكسر وكما يقول ابن الهيثم « فان سطح الثقب للقمر (أى مساحته) يكون جزءاً من ٣٢٤ من سطح الثقب للشمس . فاذا كان قطر الثقب للشمس شعيرة كان الجزء من ٣٢٤ من سطح الثقب جزءاً غير محسوس ، لأنه يكون كالنقطة عند الحس وكذا الضوء النافذ فيه وخصوصاً ضوء القمر لضعفه . فهلالية الضوء الحادث تخفى عن الحس » .

ذلك هو المعنى الذى يريده بالتمييز بين صورة هلال القمر وبين صورة هلال الشمس عند كسوفها الجزئى اذا ما أريد الحصول على الصورتين بوساطة ثقب ضيق .

ومن الواضح أنه نظراً لأن نسبة قطر الشمس إلى بعدها عن الأرض كنسبة قطر القمر إلى بعده عن الأرض ، فان شرط النسبة الذى يريده ابن الهيثم اذا استُوفى فى حالة الشمس ، فانه فى الأحوال العملية يُستوفى أيضا فى حالة القمر ويكون الحاجز فى وضعه نفسه من الثقب وسعة الثقب هى هى ، ولا يعرض فى هذا الوضع ماذكره ابن الهيثم من أمر تضييق الثقب وضعف الضوء النافذ منه من جراء تضييقه ، ويكون تعليل عدم ظهور هلال القمر فى هذه الحالة على حسب ما يرى ، راجعاً إلى ضعف ضوئه فى ذاته فضلا عن أن موقع ضوئه على الحاجز يكون أكبر مساحة من موقع ضوء الشمس فتقل شدة استضاءة الجزء المستضىء من الحاجز بوجه عام تبعاً لذلك أيضاً . هذا ويلاحظ أنه اذا ضيق ثقب الشمس عند استعماله فى حالة القمر ووضع الحاجز

فى الوضع الذى يقتضيه شرط النسبة ، فان مساحة موقع الضوء على الحاجز تكون أصغر ، ولكن نسبتها الى المساحة الأولى تكون أصغر من نسبة مساحة الثقب الى مساحته الأولى . فاستضاءة الجزء المستضىء من الحاجز فى حالة تضييق الثقب مع الاحتفاظ بشرط النسبة تكون بوجه عام أكبر .

ولعل لابن الهيثم مقصداً من اعتباره بالثقب الأضيق فى حالة القمر ، فهو كما يستفاد من اعتباره بضوء القمر فى مقالته فى ضوء القمر وقد ذكرنا الاعتبار فيما سبق ، كان يعلم أن تقريب الحاجز من الثقب الذى ينفذ منه ضوء القمر أدعى الى أن يظهر موقع الضوء على الحاجز للحس . وابن الهيثم فى أقواله التى نحن بصددها هنا يعتبر أن بعد الحاجز عن الثقب له قدر مقتدر بالنسبة الى بعد النيِّر عن الثقب ، أى انه يعد بعد النيِّر عن الثقب وبعده عن الحاجز متفاوتين تفاوتاً محسوساً ، فلا تكون نسبة قطر النيِّر إلى بعده عن الثقب كنسبة قطره الى بعده عن الحاجز ، فى حين أن البعدين فى حكم المتساويين فعلا فى جميع الأحوال العملية المعتادة . ويستفاد من جملة أقواله انه يرى أن يكون الموضع الذى تُعد فيه زاويتا رؤية الشمس ورؤية القمر متساويتين هو مركز الثقب . ولذلك يضطره هذا الأمر الى التميز بين وضع الحاجز من الثقب فى حالة الحصول على صورة كسوف الشمس وبين وضعه فى حالة الحصول على صورة هلال القمر . وتتضح هذه الفكرة بجلاء من المعنى الذى يضمنه أقواله التى يختتم بها مقالته .

فالصورة الحاصلة على الحاجز تختفى منها معالم الهلالية اذا كانت نسبة قطر الثقب الى قطر النيِّر أكبر من نسبة بعد الحاجز عن الثقب الى بعد الحاجز عن النير ولكن نسبة قطر الثقب الى قطر النيِّر أصغر من الواحد . فان بقى الثقب على اتساعه وأخذ الحاجز يبتعد عنه أخذت نسبة بعد الحاجز عن الثقب الى بعد الحاجز عن النير تزيد ، حتى اذا صار الحاجز على البعد المناسب ، تساوت نسبة بعده عن الثقب الى بعده عن النير ونسبة قطر الثقب

الى قطر النير . وعندئذ يستوفى شرط النسبة وتظهر فى الصورة معالم الهلالية . وإن زاد البعد أكثر صارت الصورة أكثر شبهاً بالهلال الأصلى . ويقول ابن الهيثم بلفظه فى ختام مقالته « فاذا قوبل القمر بثقب من مثله يظهر ضوء الشمس هلالياً ، فان ضوأه الحادث يظهر مستديرا ، ثم إذا بوعد الثقب عن السطح ضعف الضوء ، وأول ما يضعف منه حواشيه . فلو كان ضوء القمر الحادث هلالياً لكانت زواياه وحواشيه مضمحلة ، فتصير مستديرة عند الحس . والبعد الذى يوجب بسببه هلالية ضوئه ، اذا انتهى ضوء القمر اليه ، يكون قد تلاشى وبطل . وكذلك ضوء الشمس اذا خرج من ثقب واسع فان له بعداً يوجب هلالية ضوئها إلا انه يكون بعداً متفاوتاً ، وربما لم يوجد على وجه الأرض موضع بعده من الثقب البعد الذى بسببه يوجب الهلالية . وإن وجد فان المعتبر الذى عند الثقب قد لا يدرك بصره ما يكون فى ذلك الموضع لتفاوت البعد . ومع ذلك فان ضوء الشمس الذى يخرج من الثقب الواسع اذا انتهى إلى ذلك الموضع بطل واضمحل .

« وهـذا المعنى يظهر من الأضواء التى تخرج من الثقوب الضيقة . فقد ثبتت المعانى التى قصدنا بيانها فى هذه المقالة وذلك ما أردناه » .

ويلاحظ إذا استعنا بالمعلومات الفلكية التى كانت معروفة فى عصره ، وأشار اليها هو نفسه فى هذا الصدد وفى أقواله فى الاظلال ، وفرضنا انه استُعمل مع هلال الشمس ثقب قطره شعيرة كما يشير ابن الهيثم فى المثال الذى أورده ، فان بعد الحاجز عن الثقب عند توافر شرط النسبة المطلوب يكون بالتقريب ١١٥ شعيرة أو بالتقريب ٣٩,٥ من السنتيمتر . ويكون بعد الحاجز عن الثقب فى حالة هلال القمر يساوى بالتقريب سنتيمترين .

ولعل هذه المقادير تبين بالتقريب الأبعاد التى ربما كان ابن الهيثم نفسه قد اعتبر بها فى تجاربه .

٤٧ — خطورة المعانى التى تتضمنها مقالة ابن الهيثم فى صورة الكسوف

ولا يسعنا ونحن فى صدد هذا الموضوع الا أن نقول اننا قد عنينا عناية خاصة بشرح آراء ابن الهيثم الواردة فى مقالته صورة الكسوف بشىء من الاسهاب وعنينا بتوضيح وجهات نظره المختلفة بشىء من التفصيل ، لأننا نرى بحوثه وأقواله فى هذا الموضوع جديرة باستقصاء جميع نواحيها ، فموضوع « الخزانة المظلمة ذات الثقب » يتغير وضعه من ناحيته التاريخية تغيراً جوهرياً تحت ضوء المعلومات التى تنكشف بالوقوف على المعانى والمقاصد التى ضمنها ابن الهيثم هذه المقالة . إذ يتضح أن نسبة فضل الكشف عن ظاهرة تكوّن صور المرئيات بوساطة الثقوب الضيقة الى « دلا پورتا » كما هو الشائع المتواتر أو الى « روجر باكون » أو الى « فتلو » أو الى « ليناردو دا فنشى » أو غيرهم من المتأخرين عن ابن الهيثم على الرغم من أن لكل واحد منهم مدافعاً ونصيراً ، يتضح أن نسبة الفضل فى كشف هذه الظاهرة الى واحد من هؤلاء لا يكون مشكوكا فيها فحسب ، بل تكون قطعاً غير متفقة والواقع . وسَبْق ابن الهيثم كل هؤلاء يتقرر كحقيقة تاريخية لا وجه لانكارها . ولزام علينا أن نؤكدها وننشرها .

بل وأكثر من ذلك فان المسألة التى تعرف فى تاريخ علم الضوء بمسألة أرسطو وهى التى تتلخص فى البحث عن السبب الذى من أجله تظهر صورة الشمس مستديرة إذا وقع ضوؤها على حاجز بعد نفوذه من فتحة صغيرة ليست مستديرة ، بل ذات زوايا على شكل مثلث أو مربع أو ما الى ذلك ، والتى احتار فى تعليلها أرسطو وغيره ، وينسب الفضل فى تعليلها الى « مورولیكوس » (١٤٩٤ — ١٥٧٧) ، هذه المسألة يتغير وضعها التاريخى أيضاً . إذ يتضح من هذه المقالة أن قول مورولیكوس بحصول مجسم من

الضوء يتكون من مخروطات قاعدتها قرص الشمس ورؤوسها نقاط الثقب قد سبقه اليه ابن الهيثم .

ويثبت أيضاً مما أوردناه من بحوثه أن معرفته هذه الظاهرة لم تكن قط سطحية ، وانه حاول التعمق فى دراستها وحاول أن يستنبط لها حكماً يقضى بأن يكون للثقب اتساع محدود يجب ألا يتجاوزه لكى لا تشتبه الصورة اشتباهاً تختفى من جرائه فيها معالم الجسم الأصلى . وإن كان البيان الذى صدّرنا به عرض هذا الحكم يقتضى أن يكون المقصود بقطر الجسم أقصر أقطاره المقابلة للثقب أو بالأحرى البعد بين نقطتين على حواشى الجسم يراد ألا تكون صورة إحداهما مختلطة بصورة الأخرى ، فان ابن الهيثم لم يراع فى تطبيق حكمه على صورة الكسوف وعلى صورة هلال القمر ، هذا المعنى بالضبط ، واعتبر القطر فى أقواله عن الأولى قطر الشمس وفى أقواله عن الثانية قطر القمر . ولكن لا شك أن ابن الهيثم استطاع أن يتخذ من هذا الحكم تكئة الى بيان بعض المسائل الجديرة بالاعتبار المرتبطة بهذه الظاهرة.

وحكم ابن الهيثم فى ذاته قد يكون حكماً وضعياً متكلفاً وقد يكون محدوداً ضيقاً لا يتسع للأغراض التى يريدها الا بشىء من التجاوز والتساهل ، ولكن ذلك فى نظرنا لا يبطل ما لهذه البحوث من قيمة .

وحسب ابن الهيثم أنه أدلى فى هذا الموضوع برأى واستطاع أن يلم فى شرحه بالمسائل التى ذكرناها .

الباب الثالث

في

البصر والابصار

الفصل الأول

في

الابصار من الناحية الطبيعية

---

٤٨ — وصف ابن الهيثم طبقات العين ورطوباتها

يضمن ابن الهيثم مقالته الأولى فى المناظر وصفاً شاملا الأجزاء الهامة من العين وطبقاتها ورطوباتها المختلفة ، وقد نحا فى وصفه المنحى الذى يؤدى الى غرضه كعالم طبيعى يعنى بالعين من الناحية الطبيعية ، بالقدر اللازم لانشاء نظرية طبيعية فى كيفية الابصار . فلم يتعرض فى وصفه للنواحى التشريحية كوصف تركيب هذه الطبقات نفسها وما فيها من أوردة وشرايين أو منشأ هذه الطبقات وتغذيتها ، كما عنى بأمره رجال الطب والتشريح والكحالين فى ذلك الوقت ، وإنما عنى بوصفها كآلة إبصار ، ذاكراً ما يكفى فيما قصده من أمر الضوء والادراك بالبصر .

ووصف ابن الهيثم تركيب العين موجز الى حد ، وهو فى مجموعه ومجمله من حيث الاحاطة برطوبات العين وطبقاتها لايشوبه الا اضطراب فى موضع

واحد خاص بالجليدية ، أشار اليه الفارسى فى التنقيح ولربما كان هـذا هو السبب الذى حمل الفارسى على التوسع فى دراسة تشريح العين والرجوع الى كتب أئمة الطب واستخلاص آرائهم وإيراد نتيجة دراسته هذه فى كتابه[١].

وقد بدأ ابن الهيثم فى شرح هيئة البصر بذكر العصبتين اللتين تنشآن من مقدم الدماغ ، وتنتهيان الى وسط ظاهر مقدم الدماغ ، ثم تلتقيان فتصيران عصبة واحدة ، ثم انقسام هذه العصبة عصبتين وامتـدادهما الى حدبتى العظمين المقعرين المحيطين بجملتى العينين ، وذهب بحسب الآراء التى كانت معتمدة فى ذلك العصر الى أنهما جوفاوان . ثم بـيّن أن فى وسطى مقعرى العظمين ثقبين متساويين وضعهما من العصبة المشتركة وضع متشابه ، وان العصبتين تدخلان فى هذين الثقبين ، وتخرجان الى تقعيرى العظمين ، فاذا وصلتا الى التقعيرين ، انتشرتا واتسعتا ، وصار طرف كل منهما كالقمع ، وكل واحـدة من العينين مركبة على هذا الطرف من العصبة وملتحمة به ، وأن وضع كل من العينين من العصبة المشتركة وضع متشابه . ثم تناول ذكر طبقات العين المختلفة فذكر منها : —

أولا — الشحمة البيضاء التى تملأ مقعر العظم وتسمى الملتحمة .

ثانياً — العنبية وهى بحسب أقواله كرة مستديرة جوفاء سوداء فى الأكثر وزرقاء وشهلاء فى بعض الأبصار ، جسمها رقيق ومع ذلك صفيق

---

(١) ألم الفارسى بخلاصة المعلومات التى كانت معروفة فى عصره ، واعتمد على كتب كثيرة خص بالذكر منها أقوال جالينوس فى علاج التشريح وعمل التشريح ، وشرح ابن أبى صادق لـكتابه فى منافع الأعضاء ، والقانون والشفاء لابن سينا ، والذخيرة ، وتذكرة الـكحالين ، والمعالجات البقراطية لأبى الحسن أحمد بن محمد الطبرى ، والطب الـكبير لفخر الدين الرازى ، وشرح تشريح القانون لابن النفيس القرشى ، وكامل الصناعة لعلى بن العباس . وتناول أيضاً بالنقد والتحليل أقوالا لمحمد بن زكريا الرازى وابن قف المسيحى وابن هبل شمس الدين أبى العباس أحمد بن مهذب الدين . وقد جاء ذكر بعض هذه الـكتب مع شىء من التفصيل فى مقدمة مايرهوف لـكتاب « العشر مقالات فى العين » .

ليس بسخيف ، وظاهرها ملتصق بالملتحمة ، وداخلها أجوف ، وفى باطن داخلها ما يشبه الخمل ، والملتحمة تحيط بهذه الكرة الا الجزء المقدم منها فلا تغطيه ، وفى وسط هذا الجزء ثقب مستدير نافذ الى تجويفها ، ويسميه ابن الهيثم « ثقب العنبية » ، ويعتبر هذا الثقب مقابلا لطرف تجويف العصبة التى يقول ان العين مركبة عليها (١).

ثالثاً — القرنية وهى طبقة متينة بيضاء مشفة تغطى ثقب العنبية وجميع مقدمها.

رابعاً — الجليدية وعنها يقول « وفى صدر مقعر العنبية كرة صغيرة بيضاء رطبة ، متماسكة الرطوبة ومع ذلك ترقة (كذا) وفيها شفيف ليس فى الغاية ، بل فيها بعض الغلظ ، ويشبه شفيفها شفيف الجليد ، تسمى الجليدية . وسميت بهذا الاسم من أجل شبه شفيفها بشفيف الجليد ، وهى مركبة على طرف تجويف العصبة ، وفى مقدم هذه الكرة تسطيح يسير يشبه تسطيح ظاهر العدسة . فسطح مقدمها قطعة من سطح كرى أعظم من السطح الكرى المحيط ببقيتها . وهذا التسطيح مقابل للثقب الذى فى مقدم العنبية ، ووضعه منه وضع متشابه » . ثم يعقب على ذلك بقوله « وهذه الرطوبة تنقسم بجزئين مختلفى الشفيف ، أحدهما يلى مقدمها ، والجزء الآخر يلى مؤخرها . والجزء المتأخر منها يشبه شفيفه شفيف الزجاج المرضوض ، فيسمى هذا الجزء الرطوبة الزجاجية . وشكل مجموع الجزئين هو الشكل المستدير الذى ذكرناه » (٢). وهذا هو الذى يعترض عليه الفارسى قائلا « هذا الكلام يخالف كلام جميع الأطباء الذين انتهى الينا كلامهم فى التشريح . وانهم مطبقون على أن الجليدية بتمامها جوهر واحد متشابه الشفيف ، وأن الزجاجية رطوبة ثالثة تملأ تجويف العصبة مما وراء الجليدية الى ثقب المحجر » (٣).

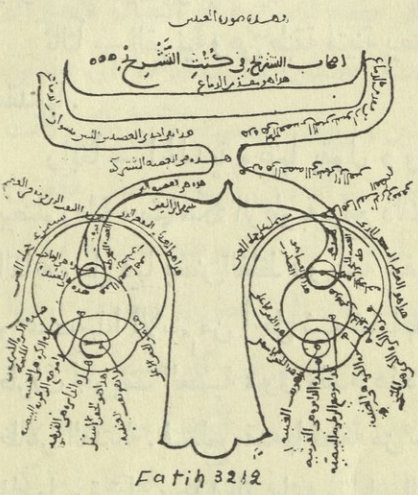
---

(١) و (٧٤) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٢) و (٧٤) « « « « «

(٣) الجزء الأول من التنقيح ص (٥٥) من النسخة المطبوعة .

والفارسى لا شك محق فى اعتراضه . فأقوال ابن الهيثم فى جملتها تفيد أنه يرى أن كرة الجليدية قسمان ، أحدهما ما يسميه الرطوبة الجليدية ، والآخر ما يسميه الرطوبة الزجاجية . ومن المرجح أن شيئاً من السهو أو الخطأ قد تسرب الى أقواله فى هذا الشأن ، ولكن ذلك لا يبطل أنه يريد بالشكل المستدير شكل مجموع الجزئين الرطوبة الجليدية والرطوبة الزجاجية اللذين يملآن كرة العنبية من وراء التسطيح العدسى الذى يشير اليه . والذى يعزز هذا ، أقوال ابن الهيثم نفسه من بعد ذلك . فابن الهيثم يمضى الى ذكر الأجزاء الأخرى الأساسية من العين . ويذكر « الرطوبة البيضية » ويقول عنها بلفظه « وتملأ تجويف العنبية



(شكل ١٩)

رطوبة بيضاء رقيقة مائعة صافية مشفة ، تسمى الرطوبة البيضية ، لأنها تشبّه ببياض البيض فى رقته وبياضه وشفيفه . وهى تملأ تجويف العنبية وتماس مقدم الجليدية وتملأ الثقب الذى فى مقدم العنبية وتماس مقعر القرنية »[1] فان كان لا يرى فى العنبية بعد ذكر الرطوبة الجليدية والرطوبة الزجاجية تجويفاً غير هذا التجويف الذى تملؤه الرطوبة البيضية ، فلا شك أن الرطوبتين الجليدية والزجاجية تملآن فى نظره كل كرة العنبية ، إلا هذا التجويف الذى تملؤه الرطوبة البيضية . فليس مجموع تلكم الرطوبتين إذن ، هو تلك الكرة الصغيرة الموجودة فى صدر العنبية كما يفيد مبدأ أقواله فى الجليدية .

وأيضاً فان ابن الهيثم يرى أن الجليدية تتصل بها عند موضع التحامها

(١) و (٧٥) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

بالعنبية أطراف العصب البصرى ويقول بلفظه « وفى صدر مقعر العنبية ثقب مستدير هو على طرف تجويف العصبة . والجليدية مركبة فى هذا الثقب . واستدارة هذا الثقب وهو طرف العصبة يحيط بوسط كرة الجليدية . وتلتحم العنبية بالجليدية من الدائرة المحيطة بهذا الثقب . ويقال ان العنبية منشؤها من الطبقة الداخلة من طبقتى العصبة المجوفة وأن القرنية منشؤها من الطبقة الخارجة من طبقتى هذه العصبة » (١) .

ورأى ابن الهيثم فى اتصال أطراف العصب البصرى بالجليدية عند موضع التحامها بالعنبية فى مجمله صحيح . لأن الشبكية وهى امتداد العصب البصرى وانبساطه فى مقعر العين ، تنتهى لدى الجزء الأمامى من العين بحلقة مكانها يكاد ينطبق على موضع ابتداء الأنسجة التى تربط العدسة الجليدية بكرة العنبية . فابن الهيثم يرى أن العصب البصرى عند نفوذه من ثقب العظم يندمج فى سطح العنبية إلى أن تنتهى أطرافه بموضع التحام الجليدية بالعنبية ، بدليل أنه يذكر رأى القائلين بأن العنبية منشؤها الطبقة الداخلة من العصبة . وهو يقول أيضاً « وبين محيط الجليدية الملتحم بالعنبية وبين الثقب الذى فى مقعر العظم الذى منه تخرج العصبة ، مسافة مقتدرة . والعصبة تمتد فى هذه المسافة من نهاية الثقب الى محيط الجليدية على انخراط واتساع » (٢) .

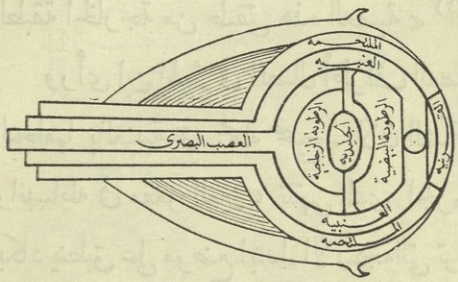
فاذا كان هذا رأيه وكانت العصبة نفسها مجوفة تشبه القمع وليست مصمتة فكيف يتأتى أن يكون مجموع الرطوبتين الجليدية والزجاجية كرة صغيرة موجودة فى صدر العنبية دون أن يكون من ورائها فيما بينها وبين ثقب العظم فراغ غير مملوء بشىء ما ؟ فى حين ان أقواله فى مجموعها تفيد أن تجويف العصبة مما وراء الرطوبة الجليدية مملوء بالرطوبة الزجاجية . بل ان أقواله فى شرح كيفية الابصار ، فيما يتعلق بنظريته الطبيعية فى الابصار ، مبنية

(١) و (٧٤) ، (٧٥) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٢) و (٧٥) « « « «

على فرض امتلاء تجويف العصبة بالرطوبة الزجاجية .

ولذلك نحن نرجح بل ونكاد نقطع بأن ابن الهيثم يريد أن كرة العنبية ابتداء من السطح ذى التسطيح العدسى الذى يذكره ، الى وسط الموضع الذى هو بمثابة رأس القمع من العصبة ، مملوء بما سماه كرة الجليدية وقصد به مجموع الرطوبتين الجليدية والزجاجية .

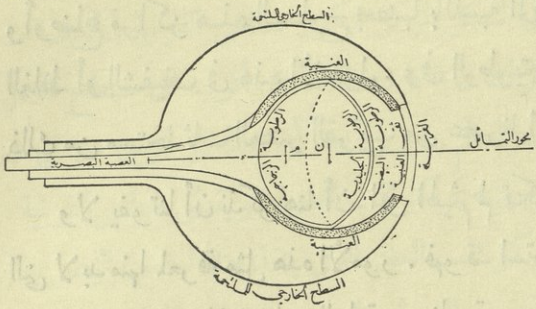


(شكل ٢٠)

ذلك هو خلاصة وصف ابن الهيثم لأجزاء العين الأساسية وطبقاتها . وقد وضح الوصف فى مخطوطات المناظر ومخطوطات التنقيح والنسخة المطبوعة منه بأشكال تبين هذه الأجزاء وشكل (١٩) صورة فتوغرافية للشكل الوارد فى مخطوط الفاتح ويشبه الى حد كبير الشكل الوارد فى التنقيح . وشكل (٢٠) مأخوذ عن صورة فتوغرافية للشكل الوارد فى كتاب الذخيرة قد بينا فيه الأجزاء والرطوبات بأسمائها العربية وهو يمثل الصورة التى تصورها « رزنر » واستخلصها من جملة أقوال ابن الهيثم . وفى نظرنا أن هذه الأشكال جميعاً ليست مضبوطة ولا يتبين منها بوضوح ودقة ، المعانى التى يريدها ابن الهيثم ، ولا المواضع ولا الأوضاع الصحيحة للأجزاء التى ذكرها .

وشكل (٢١) يوضح بالضبط بجمل رأى ابن الهيثم فى تركيب العين وطبقاتها ورطوباتها المختلفة على اعتبار أن أشكالها هندسية بحسب الوصف الوارد فى الأصل . وهو يمثل قطاعاً يمر بوسط العين . الطبقة الخارجية منه الملتحمة ويليها من الداخل العنبية ، وبها ثقب فى مقدم العين تغطيه القرنية المشفة . وفى داخل العنبية مما يلى الثقب الرطوبة الجليدية ، ومقدمها الذى يلى الثقب به التسطيح العدسى الذى يذكره ابن الهيثم ، فهو جزء من سطح

كرى، نصف قطره أعظم من نصف قطر السطح المؤخر للرطوبة الزجاجية. وقد ميزنا بينهما فى الشكل للأسباب التى أوضحناها آنفا . ويكون الفراغ الواقع بين السطح الداخلى للقرنية ومقدم الجليدية مكان الرطوبة البيضية . ويكون موضع التحام الجليدية بباطن العنبية نهاية طرف العصب البصرى . حيث يدخل العصب البصرى من الثقب الذى فى العظم وتمتد الطبقة الداخلية منه منبسطة فى جسم العنبية ، محيطة بالرطوبة الزجاجية ، إلى أن تنتهى إلى موضع الالتحام المذكور .



(شكل ٢١)

ولا يخفى أن وصف ابن الهيثم لهذه الأجزاء يختلف فى كثير من التفصيلات عن الحقيقة المعروفة الآن . وسنشير الى أهم هذه الاختلافات فيما بعد. ولكنه فى مجمله يصور هذه الأجزاء تصويراً عاماً على درجة من الدقة والصحة جديرة بالاعجاب والتقدير .

٤٩ — رأى ابن الهيثم فى هيئة طبقات العين وأوضاعها بعضها بالنسبة الى الآخر

ووصف ابن الهيثم للعين لم يقتصر على ذكر طبقاتها ورطوباتها المختلفة بل يشمل أيضاً هيئة سطوح هذه الطبقات وأوضاعها بعضها بالنسبة الى الآخر . فان على هيئة هذه السطوح ، وعلى أوضاعها أيضاً ، يتوقف كيفية نفوذ الضوء الوارد الى سطح العين خلال الرطوبات المشفة الموجودة فى داخلها . وابن الهيثم فى هذا يتناول أموراً لم يبدأ العلم الحديث فى الادلاء بقول معتمد فيها إلا فى القرن التاسع عشر وبالأحرى فى الأعوام الأخيرة

منه . إذ لاشك أن معرفة الأبعاد المختلفة لطبقات العين ورطوباتها ، كنصف قطر تكور كل من سطحى القرنية ، أو كل من سطحى العدسة الجليدية ، وأوضاع مراكز هذه السطوح بعضها بالنسبة الى الآخر ، ومعرفة درجة الغلظ أو الشفيف فى هذه الأجزاء ، وفى الرطوبتين البيضية والزجاجية ، كل ذلك من مستحدثات العصر القريب من عصرنا الحالى .

ولا يفوتنا أن نذكر هنا أن ابن الهيثم لم تكن لديه الوسائل الضرورية التى لا بد منها لمعرفة مثل هذه الأمور . فهو قد استرشد الى الآراء التى ذكرها فى هذا الصدد ، بالمعلومات العامة من ناحية ، وبما تتطلبه نظريته فى كيفية الابصار من ناحية أخرى . ولا يتم الوقوف على حقيقة فكرته التى بنى عليها نظريته فى الابصار إلا بعد الاحاطة بما يراه فى كيفية تكوّر طبقات العين ، ومواضع مراكز كرات هذه الطبقات بعضها بالنسبة الى الآخر .

فابن الهيثم يرى أن السطح الخارجى للقرنية كرى ، ومتصل بالسطح المحيط بالملتحمة كما هو مبين بالشكل الذى أوردناه . ويرى أن السطح الداخلى للقرنية فى الموضع الذى ينطبق فيه على ثقب العنبية ، مقعر كرى مواز للسطح الخارجى ، بحيث يكون الجزء الأوسط من القرنية المقابل لثقب العنبية متساوى السمك ، ومركز سطحيه الخارجى والداخلى واحد . ومن الواضح أن قول ابن الهيثم باتصال السطح الخارجى للقرنية بالسطح المحيط بالملتحمة لا يستلزم أن أحدهما متمم للآخر ، بحيث يكوّنان معا سطحاً كرياً واحداً . وكما ان قوله بانطباق السطح الداخلى للقرنية بثقب العنبية لا يستلزم هو أيضاً انه متمم لكرة العنبية ، بل الواقع أن ابن الهيثم يعده قاطعاً سطح كرة العنبية على محيط الثقب [1] ، ولكنه يرى أن نصف قطر كل من سطحى القرنية أعظم من نصف قطر العنبية نفسها . ويرى أن كرة العنبية ليست فى

---

(١) و (٧٦) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

وسط الملتحمة بالضبط بل كما يقول هو بلفظه « متقدمة الى ما يلى سطح ظاهر البصر » [١] فيكون مركز سطحى القرنية أبعد غوراً من مركز العنبية نفسها . فان رمزنا فى الشكل لمركز تكور سطحى القرنية بالحرف م ولمركز تكور العنبية بالحرف ن ، كانت نقطة ن أقرب الى سطح ظاهر البصر ، م أقرب الى ثقب العظم . ويرى أيضاً أن خط المركزين م ، ن اذا أخرج مرّ من إحدى جهتيه بمركز ثقب العنبية ، وبقطبى سطحى القرنية ، ومر من الجهة الأخرى بمركز ثقب العظم الذى ينفذ منه العصب البصرى . أما مقدم سطح الجليدية وهو ذو التسطيح العدسى فان ابن الهيثم يعده قطعة من سطح كرة نصف قطرها أعظم من نصف قطر العنبية ويهتدى بما تستلزمه نظريته فى الابصار الى القول بأنه يوازى كلا من سطحى القرنية ، ومركزه عند مركز سطحيها ، فتكون نقطة م نفسها مركز سطح مقدم الجليدية . ويسمى ابن الهيثم المركز م لأسباب ستتضح فيما بعد « مركز البصر » . ولما كان سطح مقدم الجليدية كذلك ، فهو يقطع كرة العنبية على محيط دائرة . وابن الهيثم يجيز أن يكون محيط دائرة التقاطع هو محيط دائرة التحام الجليدية بمسطح العنبية ، كما هو مبين بالشكل ، ويجيز ألا يكون كذلك . وعلى الوجه الأخير اذا توهم امتداده قطع سطح العنبية على محيط دائرة . وعلى كلى الوجهين م المستقيم الواصل بين المركزين م ، ن بمركز محيط دائرة الالتحام . وغرض ابن الهيثم من ذلك أن يكون خط المركزين محور تماثل للشكل كله .

أما السطح الفاصل بين الرطوبة الجليدية وبين الرطوبة الزجاجية فهو لم يتناول ذكره بصراحة إلا عند إتمام شرح نظريته فى الابصار فى المقالة الثانية . وموقف ابن الهيثم بوجه عام إزاءه موقف الذى لا يريد أن يتقيد برأى خاص فى هيئته فهو يجيز أن يكون السطح مستوياً ويجيز أن يكون

(١) و(٧٦) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

كرياً . ولكنه يُلزِم على الوجهين أن يكون السطح متقدماً عن مركز البصر ويلزم على الوجه الثانى أن يكون من كرة كبيرة [١] . وقد جعلناه كذلك فى الشكل الذى أوردناه هنا وأيضا جعلناه كرياً حدبته مما يلى الرطوبة الزجاجية . وإن لم يكن هو قد نص على ذلك فعلا .

وابن الهيثم يريد من هذه البيانات أمرين أساسيين : —

(أولا) أن تكون سطوح الطبقات المشفة الموجودة فيما بين ظاهر سطح البصر وفيما بين السطح الأمامى للجليدية ، سطوحا كرية ، مركزها جميعاً نقطة واحدة هى نقطة مـ فى الشكل وهى التى يسميها « مركز البصر » . فاذا أخرج من نقطة مـ إلى أية نقطة من ثقب العنبية مستقيم كان عموداً على جميع هذه السطوح . فاذا ورد شعاع من الضوء على سمت هذا المستقيم نفذ فى جسم القرنية ثم فى الرطوبة البيضية ووصل إلى السطح الأمامى للرطوبة الجليدية ثم نفذ فى جسمها على سمت مستقيم واحد ، دون أن يعانى انعطافاً ما حتى يبلغ سطح الرطوبة الزجاجية .

(ثانيا) أن تكون جملة العين من جراء اتصال القرنية بالملتحمة ، والتحام الملتحمة بالعنبية ، والتحام الجليدية بالعنبية ، واتصال العصب البصرى إلى موضع الالتحام ، أن تكون جملة العين من جراء ذلك ، كجسم كرى واحد مركزه نقطة م بحيث إذا تحركت لم يتغير موضع نقطة المركز من جملة العين ، ولا موضعها من السطوح الكرية للطبقات المشفة التى ينفذ خلالها الضوء ، ولا تتغير هيئات هذه السطوح ولا تتغير أوضاعها بعضها بالنسبة إلى الآخر . فان حرك الانسان عينه الى أعلى أو أسفل أو نحو اليمين أو اليسار ، تنحنى العين جملة وقت الحركة ، ويكون هذا الانحناء فى زعمه بحسب انحناء العصب عند موضع نفوذه من ثقب العظم ، مع بقاء أوضاع

---

(١) و (٦) ، و (٧) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

جميع الطبقات والأجزاء الداخلية من العين وهيئات سطوحها وما الى ذلك على حالتها .

تلك هى خلاصة البيانات التى أوردها ابن الهيثم فى وصف هيئة البصر كما تستخلص من أقواله . وابن الهيثم يرى أن العينين متشابهتان تمام التشابه ، من حيث الطبقات والرطوبات وأشكال السطوح وموضع مركز كل منهما ووضع كل من المستقيمين اللذين هما بمثابة محور تماثل فى كل من العينين . ويرى أن الأمر ليس مقصوراً على تماثل أجزاء البصر وأوضاع هذه الأجزاء من جملة البصر فحسب ، بل يوجد أيضاً بين أوضاع أجزاء أحد البصرين من الأجزاء النظيرة لها فى البصر الآخر تشابه تام .

وهذه البيانات التى أوردها ابن الهيثم يتألف منها صورة للعين تصوّر الى حد ما الواقع . ولكن لا يخفى أن ابن الهيثم وإن أصاب فى بعض النواحى فقد أخطأ فى نواحى أخرى ، وأخطأ فى كثير من التفصيلات أيضاً . فالقرنية مثلا وإن كان سمكها عند ثقب العنبية واحداً فليس نصف قطر سطحها أعظم من نصف قطر العنبية ، وليس سطح مقدم الجليدية موازيا لسطح القرنية ، والمحور الهندسى لا يمر بمركز ثقب العظم . ووسط الموضع الذى يبتدىء عنده انتشار العصب فى باطن العين بعد دخوله من ثقب العظم ، لا يحس بالضوء ولذلك يسمى النقطة العمياء . وليست زرقة العين أو سوادها أو شهلتها من لون العنبية ، بل من لون القزحية . وليس يرد ذكر القزحية كحاجز أو ساتر به ثقب قابل للاتساع والضيق فى الوصف ، وإن لم ينف ابن الهيثم قبول ثقب العنبية للاتساع والضيق . ولكن على الرغم من كل ذلك فالوصف يشمل الأجزاء الأساسية المعروفة الآن من طبقات العين ورطوباتها .

وقد غالى بعض الكتاب فى اعتبار وصف ابن الهيثم تركيب العين أول وصف شامل الأجزاء الأساسية من العين . وأيضا قد غالى من ذهب

منهم إلى أن ابن الهيثم لم يكن فى مقدوره تحرى حقيقة هذه الأجزاء ومواضعها من غير أن يكون قد استعان على تحقيق ذلك بالتشريح . والحقيقة أن ابن الهيثم قد استقى معلوماته بالنظر فى كتب التشريح ودراستها بامعان ، وهو كما ذكرنا من قبل يقرر ذلك صراحة . ولكنا نرى من غير شك أنه عرض وصف تركيب العين فى كتاب المناظر على طريقة خاصة تتفق ونظرية جديدة وضعها فى الابصار ، وسيتبين ذلك بوضوح فيما يأتى .

٥٠ — نظرية ابن الهيثم فى كيفية الابصار

بينا فيما سبق كيف أبطل ابن الهيثم مذهب أصحاب الشعاع ، وبينا أيضاً كيف صاغ الفلاسفة مذهب الورود فى قالب غامض جعله لا يجدى نفعاً فى شرح كيفية الابصار . واذا تصفحنا ما كان قد استقر عليه الرأى فى ذلك العصر فيما يتعلق بالضوء وجدنا الأمر لا يعدو معرفة أمور قليلة كان لابن الهيثم نفسه فضل فى إثبات بعضها ، تتلخص فى أن أضواء الأجسام تشرق منها فى الوسط المشف المتصل بها على سموت خطوط مستقيمة ، وانها حسب رأيه تصدر ممازجة لألوان الأجسام أو حاملة لها ، وأن الطبقات الأمامية من البصر مشفة . فان قابل المبصرُ البصرَ فلا شك من أنه يرد شىء من هذه الأضواء الى سطح البصر وينفذ خلال طبقاته المشفة الى الداخل .

وقد أدرك ابن الهيثم أن ذلك وحده لا يمكن أن تتقوم به نظرية يصح على أساسها شرح كيفية حدوث الابصار ، والظواهر المتعلقة به ، كادراك صور المبصرات فى المرايا على اختلاف أشكال سطوحها ، وإدراك صور المبصرات من وراء الأجسام المشفة وما الى ذلك من الظواهر الأخرى التى سيأتى بيانها بعد . فالضوء يرد من كل نقطة من سطح المبصر ، الى المكشوف كله من سطح البصر ، ونقاط سطح المبصر لا حصر لها . والبصر الواحد قد يقابله فى وقت واحد مبصرات عدة ، ذات ألوان مختلفة . فان كان إدراك البصر

المبصر هو من الاحساس الحادث بفعل هذه الأضواء الواردة الى كل سطح البصر من جميع نقاط سطح المبصر المقابل له، بل ومن جميع نقاط المبصرات العدة التى تقابله فى وقت واحد، لكان البصر يدرك أجزاء المبصر الواحد وأجزاء المبصرات المختلفة وألوانها جميعاً ممتزجة غير مرتبة . وإن لم يحس البصر بالأضواء الواردة اليه لما أدرك منها شيئاً . وإن قيل من غير مبرر انه يحس ببعضها ولا يحس بالآخر « وقع الترجيح من غير مرجح » . إذن مجرد القول بأن الإبصار يكون بورود الضوء من المبصر الى البصر لا يفيد، لأن ذلك لا يبين كيف يدرك البصر المبصر على هيئته التى هو عليها وعلى ترتيب أجزائه وألوانه وما إلى ذلك .

تلك هى المشكلة التى واجهت ابن الهيثم . وموقف ابن الهيثم منها شبيه الى درجة تدعو الى الاعجاب بموقف علماء العصر الحالى إزاء المشكلات العلمية التى تواجههم، فهو يقول بلفظه « فكيفية الابصار إما أن تكون بغير هذه الصفة جملة وإما أن تكون هذه الصفة هى بعض صفتها . فلننظر الآن هل يمكن أن ينضاف الى هذه الصفة شرط أو شروط تتميز بها ألوان المبصرات وتترتب بها أجزاء كل واحد من المبصرات عند البصر . وتكون موافقة للوجود »[1] فان أمكن فبها، وإن لم يمكن فليس يكون الابصار بالاحساس بالأضواء الواردة من نقاط المبصر الى سطح البصر، ومن الواجب حينئذ البحث عن نظرية أخرى .

وابن الهيثم يسترسل باسهاب وتفصيل، فى تحليل الموقف وإقامة نظرية جديدة فى كيفية الابصار تتفق وما بين يديه من المعلومات . ويعنى بتوضيح فكرتين هما الأساس الذى تقوم عليه النظرية التى يتقدم بها :

الأولى أن الاحساس عند ورود الضوء الى البصر يكون أول ما يكون

---

(١) و (٨٥) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

بالجليدية لا بغيرها من الطبقات والرطوبات التى هى دون الجليدية من مقدم العين ، وهى الطبقات التى ينفذ خلالها الضوء قبل وصوله الى سطح مقدم الجليدية . فالجليدية فى زعمه هى أول عضو حاس من طبقات البصر يلقاه الضوء النافذ فيه . ويستشهد ابن الهيثم على ذلك بأنه « إن لحق الرطوبة الجليدية آفة مع سلامة بقية الطبقات بطل الابصار . وإن لحق بقية الطبقات آفة مع بقاء الشفيف الذى فيها أو بعضه ومع سلامة الجليدية لم يبطل الابصار . وأيضاً فانه إن حصل فى ثقب العنبية سدة وبطل شفيف الرطوبة التى فيها ، بطل الابصار مع سلامة القرنية . واذا زالت السدة عاد الابصار . وكذلك إن حصل فى داخل الرطوبة البيضية جزء غليظ غير مشف وكان فى وجه الرطوبة الجليدية ، ومتوسطاً بينها وبين ثقب العنبية بطل الابصار ، واذا زال ذلك الغلظ أو انحط الجزء الغليظ عن السمت المستقيم الذى بين الجليدية وبين ثقب العنبية أو مال عنه الى بعض الجهات عاد الابصار . تشهد بجميع ذلك صناعة الطب »[1] .

أما الفكرة الثانية فتتلخص[2] فى أن البصر يدرك صورة نقطة معينة من سطح المبصر من نقطة معينة من سطح البصر ويدرك صورة نقطة أخرى من أخرى وهكذا . فالضوء يرد من كل نقطة من سطح المبصر الى جميع نقاط الجزء من سطح القرنية المقابل لثقب العنبية ، وينفذ خلال القرنية ، ثم الرطوبة البيضية ، ومن ثقب العنبية ، حتى يصل شىء منه الى سطح مقدم الجليدية ، ولكن الجليدية لا تحس من الضوء الوارد من نقطة من نقاط سطح المبصر الا بالضوء الوارد منها الى نقطة معينة من سطح مقدم الجليدية ، تتميز عن سائر النقاط الأخرى . وإذن فهناك خط واحد من الخطوط التى يرد على سموتها الضوء من تلك النقطة من المبصر الى سطح الجليدية يتميز

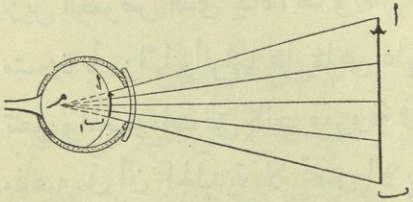
---

(١) و (٨٦) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٢) و (٨٧) « « « «

عن سائر الخطوط . والضوء الوارد من النقطة المبصرة على هذا السمت يتميز عن الضوء الوارد منها على السموت الأخرى ، بأن الجليدية تحس به .

وتظهر هذه الفكرة بادىء ذى بدء متكلفة ، ليست جديرة بالعناية أو بالذكر . ولكنا اذا تذكرنا أن ابن الهيثم يرى أن يكون الابصار بالضوء الوارد من المبصر الى البصر . ويعلم أن الضوء ينفذ فى الوسط المشف الواحد على سموت خطوط مستقيمة ويعلم بحدوث الانعطاف عند نفوذه من وسط مشف الى آخر مشف يختلف شفيفه عن شفيف الأول ، ويعلم أن الانعطاف عندئذ يحدث فى جميع الأحوال الا اذا وقع الضوء عموداً على السطح الفاصل بين الوسطين المشفين ، اذا تذكرنا هذا وتذكرنا أيضاً قوله ان سطحى القرنية والسطح الأمامى للجليدية سطوح كرية مركزها مركز البصر بطل الاعتراض ، ورأينا أن الفكرة المذكورة بسيطة ومستساغة ، لأن المستقيم الخارج من مركز البصر الى نقطة من نقاط الجزء من سطح القرنية المقابل لثقب العنبية يتميز من الناحية الطبيعية عن سائر الخطوط الأخرى بأن الضوء الوارد على امتداده ينفذ خلال طبقات العين المشفة الى جسم الجليدية دون أن يعانى انعطافاً ، لأنه عمود على سطوح هذه الطبقات . وإذن تؤول فكرة ابن الهيثم الى القول بأن الجليدية لا تحس الا بالأضواء الواردة على سموت الأعمدة على طبقات البصر الأمامية .



(شكل ٢٢)

على هذه الصفة تبرز نظرية ابن الهيثم واضحة جلية دون أن يشوبها غموض أو إبهام . فلنتوهم المخروط الذى رأسه مركز البصر م (شكل ٢٢) وقاعدته ثقب العنبية ، ولنتوهم انه قد أخرج فى الهواء وقد قطعه مبصر من المبصرات ، فالأضواء الواردة من نقاط هذا المبصر على سموت المستقيمات التى يلتئم منها

هذا المخروط تنفذ خلال طبقات البصر الى السطح الأمامى للجليدية على السموت نفسها من غير انعطاف . فان كانت الجليدية لا تحس الا بهذه الأضواء الواردة على هذه السموت ، أحست الجليدية بالضوء الوارد من كل نقطة من نقاط المبصر ، من النقطة التى يلقى عليها الواصلُ منها الى مركز البصر السطحَ الأمامى للجليدية . فالتأثير الحسى الحاصل على سطح الجليدية على هذه الصفة يكون فى نقاط مرتبة كترتيبها فى المبصر نفسه . وإذن يكون الاحساس الحاصل مرتباً أيضاً . فلا تدرك المبصرات ممتزجة الألوان والترتيب ، ويمتنع الاشتباه وعدم التمييز .

وبما أن الأضواء الواردة على سموت الأعمدة تلقى مقدم سطح الجليدية على نقاط يكون ترتيبها كترتيب نقاط المبصر نفسه فان ما يتكون من هذه النقاط يسميه ابن الهيثم صورة المبصر . وإذن فان المبصر ا ب تتكون له الصورة ا، ب، (كالمبين بالشكل) على سطح الجليدية وهى التى يحس بها البصر أول ما يحس .

ولو علم ابن الهيثم أن العلم سيجيز بعد تسعة قرون من عصره فرض الفروض أياً كانت ومهما بلغت من الغرابة ، ما دامت كفيلة بربط المعلومات المستكشفة بعضها بالآخر ، وبيان العلاقة بينها ، كما هو الحال فى بعض فروض نظريات الطبيعة الحديثة ، لو علم ابن الهيثم بهذا لا كتفى بأن نظريته تزيل الغموض الذى بيناه آنفاً وتعلل كيفية الابصار مع إدراك المبصرات متميزة بأجزائها وألوانها على ما هى عليه ، غير مختلطة أو مشتبهة ، وانها تتفق والمعلومات التى كانت معروفة فى عصره . ولكنه أراد أن يبين أن مذهبه فى أن الجليدية لا تحس الا بالأضواء الواردة على سموت الأعمدة المذكورة مذهب مقبول يجيزه العقل . إذ ما المانع من أن تكون طبيعة البصر متخصصة بأن الجليدية لا تحس الا بالأضواء الواردة على الصفة المذكورة ؟ وما الغرابة فى أن يتخصص البصر ببعض السموت دون بعض ؟ أليس لهذا

التخصص نظائر فى الأمور الطبيعية ؟ ألا تنتقل الأضواء نفسها على السموت المستقيمة فى الوسط المشف الواحد ؟ أليس الضوء متخصصاً إشراقه من المضيء بالسمت المستقيم ؟ ألا تتحرك الأجسام الى أسفل بالحركة الطبيعية على سموت مستقيمة ؟ « وليس تتحرك على خطوط منحنية ولا مقوسة ولا منفرجة ، وليس تتحرك أيضا على جميع السموت المستقيمة التى بينها وبين سطح الأرض بل على خطوط مستقيمة مخصوصة »[1] لأنها تتخصص بالسموت التى تكون أعمدة على سطح الأرض وأقطاراً لها . إذن لا يمتنع عقلا أن يتخصص البصر فى قبول تأثيرات الأضواء والألوان بسموت الأعمدة كما هو يرى فى هذه النظرية .

وابن الهيثم لايريد أن تحمل نظريته على معنى أنها تنفى كلية أن يكون للجليدية إحساس بالأضواء الغير الواردة على سموت الأعمدة على سطح البصر . إذ يكفى فيها كما يشير هو نفسه ، وكما يؤكد الفارسى ، أن يقال إن الاحساس بالأضواء الواردة على سموت الأعمدة أشد وأقوى ، فلا تحس الجليدية بالأضواء الأخرى التى تنعطف فى طبقات البصر كما لا تحس بضوء المصباح الضعيف مع تأثرها بضوء الشمس القوى . وقد عاد ابن الهيثم فى بحوثه عن الانعطاف الى نظريته هذه وتناول هذه المسألة على ضوء تلك البحوث وسنرى فيما بعد كيف استطاع أن يخطو بالنظرية خطوة أخرى على جانب عظيم من الخطورة .

٥١ — القيمة التاريخية لنظرية ابن الهيثم فى الابصار

تلك هى الفكرة الأساسية التى تقوم عليها نظرية ابن الهيثم من ناحيتها الطبيعية . ويخيل لنا أن الذين عنوا بدراسة الناحية التاريخية من علم الضوء ، وذكروا ابن الهيثم ونظريته فى الابصار ، لم يدركوا نظريته على حقيقتها ،

---

(١) و (٩٨) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

ولم يقدروا المشكلة التى واجهت ابن الهيثم ، واكتفوا بذكر إبطال ابن الهيثم رأى أصحاب الشعاع دون أن يذكروا شيئاً عن معارضة ابن الهيثم فى الوقت نفسه ، آراء أساطين الفلسفة والحكمة فى ذلك العصر ، ودون أن يتناولوا بيان الفكرة الأساسية فى نظريته . فماك [١] مثلا لم يذكر فيما يتعلق بالنظرية نفسها الا إشارته الى رأى ابن الهيثم فى أن الجليدية هى العضو الحاس . وغير ماك كثيرون اكتفوا بذكر وصف ابن الهيثم تركيب العين دون أن يضمنوا أقوالهم فكرة صحيحة عن نظريته فى الابصار . ولا شك أن نظرية ابن الهيثم لا تتضمن فكرة أن العين فى جملتها تقوم مقام عدسة لامة تحدث للمبصر صورة حقيقية مصغرة مقلوبة على الشبكية . وسنبين فيما بعد على ضوء التعديل الذى أدخله ابن الهيثم على النظرية من جراء بحوثه فى الانعطاف الى أى مدى قرب ابن الهيثم من هذه الفكرة . ولكن المعروف أن فكرة تكون الصورة الحقيقية على الشبكية بدأت غامضة مشوشة ، أربعة قرون أو أكثر بعد عصر ابن الهيثم « فماك » ينسبها الى « كپلر » (سنة ١٦٠٤) وإن كان يشير الى أن « مورولیكوس » سنة (١٥٧٥) كان أول من علم بأن الجليدية تقوم مقام العدسة اللامة ، والفكرة لم تنجل على صورتها المعروفة الآن قبل القرن التاسع عشر [٢] .

فان كانت نظرية ابن الهيثم على صفتها التى بيناها آنفاً ، لا تتفق والمعلومات المعروفة فى الوقت الحاضر ، فان ذلك لا ينفى أنها خطوة ، وخطوة ليست بالقصيرة قد خطاها العلم على يديه . والذى يدعو الى الدهشة حقا أن الفكرة الأساسية فى نظرية ابن الهيثم ، وإن قيل عنها الآن إنها فكرة مظنونة فيما يتعلق ببصر الانسان وكيفية إبصاره ، فانها حقيقة ملموسة فى أبصار بعض

---

(١) فى كتابه « The Principles of Physical Optics »

(٢) لم يتم الوقوف على حقيقة ما يحصل فى العين ويحدث عنه الابصار إلا بعد بحوث « غاوس » (Gauss) و « هلمهولتز » (Helmholtz) عن الجانب الهندسى من علم البصريات .

المخلوقات ، كالحشرات والحيوانات القشرية . فعيون هذه المخلوقات مركبة من مخروطات مشفة مستقلة بعضها عن الآخر ، ومتراصة بعضها بجوار بعض ، بحيث تتصل قاعداتها جميعاً بالقرنية عند مقدم العين ، وتتصل رؤوسها عند مؤخر العين بأطراف خيوط العصب البصرى . فالعضو الحاس يميز من الأضواء الواردة من المبصر ، الأضواء الواردة على امتدادات سهوم هذه المخروطات المشفة ، وأما الأضواء الأخرى فتنعطف فى هذه المخروطات ، دون أن تبلغ رؤوسها فلا يحس بها . ولذلك يكون إحساس البصر بأجزاء المبصر المختلفة مرتباً على هيئة ترتيب هذه الأجزاء فى المبصر نفسه . أو إذا استعملنا تعبيرات ابن الهيثم يكون رأس كل واحد من هذه المخروطات بمثابة صورة للنقطة من المبصر الواقعة على سهم المخروط . فتكون الصورة الحادثة فى البصر مرتبة الأجزاء على هيئة صورة المبصر فى الواقع .

ونحن نرجح أن ابن الهيثم لم يكن له علم بتركيب أبصار هذه المخلوقات وانه لم يقصد شرح كيفية الابصار فى الانسان قياساً على كيفية إبصار هذه المخلوقات ، وإلا لأورد ذكر ذلك فى أقواله ، ولاتخذ من الاعتبار بهذه المخلوقات دليلا على صحة نظريته . وإنما نريد أن نشير إلى أن نظريته فى الإبصار تمثل فى تاريخ علم الضوء طوراً من الأطوار التى كان البصر قد اجتازها فى تاريخ الخليقة ، تمثل ذلك الطور الذى نجد الدليل الحى عليه عيون هذه المخلوقات .

ومن المعلوم أن عين الانسان إذا روعيت كآلة من آلات الابصار ، معقدة التركيب . فالقرنية فى الحقيقة ليست كرية الشكل ، وقطرا سطحى العدسة الجليدية ليسا متساويين ، والقرنية والرطوبة البيضية والعدسة الجليدية والرطوبة الزجاجية وإن كانت جميعاً أجساماً مشفة فان معامل انكسار الضوء فى كل منها يختلف عنه فى الآخر ، فضلا عن أن جسم العدسة الجليدية فى

ذاته ليس متجانس الأجزاء ، فعمل العين بجملتها من الناحية الطبيعية معقد غاية التعقيد . وقد دعا هذا الى البحث عن وسيلة يتيسر بها تبسيط عمل هذه المجموعة من الأجسام المشفة من الناحية الضوئية . ولعل مذهب « لستنج »[١] فى هذا الأمر أكثر المذاهب شيوعاً فى الوقت الحاضر . وهو يرى أن عمل العين بجملة رطوباتها وطبقاتها المختلفة شبيه بعملها لو كانت مركبة من جسم مشف ، سطحه الأمامى كرى محدب ، يقع مركزه دون السطح الخلفى للعدسة الجليدية بالقرب منه . ومعلوم أن البقعة الصفراء من الشبكية هى أشد أجزائها إحساساً . فالمستقيم الواصل من وسط البقعة الصفراء الى هذا المركز هو الذى يكون على سمته الإبصار أوضح وأبين ، ولذلك تتجه العين عند الابصار بحيث يكون المبصر على امتداد هذا المستقيم ، ويسمى سمت هذا المستقيم « خط الإبصار » وعلى حسب هذا الأنموذج فكل شعاع يسقط على السطح الكرى المذكور عموداً عليه ينفذ على استقامته ماراً بمركز السطح . وكل شعاع يسقط موازياً لخط الابصار ينفذ على سمت المستقيم الواصل من النقطة التى يلقى عليها ذلك السطح الكرى ، الى وسط البقعة الصفراء . وهذا الأنموذج الذى يستبدل بالعين المعقدة التركيب يصح أن نسميه « العين المبسطة »[٢] ومركز تكور السطح الكرى المحدب يسمى « النقطة العقدية »[٣] للعين المبسطة . وليس يخفى أن القول بالعين المبسطة على هذه الصفة كأنما هو عود الى الفكرة الأساسية التى بنى عليها ابن الهيثم نظريته فى كيفية الابصار ، فالقول بأن الأشعة الواردة على سموت الأعمدة على سطح العين المبسطة تنفذ على استقامتها ، يتفق وفكرة ابن الهيثم عن نفوذ الأشعة الواردة على سموت الأعمدة على سطح مقدم الجليدية ، والنقطة العقدية فى العين المبسطة

---

(١) Listing

(٢) The Reduced Eye

(٣) Nodal Point

التى هى مركز تكور سطحها ، تمثل فكرة ابن الهيثم عن مركز البصر الذى هو مركز تكور سطح مقدم الجليدية ، وخط الابصار بحسب أنموذج العين المبسطة الذى يمر بوسط أشد أجزاء الشبكية إحساساً يمثل فكرة ابن الهيثم عن المحور الهندسى الذى يكون على سمته الابصار أوضح وأبين . وإن كان ابن الهيثم قد أخطأ فى اعتبار المحور الهندسى ماراً بمركز ثقب العظم واعتبار نقطة التقائه بتجويف العصبة الموضع الذى منه يكون الابصار أوضح وأبين فلا يضيره هذا الخطأ كثيراً .

فنظرية ابن الهيثم على الرغم مما فيها من نقص وعيب ، تصور ناحية من الحقيقة ، وبعض اصطلاحاته مثل « مركز البصر » و « سهم مخروط الشعاع » تعبر عن معانى لها نظائر فى العلم الحديث .

٥٢ — الناحية الفسيولوجية من نظرية ابن الهيثم فى الابصار

تلك هى الناحية الطبيعية من نظرية ابن الهيثم فى الابصار . ولكن تبقى للمسألة ناحية أخرى هى كيفية تأدى الصورة المترتبة الأجزاء والتخطيطات والألوان الحادثة فى الجليدية ، الى الطبقات والرطوبات الموجودة داخل العين حتى يدرك الحاس الأخير المبصر ، وهى الناحية التى آثرنا أن نسميها الناحية الفسيولوجية .

وشرحُ ابن الهيثم هذه المسألة اذا قيس بمعيار المعلومات الحاضرة ليس صحيحاً . ورغبته فى الالمام بالنواحى الغامضة لهذه المسألة جعلته يتناول من التفصيلات ودقائق الأمور ما لا طاقة له به . وان من هذه التفصيلات ما لا يزال العلم الحديث قاصراً عن الالمام به أو بيان كنهه أو ماهيته . فنحن الآن وإن كنا نعلم أن صورة للمبصر حقيقية مقلوبة مصغرة ، تتكون على الشبكية ، وان هذه الصورة تُحدث فى الشبكية تأثيراً ينتقل بوساطة العصب البصرى الى المخ ، فان هذا التأثير الحادث فى الشبكية وإن كان من

المرجح أنه تأثير كيميائى أو كهربى ضوئى فاننا لانخطىء اذا قلنا ان تفصيلاته وكيفية انتقاله لم تنجل بعد . أما اذا حاولنا أن ننطلق خارج دائرة المادة لكى نقف على كنه الارتباط أو العلاقة بين هذه التأثيرات التى نعدها لا تتجاوز دائرة الطبيعة والكيمياء ، وبين الاحساس أو الادراك ، الذى يحدث من جرائها أو هو مقرون حدوثه بها ، فاننا نجشم أنفسنا مشكلات شغلت العقل الانسانى من قديم الزمان ولا تزال تُعنيه الى الآن .

فاذا كان هـذا هو موقف العلم فى القرن العشرين فليس من المنظور أن تكون أقوال ابن الهيثم فى أوائل القرن الحادى عشر بصدد هذا الأمر صحيحة لا يشوبها عيب أو نقص أو غموض . ولـكننا نجد فى هذه الأقوال محاولة لتصوير الواقع ، وجهداً مشكوراً لوضع رأى أو نظرية تطابق هذا الواقع .

وخلاصة فكرة ابن الهيثم من الناحية الطبيعية فى الابصار أن المخروط المتوهم الذى رأسه مركز البصر وقاعدته سطح المبصر وهو الذى تلتئم منه سموت الأعمدة على سطحى القرنية والسطح الأمامى للجليدية ، وهى التى ترد على سموتها من المبصر الأضواء التى تؤثر فى الجليدية بحسب زعمه ، هذا المخروط يقطع السطح الخارجى للجليدية فى مساحة معينة ، فتحدث للمبصر على ذلك السطح فى تلك المساحة صورة مرتبة الأجزاء كترتيبها فى المبصر ، ثم تمتد الأضواء التى تحس بها الجليدية على السموت نفسها فى جرم الجليدية حتى تصل الى السطح الفاصل بينها وبين الرطوبة الزجاجية . وهو يرى أن الجزء من الجليدية الذى يجتازه هذا المخروط هو الذى عنده يقع الاحساس عند أول حدوثه فى البصر . ويرى أول الأمر أن هـذا الاحساس هو إحساس من جنس الألم ويدلل على ذلك بما هو مشاهد من أن الأضواء الشديدة تزعج البصر وتؤلمه فى حين أن تأثيرات الأضواء من جنس واحد ، وإنما تختلف بحسب اختلاف الأضواء نفسها فى الشدة والضعف . والمطلع على أقوال ابن الهيثم يجد فيها بادىء الأمر شيئاً غير قليل من الغموض يضيق

به صدره ، فظاهرها يفيد أنه يخلط بين انتقال الضوء وبين انتقال الاحساس خلطاً معيباً ، فهو يقول مثلا « والصورة التى تحصل فى سطح الجليدية تمتد فى (جسم)[1] الجليدية ثم فى الجسم اللطيف الذى فى تجويف العصبة الى أن تنتهى الى العصبة المشتركة ، وعند حصول الصورة فى العصبة المشتركة يتم الابصار ومن الصورة التى تحصل فى العصبة المشتركة يدرك الحاس الأخير صورة المبصر »[2] . ويقول بعد ذلك فى صدد أقواله عن إدراك المبصر واحداً بالنظر اليه بالبصرين « فجميع الصور التى تحصل فى البصرين من صور المبصرات تمتد من البصرين فى العصبتين الجوفاوين ، وتنتهى الى تجويف العصبة المشتركة . والصورتان اللتان تحصلان فى البصرين للمبصر الواحد فى حال إدراكه واحداً ، يلتقيان فى تجويف هذه العصبة ويحصلان صورة واحدة ... وقد يمكن أن يقال إن الصور التى تحصل فى البصر ليس تنتهى الى العصبة المشتركة لكن الاحساس الذى عند البصر يمتد من البصر الى العصبة المشتركة كما يمتد الاحساس بالآلام والاحساس بالملموسات ، وعند وصول الاحساس الى العصبة المشتركة يدرك الحاس الأخير ذاك المحسوس » . ويرد على هذا قائلا : « إن الاحساس الذى يحصل فى البصر ينتهى الى العصبة المشتركة لا محالة ولكن الاحساس الذى يحصل فى البصر ليس هو إحساس ألم فقط ، بل هو إحساس بتأثير هو من جنس الألم ، وإحساس باضاءة ، وإحساس بلون ، وإحساس بترتيب أجزاء المبصر . والاحساس باختلاف الألوان وبترتيب أجزاء المبصر ليس هو من جنس الألم .... فالشىء الذى يتادى من البصر الى العصبة المشتركة على تصاريف الأحوال ، الذى منه يدرك الحاس الأخير صورة المبصر ، هو شىء يدرك منه الحاس الأخير الضوء الذى فى المبصر ، واللون الذى فيه ، وترتيب

---

(١) فى الأصل « سطح » .

(٢) و (١٠٨) ، و (١٠٩) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

أجزائه . والشيء الذى يدرك منه الحاس الأخير الضوء واللون والترتيب هو صورة ما . فصورة المبصر التى تحصل فى البصر يتأدى منها الى العصبة المشتركة على تصاريف الأحوال صورة ما مترتبة ، ومن الصورة المترتبة التى تحصل فى هذه العصبة يدرك الحاس الأخير صورة المبصر على ما هى عليه » (١) .

ولكن يتضح مع شيء من التلطف فى فهم مرامى هذه الأقوال ، أن صورة المبصر التى يعنيها ابن الهيثم إنما هى تشكل أو تكيف خاص يحدث فى الجليدية (على زعمه) بفعل الأضواء التى ترد من النقاط المختلفة من سطح المبصر على سموت الأعمدة . فالاحساس الذى يحدث فى أجزاء الجليدية التى يجتازها مخروط الأعمدة وإن كان إحساساً من جنس الألم ، فانه علاوة على ذلك إحساس بترتيب ونظام بحسب ترتيب أجزاء المبصر ونظامها ، وهو يحدث من جراء انفعال أو تشكل يحصل فى الجليدية أو هو ينطبع فيها هنيهة بفعل الأضواء الواردة على سموت الأعمدة ، وتنتقل علة هذا الاحساس وهو هذا التشكل أو الانفعال أو بايجاز ما يعبر عنه بالصورة الحاصلة فى الجليدية ، مع معلول هذه العلة وهو الاحساس نفسه ، من الجليدية الى الأجزاء التى تليها من العين ، حتى يصل كلا الأمرين الى العصبة المشتركة بترتيب ونظام يتفقان وترتيب أجزاء المبصر ونظام هذه الأجزاء فيه . فانتقال هذا التشكل أو التكيف هو الذى يعبر عنه « بتأدى الصورة » وهو مقرون بانتقال الاحساس على الترتيب نفسه والنظام ذاته ، الى غاية ماتتأدى اليه الصورة ، وغاية ما يتأدى إليه الاحساس ، وهو الحاس الأخير الذى يدرك المبصر على ما هو عليه .

ولكى يستقيم تأدى الصورة وتأدى الاحساس بهذه الصفة ، يرى أن القرنية والرطوبة البيضية جسمان مشفان يقبلان انتقال الضوء فيهما على جميع

(١) و (١١٣) ، و (١١٤) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

السموت المستقيمة كأى جسم مشف آخر ، أما الجليدية فيرى أن لها خاصتين إحداهما الشفيف ، والثانية تهيؤها للاحساس بالضوء الوارد على سموت الأعمدة فقط . وباجتماع هاتين الخاصتين فيها يتحقق قبولها للضوء وللتشكل الحادث فيها على هيئة تتفق وهيئة المبصر ، وأيضا إحساسها بذلك . والتأثير الحاصل فيها يزول عند زوال الضوء الوارد من المبصر ، ولكنه يبقى هنيهة ويكون ذلك بحسب شدة الضوء أو ضعفه . وفى ذلك يقول ابن الهيثم إن تأثير الجليدية بالأضواء هو « انصباغ ما ولكنه انصباغ غير ثابت »[1] .

يبقى بعد ذلك تتبع ما يحدث فيما يلى الجليدية . فالضوء الوارد على سموت الأعمدة والذى من جرائه تحدث الصورة المترتبة الأجزاء فى الجليدية ، هذا الضوء ينفذ فى جسم الجليدية على السموت نفسها الى أن يصل الى السطح المشترك بينها وبين الرطوبة الزجاجية . فلو كانت الرطوبة الزجاجية شفيفها كشفيف الجليدية ، أو اختلف شفيفها ولكن كان السطح الفاصل بينها وبين الجليدية كرياً مركزه مركز البصر ، لنفذت فيها الأضواء الواصلة الى سطحها على سموت الأعمدة ، فى السموت نفسها الى أن تجتمع فى المركز ، ثم تمتد فى السموت نفسها أيضاً بعد ذلك . فلا تتأدى الصورة الواردة كلها الى وسط العصبة لأن هذه المستقيمات لا تلتقى على وسط هذه العصبة ، ولا هى تكون محتفظة بترتيب كترتيب أجزاء المبصر . ولكن شفيف الزجاجية مختلف عن شفيف الجليدية ، والأولى أشف من الثانية ، كما ان السطح الفاصل بينهما هو كما يراه ابن الهيثم دون مركز البصر . إذن لامندوحة من الانعطاف . ولكى لا تتلاقى عند حدوث هذا الانعطاف الأشعة المنعطفة أو يتقاطع بعضها والآخر يرى أن هذا السطح اذا كان كرياً وجب أن يكون نصف قطر تكوره كبيراً لا صغيراً كما أشرنا من قبل الى ذلك . ويرى أن الزجاجية تختلف فى

(١) و (١١٨) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

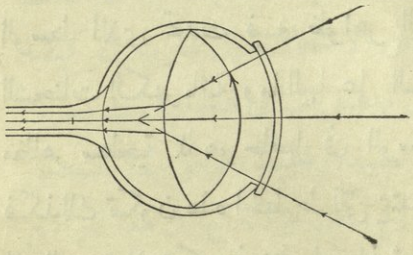
خواصها أو فى طبيعتها عن الجليدية . فالجليدية كما تبين مشفة حاسة تقبل تأدية الضوء لشفيفها ومتخصصة بالاحساس بالضوء الوارد على سموت الأعمدة ، أما الزجاجية فحاسة ولكن تحس فقط بالصورة المترتبة الأجزاء الحادثة فى الجليدية ومتخصصة مع الاحساس بهذه الصورة بحفظ ترتيبها . والاختلاف الناشىء عن اختلاف الشفيف يؤدى حتما الى الانعطاف ولكنه انعطاف لا يترتب عليه فى زعمه أن تتلاقى الأضواء الممتدة فى جسم الجليدية على سموت الأعمدة أو يتقاطع بعضها والآخر عند حدوثه ، بل يظل التأثير أو الانفعال الحادث فى الزجاجية مرتباً ومنظما بهيئة ترتيبه ونظامه فى الجليدية ، وبحسب ذينك الترتيب والنظام فى المبصر . لذلك يذهب ابن الهيثم الى أن الزجاجية يختلف شفيفها عن شفيف الجليدية ، ويختلف فى الوقت نفسه قبولها الحسى للصور ، عن قبول الجليدية الحسى للصور ، لكى يبرر باختلاف هاتين الخاصتين قوله إن الصورة بالرغم من الانعطاف تبقى فى الزجاجية واحدة على هيئتها فى الجليدية محتفظة بترتيبها ، وقوله انها تحس بها الزجاجية ، وان هذا الاحساس ينتقل مقروناً بانتقال الصورة بهذه الصفة من الزجاجية الى الجسم الحاس الموجود فى تجويف العصبة ، ثم يمتد كلاهما فى هذا الجسم على هذه الهيئة نفسها ، لانطباع هذا الجسم أيضاً على حفظ ترتيب الصورة ، الى أن تصل الصورة الى الحاس الأخير . وهذا الامتداد سواء أكان فى الزجاجية أو فى الجسم الموجود فى تجويف العصبة ، هو كامتداد إحساس اللمس وإحساس الألم فى شظايا العصب الى الحاس الأخير [1] .

وأقوال ابن الهيثم تؤدى فى بعض المواضع الى غموض المعنى والتوائه أكثر مما تؤدى الى توضيحه . والخلاصة انه يسوق للاستدلال على هذه الأمور التى ذكرها عن الزجاجية وعن الجليدية ما يصح أن نسميه أسباباً غائية . فهو يرى أن الأمر الواقع يتلخص فى أن الحاس الأخير يحس بالصورة

(١) و (٩) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر . انظر أيضا فقرة (٥٨) من هذا الكتاب .

مرتبة الأجزاء والألوان والأضواء على ما هى عليه فى المبصر ، ويرى أن هذا الاحساس على هذه الصفة لا يحصل الا اذا كان انتقال الاحساس من كل نقطة من مقدم سطح الجليدية الى الحاس الأخير على خطوط مستمرة متصلة لا تتقاطع ولا تتلاقى وتكون أوضاعها بعضها بالنسبة الى الآخر مترتبة بحسب ترتيب تلك النقاط ، ومفروض مع ذلك أن الجليدية جسم مشف حاس وأن الزجاجية جسم مشف حاس أيضاً ولكن يختلف شفيفه عن شفيف الجليدية ، ومفروض أيضاً أن الاحساس يكون بفعل الضوء النافذ فى طبقات البصر . فما هى إذن الصفات التى يجب أن تتوافر فى الجليدية وفى الزجاجية وما هى هيئة سطوحهما وأوضاع هذه السطوح بالنسبة الى سائر طبقات البصر وبعضها بالنسبة الى الآخر لكى يكون إحساس الحاس الأخير بصورة المبصر على ماهى عليه هذه الصورة فى الواقع . فهو فى إيجاز يؤلف للرطوبتين الجليدية والزجاجية صفات وخواص يرى أن إحساس الحاس الأخير بصورة المبصر لا يتأتى الا بها .

ومجمل الفكرة الأساسية التى نسجت عليها جميع أقواله فى هذا الصدد تتبين من شكل (٢٣) . فالصورة تتكون فى الجزء من الجليدية الذى يجتازه مخروط الأعمدة من جراء تخصص الجليدية بالاحساس بالضوء الوارد على سموت هذه الأعمدة ، ثم ينتقل الاحساس من كل نقطة من سطح الزجاجية ، فى خط متصل لا يتغير وضعه بالنسبة الى غيره ، فى جرم الزجاجية نفسها الى الجسم الحاس الذى يفرضه موجوداً فى تجويف العصبة ، وفى هذا الجسم نفسه ، الى أن يصل الى الحاس الأخير وتكون الخطوط التى ينتقل فيها الاحساس ابتداء من النقاط المختلفة من سطح الزجاجية ، متشابهة الترتيب منحنية حال انحناء العصبة مستقيمة حال استقامتها



(شكل ٢٣)

حافظة لترتيبها حال انحنائها وقبله وبعده وحال استقامتها ، الى أن ينتهى الاحساس الى الحاس الأخير ، وهناك ينتهى مرتبا على هيئة تماثل بالتمام الهيئة التى عليها المبصر .

وفكرة ابن الهيثم شبيهة فى نظرنا بفكرة خطوط القوة ، التى أدخلها « فردای » فى علم المغناطيسية وعلم الكهربية والتى أدخلت فى علم حركة السوائل ووجدت فى كل ذلك مفيدة . فأجزاء البصر من أول الجزء الذى يجتازه مخروط الأعمدة من مقدم سطح الجليدية ، إلى سطح الزجاجية ، إلى جسمها ، إلى الجسم الموجود داخل تجويف العصبة ، إلى مكان اتصال عصبتى العينين ، كل ذلك كأنه فى نظر ابن الهيثم أنبوبة قوة تلتئم من خطوط كخطوط القوة ، هى خطوط متصلة مستمرة يمتد على سموتها الاحساس ، تكون فى الجليدية نفسها على سموت أنصاف أقطار سطحها الخارجى ، ولكنها عند سطح الزجاجية تنعطف مع الاحتفاظ بترتيبها ، وتمتد فى جسم الزجاجية ، وفى الجسم الحاس فى تجويف العصبة ، إلى أن تبلغ موضع التقاء العصبتين . وتكون الخطوط فى البصرين متشابهة ، فتندمج خطوط أحدهما بنظيراتها من خطوط الآخر عند التقاء العصبتين . وكما أن خطوط القوة فى المغناطيسية والكهربية تعد خطوطاً ليست متوهمة بل لها وجود طبيعى ، يتشكل بحسبها الوسط الذى تحدث فيه ظواهر التكهرب والتمغنط ، ويكون ظهور الشحنات الكهربائية وما اليها على السطوح التى يتحدد بها هذا الوسط ، مظاهر سطحية لما هو حاصل فى الوسط نفسه من الاجهاد والانفعال ، فكذلك تكون هذه الخطوط التى يمتد على سموتها الاحساس من الجليدية إلى العصبة المشتركة ، فى نظر ابن الهيثم ، خطوطاً تتشكل بحسبها أجزاء البصر الحاسة عند ورود الأضواء من المبصر ، ويكون موضع ابتداء هذه الخطوط على السطح الخارجى للجليدية بمثابة الصورة التى تحدث للمبصر على هذا السطح ، ونفوذ هذه الخطوط فى أجزاء البصر وطبقاته الحاسة إلى موضع

التقاء العصبتين بمثابة قبول هذه الأجزاء للصورة، وموضع انتهاء هذه الخطوط لدى موضع التقاء العصبتين بمثابة الصورة الحاصلة هناك. وبهذه الصفة تستقيم أقوال ابن الهيثم فى جملتها ويزول التناقض الذى يبدو أول وهلة فيها، وينجلى الالتباس من قوله بحصول صورة المبصر عند موضع التقاء العصبتين، وتطابق الصورتين الحاصلتين فى البصرين هناك فى الأحوال الطبيعية.

وابن الهيثم يعد جميع هذه الخطوط التى تمتد عليها الصور منعطفة عند سطح الزجاجية إلا الخط المنطبق على محور التماثل فى العين الواحدة، وهو المار بمراكز تكوّر سطوح طبقاتها المشفة، لأن الضوء الوارد على سمت هذا العمود ينفذ فى جميع طبقات العين إلى وسط تقعير العصبة فى زعمه على سمت مستقيم واحد، دون أن يعانى انعطافاً ما، ويعزو إلى ذلك السبب فى أن إحساس البصر بالضوء الوارد على هذا السمت أشد وأبين، وهو السمت الذى يمتد عليه سهم المخروط المتوهم الذى مركزه مركز البصر وقاعدته ثقب العنبية، والذى يصح أن نسميه «محور البصر» ويقابل ما يسمى الآن «خط الإبصار».

٥٣ — تعديل ابن الهيثم نظريته فى الابصار بما يقتضيه الانعطاف

يعود ابن الهيثم فى خلال بحوثه عن الانعطاف إلى نظريته فى كيفية الابصار فيعدلها على ضوء المعلومات التى توصل اليها فى هذه البحوث تعديلا يجعلها أكثر ملاءمة للواقع المشاهد فى الطبيعة والحياة، وهو بهذا التعديل قد خطا بالنظرية خطوة لا يستهان بها، ولم تكن عودته اليها فى هذا الموضع من بحوثه عبثاً، بل دعت اليها الحاجة والضرورة. وهو نفسه قد بين ذلك باعتبارات ومشاهدات ذكرها.

فاذا توهمنا المستقيمات الخارجة من مركز البصر إلى نقاط ثقب العنبية، وتوهمناها ممتدة على استقامتها فى الهواء، التأم منها مخروط رأسه مركز

البصر هو الذى يسمى مخروط الشعاع ، وإذا قطع جسم مبصر هذا المخروط المتوهم فان كل نقطة من سطح الجسم المبصر يرد منها ضوء على امتداد أحد هذه المستقيمات الى سطح البصر و ينفذ على السمت نفسه فى طبقات البصر الأمامية إلى أن يبلغ سطح الجليدية فيقع الاحساس فى زعمه وفقا لما قد بيناه من قبل . والنظرية على هذه الصفة تحتم أن يكون المبصر قاطعاً لمخروط الشعاع المذكور لكى يدركه البصر ، لأنه إن كان خارجا عن هذا المخروط فالضوء الوارد من نقاطه إلى سطح البصر لا يمتد شيء منه على سموت الأعمدة . وابن الهيثم يذكر فى هذا الصدد تجارب ومشاهدات يبين بها انه من الممكن إبصار المبصر إذا كان خارجا عن سهم الشعاع . فثقب العنبية ثقب ضيق ، ومخروط الشعاع الذى رأسه مركز البصر وقاعدته ثقب العنبية مخروط ضيق أيضاً ، ومؤق العين والمحاجر التى تحيط بها خارجة عن المخروط المذكور . فان كان المبصر بالقرب من سطح العين عن جنبة من ثقب العنبية ، فهو خارج عن المخروط المذكور . ولكن على الرغم من ذلك فالواقع المشاهد أنه من الممكن رؤيته وهو فى مثل هذا الوضع . ومن اعتباراته التى استدل بها ، أنه اذا « اعتمد الانسان ميلا دقيقاً فجعل طرفه عند مؤخر عينه وفيما بين جفنيه وسكن بصره فانه يرى طرف الميل وكذلك إن جعل طرف الميل عند مؤق عينه فانه يراه . وإن داخل الميل فى عينه وألصق طرفه بجانب سواد العين أو قريباً منه فانه يرى طرف الميل . . . . وإذا أقام الانسان سبابته عند جانب وجهه وقريباً من جبينه فانه يرى سبابته ، وكذلك إن ألصق سبابته بجفنه الأسفل وتعمد أن يكون سطحها الأعلى موازياً لسطح بصره بالقياس إلى الحس فانه يرى سطح سبابته . وهذه المواضع كلها ظاهرة غير ملتبسة انها خارجة عن مخروط الشعاع »[1].

فالضوء الوارد من المبصرات فى هذه التجارب يصل إلى سطح البصر

(١) و (١٠٣) من مخطوط المقالة السابعة من المناظر .

على غير خطوط الشعاع ، أى على غير سموت الأعمدة ، فلا يتأتى أن يكون إدراك البصر لهذه المبصرات بالضوء النافذ على سموت الأعمدة الى سطح الجليدية وهو الذى لا يعانى عند نفوذه من طبقات البصر الأمامية انعطافاً ، بل من المحتم أن إدراك البصر لها هو إدراك بالضوء المنعطف عند سطوح هذه الطبقات .

وابن الهيثم يدلل على الأمر نفسه بدليل آخر جدير بالذكر هنا « يعتمد المعتبر إبرة دقيقة أو خلالة دقيقة فى دقة الابرة ويجلس فى موضع يقابله حائط أبيض ويستر إحدى عينيه ويجعل الابرة مقابلة للعين الأخرى ويقرب الابرة إلى بصره جداً حتى تصير ملتصقة بأجفان عينه ويجعل الابرة مقابلة لوسط بصره وينظر الى الحائط الأبيض المقابل له فانه يرى الابرة كأنها جسم مشف فيه بعض الكثافة . ويرى كل ما وراء الابرة من الحائط .... »[1] وهو يتوسع فى شرح الاعتبار ويقول من كلام له « وإن اعتمد المعتبر قرطاساً وكتب فيه كتابة دقيقة وألصق القرطاس على الحائط وجعل البعد الذى بينه وبين الحائط بمقدار ما إذا نظر إلى القرطاس أمكنه أن يقرأ الكتابة التى فيه ، وجعل الابرة مقابلة لوسط بصره كما فعل فى الأول ونظر الى القرطاس فانه يمكنه أن يقرأ ما على القرطاس من الكتابة »[2] .

والذى يستدل عليه ابن الهيثم من ذلك أن البصر يرى ما يقابل الابرة من الحائط فى حين أن ذلك مستتر بالابرة عن البصر فلا يمكن أن يكون إدراك ذلك بالاستقامة فهو حتما بالانعطاف عن جنبى الابرة من سطح البصر .

والتعديل الذى يدخله ابن الهيثم على نظريته أن الادراك لا يكون بالضوء الوارد على سموت الأعمدة فحسب بل بالضوء المنعطف أيضاً . ويورد الفكرة الصحيحة فى أن إدراك صورة النقطة المبصرة ليس هو

(١) و (١٠٤) من مخطوط المقالة السابعة من المناظر .

(٢) و (١٠٥) ، و (١٠٦) من مخطوط المقالة السابعة من المناظر .

بورود شعاع واحد هو الممتد من تلك النقطة على سمت الواصل منها الى مركز البصر وإنما هو فى الحقيقة بورود مخروط من الأشعة رأسه تلك النقطة وقاعدته ثقب العنبية ويقول « وكل نقطة من المبصرات التى فى داخل مخروط الشعاع تمتد صورتها الى سطح البصر المقابل لثقب العنبية فى مخروط رأسه تلك النقطة وقاعدته السطح المقابل لثقب العنبية . وخط واحد من الخطوط المتوهمة فى هذا المخروط هو خط الشعاع وجميع الخطوط الباقية التى فى هذا المخروط ليس شىء منها من خطوط الشعاع وليس شىء منها عموداً على سطوح طبقات البصر »[1] . فجميع الأشعة الواردة من النقطة المبصرة تنعطف عند سطح الجليدية الا الشعاع الوارد على سمت الواصل من النقطة الى مركز البصر . فان كانت الأشعة المنعطفة كما تدل عليه التجارب والمشاهدات هى أيضاً يدرك بها البصر المبصر فادراك البصر للنقطة الواحدة لا يكون بالضوء الوارد منها الى مركز البصر من غير انعطاف فحسب كما قيل فى النظرية من قبل ، بل يكون أيضاً بسائر الأضواء الأخرى الواردة منها والتى قد تعانى عند نفوذها من طبقات البصر الى المركز أكثر من انعطاف واحد . فهو فى نظريته العامة على صورتها الأولى يكتفى فى الشرح العام لكيفية الابصار ، بالشعاع الوارد على سمت العمود . ولكنه هنا يمعن فى الأمر الى ما هو أعمق من ذلك ، ويبين أن الادراك إنما هو بمخروط من الأشعة ، يرد من تلك النقطة الى سطح البصر . وهو على أساس هذه الفكرة يميز بين حالتين . فان كانت النقطة المبصرة على سهم مخروط الشعاع أى على سهم المخروط المتوهم الذى رأسه مركز البصر وقاعدته ثقب العنبية فهى تدرك بالضوء الوارد منها على سمت العمود من غير انعطاف الى مركز البصر ، وتدرك أيضاً بالضوء الوارد منها الى مركز البصر منعطفاً ، فادراكها يكون أبين وأكبر مما لو كانت خارجة عن سهم مخروط الشعاع حيث لا تدرك الا بالضوء المنعطف فحسب ، دون الوارد على استقامة . وقد يصح

(١) و (١٠٠) من مخطوط المقالة السابعة من المناظر .

التوفيق بين هذه الفكرة وبين النظرية على صورتها الأولى كما رأى الفارسى ، بالقول بأن ابن الهيثم رأى فى شرحه العام تخصيص الاحساس بالضوء الوارد على سموت الأعمدة لأن الاحساس بهذا الضوء أشد منه بالأضواء الأخرى الواردة على غير سموت الأعمدة والتى تنفذ فى طبقات البصر منعطفة ، ومثل هذا التخصيص ملائم مناسب لشرح كيفية الابصار بوجه عام .

ولكنا نرى أن لابن الهيثم رأياً أبعد من هذا وأعمق غوراً . غير أنه لم يوضحه تمام الوضوح ، كأنما شبح الحقيقة تراءى له عن بعد ، ولكنه لم يستطع جلاء غامضه لبعد الشقة وقصور الوسائل .

فابن الهيثم يقول بلفظه « وقد بينا فى هذه المقالة (أى المقالة السابعة) أن الصور المنعطفة ليس يدركها البصر الا على الأعمدة الخارجة من المبصرات القائمة على سطوح الأجسام المشفة . واذا كان جميع ذلك كذلك فالصور المنعطفة فى طبقات البصر ليس يدركها البصر إلا على الأعمدة الخارجة من المبصرات القائمة على سطوح طبقات البصر ، وهذه الأعمدة هى الخطوط التى تخرج من مركز البصر . فجميع الصور المنعطفة فى طبقات البصر يدركها البصر ويحس بها ولكنه يدركها على سموت الخطوط المستقيمة الخارجة من مركز البصر ... » . ثم هو بعد ذلك يفسر هذه الفكرة فيقول « أعنى أن كل نقطة من مبصر مقابل للجزء من سطح (البصر)[1] المقابل لثقب العنبية تحصل صورتها فى جميع سطح هذا الجزء وتنعطف من جميع هذا الجزء وتصل الى الرطوبة الجليدية وتحس الرطوبة الجليدية بجميع ما يصل اليها من صورة كل نقطة من هذه النقط ، وتدرك القوة الحساسة لجميع ما يصل الى الجليدية من صورة النقطة الواحدة على الخط الواحد الذى يصل بين مركز البصر وبين تلك النقطة . وهذا هو كيفية إدراك البصر لجميع المبصرات »[2] .

---

(١) فى الأصل « المبصرات » .

(٢) و (١٠١) ، و (١٠٢) من مخطوط المقالة السابعة من المناظر .

والذى يعنيه ابن الهيثم أن بحوث الانعطاف بينت أن النقطة المبصرة يتكون لها خيال (هو بحسب ما يرى) على العمود الواقع منها على السطح الذى يحدث عنده الانعطاف . فالنقطة المبصرة يرد منها الى سطح البصر مخروط من الأشعة ، رأسه عند النقطة المبصرة وقاعدته الجزء من سطح البصر المقابل لثقب العنبية ، وجميع هذه الأشعة تنفذ فى طبقات البصر منعطفة الا ما قد يرد على سمت العمود فانه ينفذ على استقامة من غير انعطاف ، والبصر يحس بجميع هذه الأشعة ، ولكن الأشعة المنعطفة تلقى العمود على نقطة هى فى زعمه موضع الخيال . فالبصر يدرك صورة النقطة من إدراكه هذا الخيال على هذا العمود . تلك هى الفكرة التى تبدو من ثنايا هذه الأقوال . وابن الهيثم يكتفى ببيان أن ما يدركه البصر يدركه على سموت الأعمدة على سطح البصر ، بمعنى أن إدراك البصر صورة نقطة مبصرة هو من إدراك خيال هذه النقطة الذى هو عند موضع التقاء الأشعة المنعطفة فى طبقات البصر ، بالعمود الذى هو الواصل بين النقطة ومركز البصر .

وهذه الفكرة بهذا القدر وفى حدود معانى الأقوال التى عبر بها ابن الهيثم عنها ، نجدها تجارى الى أمد بعيد ، المعلومات الحديثة فى أن إدراك البصر صورة نقطة هو إحساس بخيال لها يحدث عن انعطافات الأشعة الواردة منها فى طبقات العين . ولو ذكر ابن الهيثم فى هذا الصدد أن نقطة الالتقاء التى هى موضع الخيال هى نقطة التقاء الأشعة المنعطفة نفسها بالعمود المذكور ، وميز فى هذا المقام بين التقاء الشعاع المنعطف نفسه بالعمود ، وبين التقاء امتداده بالعمود ، لثبت ثبوتاً قطعياً أنه سبق القرون والأحقاب التى أعقبته الى الكشف عن كيفية حدوث الابصار على الوجه المعروف فى الوقت الحاضر .

ومما يجدر ذكره هنا أن ابن الهيثم نفسه قد أناط بهذا المعنى أهمية خاصة ، وذكر فى هذا الصدد أن هذه الآراء لم يسبقه أحد من قبله الى ذكرها أو

بيانها ، ويقول فى ختام أقواله فى هذا الموضوع « وهذا المعنى أعنى أن جميع ما يدركه البصر يدركه بالانعطاف هو معنى ما ظفر به أحد من المتقدمين ولا بيّن علته أحد من المتأخرين ، وهو كيفية إدراك البصر لجميع المبصرات على غاية التحقيق » (١) .

وحسب ابن الهيثم فى نظرنا أنه علم أن إدراك البصر صورة نقطة مبصرة لا يكون على « غاية التحقيق » بورود الضوء منها على سمت العمود على سطح البصر ، وإنما هو بورود الضوء منها على هيئة مخروط مجسم رأسه تلك النقطة وقاعدته ثقب العنبية ، وإنه إدراك لخيال يحدث لتلك النقطة . وهو معنى يحق له أن يقول عنه « ما ظفر به أحد من المتقدمين » وابن الهيثم لا شك قد سبق اليه « كپلر » وغيره من المتأخرين .

---

(١) و (١٠٧) من مخطوط المقالة السابعة من المناظر .

الفصل الثانى

فى

الإبصار من الناحية النفسية

٥٤ — المعانى المبصرة الجزئية والمركبة

يقصد ابن الهيثم بالمعانى المبصرة المعانى التى يدركها الانسان فى المبصر بتوسط حاسة البصر . فاذا أبصر الانسان مبصراً فهو يدرك منه الضوء واللون ، ويدرك بعده ووضعه بالاضافة اليه وبالاضافة الى غيره ، ويدرك اتصاله أو عدم اتصاله بغيره ، ويدرك تجسمه وشكله وعظمه ، ويدرك هل هو متحرك أو ساكن وهل هو شبيه بغيره أو مخالف وما الى ذلك . والمعانى التى من هذا القبيل وتدرك بتوسط حاسة البصر كثيرة ، ولكنه يقسمها بالجملة اثنين وعشرين قسما ويسميها « المعانى الجزئية ، الاثنتين والعشرين » ويكون أى معنى من المعانى التى يدركها البصر ، أما أحد هذه المعانى الجزئية أو معنى يتكون أو يتركب من أكثر من واحد منها .

والمعانى الجزئية الاثنتان والعشرون فى نظره[١] هى الضوء واللون والبعد والوضع والتجسم والشكل والعظم والتفرق والاتصال والعدد والحركة والسكون والخشونة والملاسة والشفيف والكثافة والظل والظلمة والحسن والقبح والتشابه والاختلاف . وهو يضرب لها الأمثال[٢] ، فالاستقامة والانحناء والتحديب والتقعير من باب الشكل ، والكثرة والقلة من العدد ، والتساوى والتفاضل من التشابه والاختلاف ، والضحك والبشر والطلاقة

(١) و (٣٥) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) و (٣٥) « « « « «

والعبوسة من الشكل أيضا ، حيث لا يدركها الانسان بحاسة البصر الا من تشكل صورة الوجه ، والرطوبة واليبوسة (ويعنى بالرطوبة الميعان) من باب الحركة والسكون ، حيث يرى أن الرطوبة تدرك بحاسة البصر من تحرك أجزاء الجسم الرطب بعضها بالنسبة الى الآخر ، واليبوسة من سكون هذه الأجزاء . وهو يمثل أيضا للمعانى المركبة التى تتركب من أكثر من واحد من هذه المعانى البسيطة بأمثلة ، فالكتابة والنقوش كلاهما ليس واحداً من هذه المعانى الجزئية وكلاهما يدخل فى باب الترتيب وباب الشكل . والبكاء فهو يدخل فى باب الشكل والحركة وذلك لحركة الدموع .

٥٥ — الفكرة العامة التى بنى ابن الهيثم عليها مباحثه فى الادراك

وابن الهيثم يتناول بالتفصيل شرح كيفية إدراك البصر المعانى المبصرة التى ذكرناها آنفاً ، ويضمن بحوثه آراءاً ونظريات على جانب عظيم من الخطورة والقيمة من الناحية النفسية .

وتشغل هذه الناحية من بحوث ابن الهيثم الجزء الأكبر من مقالته الثانية فى المناظر . والفكرة الأساسية التى عنى بتوضيحها أن الادراك إنما يكون بطرق ثلاث ، هى فى نظره الحس المجرد ، والمعرفة ، والقياس مع التمييز .

فالانسان يدرك الضوء مثلا بالحس المجرد ، ويدرك لون الجسم بالحس المجرد . ولكنه إن أدرك أن ضوأين متساويان فى القوة أو فى الضعف أو مختلفان ، أو أدرك أن لونين متشابهان أو مختلفان ، فان إدراك التشابه والتساوى أو الاختلاف والتفاضل فى هذه الأحوال لا يكون بالحس المجرد ، إنما يكون بتمييز الأضواء والألوان وقياس بعضها الى بعض . كذلك إن أدرك الانسان شفيف الجسم المشف ، فان إدراكه الشفيف لا يتم إلا بعد أن يدرك ماوراء الجسم المشف من الأجسام المبصرة ، أو يدرك نفوذ الضوء فى الجسم المشف ، ويدرك مع هذا أو ذاك أن الذى يظهر من وراء الجسم المشف جسم آخر غيره . فالادراك هنا أيضاً لا يكون بالحس المجرد بل يحتاج الى

شىء من الاستدلال ، وبمثل هـذه الكيفية يكون إدراك الكثافة بمعناها النقيض لمعنى الشفيف .

على هذه الصفة بين ابن الهيثم أن إدراك كثير من المعانى المبصرة يلزم فيه أمور أخرى تزيد على الحس المجرد ، ويمضى الى بيان أن هذه الأمور الاضافية التى تزيد على الحس المجرد هى فى الأصل التميز والقياس[1] . وهى أمور ليست من اختصاص البصر ، لأن البصر مطبوع على كونه عضواً حاساً فحسب ، وإنما هى من اختصاص العقل أو النفس أو « القوة المميزة » بحسب تعبيره .

والادراك الذى لا يكون بالحس المجرد وحده يجعله ابن الهيثم قسمين يسمى أحدهما « إدراكا بالمعرفة » ويسمى الآخر « إدراكا بالقياس والتميز » وهو يشرح وجهة نظره فى التفريق بينهما بأمثلة يوضحها . فالانسان إن أبصر شخصاً معيناً شاهده من قبل وعرفه فان الادراك فى هذه الحالة هو الادراك « بالمعرفة » فى نظره ، وبالمثل إدراك الحيوانات المألوفة والثمار والأحجار والأشياء التى يكثر مشاهدتها فى الحياة أو يكثر استعمالها . وفى هذه الأحوال وأمثالها لا يتم الادراك إلا بتشبيه صورة المبصر بصورة قد أدركها من قبل ، ثم إدراك التشابه بين الصورتين . ولا يدرك التشابه بين الصورتين إلا بقياس . ولكن فى هـذه الأحوال لا يكون القياس تاماً أى لا يكون باستقراء جميع المعانى والصفات فى الصورتين الحاضرة فى الذهن والحاصلة بالاحساس ، بل تكفى علامة أو كما يقول ابن الهيثم « أمارة » يستطيع منها أن يميز الانسانُ المبصرَ الذى يدركه إذا كان ذاكراً للصورة التى أدركها من قبل .

---

(١) يلتزم ابن الهيثم فى هذه المباحث التعبير بلفظ القياس . والمعنى المقصود فى بعض المواضع هو معنى القياس فى المنطق ولكنه فى أكثر المواضع وجلها هو معنى القياس عند الفقهاء حيث يرد بمعنى التشبيه .

ذلك هو الادراك بالمعرفة . أما الادراك بالقياس والتمييز فانه يحتاج الى إعمال نظر وتفقد ، واستقراء جميع المعانى أو أكثرها . فمثلا اذا لحظ الانسان الكاتب كلمة غريبة لم ترد عليه من قبل أو كانت غير مقترنة بالذهن ، فانه لا يدركها الا بعد أن يستقرىء حروفها ويميز نقاطها وحركاتها ، فى حين انها لو كانت مألوفة وتكررت عليه كثيراً أدركها فى الحال « بالمعرفة » من غير حاجة الى كثير استقراء أو تحقق .

وابن الهيثم يعبر عن هذه المعانى قائلا بلفظه « والصورة التى قد أدركها البصر من قبل أو أدرك أمثالها ، يدرك البصر ما هى تلك الصورة فى حال إدراكه الصورة من إدراكه بعض المعانى التى فى الصورة اذا كان ذاكراً لادراكه لتلك الصورة أو أمثالها من قبل . فالذى يدرك بالمعرفة يدرك بالأمارة . وليس كل ما يدرك بالقياس يدرك بالأمارات . والادراك بالمعرفة يتميز عن جميع ما يدرك بالقياس اذا لم يكن إدراكا بالمعرفة . وهو يتميز بالسرعة لأنه إدراك بالأمارات »[1] فان كان الادراك بالمعرفة كما يقول هو نفسه هو إدراك بضرب من ضروب القياس إلا انه إدراك سريع يكتفى فيه بأمارة أو بضع أمارات تدرك بسرعة .

ويمكن أن نستخلص من أقوال ابن الهيثم تعريفاً يؤدى المعنى الذى يقصده من الادراك بالمعرفة . وهو أن الادراك بالمعرفة هو إدراك صورة أو معنى من المعانى التى سبق أن أدركها البصر من قبل أو أدرك أمثالها وهو لا يزال ذاكراً لها ، وذلك من أمارة أو بضع أمارات تكون فى تلك الصورة أو ترتبط بذلك المعنى ، من غير أن يتطلب ذلك استقراء كثير من المعانى أو الصفات الأخرى ، وبحيث يتم ذلك بسرعة .

وابن الهيثم يرى أن إدراك ماهيات الأشياء عن طريق الحواس ومنها حاسة البصر يكون بالمعرفة . ويرى أن المعرفة قسمان : معرفة بالشخص تحصل

---

(١) و (٢٥) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

من تشبيه صورة المبصر بصورة قد أدركت له بالذات من قبل ويذكرها الذهن ، كما لو أبصر الانسان صديقاً له فعرفه ، ومعرفة بالنوع تحصل من تشبيه صورة المبصر بصورة مثله أو صور أمثاله من نوعه قد أدركت من قبل ويذكرها الذهن كما لو أبصر الانسان هراً مثلا وعرف أنه هر .

ويرى ابن الهيثم أيضاً أن الادراك بأمارة أو بضع أمارات وهو الادراك بالمعرفة الذى يتميز بالسرعة اذا ما وقع ، فان ما يسميه « القوة المميزة » تستطيع بعد ذلك أن تميز المعانى والصفات المختلفة فى الشىء المدرك واستقصاء استقرائها . ويرد هذا المعنى فى قوله بلفظه « ثم ما كان فى الصور من المعانى قد أدركها البصر من قبل أو أدرك أمثالها ، وهو ذاكر لما أدركه منها ومن أمثالها ، فانما يدركها فى الحال بالمعرفة ومن الأمارات التى تكون فى الصورة . ثم القوة المميزة تميز هذه الصور فيدرك منها جميع المعانى التى تكون فيها من الترتيب والتخطيط والتشابه والاختلاف وجميع المعانى التى تكون فى الصورة التى ليس يتم إدراكها بمجرد الحس ولا بالمعرفة »[1] .

وكأن من أسباب التفرقة بين الادراك بالمعرفة وبين الادراك بالقياس والتمييز فى نظر ابن الهيثم أن الادراك بالقياس والتمييز يستغرق زماناً وإن كان فى بعض الأحوال قصيراً فهو بوجه عام أطول من زمان المعرفة . وابن الهيثم يبين أن الانسان فى أغلب الأحوال قد لا يدرك أن إدراكه بالقياس والتمييز هو كذلك ، لقصر الزمان الذى يستغرقه ذلك الادراك . وأقواله فى هذا تتلخص فى أن القوة المميزة تدرك حال ورود الصورة عليها جميع المعانى التى فيها ، واذا حصلت فيها جميع المعانى فهى تميزها حال إدراكها ، واذا ميزتها أدركت نتائجها . ومما يدرك على هذه الصفة جميع المقاييس المنطقية التى مقدماتها الكلية ظاهرة ومستقرة فى النفس ، فان القوة المميزة لا تحتاج فى تحصيل نتائجها الى زمان مقتدر ، فلا يدرك الانسان أن تحصيل هذه النتائج

(١) و (٢٥) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

بطريق القياس المنطقى ، ويمثل ابن الهيثم لذلك ويقول « لو طرق سمعَ سامع صحيح التمييز قولُ قائل هذا الشخص كاتب ، لكان ذلك السامع يدرك فى الحال مع تمييز فهمه لهذا اللفظ ، أن ذلك الشخص الذى سمع بصفته هو إنسان ، وإن لم ير ذلك الشخص ، ومن غير توقف ولا زمان مقتدر »(١) . وذلك لأن « القوة المميزة ليس تقيس بترتيب وتأليف وبتكرير المقدمات كما يكون ذلك فى ترتيب القياس باللفظ » حيث يقال مثلا « هذا الشخص كاتب وكل كاتب إنسان فهذا الشخص إنسان » بل هى تدرك النتيجة من المقدمات التى تومىء اليها « من غير حاجة الى اللفظ ومن غير حاجة إلى تكرير المقدمة وترتيبها ومن غير حاجة الى تكرير اللفظ وترتيبه » . ومما يدرك على هذه الصفة أيضا كثير من المعانى التى تسمى فى الفلسفة «بديهيات» أو « علوم أُول » ويقول « ومثال ذلك الكل أعظم من الجزء يسمى علماً أولا ، ويظن به أنه يحكم بصحته بفطرة العقل وليس إدراك صحته بقياس ، لسرعة قبول الفهم له ولأن التمييز لا يشك فيه فى وقت من الأوقات »(٢) ويبين أن إدراك معنى « الكل أعظم من الجزء » لا يكون إلا بعد فهم معنى الكل وفهم معنى الجزء وفهم معنى أعظم . وإدراك اتفاق معنى الكل ومعنى الأعظم فى الزيادة . فالادراك « إنما هو بقياس لا بفطرة العقل ، والذى هو فى فطرة العقل إنما هو إدراكه لاتفاق معنى الكل ومعنى الأعظم فى الزيادة فقط ، وهذا المعنى هو المقدمة الكلية التى أنتجت النتيجة ، وفى حال ملاحظة العقل لهذا المعنى قد فهم النتيجة »(٣) ويقول « ولاستقراء صدق نتيجة هذا القياس فى النفس وصحتها فى الفهم وحضورها للذكر صارت متى وردت القضية قبلها العقل من غير استئناف قياس بل من معرفته بها فقط »(٤) .

(١) و (٢٦) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .
(٢) و (٢٨) « « « « «
(٣) و (٢٩) « « « « «
(٤) « « « « «

فابن الهيثم يرى أن إدراك المحسوسات الذى الأصل فيه القياس والتمييز ثم يتحول بالتكرار الى أن يصير إدراكا بالمعرفة ، له نظير فى إدراك المعنويات . حيث يكون الأصل فيه هو أيضاً القياس المنطق ثم يتحول بالتكرار واستقرار المعنى فى الذهن الى إدراك سريع لا يُحتاج فيه الى عملية القياس ولا الى تركيبه . وهو يعبر عن إدراك المعنويات الذى يكون على هذه الصفة بأنه هو أيضا إدراك بالمعرفة . وفى هذا المعنى يقول بلفظه « ثم إذا تكرر القياس الذى بهذه الصفة واستقرت صحة النتيجة فى النفس ، صارت النتيجة بمنزلة المقدمة الظاهرة ، وصارت المقدمة الجزئية بمنزلة المقدمة الكلية فى الظهور ، وصارت القوة المميزة متى وردت عليها المقدمة الجزئية أدركت النتيجة بالمعرفة ، من غير استئناف للقياس الأول الذى به أدركت تلك النتيجة ومن غير تمييز لكيفية الادراك »[١] .

ويرى ابن الهيثم فى مثل هاتين الحالتين سواء كان الادراك بالقياس الذى مقدماته ظاهرة ومستقرة فى النفس أو كان إدراكا سريعاً بالمعرفة أن الانسان لا يميز أن الادراك يتم فعلا على هذه الصفة لأنه يدرك المعنى بسرعة ، وفضلا عن ذلك فان إدراك كيفية الادراك إنما يكون بقياس ثان . ولهذه العلة كما يقول بلفظه « صار كثير من القضايا الصادقة التى تدرك بالمعرفة وأصل استقرار صحتها بالقياس ، لا يُحس بكيفية إدراك صحتها فى حال ورودها ، لأن القوة المميزة إذا وردت عليها هذه المعانى فهى تحكم بصحتها وبمعرفتها . ولاستقرار صحتها عندها وفى حال معرفتها ليس تبحث كيف كان استقرار صحتها فى الأول ، ولا تبحث عن كيفية إدراكها لصحتها فى حال ورودها ومعرفتها ، ولا متى استقرت صحتها عندها »[٢] .

وابن الهيثم يسهب فى شرح هذه الفكرة ويبين أن القياس الثانى الذى

---

(١) و (٣٠) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) و (٣١) « « « «

به يدرك الانسان كيفية الادراك يحتاج الى تأمل وتمييز ولا يحدث بسرعة . وان القوة المميزة إذا أدركت معنى بالمعرفة أو بقياس سريع ، فانها لاتدرك فى الوقت نفسه كيفية الادراك ، وذلك فى نظره لأن الانسان مطبوع على التمييز والقياس ، فهو يميز ويقيس بالطبع ومن غير تكلف ، ولا يحس بأنه يقيس ويميز إلا « إذا تكلف القياس واستعمل الفكر وتمحل المقدمات » ويدلل على ذلك بالطفل « الذى ليس فى غاية الطفولة ولا كامل التمييز » فهو يستطيع التمييز بين الحسن والقبيح بل بين الحسن والأحسن ، فهو إذن يقيس ويميز فى حين أنه « لا خلاف ولا شبهة فى أن الطفل لا يعرف معنى القياس ، ولا يعلم ما هو القياس ، ولا يحس فى حال ما يقيس أنه يقيس ، ولو أفهم أيضا معنى القياس لم يفهمه » (١) .

ذلك هو مجمل آراء ابن الهيثم فى كيفية الادراك بوجه عام . وفكرته العامة فى تقسيم كيفية الادراك الى إدراك بالحس المجرد وإدراك بالمعرفة وإدراك بالتمييز والقياس إن كان ثمة ما يعترض به عليها ، فهو فى نظرنا ينجم عن حمل معنى الادراك الوارد فى هذه الأقوال على غير المعنى الذى يقصده . فنحن نرى أن المقصود فى أقواله من لفظ الادراك مطلقاً ، معنى عام غير محدود هو أقرب الى معنى الشعور (٢) منه الى المعنى المحدود الذى يؤديه لفظ الادراك فى بحوث علم النفس الحديث . فالذى يعنيه ابن الهيثم من القول « بالادراك بالحس المجرد » إنما هو مدلول لفظ « الاحساس » (٣) فى الاصطلاحات الحديثة . وهو المعنى الذى يدل على حالة نفسية أو شعورية تحدث رأساً عن انفعال العضو الحاس بفعل المؤثر الخارجى . وإن هى عدت حالة مفردة مجردة عما يقترن بها من الحالات الأخرى التى تلازمها عادة فى الانسان ، لاسيما اذا تجاوز فطرة طفولته الأولى ، فانه يندر حصولها على

(١) و (٣٢) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) بمعنى « Consciousness »

(٣) « Sensation »

صفتها المجردة المتوهمة فى العلم ، وهذا هو فعلا ما يتفق وسياق الأقوال ومجرى التفكير فى هذه البحوث . أما ما يعبر عنه بالادراك بالمعرفة وبالادراك بالتمييز والقياس ، وهما جميعاً إدراك يتطلب فى نظره أموراً تزيد على الحس المجرد فهو المعنى المدلول عليه فى الاصطلاحات الحديثة « بالادراك الحسى » (١) . وابن الهيثم يميز فعلا بين معنى الاحساس وبين معنى الادراك الحسى كما يميز بينهما الآن ، وليس يضيره فى هذا الصدد أنه عبر عن معنى الاحساس « بالادراك بالحس المجرد » .

ورأيه فى أن الأصل فى الادراك الذى هو ليس بالحس المجرد ، التمييز والقياس ثم هو يتحول بالتكرار والمعاودة الى أن يصير إدراكا بالمعرفة من الأمارات ، رأى مقبول فى جملته ومقبول فى تفصيله . وحسبه أن لكل من الأمارة والمعرفة اصطلاحاً فى علم النفس الحديث يؤدى المعنى الذى يريده أداء تاماً ، يخيل معه أن ابن الهيثم ينقل الى العربية عن مؤلف من المؤلفات الحديثة فى هذا العلم .

وأقوال ابن الهيثم فى المباحث التى ذكرناها تدل على أنه ربط بين الادراك بالمعرفة وبين الذكر . ولكنه فى الوقت نفسه عنى بتوضيح أمرين ، أحدهما بيان أن الانسان لا يميز حال الادراك بالمعرفة انه فعلا إدراك بالمعرفة ، والآخر أن القوة المميزة تستطيع بعد الادراك بالمعرفة تمييز المعانى والصفات المختلفة فى الشىء المدرك . فكأنه لا يريد بلفظ الذكر فى هذه الأقوال المعنى الشامل المدلول عليه بلفظ الذكر فى الاصطلاح الحديث فى علم النفس (٢) ، وهو المعنى الذى يشترط فيه الشعور إن لم نقل الارادة ، وهو المعنى الذى يشمل أربع عمليات تتقوم بها عملية التذكر بمعناها الحديث (٣) . فالأمر الأول من

(١) « Sensual Perception »

(٢) تقصد معنى « Memory »

(٣) هى التعلم « Learning » والوعى « Retention » والاستعادة « Recall » والمعرفة « Recognition »

الأمرين المذكورين ينفى الشعور أو أى فعل إرادى ، والثانى يفيد أن تمام الادراك لا يتم إلا بتمييز المعانى والصفات المختلفة وهو يحتاج أولا الى إدراك هذه المعانى والصفات وثانياً الى قياسها بأمثالها مما تقدم إدراكها . فان تطلب هذا الوجه من الادراك التذكر بمعناه الشامل فليس هو مايقصد بالادراك بالمعرفة بل هو إدراك يلى مرحلة الادراك بالمعرفة .

فسياق المعنى فى مباحث ابن الهيثم التى ذكرناها لا توجب أن تكون المعرفة بعد التذكر بمعناه الحديث الشامل العام ، وإنما هى توجب ربطها بالتعلم وبالوعى ولا اعتراض على هذا . وأقواله تفيد صراحة أن الادراك بالمعرفة ينشأ عن الاستعادة ، أو بعبارة أخرى أن الاستعادة تسبق المعرفة ، وهى أسهل وأقل تعقداً وأقرب الى النفس من المعرفة . وهذه نظرية فى علم النفس قد لحقها شىء كثير أو قليل من التعديل ولكننا لا نرانا نخطىء كثيراً اذا قلنا أن المعرفة لا تزال تعد حاصلة من إثارة شعور غير محدود نحو الشىء المدرك تكفى إثارته الأمارة ، ويكون هذا الشعور قد سبق من جراء الخبرة المتقدمة ، أن ارتبط وحده أو مع ألوان أخرى من الشعور ، بالشىء المدرك . بهذا المعنى يحصل الادراك بالمعرفة باستعادة حالة أو حالات نفسية غير محدودة ارتبطت فيما سبق بالشىء المدرك ، فاذا حصل الادراك بالمعرفة على هذه الصفة استطاع الانسان أن يستثير أو يستدعى أموراً أخرى معينة محدودة كانت هى أيضاً قد ارتبطت من قبل بالشىء المدرك ، واستطاع أيضاً أن يتبين على التحقيق كنه الشعور الأول الذى كان قد ترتبت المعرفة على استعادته . وهذا المعنى لا يتعارض ولا يتنافى البتة وآراء ابن الهيثم فى هذا الصدد . ولنا عودة فيما بعد الى زيادة تفصيل آرائه فى هذا الموضوع .

٥٦ — نظرية ابن الهيثم عن كيفية الادراك بالبصر

وابن الهيثم يطبق المعانى السابقة العامة ، على الادراك بالبصر . فالمعانى التى تدرك بتوسط حاسة البصر تدرك هى أيضاً بالطرق الثلاث التى ذكرها .

والمعانى المبصرة التى تدرك بالقياس والتمييز اذا تكرر إدراك البصر لها واستقر فى النفس فهمها صار إدراكها بعد ذلك بالمعرفة . وهو يقول «وأيضاً فان الانسان منذ طفولته ومنذ مبدىء نشأته وعلى مرور الزمان يدرك المبصرات ويتكرر عليه إدراك المبصرات . فليس شىء من المعانى الجزئية التى تدرك بحاسة البصر إلا وقد تكرر إدراك البصر لها . فقد صارت جميع المعانى الجزئية التى تدرك بالقياس مفهومة عند القوة المميزة ومستقرة فى النفس ، فقد صارت القوة المميزة تدرك جميع المعانى الجزئية التى تتكرر فى المبصرات بالمعرفة وبالعادة ، وليس تحتاج الى استئناف قياس فى إدراك شىء من المعانى الجزئية التى تتكرر فى المبصرات » [1] فبكثرة المران والخبرة تكتسب القوة المميزة المقدرة على إدراك هذه المعانى الجزئية بالمعرفة فى حال إدراكها ، دون أن تحس النفس بقياس أو تمييز ، أو بكيفية الادراك نفسه ، أو بكيفية استقرار المعنى فى النفس ، أو بمبدىء ورود المعنى الى الذهن أو بما الى ذلك من الأمور . وبهذه الكيفية يصير لكل معنى من المعانى الجزئية « صورة كلية مستقرة فى النفس » ولا يبقى بعد ذلك مما يدركه الانسان بتوسط حاسة البصر من المعانى الجزئية ما يحتاج فى إدراكه الى قياس أو تمييز أو الى استئناف القياس والتمييز « الا المعانى الجزئية التى فى الأشخاص الجزئية » . ويقصد ابن الهيثم من ذلك أن الانسان يكتسب بالمران والخبرة المقدرة على إدراك المعنى الكلى للشكل أو الوضع أو العظم أو ما الى ذلك بالمعرفة ، ولكنه قد يحتاج الى قياس وتمييز يزيدان على المعرفة عند إدراك شكل مبصر معين أو وضعه أو عظمه أو ما الى ذلك فى أحوال معينة .

٥٧ — شرح ابن الهيثم كيفية ادراك المعانى الجزئية المبصرة

ويمضى ابن الهيثم بعد ذلك يشرح شرحاً مسهباً آراءه فى كيفية إدراك

---

(١) و (٣٣) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

البصر المعانى الجزئية الاثنتين والعشرين ، مبيناً « كيفيات المقاييس » التى تكتسب بها القوة المميزة تلك المعانى . وفى نظرنا أن هـذا القسم من بحوثه من الأقسام التى بلغ فيها الذروة ، ومن أجل ما أورثه العلم من بعده . فآراؤه ونظرياته التى شرحها وكثير من النتائج التى استخلصها منها ، فيما يتعلق بأغلاط البصر وأسباب الغلط ، كل ذلك فى جملته يكاد لايزال على مرور تلك الأجيال والقرون صحيحاً معتمداً مأخوذاً به فى وقتنا الحاضر . وسنتناول فيما يلى بيان آرائه فى ذلك مع العناية بما يتعلق منها بالأمور الطبيعية بصفة خاصة .

٥٨ — كيفية ادراك الضوء واللون

يتناول ابن الهيثم أولا تعيين المعانى التى تدرك بتوسط حاسة البصر بالحس المجرد . وهو يعالج الأمر بحسب مايتفق وآراءه فى تركيب البصر وما يتفق ونظريته فى الابصار . وقد تبين فيما سبق أنه يرى أن الجليدية أول عضو حاس يصل اليه الضوء ، وانه يرى أن الصورة الحاصلة فيها تنتقل منها الى الزجاجية ثم الى باطن تجويف العصبة فى البصر الواحد ثم الى العصبة المشتركة التى يعدها العضو الحاس الأخير . ولعله يرى بذلك أن الناحيتين الطبيعية والفسيولوجية فى الإبصار تنتهيان عند العصبة المشتركة ، وانه عندها يبتدىء الادراك وتبتدىء الناحية النفسية من الابصار ، بما يتبعها من فعل النفس أو القوة المميزة من تمييز وقياس . وهو فى هـذا المعنى يقول بلفظه « فالقوة الحساسة تحس بصورة المبصر من جميع الجسم الحاس الممتد من سطح العضو الحاس (ويعنى الجليدية) الى تجويف العصبة المشتركة . والقوة المميزة تميز المعانى التى فى الصورة عند إدراك الحاس الأخير للصورة »[1] .

وهو يرى أيضا أن الذى يحصل فى العضو الحاس إنما هو تأثره بالضوء واللون على الصفة التى بينهـا من الترتيب الشبيه بترتيب أجزاء المبصر . وهو يذكر فى هذا الصدد اللون مع الضوء لأنه يرى كما بينا أن للون وجوداً مستقلا

(١) و (٣٦) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

عن وجود الضوء ، وهو يصور كيفية تأثر الطبقات الحساسة من البصر بالضوء وباللون تصويراً طبيعياً بقدر ما تسمح له معلوماته . فهى وإن كانت مشفة وتقبل تأدية الضوء ففيها بعض الكثافة فمن جراء ما فيها من الكثافة تستضىء من الضوء النافذ فيها و « تتلون » باللون الذى يصحب الضوء الوارد اليها النافذ فيها . فالعضو الحاس يحس رأساً بالضوء واللون اللذين يؤثران فيه تأثيراً مباشراً . ومن هذا الاحساس يقع الادراك بالضوء بما هو ضوء وباللون بما هو لون .

غير أن أقواله فى هذا الصدد لا تخلو من الغموض الذى أشرنا اليه من قبل (فقرة ٥٢) والذى ينم عن شىء من الخلط بين امتداد الضوء (واللون فى زعمه) وبين امتداد الاحساس فى الطبقات الحاسة من البصر ، وفى الجسم الحاس الذى فى تجويف العصبة (ويعبر عنه فى بعض المواضع بالروح الباصر) ، الى أن يصل الى العصبة المشتركة . ويتضح هذا من قوله بلفظه « وصورة المبصر المتلون التى تحصل فى تجويف العصبة هى صورة لون المبصر والضوء الذى فى المبصر مرتبة كترتيب سطح المبصر . وصورة اللون وصورة الضوء إنما تحصل (فى) [1] تجويف العصبة ، لأن الجسم الحاس الممتد فى تجويف العصبة يتلون بصورة اللون ويضىء بصورة الضوء ، وتنتهى الصورة الى تجويف العصبة المشتركة ، فيحصل (كذا) الجزء من الجسم الحاس الذى فى تجويف العصبة المشتركة الذى انتهت اليه صورة المبصر متلوناً بلون ذلك المبصر مضيئاً بالضوء الذى فى ذلك المبصر . وإن كان المبصر ذا لون واحد كان ذلك الجزء من الجسم الحاس ذا لون واحد ، وإن كانت أجزاء المبصر مختلفة الألوان كانت أجزاء ذلك الجزء من الجسم الحاس الذى فى تجويف العصبة المشتركة مختلفة الألوان . والحاس الأخير

---

(١) فى الأصل « الى » .

يدرك لون المبصر المتلون من التلون الذى يجده فى ذلك الجزء، ويدرك الضوء الذى فى المبصر من الاضاءة التى يجدها فى ذلك الجزء »(١).

وهذه الفكرة التى أوضحها ابن الهيثم على هذه الصفة هى بوجه عام أو فى جملتها صحيحة. فان لم تكن الرطوبة الجليدية والرطوبة الزجاجية أعضاءاً حساسة كما يقول ابن الهيثم، وإن لم تكن الصورة تحدث فى البصر على سطح الجليدية الذى يلى مقدم العين، وتنتقل على سموت الخطوط المتصلة المستمرة إلى وسط العصبة المشتركة كما تتطلبه نظريته العامة على صورتها الأولى، فان الضوء المجتمع على الشبكية والذى تتكون منه الصورة الحقيقية المصغرة المقلوبة التى تحصل على الشبكية والتى تكون أجزاؤها مترتبة ترتيباً شبيهاً بترتيب أجزاء المبصر، هذا الضوء يؤثر رأساً فى الشبكية وينتقل هذا التأثير الى المخ، وينتج عن ذلك الاحساس الذى به تدرك النفس الضوء الوارد من المبصر. فقول ابن الهيثم أن الحاس الأخير ويقصد العصبة المشتركة « يدرك الضوء فى المبصر من الاضاءة التى يجدها فى ذلك الجزء » أى ذلك الجزء من الحاس، وإن لم يكن صحيحا، فالفكرة فى جوهرها وجملتها ليست خطأ.

فادراك الضوء بما هو ضوء واللون بما هو لون يحصل بالاحساس المجرد، وهذان المعنيان فى المبصرات هما فى رأى ابن الهيثم كل ما تدركه النفس من المعانى المبصرة بالحس المجرد. أما ترتيب أجزاء المبصر، وشكل محيط صورته، وأوضاع أجزائه، وتشابه بعضها بالآخر، واختلاف بعضها عن الآخر وما الى ذلك، فلا يكون إدراكه بالحس المجرد. بل إن إدراك اختلاف ضوءين من حيث القوة أو الضعف أو إدراك تساويهما، وإدراك اختلاف لونين أو تشابههما، وإدراك ماهية الضوء هل هو ضوء الشمس أو ضوء القمر أو ضوء مصباح، وإدراك ماهية اللون هل هو لون أحمر أو أخضر وما الى ذلك، فليس يكون بالحس المجرد، وإنما يكون فى المبدىء

(١) و (٣٧)، و (٣٨) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر.

والأصل بقياس وتمييز ويتحول بالتكرار إلى أن يكون بالمعرفة . ولما كان ابن الهيثم يرى أن للون وجوداً مغايراً لوجود الضوء فهو يعد التمييز بين اللون وبين الضوء من قبيل الادراك بالمعرفة .

٥٩ — بعض ما ذكره ابن الهيثم من خواص البصر المنوطة بالحس

وابن الهيثم يرى أن إدراك الضوء بما هو ضوء واللون بما هو لون وإن كان بالحس المجرد فهو يستغرق زماناً وهو فى نظره يتركب من زمانين . أحدهما زمان انتقال الاحساس من مقدم سطح الجليدية الى الحاس الأخير ، وهو فى هذا الصدد يورد رأيه الذى ذكرناه من قبل فى أن انتقال الضوء نفسه يستغرق زماناً . وثانيهما الزمان اللازم لانفعال العضو الحاس بالضوء أو باللون ، فانفعاله هذا من قبيل التغير والتغير يتطلب الزمان (١) .

وابن الهيثم فى هذا الصدد يذكر رأيه فى أن إدراك المعانى التى لا يتم إدراكها بالحس المجرد يكون فى زمان يزيد على زمان إدراك الضوء بما هو ضوء أو إدراك اللون بما هو لون . ويمثل بادراك ماهية اللون ، ويورد فى هذه المناسبة اعتبار الدوامة الذى سبق أن أوردناه . فالانسان يدرك ماهيات ألوانها وهى ساكنة ، ولكنه لا يستطيع أن يدركها فى حال حركتها . ويريد ابن الهيثم من ذلك أن إدراك ماهية اللون وهو إدراك بالمعرفة لا بالحس المجرد يتطلب أن يثبت المبصر أمام البصر زماناً مقتدراً ، لأن الدوامة فى حال حركتها يدرك البصر أن لها لوناً ما ، ولكنه لا يدرك منها ماهية ألوانها على ما هى عليه فى الواقع . ومذهب ابن الهيثم فى تفسير الاعتبار على هذا المعنى طريف فى ذاته ويبين بوضوح ما يقصده من التمييز بين إدراك اللون بما هو لون وهو الذى يقع بمجرد الحس وبين إدراك ماهية اللون وهو الذى يزيد على الادراك بالحس المجرد .

---

(١) و (٤٧) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

وقد أدرك ابن الهيثم أموراً كثيرة خاصة باحساس البصر بالضوء واللون ذكرها فى مواضع مختلفة من كتابه المناظر، يصح أن نورد فى هذا المقام ما يرتبط منها بالموضوع الذى نحن بصدده. وأول ما يجدر ذكره تمييز ابن الهيثم بين الاحساس بالضوء وبين الاحساس باللون وهو فى ذاته لا يخلو من مغزى. فمن المعلوم وفقاً للآراء المعتمدة فى الوقت الحاضر أن الطبقة الحساسة من الشبكية يتخصص بعض أجزائها التى تسمى « المخروطات » بالاحساس باللون ويتخصص بعض أجزائها التى تسمى « القضبان » أو « العصى » بعدم الاحساس باللون مع كونها أشد من المخروطات إحساساً بالضوء. فالاحساس باللون تتخصص به أجزاء معينة من العضو الحاس فى البصر، لا تحس بالأضواء الضعيفة. وإلى هذا يُعزى السبب فى بعض الظواهر التى تبدو غريبة فى الإبصار. فالانسان لا يدرك ألوان المبصرات فى الأضواء الضعيفة. فاذا أبصر مبصرات ذات ألوان مختلفة ليلا فى ضوء القمر لا يدرك منها ألوانها، وإنما يدرك ضوءاً ضعيفاً تتخلله أظلال مختلفة الظلمة. وابن الهيثم قد أدرك هذا، ويذكر فى مواضع كثيرة من المناظر أن الألوان تدرك كدرة معتمة كالاظلال، فى الأضواء الضعيفة. والسبب فى ذلك أن الاحساس فى هذه الحالة إنما يكون بالقضبان أو العصى دون المخروطات، فيدرك الضوء الضعيف ولا يدرك اللون. فان لم يبلغ علمُ ابن الهيثم العلم بالقضبان والمخروطات التى تتكون منها الطبقة الحساسة فى البصر، فلا شك أن علمه قد وصل إلى التمييز بين الاحساس بالضوء وبين الاحساس باللون، ولعل ذلك ما حداه إلى التمييز بين الضوء بما هو ضوء وبين اللون بما هو لون، بما جعله (كما بينا من قبل) يقول بوجود اللون وجوداً ذاتياً مستقلا عن وجود الضوء ومغايراً له.

وقد أدرك ابن الهيثم أيضاً أن تأثر البصر بالضوء أو اللون يستمر هنيهة بعد انقطاع الضوء أو اللون المؤثر. ويذكر لذلك فى الفصل الرابع من مقالته

الأولى فى المناظر أمثلة . فاذا نظر الانسان إلى جسم مضىء شديد الاضاءة « وأطال النظر اليه زماناً ثم صرف بصره إلى موضع مظلم فانه يجد صورة ذلك الضوء فى ذلك الموضع المظلم ويجد مع ذلك شكله ، ثم إن أطبق بصره ، وتأمل ساعة ، فانه يجد فى بصره صورة ذلك الضوء وشكله ، ثم ينجلى ذلك ويعود البصر إلى حاله » . وكذلك « إذا نظر إلى روضة خضراء متكاثفة وقد أشرق عليها ضوء الشمس وأطال النظر اليها ، ثم صرف بصره الى موضع مظلم فانه يجد فى الموضع المظلم صورة ذلك الضوء ومتلوناً بخضرة الزرع »[١] . فتأثر الجسم الحساس من البصر بالضوء يلبث برهة بعد زوال الضوء عنه . وتنبنى على هذا الأمر ظواهر مألوفة فى الحياة ، ذكر ابن الهيثم نفسه شيئاً منها فى أقواله عن أغلاط البصر ، كمثال الدوامة .

كذلك أدرك ابن الهيثم ما يعرف الآن « بكلل البصر » فهو يذكر أن الضوء الشديد يؤذى البصر ويمثل الى ذلك ويقول « ونجد أيضاً الناظر اذا نظر الى جسم نقى البياض وقد أشرق عليه ضوء الشمس وأطال النظر اليه ثم صرف بصره عنه الى موضع مغدر ضعيف الضوء ، فانه لا يكاد يدرك ما فى ذلك الموضع من المبصرات إدراكا صحيحاً ، ويجد كأن بينه وبينها ستراً . ثم ينجلى ذلك عن تدريج ويعود البصر الى حاله »[٢] ولا شك أن ابن الهيثم قد أدرك أن الأمر هنا يختلف عن سابقه . فنى الحالة السابقة يصرف الناظر بصره الى موضع مظلم فلا يزال يحس بالضوء أو باللون ، أما فى هذه الحالة فيصرف بصره الى موضع مضىء ضعيف الضوء فلا يكاد يحس بضوئه ، ولا يكاد يميز المبصرات التى فيه . فالعضو الحاس يكل بفعل الضوء الشديد فلا يحس بالأضواء الضعيفة . وابن الهيثم يرى أن الى هذا الأمر يرجع السبب أيضا فى أن الأضواء القوية تعوق بوجه عام البصر عن

(١) و (٦٨) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٢) و (٦٨) « « « «

إدراك الأضواء الضعيفة . فضوء المصباح مثلا لا يدرك مع ضوء الشمس القوى ، ويمثل بأمثلة أخرى نخص بالذكر منها مثالين نوردهما بألفاظه ، قال « وأيضا فان بعض الحيوانات البحرية قد تكون لها أصداف وأغشية إذا حصلت فى موضع مظلم لاضوء فيه ظهرت تلك الأصداف كأنها نار ، وإذا نظر لها ناظر فى ضوء النهار أو فى ضوء النار أدرك تلك الأصداف ولم ير فيها شيئاً من النار . وكذلك الحيوان المسمى اليراع ، اذا طار فى الليل ظهر كأنه نار تخطف ، واذا نظر اليه ناظر فى ضوء النهار أو فى ضوء النار أدرك الحيوان ولم ير فيه نارا » (١) . وواضح أن ابن الهيثم يريد أن الضوء الشديد يعوق البصر عن إدراك الأضواء الضعيفة التى تصدر عن هذه الحيوانات ولا يتسنى رؤيتها إلا فى الظلام (٢) .

يتبين من هذا إلى أى مدى اتسعت دائرة معلومات ابن الهيثم عن إحساس البصر بالضوء وباللون وكيف كانت آراؤه عن النواحى المرتبطة بهذا الأمر واضحة جلية .

٦٠ — كيفية ادراك الظلمة

وفكرة ابن الهيثم التى بيناها فى أن إدراك الضوء وإدراك اللون كلاً فى ذاته يكون بالاحساس المجرد يتبعها رأيه فى كيفية إدراك الظلمة ، وهو أن إدراك الظلمة يكون بعدم الاحساس بالضوء . وابن الهيثم يقول بلفظه « فأما الظلمة فان البصر يدركها بالاستدلال من عدم الضوء . وذلك أن الظلمة هى عدم الضوء بالجملة . فاذا أدرك البصر موضعاً من المواضع ولم يدرك فيه شيئاً

---

(١) و (٢) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر .

(٢) هذه الأضواء هى من قبيل ما نسميه الآن « الوميض » (Phosphorescence) ومما يلفت النظر تسميته لها « نارا » . وقد سبق أن أصحاب التعاليم يعرفون الأضواء الذاتية بأنها حرارة نارية . والوميض أشبه بالأضواء الذاتية منه بالأضواء العرضية .

من الضوء فقد أحس بالظلمة . والظلمة يدركها الحاس من عدم إحساسه بالضوء »[١].

والفكرة تظهر الآن بسيطة لا حاجة الى بيانها ولا تستأهل أن نورد لها ذكراً خاصاً . ولكنها لم تكن فى مبدىء الأمر على هذه البساطة والوضوح . فثمة عبارات شائعة مألوفة لا نزال نعبر بها فى الوقت الحاضر تؤدى المعنى النقيض لهذه الفكرة ، هى من بقايا الغموض بل الخطأ فى التصور والتقدير ، الذى لا شك لم ينجل مع مر الزمان بمثل السهولة والبساطة التى نتخيلها الآن . ومن فطرة العقل أن يعزى الادراك الى إحساس موجب يُحَس به ينشأ عن فعل فاعل ، فى حين أن حقيقة إدراك الظلمة كما رأى ابن الهيثم هى من عدم الاحساس البتة ، ومن انقطاع الفاعل الخارجى الذى يحدث عنه إحساس البصر .

٦١ — كيفية ادراك البعد

وقد عنى ابن الهيثم عناية خاصة بشرح كيفية إدراك البعد ، ويقصد ابن الهيثم به بعد المبصر عن البصر . وسيتبين فيما بعد أن على إدراك البعد يتوقف إدراك كثير من المعانى المبصرة الأخرى . وبدأ ابن الهيثم بالتفرقة بين معنيين يعبر عنهما عادة بلفظ « البعد » ، أحدهما معنى « البعد فى ذاته » أو البعد « بما هو بعد » على حسب تعبيره ، وهذا يقصد به مجرد عدم المماسة أو مجرد التفرق أو حصول مسافة ما بين جسمين . فادراك بعد المبصر عن البصر بهذا المعنى إنما هو إدراك وجوده غير مماس للبصر أو للجسم الحاس المتعلق بالبصر ، أو بتعبير آخر إدراك وجوده وجوداً عينياً خارج البصر . وهذا الادراك فى نظره لا يكون بمجرد الحس وإنما يحصل أولا بالقياس والتمييز . وابن الهيثم يسهب فى الشرح . وخلاصة رأيه أنه لما كان البصر يدرك المبصر إذا قابله

---

(١) و (١٢٠) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

وليس يدركه اذا أعرض عنه أو اذا أطبق البصر الأجفان، فان العقل أو قل القوة المميزة تدرك أن علة الاحساس وهى المبصر المدرَك، خارج عن البصر وغير ملتصق به. واذا تكرر هذا صار إدراك وجوده خارج البصر بعد ذلك بالمعرفة، ويستقر هذا المعنى فى النفس ويصير كما قال بلفظه «كل مبصر يدركه البصر قد فهمت القوة المميزة أنه خارج عن البصر وبينه وبين البصر بعد»[1] أما المعنى الثانى فيقصد به مقدار البعد أو كمية البعد، فهو من قبيل الكم، فى حين أن المعنى الأول من قبيل «الأين» أو الوضع. وكيفية إدراك المعنى الثانى تختلف عن كيفية إدراك المعنى الأول. والمعنى الأول يدرك من كل مبصر، ويتحقق من كل مبصر، فى حين أن المعنى الثانى لا يتحققه البصر من كل مبصر فى جميع الأحوال. والفكرة الأساسية التى يشرحها ابن الهيثم أن الانسان لا يستطيع أن يدرك كمية البعد ما لم يكن بينه وبين المبصر أجسام متوسطة يستدل بوجودها على كمية البعد. ويمثل بالسحاب فى السهول والمفاوز التى لا جبال فيها، يظنه الانسان أول وهلة بعيداً جداً ولكنه اذا استترت به رؤوس الجبال أو كان متقطعاً فظهرت رؤوس الجبال من فوقه أدرك الانسان انه ليس بعيداً جداً كما ظن أول الأمر، وأدرك بعد دراكا أقرب الى الحقيقة.

وهو يوضح ضرورة وجود الأجسام المتوسطة باعتبار[2]. ليعتمد المعتبر بيتاً فى بعض حيطانه ثقب ضيق ومن ورائه فضاء لم يشاهده من قبل، وفى الفضاء جداران متوازيان يعترضان على الثقب، أحدهما قريب ويستر جزءاً من البعيد، وليكن الثقب مرتفعاً عن الأرض بحيث لا يرى المعتبر منه وجه الأرض. فانه إن نظر من الثقب رأى الجدارين معاً ولم يدرك البعد بينهما،

---

(١) و (٥٢) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر.

(٢) و (٥٤) « « « «

وإن كان بعد الأقرب متفاوتاً أى كان بعداً عظيما جداً أدركهما متماسين وربما ظن أنهما واحد اذا كان لوناهما واحداً .

وأيضاً فان ابن الهيثم يبين أن للاعتبار المذكور نظائر كثيرة من المبصرات . فالانسان اذا رأى شخصين قائمين على وجه الأرض كعمودين مثلا ، وكان بينهما بعد ، وأحدهما يستر بعض الآخر ، ولم ير الأرض التى بينهما لاستتارها بالشخص القريب ، فانه يراهما بالبصر الواحد متماسين ، فاذا انحرف عن موضعه حتى يرى الأرض المتصلة بينهما أدرك البعد بينهما[1] . وكذلك « إن كان الناظر ينظر الى ثقب وكان من وراء الثقب فضاء ، وكان فى ذلك الفضاء حبل ممدود معترض أو عود معترض ، وكان بين الحبل أو العود وبين الثقب بعد مقتدر ، وكان بين الناظر وبين الثقب بعد مقتدر ، وكان الناظر لا يرى الأرض المتصلة المسامتة للبعد الذى بين الحبل أو العود وبين الثقب ، فان الناظر يظن بذلك الحبل المعترض أو العود المعترض انه مماس للثقب أو قريب جداً منه »[2] فلا يدرك كمية البعد بينهما على حقيقته .

ويرى ابن الهيثم أن إدراك البعد عند وجود الأجسام المسامتة له يكون على وجهين . فبعد المبصر عن البصر كما يقول هو نفسه منه « ما كان مسرفاً فى البعد أو مسرفاً فى القرب »[3] ومنه ما كان « معتدلا » . وهو يورد فى مقالته الأولى تعريفاً للبعد المعتدل وتعريفاً للبعد الغير المعتدل أو المسرف ، يتبين منهما المعنى الذى يقصده من الاعتدال ومن الاسراف فى البعد أو القرب . فالبعد المعتدل « هو الذى منه يدرك البصر المبصر إدراكا صحيحاً » والبعد الغير المعتدل « هو الذى تشتبه منه صورة المبصر وتخفى أجزاؤه

---

(١) و (٥٦) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) و (٥٦) ، و (٥٧) « « « « «

(٣) و (١٤) « « الأولى «

الصغار وتخفى المعانى اللطيفة التى تكون فيه وتشتبه وتلتبس»[١]. ويتضح من هذا أن البعد المعتدل ليس هو بعداً واحداً معيناً، ولكن ابن الهيثم يرى أنه مقدار محدود من طرفيه. فان كان المبصر قريباً جداً من البصر فهو مسرف فى القرب لا يدرك البصر منه معانيه اللطيفة كالنقوش الدقيقة والغضون والوشوم والنقاط الموجودة على سطحه وما إلى ذلك، أو هو إن أدركها فيدركها مشتبهة ملتبسة. وبالمثل إذا كان المبصر بعيداً جداً فان تلك المعانى تختفى عن البصر فلا يدركها. ومن المعلوم فى الوقت الحاضر أن مدى الرؤية البينة يعد للبصر السليم محدوداً من نهايته القريبة، بأقرب نقطة إلى العين ترى العين المبصر عندها بيناً واضحاً، ولكنه يمتد فى العظم الى غير حد، ولكن من المعلوم أيضاً أن المقدرة على تمييز نقطتين على سطح المبصر، محدودة ببعد المبصر عن البصر. ورأىُ ابن الهيثم عن البعد المعتدل يتضمن فعلا هذا المعنى. فهو يراعى فى ذهابه الى تحديد البعد المعتدل من نهايته العظمى أيضاً المعنى الذى يعبر عنه الآن «بحدة البصر»[٢]، ويمكن تعريفه بمقلوب نسبة المسافة بين نقطتين من سطح المبصر الى بعد المبصر عن العين، الذى منه يتراءى للعين أن النقطتين المذكورتين على وشك التلامس.

فان كان البعد معتدلا بهذا المعنى الذى يقصده أدرك البصر المبصر إدراكا محققاً، وكذلك أدرك الأجسام المتوسطة بينه وبين المبصر ما لم تكن مسرفة فى القرب، وأدرك المسافات بين أطرافها إدراكا محققاً، فيكون إدراكه لجملة هذه المسافات أى لبعد المبصر محققاً أيضاً. أما اذا كان البعد غير معتدل فلا يكون إدراك البعد محققاً.

أما المبصرات التى لا تسامت أبعادها أجسام فلا يمكن إدراك كمية

---

(١) و (١٣) من مخطوط المقالة الأولى من المناظر.

(٢) «Visual Acuity»

أبعادها . ويرى ابن الهيثم أن غاية ما يحصل أن القوة المميزة تحدس على مقادير أبعادها حدساً ، وتقيس أبعادها بأبعاد أمثالها من المبصرات التى أدركتها من قبل ، وتحققت مقادير أبعادها . وفى مثل هذه الحالة ربما يصيب الحدس ولكن كثيراً ما يخطىء . وقد يحدث الحدس أيضاً فى حالة ما يتوسط بين البصر والمبصر أجسام لاعتياد القوة المميزة على ذلك ، والحدس عندئذ كثيراً ما يصيب .

ولا يعنى ابن الهيثم بادراك البعد محققاً عند ما يكون البصر على بعد معتدل وتسامته أجسام تتوسط بينه وبين البصر ، أنه إدراك للمقدار الصحيح للبعد ، مقيساً بوحدات معينة كالذراع أو الشبر . ولا هو يريد أن يتسرب الى الذهن ذلك ويقول صراحة « ولسنا نعنى بادراك الحاس والتمييز لمقادير أبعاد المبصرات التى على وجه الأرض بالاكتساب ، أنه يدرك كم ذراع هو كل بعد من الأبعاد ، ولكنه يحصل لكل بعد ولكل جزء من الأرض مقدار متخيل محصور ، فيقيس مقادير أبعاد المبصرات التى يدركها من بعد تلك المقادير المحصورة التى حصلت عنده ، ويشبهها به »[1] . فهو يرى أن المقاييس التى تقاس بها الأطوال كالذراع أو القدم أو الشبر تتكون لها بالتكرار والممارسة صورة محدودة فى الذهن ، فاذا نظر الانسان الى مبصر وأدرك أجزاء الأرض مثلا المتوسطة بينه وبين المبصر ، قاس أبعاد هذه الأجزاء بطول الذراع أو القدم الذى سبق أن أدركه من قبل وبقى مرسوماً فى ذهنه ، فكثيراً ما يقول الانسان « كان بينى وبين فلان عشر خطوات أو خمس خطوات أو كذا ذراعا أو قيل رمح أو شوط فرس أو غلوة سهم »[2] دون أن يأتى فعلا بواحد من هذه الأشياء ليقيس به البعد عملياً . وكثيراً ما يقدر طول حجرة أو بعد بناء أو شجرة بامعان النظر دون الاستعانة

---

(١) و (٩٤) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) و (٩٥) « « « « «

بمقياس تقديراً لا يتفاوت كثيراً عن الواقع ، كما يحدث للمرتاضين على هذه الأعمال من المهندسين والمساحين . والانسان يكتسب منذ طفولته ، على مر الزمان ، مراناً على تقدير أبعاد الأجسام القريبة منه من غير قصد ، وذلك حين يمد يده ليلمسها أو حين يخطو ليصل اليها ، فاذا أدرك أبعاد الأجسام القريبة أو أجزاء الأرض التى تلى قدميه ، استطاع تقدير أبعاد البعيدة بالقريبة ، واستطاع بتوسط الأجسام بينه وبين المبصر تقدير أبعادها ، ومن ذلك يتوصل الى تقدير بعد المبصر عنه . وابن الهيثم يسهب فى شرح هذه الفكرة ويبين بتفصيل لا يخلو من تكرار ، كيف يكون ابتداء هذا الادراك وكيف يتطور حتى يصير بالمعرفة .

ولم يخف عن ابن الهيثم فى هذا الصدد أهمية عامل من العوامل التى يتوقف عليها إدراك البعد . وهو تحريك البصر فى أجزاء الأرض الواقعة بين البصر والمبصر ، أو فى المسافات الواقعة بين الأجسام المتوسطة بينه وبين المبصر فهو يقول « فالناظر اذا أدرك مبصراً من المبصرات التى على وجه الأرض وأراد أن يتحقق بعده ، فانه يتأمل الجزء المتصل من الأرض بينه وبينه ، وتحرك البصر فى طول الجزء الذى بينه وبينه ، واذا تحرك البصر فى طول الجزء من الأرض الذى بين المبصر وبين الناظر اليه ، تحرك سهم الشعاع على ذلك الجزء ، فمسحه مساحة ، وأدركه جزءاً جزءاً ، وأحس بأجزائه الصغار ، اذا كان بعد آخر المسافة من الأبعاد المعتدلة »(١) . ويقول فى موضع آخر « والبعد يتحقق ويتحرر بحركة البصر على الجسم المسامت »(٢) . فهو يرى أن تحريك سهم الشعاع على طول البعد الذى يراد إدراكه من عوامل إدراك كمية البعد إدراكا صحيحاً . ونظرية ابن الهيثم فى الابصار لا تتيح معرفة السبب الطبيعى فى هذا . فنحن نعلم الآن أن إدراك المبصرات

---

(١) و (٩٥) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) و (١٠٦) ، و (١٠٧) « « « « «

بجلاء ووضوح على أبعاد مختلفة من العين يتأتى بحدوث التكيف ، الذى من جرائه يكون للعين البعد البؤرى المناسب لكى تتكون صورة حقيقية مقلوبة مصغرة على الشبكية . وهذا التكيف يحدث بفعل العضلات المتصلة بالعدسة الجليدية ، وذلك بتقلصها أو ارتخائها كثيراً أو قليلا بحسب الظروف . فالاجهاد اللازم لاحداث هذا التقلص أو الارتخاء وزيادتهما أو نقصهما والبصر يتحرك على الأجزاء المتتالية فيما يتوسط بينه وبين المبصر ، هذا الاجهاد يؤدى الى الذهن فكرة عن مقدار بعد المبصر . أما ابن الهيثم فيرى « أن بحركة سهم الشعاع على المسافة يتحرر للقوة المميزة مقدار الجزء من البصر الذى تحصل فيه صورة تلك المسافة ، ومقدار الزاوية المتوهمة التى توترها تلك المسافة ومقدار طول الشعاع الذى يمتد إلى أجزاء المسافة »(١). ويكتفى بأن تحريك البصر بهذه الصفة من لوازم التأمل والتفقد ، اللذين يتم بهما إدراك أجزاء البعد جزءاً جزءاً ويتحقق بهما إدراك البعد كله .

ومن الواضح أن التحقق والتحرى بحركة سهم مخروط الشعاع لا يتيسر إلا فى الأبعاد المعتدلة ، لأن حركة السهم على الجزء من المسافة الذى يكون بعيداً بعداً مسرفاً ، لا يحس بها الحس ، وإن أحس بشىء منها فلا يدرك من هذا الاحساس حقيقة طول ذلك الجزء .

وشرحُ كيفية إدراك البعد محققاً أدى بابن الهيثم إلى اعتبار وجهة أخرى ، أو معنى للبعد المعتدل على وجه آخر . فالبعد المعتدل على حسب التعريف الذى أوردناه آنفاً هو البعد الذى منه يدرك البصر المبصر بجميع أجزائه ومعانيه اللطيفة إدراكا صحيحاً . وهو تعريف للاعتدال يتوقف على إدراك المعانى اللطيفة فى المبصر إدراكا صحيحاً . أى هو تعريف للبعد المعتدل مرجعه إدراك المبصر إدراكا صحيحاً . ولكنه يرى للاعتدال فيما يختص

---

(١) و (٩٥) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

بالبعد معنى آخر ، والبعد الذى يتحقق البصر إدراكه والذى هو بهذا المعنى يسميه هو أيضاً بعداً معتدلا ، ويعرفه بأنه البعد الذى ليس يخفى عند آخره جزء له نسبة محسوسة إلى البعد جميعه ، فى حين أن التعريف الأول يؤدى معنى أنه البعد الذى ليس يخفى عند آخره جزء من المبصر له نسبة محسوسة بالقياس إلى مقدار المبصر جميعه .

ويتبين مما ذكرنا أن ابن الهيثم قد توسع فى دراسة موضوع كيفية إدراك بعد المبصر عن البصر وأحاط بنواحيه العدة . والموضوع فى ذاته من الموضوعات المعقدة ، فادراك كمية البعد لايتم فى الواقع إلا مع إدراك العظم على وجه من الوجوه ، أو على الأقل على إدراك عظم البعد الواقع بين المبصر وبين البصر . وإن كنا قد اقتصرنا فيما سبق على بيان رأى ابن الهيثم فى كيفية تحرى ذلك بحركة سهم الشعاع فسنعود فيما بعد إلى بيان نواحيه الأخرى التى تناولها هى أيضاً بالذكر والشرح .

ويجدر بنا فى هذا المقام أن نجمل بايجاز النتائج المستخلصة من كيفية إدراك البعد . فادراك البعد إما أن يكون « إدراكا محققاً » وإما أن يكون إدراكا غير محقق ، حيث يكون بالحدس ، والأرجح أن يعرض فيه الغلط ، ولنسمه كما سماه ابن الهيثم نفسه فى بعض أقواله « إدراكا مظنوناً » .

فان كان بعد المبصر معتدلا حيث يدركه البصر بيِّناً ، وسامتته أجسام متوسطة بين المبصر وبين البصر ، كان الادراك محققاً .

وإن كان بعد المبصر معتدلا ولم تسامته أجسام متوسطة كان الادراك بالحدس بتشبيه بعد المبصر بأبعاد المبصرات المألوفة وإذن فهو « إدراك مظنون » ولكن من المحتمل فيه أن يصيب الحدس الحقيقة .

وإن كان بعد المبصر مسرفاً أو متفاوتاً ، كان الادراك بالحدس ، سواء سامتته أجسام متوسطة أو لم تسامته . وهو إدراك مظنون أيضاً ، ولكن ليس من المحتمل فيه أن يصيب الحدس الحقيقة . وإدراك البصر لاشتباه

صورة المبصر بجعل الانسان يدرك أن البعد المدرك غير محقق فيقع الشك فى مقدار البعد مع الحدس على المقدار نفسه .

٦٢ – كيفية ادراك الوضع

ولاستيفاء شرح كيفية إدراك الوضع يقسم ابن الهيثم الوضع ثلاثة أقسام[١] ، الأول وضع المبصر جميعه أو جزء منه بالنسبة الى البصر ويطلق على هذا المعنى « المقابلة » ، والثانى وضع سطح المبصر أو أوضاع سطوحه المقابلة للبصر بالنسبة إلى البصر ، والثالث أوضاع أجزاء المبصر بعضها بالنسبة الى الآخر أو أوضاع المبصرات المتفرقة بعضها بالنسبة إلى الآخر .

ووضع المبصر من البصر يتقوم من أمرين أحدهما بعده عن البصر بمعنى عدم مماسته له ، والثانى الجهة التى فيها المبصر بالاضافة إلى البصر . وقد سبق بيان رأيه فى أن البعد بما هو بعد يدرك أولا بالقياس والتمييز ثم بالمعرفة . أما كيفية إدراك الجهة فابن الهيثم يبنيها على أساس طبيعى يتفق ونظريته فى الابصار . فالرطوبة الجليدية على حسب نظريته متخصصة بالاحساس بالضوء الوارد على سموت الأعمدة ، لذلك لا يدرك البصر المبصر إلا بمحاذاته أو توجيهه للجهة التى تمتد اليها هذه السموت ، فاذا حصل هذا التوجيه أو هذه المحاذاة على حسب تعبيره استطاعت القوة المميزة إدراك هذا الاتجاه وتحديد الجهات الأخرى بالاضافة اليه . ويدلل بما يحصل عند إدراك المبصر بالانعكاس فى مرآة . فالضوء الذى تحس به الجليدية هو الذى يرد من المبصر بعد انعكاسه ، على سموت الأعمدة على سطحها ، ويحس البصر بهذه السموت فتدرك الصورة كأنها واقعة عند أطراف امتدادات هذه السموت .

والفكرة من ناحيتها الطبيعية مقبولة ، فمن المعلوم الآن أن موضع

---

(١) و (٦١) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

الصورة التى تحدث على الشبكية ينبىء بجهة المبصر (١) .

وإذا اجتمع إدراك البعد بما هو بعد وإدراك الجهة تم إدراك المقابلة ، أى تم إدراك وضع المبصر بالنسبة الى البصر . وإذا أدرك البصر كمية البعد والجهة تم إدراك الموضع الحقيقى للمبصر .

وقد كان لشرح كيفية إدراك وضع المبصر أى إدراك وجوده فى المكان خارج البصر أهمية خاصة فى ذلك العصر . فادراك المبصر خارج البصر كان أقوى ما يعتمد عليه أصحاب الشعاع فيما ذهبوا إليه من أن الإبصار يكون بشعاع يخرج من البصر وينتهى الى المبصر . وكان أقوى حججهم التى ينقضون بها نظرية الورود أن إدراك المبصر موجوداً فى المكان خارج البصر لا يتفق وحدوث الصورة فى داخل البصر ، والاحساس بهذه الصورة الحاصلة فى الداخل . وقد ظل هذا الاعتراض عقبة فى سبيل نظرية الورود يرجع الى ابن الهيثم الفضل فى إزالتها .

أما أوضاع المبصرات بعضها بالنسبة الى الآخر أو أوضاع أجزاء المبصر الواحد بعضها بالنسبة الى الآخر فانها على وجهين ، أحدهما الأوضاع المعترضة للأشعة وهذه تدرك من اختلاف مواضع صور هذه المبصرات الحاصلة فى البصر . فالتيامن والتياسر أو التعالى والتسافل يدركها البصر من اختلاف مواضع الصور فيه . فادراك ترتيب أجزاء المبصر وألوان أجزائه المختلفة

---

(١) يمثل ابن الهيثم لادراك الجهة على الوجه الذى شرحه بنظير هذه الحالة فى المسموعات . فالحاس يدرك الصوت بحاسة السمع ويدرك الجهة التى يرد منها الصوت ، فتتميز السموت التى ترد عليها الأصوات وتتميز اذن الجهات . والفارسى يعارض هذا القول ويعزى إدراك السمع لجهة الصوت الى المعرفة . فالصوت الوارد من جانب ، ينعكس فى تعاريج الأذن من داخل مرة وأكثر قبل أن يقع على طبلة الأذن ، فاذا وصل الى الطبلة تأثرت الطبلة تأثرا خاصا . والسامع فى مبدىء الأمر قد يضطر الى الالتفات ليرى مصدر الصوت ويتحقق جهته ، فاذا تكرر هذا عرف أن التأثر الخاص الحادث فى الطبلة ينبىء بوجود مصدر الصوت فى هذه الجهة . والأرجح أن لادراك الجهة فى المسموعات عامل طبيعى أيضا ، فاللورد رايلى عزاه الى تخصص الأذنين بالاحساس باختلاف طور الاهتزازة الحادثة عند احداها عن طور الاهتزازة الحادثة عند الأخرى .

هو من هذا القبيل . والوجه الثانى الأوضاع المسامتة للأشعة كأوضاع أجزاء المبصر الواحد من حيث الشخوص والغؤور وهذه يتوقف إدراكها على إدراك البعد .

وشرح كيفية إدراك أوضاع سطوح المبصر بالاضافة الى البصر لا يخرج فى نظر ابن الهيثم عن شرح كيفية إدراك البصر أكان السطح مائلا بالاضافة إليه أم مواجهاً ، وهو يورد لكل من السطح المواجه والسطح المائل تعريفاً فيقول بلفظه « والسطح المواجه للبصر هو الذى اذا أدركه البصر فى حال المواجهة كان سهم الشعاع يلقى نقطة منه ويكون السهم مع ذلك قائماً على السطح قياما معتدلا . والسطح المائل هو الذى اذا أدركه البصر فى حال ميله ولقى سهم الشعاع نقطة منه كان مائلا على السطح لا قائماً عليه قياما معتدلا على اختلاف ضروب الميل »[1].

ويتناول عند البحث عن أحوال السطوح البحث عن أحوال الخطوط الواقعة فى هذه السطوح أو التى تحدها أو التى تكون بين أطرافها . والخطوط يقسمها إلى خطوط مقاطعة لخطوط الشعاع والى خطوط مسامتة لها . والمقاطعة يقسمها الى مواجهة ومائلة بالمعنى نفسه الذى أوردناه آنفاً فى حالة السطوح . وفكرة ابن الهيثم الأساسية أن إدراك ميل السطوح والخطوط أو مواجهتها يكون من إدراك اختلاف أبعاد أطراف السطوح والخطوط أو تساويها من البصر . وهو يرى أنه اذا أدرك الانسان خطاً وحدق فى نقطة عليه وأدرك أن نقطتين متساويتى البعد عن نقطة التحديق بعداهما عن البصر واحد كان الخط مواجهاً . وتكون المواجهة فى الغاية اذا كانت نقطة التحديق التى يلقى فيها السهم الخط هى منتصف الخط . وبالمثل اذا أدرك سطحاً وحدق فى نقطة عليه وأدرك أن ثلاث نقط متساوية البعد من نقطة التحديق

---

(١) و (٦٥) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

أبعادها عن البصر متساوية كان السطح مواجهاً ، وتكون المواجهة فى الغاية اذا كانت نقطة التحديق منتصف السطح . وكيفية إدراك نقطتين متساويتى البعد عن نقطة التحديق أو إدراك ثلاث نقاط متساوية الأبعاد عن نقطة التحديق ، كيفية هذا الادراك فى ذاته معقدة ، فهو إدراك يدخل فى باب إدراك أوضاع أجزاء المبصر بعضها بالنسبة الى بعض ويدخل أيضاً فى باب إدراك العظم مما سيأتى بيانه بعد . وأيضاً فان إدراك تساوى الأبعاد عن البصر أو اختلافها إدراكا محققاً مرتبط باعتدال البعد وتوسط أجسام متصلة مترتبة بين أطراف هذه الأبعاد وبين البصر كما سلف بيانه . أما اذا كانت الأبعاد متفاوتة أو كانت معتدلة ولم يتوسط بين أطرافها وبين البصر أجسام متصلة كان إدراك الميل أو المواجهة مبنياً على الحدس .

ويدخل فى باب إدراك الوضع إدراك كثير من المعانى الجزئية الأخرى . فالتفرق وضده الاتصال ، والحركة [1] وضدها السكون ، والخشونة وضدها الملاسة . والظل والعدد ، كل أولئك من المعانى المبصرة التى يدخل إدراكها فى باب إدراك الوضع . وقد أسهب ابن الهيثم فى بيان كيفية إدراك كل واحد من هذه المعانى إسهاباً لا يخرج عن المعانى المجملة فيما سبق ولا نرى ضرورة الى تفصيله هنا .

---

(١) الحركة فى علم الطبيعة القديم بحدوده المعروفة فى فلسفة أرسطو يعبر بها عن التغير بأوسع معانيه وأعمها . وابن الهيثم يقصد بالحركة هنا النقلة فى المكان ، سواء أكانت النقلة تلحق الجسم كله فينقل من مكانه الى مكان وهى التى تسمى الآن الحركة الخطية ، أم كانت تلحق أجزاء الجسم مع بقاء جملة الجسم فى مكان لا يبرحه ، وهى التى تسمى الآن حركة الدوران ، أو كانت النقلة تشمل الحالتين جميعا ويكون للجسم حركة خطية وحركة دوران فى وقت واحد. فابن الهيثم يقصر الحركة على معناها المعروف الآن فى علم الميكانيكا . وقد أشار الفارسى فى هذا الصدد الى ما عده نقصاً فى بحوث ابن الهيثم ، وذلك لقصر الحركة على مقولتى « الأين والوضع » واغفال الحركة فى مقولتى « الكيف والكم » وأضاف الفارسى من عنده اضافات لاتمام هذا النقص . ولعل ما عده الفارسى نقصاً هو بداية اتجاه جديد ، جعل فيه معنى الحركة مقصوراً على معناها المألوف الآن فى علم الميكانيكا .

٦٣ — كيفية ادراك التجسم

وواضح مما سبق أن ابن الهيثم بنى كيفية إدراك البصر لامتداد المبصر فى الطول وفى العرض ، أى انبساطه فى الاتجاه المعترض لسهم الشعاع ، على إدراك أوضاع أجزائه المختلفة المعترضة لسهم الشعاع بعضها بالنسبة الى الآخر . والأساس فى هذا منوط فى نظره باختلاف مواضع صور هذه الأجزاء عند حصولها فى البصر . ورأيه هذا أقرب ما يكون الى رأى من يرى فى الوقت الحاضر أن إدراك هذا الامتداد فى الطول والعرض هو كادراك الضوء واللون يحدث بالحس المجرد .

أما كيفية إدراك البصر لامتداد المبصر فى البعد الثالث فقد راعى ابن الهيثم فيها حالات مختلفة . فالجسم الذى يحيط به سطوح مختلفة متقاطعة ، اذا كان أحد سطوحه مستوياً مواجهاً للبصر فى غاية المواجهة ، وكانت سطوحه الأخرى قائمة على المواجهة أو مائلة عليه الى جهة التضايق من ورائه ، فلا يدرك البصر الواحد من الجسم امتداده فى اتجاه العمق أى فى اتجاه سموت الأشعة . أما اذا كان السطح المقابل للبصر مائلا ، وانكشف للبصر موضع تقابل هذا السطح وأى سطح آخر من سطوح الجسم ، وأدرك البصر السطحين معاً ، واستطاع أن يميز اختلاف ميلهما أدرك امتداد الجسم فى اتجاه العمق ، وأدرك هل كان سطح الجسم محدبا أو مقعراً [1] ، وأدرك شخوص أجزائه وغؤورها بعضها بالنسبة الى الآخر ، وأدرك بالجملة امتداد

---

(١) أقوال ابن الهيثم فى هذا الشأن كما وردت فى و (٧٦) ، و (٧٧) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر تفيد أنه يرى التحدب دليلا على التجسم ويرى التقعر دليلا على الفضاء أى الخلاء . ويعترض الفارسى بحق على هذا التمييز بين المعنيين . ويتلخص رأيه فى أن السطح سواء كان محدبا أو مقعرا قد سبقت المعرفة الى أنه لا يوجد فى الواقع الا مع الجسم المتجسم ، فيتأتى إدراك التجسم من إدراك التقعر أيضا . ومن الواضح أن السطوح التعليمية المتصورة فى العلوم الهندسية ، لا وجود لها فى الواقع ، ويستوى فى المحدب منها والمقعر القول بأنها تؤدى معنى الفضاء أو الخلاء أو تؤدى معنى التجسم أو الملاء .

الجسم فى البعد الثالث .

وإن كان إدراك التجسم يتأتى بهذه الصفة فان ابن الهيثم يعزى إدراك التجسم فى كثير من الأحوال أو فى أغلب الأحوال لا سيما اذا كان بعد المبصر متفاوتا ، الى المعرفة التى تتحول بالتكرار الى البداهة . فالانسان يتقرر عنده العلم بأن حاسة البصر تدرك المبصرات المجسمة فهو إن رأى مبصراً حكم بالبداهة أنه جسم ذو أبعاد ثلاثة .

٦٤ — كيفية ادراك الشكل

يراعى ابن الهيثم الشكل على وجهين : أحدهما « شكل محيط سطح المبصر » أو محيط جزء من سطحه وهو الذى يعبر عنه بشكل جملة سطح المبصر أو شكل جزء من سطحه ، ويرى أن هذا يدرك من إدراك اختلاف مواضع صور نقاط هذا المحيط فى البصر كما تدرك أوضاع المبصرات أو أوضاع أجزاء المبصر الواحد المعترضة للأشعة بعضها بالنسبة الى الآخر . والوجه الثانى « شكل تجسم المبصر » أو شكل تجسم جزء من أجزائه وهو الذى يتكون من شخوص أجزاء السطح وغؤورها وتعاريجها وما الى ذلك ويسميه « هيئة سطح المبصر » [١] أو هيئة جزء من سطحه ، ويرى أنه يدرك من إدراك أوضاع أجزاء السطح بالنسبة الى البصر وأوضاعها بعضها بالنسبة الى الآخر على سموت الأشعة ، كما مر فى إدراك الوضع والتجسم .

٦٥ — كيفية ادراك العظم

ومن أخطر بحوث ابن الهيثم عن إدراك المعانى الجزئية المبصرة بحثه عن إدراك العظم وقد كانت كيفية إدراكه كما قال ابن الهيثم نفسه « من المعانى الملتبسة » [٢] . والرأى الذى كان يعول عليه فى ذلك العصر وقبله هو

---

(١) و (٧٨) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) و(٨١) « « « «

رأى أوقليدس الذى أخذه عنه جمهور أصحاب التعاليم ، وذلك أن إدراك العظم يتوقف على الزاوية التى يصنعها المبصر عند البصر أو بالأحرى عند مركز البصر كما تتطلبه نظرية ابن الهيثم فى الابصار ، أو عند النقطة العقدية فى العين المبسطة على حسب المعلومات الحاضرة . وقد بحث ابن الهيثم هذا الأمر بحثاً مستفيضاً ، وبين أن الزاوية وحدها لا يتم بها إدراك العظم وإنما يتطلب الأمر إدراك بعد المبصر أيضا علاوة على إدراك الزاوية .

وهو يسوق لبيان أهمية البعد فى إدراك العظم أدلة كثيرة مما يشاهد فى الحياة ، فالانسان اذا نظر الى جدار على بعد معتدل منه ورفع يده وجعلها حائلا بين الجدار وبين إحدى عينيه وغمّض عينه الأخرى فانه يجد يده قد سترت قطعة عظيمة من الجدار [١] . وعلى الرغم من تساوى الزاوية التى يصنعها الجزء المستور من الجدار عند البصر والزاوية التى تصنعها يده فانه لا شك يعلم علما متيقنا أن الجزء المستور من الجدار أعظم ، فادراكه لهذا الأمر متوقف على علمه السابق بأن بعد الجدار عنه أكبر من بعد يده .

كذلك اذا رسم الانسان على قطعة من الورق مربعا أو دائرة وأخرج فيها أقطاراً مختلفة الأوضاع ثم رفعها حتى صار سطحها قريبا من موازاة البصر ، فلا شك أن الزوايا التى يصنعها أضلاع المربع أو أقطار الدائرة عند البصر تكون مختلفة المقادير ويكون التفاوت بينها كبيراً ، ولكن على الرغم من ذلك لا يكون لهذا التفاوت العظيم فى قيَم الزوايا تأثير يذكر فى إدراكه أن أضلاع المربع أو أقطار الدائرة متساوية [٢] . فالاعتماد على الزاوية وحدها لادراك العظم لا يكفى .

ثم إن ابن الهيثم يبين أن الأصل فى إدراك العظم هو الزاوية لأن على هذه الزاوية وفقا لنظريته فى الابصار يتوقف مقدار الجزء من الجليدية

---

(١) و (٨٨) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) و (٨٣) » » » »

الذى يحس بالمبصر بحيث اذا كان هذا الجزء عظيما أدرك المبصر عظيما والعكس بالعكس. أو على حسب المعلومات الحاضرة لأن على هذه الزاوية يتوقف عظم الصورة الحاصلة على الشبكية فان كانت هذه الصورة عظيمة أدرك المبصر عظيما والعكس بالعكس. ولكن على الرغم من أن الأصل فى إدراك العظم هو الزاوية، فان الانسان يدرك أن المبصر الواحد اذا كان قريباً كانت الزاوية أكبر واذا كان بعيداً كانت أصغر. وبتكرر هذا المعنى عليه يدرك بالمعرفة أن صغر الزاوية أو عظمها يتوقف لا على عظم المبصر فحسب بل وعلى بعده أيضاً. وكذلك فهو يدرك أولا بالقياس وبالتمييز أن سموت الأعمدة التى ترد عليها الأضواء التى يحس بها البصر على حسب نظريته (أو سموت الأشعة النافذة بالنقطة العقدية فى العين المبسطة على حسب المعلومات الحديثة)، ان هذه السموت كلما بعدت زاد اتساع المسافات بين أطرافها وبتكرر هذا يستقر هذا المعنى فى ذهنه، ويعلم بالمعرفة أن عظم المبصر لا يتقوم إدراكه على الزاوية فحسب بل وعلى البعد أيضاً.

وكما أن البصر يتحقق بتأمل أجزاء الأجسام المتصلة بينه وبين المبصر بعد المبصر عنه، فابن الهيثم يبين أيضاً أن البصر بتأمل أجزاء المبصر نفسه، يتحقق ويتحرى مقدار الزاوية التى يوترها المبصر عند مركز البصر فيتحقق ويتحرى عظم المبصر. فهو إن تأمل الجزء المتطرف من المبصر كان هذا الجزء على طرف سهم مخروط الشعاع، وحصلت صورة المبصر فى جزء من البصر يكون فى جهة واحدة من السهم، فاذا انتقل السهم الى الطرف الآخر من المبصر صارت صورة المبصر فى الجهة الثانية من السهم. فبانتقال السهم من أحد طرفى المبصر الى الآخر، تحصل الصورة فى أجزاء مختلفة من البصر، وفى كل مرة يدرك البصر صورة الجزء الذى عند طرف السهم إدراكا بينا، ويدرك فى الوقت نفسه صورة جملة المبصر. ويتحرى بذلك مقدار الجزء من البصر الذى تحصل فيه الصورة ومنه يتحرى مقدار الزاوية

ومنه عظم المبصر[١].

وابن الهيثم يبين أيضا أن للبعد ارتباطاً على وجه آخر بادراك العظم. فاذا أدرك الانسان مبصرين على بعد واحد، وكانت الزاوية التى يوترها كل منهما عند البصر واحدة، وأدرك أن سطح أحدهما مائل وسطح الآخر مواجه للبصر، فانه يدرك أن الأول أعظم.

فادراك الميل وهو من باب إدراك الوضع ويتوقف على إدراك البعد، له أثر فى إدراك العظم.

ويقرر أيضاً أنه لما كان إدراك العظم مرتبطاً بالزاوية والبعد، فكثيراً ما يدرك البعد من العظم والزاوية، كما يحدث اذا كان المبصر مألوفا وأدرك الانسان عظمه بالتكرار والمعرفة[٢]. ففى هذه الحالة يُستدل على البعد بالزاوية مع العظم، كما يُستدل فى العادة على العظم بالزاوية مع البعد. ويرى أن « أكثر أبعاد المبصرات المألوفة تدرك على هذا الوجه »[٣]. وقد سبق أن أشرنا الى هذا الأمر فى باب إدراك البعد.

٦٦ — كيفية ادراك الحسن

ولو أن عنايتنا متجهة الى بسط آراء ابن الهيثم فيما له علاقة بالناحية الطبيعية البحتة كادراك الضوء والبعد والتجسم والعظم وما الى ذلك، فاننا لانرى بدآ من إيجاز رأيه فى كيفية إدراك الحسن، وهو المعنى الباقى من المعانى الاثنتين والعشرين الذى لم يرد ذكر كيفية إدراكه فى غضون ما بسطناه من آرائه فى هذا الصدد[٤].

---

(١) و (١٠٤)، و (١٠٥) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر.

(٢) و (١٠٠) « « « «

(٣) و (١٠٠) « « « «

(٤) يتبين رأى ابن الهيثم فيما يتعلق بادراك الشفيف والكثافة وهى ضد الشفيف مما أوردناه فى صدر فقرة (٥٥).

وفكرته الأساسية فى كيفية إدراك البصر الحسن ، أن إدراك الحسن يتأتى من إدراك أمرين ، أولهما المعانى الجزئية الأخرى بعضها أو كلها منفردة أو مجتمعة . فكل واحد من هذه المعانى يثير فى النفس استحسان المبصر فى الأحوال المناسبة ، أو هو كما يقول « يفعل نوعا من أنواع الحسن » (١) وهو يوضح رأيه بالأمثال . فالضوء على انفراده واللون على انفراده يثير كل منهما استحسان المبصر ، واختلاف توزعهما وما يتخلل بينهما من الاظلال مما يدخل فى باب إدراك الوضع من المعانى التى تجعل المبصر مستحسناً . وكذلك فان الصورة التى فيها وشوم وغضون ومسام تشينها ، اذا أبعدت عن البصر « فضل بعد » خفيت عيوبها وأدركت حسنة ، فالبعد فيها يفعل الحسن . ولو أن ابن الهيثم اكتفى بخفاء العيوب عند البعد ، فاننا نعلم أيضاً أن الصور والتصاوير الفنية لا يبدو جمالها للنفوس على أتم وجه الا اذا تأملتها عن بعد . وكذلك هو يرى أنه اذا كانت فى الصورة معان لطيفة كالنقوش والتخطيطات والترتيبات من أجلها كانت مستحسنة ، فان القرب فيها يفعل الحسن ، والبعد يخفى حسنها . ويرى أن الوضع يتقوم به جمال الترتيب والنظام ، وأن التجسم يتقوم به جمال التماثيل والأجسام والنماذج . ثم الشكل والتفرق والاتصال والحركة والسكون وما الى ذلك من المعانى الأخرى كلها يفعل الحسن فى الأحوال المناسبة ، ويكون إدراك الحسن بادراكها بعضها أو كلها منفردة كانت أو مجتمعة .

أما الأمر الثانى الذى يتقوم به الحسن فى رأيه ويدرك بادراكه ، فهو شىء غير هذه المعانى الجزئية فى ذاتها . وهو التناسب والائتلاف اللذان لا بد منهما لكى يتكون من المعانى الجزئية جمال وحسن تدركه النفوس . وابن الهيثم يضرب أيضاً لبيان ذلك الأمثال ، فالوجه الصغير مع الجسم الكبير

---

(١) و (١٢٠) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

وإن كان كل فى حد ذاته حسناً فانهما معاً يكونان قبيحاً . بل هو يرى أن التناسب يفعل من الحسن ما ليس يفعله كل واحد من المعانى الجزئية على انفراده ، « وما ليس تفعله المعانى الجزئية أيضاً التى تجتمع فى الصورة باقتران بعضها ببعض » . ويعزى سبب الحسن ، كمعنى من المعانى الجزئية المبصرة ، إلى هذا التناسب والائتلاف[1]. ولكنه لم يتعرض لكيفية إدراك هذا التناسب والائتلاف ، ولعله هو أيضاً يحصل فى مبدىء الأمر بالقياس والتمييز . وإن كان الأصل فيه الشعور بارتياح النفس عند حصول الاحساس فان إدراك التناسب والائتلاف ثم إدراك الحسن أو الجمال الذى يتقوم منهما ، رياضة تكتسب بالمران والخبرة . ومن المعلوم أن جمال التناسب والائتلاف أمر نسبى للبيئة والتعليم والتهذيب والمران والخبرة أثر كبير فيه ، وإن مجرد تكرر المعانى الجزئية على هيئة معينة أو على هيئات متشابهة يجعل النفس تألفها ، وإيلاف النفس إياها يجعلها مستحسنة غير مستهجنة ، فاذا أدركها إنسان آخر من بيئة أخرى لم يسبق له إيلافها استبشعتها نفسه واستقبحتها .

٦٧ — تفصيل آراء ابن الهيثم فى الادراك بالبصر

بعد أن أتم ابن الهيثم شرح كيفية إدراك المعانى المبصرة على المنوال الذى بيناه فيما سبق عاد فى الفصل الأخير من مقالته الثانية فى المناظر الى موضوع الادراك مرة أخرى ، وتناول فيه باسهاب تفصيل الفكرة العامة التى بنى عليها مباحثه السابقة . وإن كانت عنايته قد انصرفت الى الادراك بالبصر على وجه التخصيص ، فأقواله فى جملتها تنطبق على الادراك الحسى على الوجه العام ، ونجدها على حظ غير قليل من النضج والعمق ، وليست تتعارض والمبادىء العامة المقررة فى علم النفس الحديث ، فضلا عن أنها لا تخلو من آراء واتجاهات تعد الآن من مستحدثات هذا العلم .

---

(١) و (١٢٨) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

والغاية التى يرمى اليها من مباحثه فى هذا الموضوع من كتابه المناظر هى بيان رأيه فى الأقسام التى يصح أن تنقسم اليها كيفيات الادراك بالبصر، أو الوجوه المختلفة التى يقع عليها هـذا الادراك ، وموازنة بعضها بالآخر لمعرفة أى هذه الأقسام أو هـذه الوجوه أكفل بادراك حقائق المبصرات على ما هى عليه فى الواقع .

وابن الهيثم فى هـذا الموضع من بحوثه يُعنى بالادراك بمعناه المميَّز عن معنى الاحساس المجرد [١] . ولا يفوتنا أن نقول انه فى هـذه المباحث يعبر عن هـذا المعنى للادراك بلفظ الادراك منعوتاً فيقول كما سنبين فيما يلى « الادراك بالبـديهة والادراك بالتأمل » وهـذا يعزز قولنـا إن لفظ الادراك المفرد لا يعنى عنده الادراك بمعناه فى الاصطلاحات الحديثة .

وهو فى أول مباحثـه هذه يقول بلفظه « والبصر إنمـا يدرك صور المبصرات التى هى الأجسام . وصور المبصرات إنما هى مركبة من المعـانى الجزئية التى تقدم بيانها كالشكل والعظم واللون والوضع والترتيب ، وأمثال ذلك من المعانى الجزئية التى تقدم بيانهـا . فالبصر إنما يدرك كل واحد من المعانى الجزئية من إدراكه لصور المبصرات التى هى مركبة من المعانى الجزئية . والبصر يدرك من كل صورة من صور المبصرات جميع المعانى الجزئية التى فى الصورة معا ، وليس يدرك البصر شيئاً من المعانى الجزئيـة منفرداً . لأنه ليس ينفرد واحد من المعانى الجزئية التى تقدم بيانها متحداً (كذا) لا يقترن به غيره ، لأن جميع المعانى الجزئية التى تقدم بيانها ليس توجد إلا فى الأجسام . والجسم ليس ينفرد بمعنى واحد من هذه المعـانى دون غيرها »[٢]. فهو يريد أن الادراك فى طبيعته أمر معقد ، كأن كيفيتـه تدور حول حلقة مغلقة ، فلكى تدرك صورة المبصر يجب أن تدرك المعانى الجزئية التى تأتلف منهـا

---

(١) نقصد معنى « Perception » مميزاً عن معنى « Sensation » .

(٢) و (١٣٠) ، و (١٣١) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

الصورة ، ولكى تدرك المعانى الجزئية التى تأتلف منها الصورة يجب أن تدرك الصورة نفسها . وأن الادراك بالبصر أول الأمر هو إدراك لصورة مجملة للمبصر وليس إدراكا للمعانى الجزئية التى تتألف منها الصورة كل معنى منها على حدته . وأن إدراك هذه المعانى وتمييزها بعضها عن الآخر وتجريد المعنى الواحد عما يغشاه من المعانى الأخرى ، بل وانتزاعه من الوحدة التى تؤلف بينه وبين غيره من المعانى ، إنما يكون بعد أن تدرك الصورة فى مجملها ، وهو إدراك يجوز أن يحدث فعلا ويجوز ألا يحدث ، فقد تنصرف عنه النفس بعد إدراك مجمل صورة المبصر فلا يحصل البتة . ولذلك يقسم الادراك قسمين أساسيين ، أحدهما يقترن بالتفقد والتمعن ابتغاء إدراك المعانى الجزئية وتمييزها ، والآخر غير مقرون بذلك . ويسمى هذا وهو أبسط الاثنين « إدراكا بالبديهة » ويسمى الآخر وهو أكثر الاثنين تعقداً « إدراكا بالتأمل ». ويقول بلفظه فى هذا الصدد « فانا نقول إن إدراك البصر للمبصرات يكون على وجهين ، إدراكا بالبديهة وإدراكا بالتأمل . وذلك أن البصر اذا لحظ المبصر فانه يدرك منه المعانى الظاهرة التى فيه فى حالة ملاحظته ، ثم ربما تأمله من بعد ذلك وربما لم يتأمله . فان تأمله واستقرأ جميع أجزائه تحقق صورته ، وإن لم يتأمله ويتفقد جميع أجزائه فقد أدرك منه صورة غير محققة لما هى صورته الحقيقية ، وليس يتحقق أنها صورته الحقيقية ، ولما هى غير صورته الحقيقية . وكثيراً ما يدرك البصر المبصر وينصرف عنه من غير تأمل . فاذا أدرك البصر المبصر ولم يتأمله فانه يدرك منه صورة غير محققة وهو يدركها بالبديهة . واذا أدرك البصر المبصر وتأمله فهو يدرك منه صورة محققة ويكون إدراكها بالتأمل »[1] .

ثم هو يمضى بعد ذلك فيبين أن كلا من الادراك بالبديهة والادراك بالتأمل له وجهان . فالادراك بالبديهة ، إما يكون « إدراكا بمجرد البديهة »

(١) و (١٣٢) ، و (١٣٣) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

وإما أن يكون « إدراكا بالبديهة مع تقدم المعرفة » . وكذلك الادراك بالتأمل ، إما أن يكون « إدراكا بمجرد التأمل » وإما أن يكون « إدراكا بالتأمل مع تقدم المعرفة » . ويقول بلفظه « والابصار بمجرد البديهة هو إبصار المبصرات التى لا يعرفها البصر فى حال ملاحظتها ، ولا يتأملها مع ذلك فى الحال ، والابصار بالبديهة مع تقدم المعرفة هو إبصار المبصرات التى تقدمت معرفة البصر بها ، إذا عرفها البصر فى حال ملاحظتها ولم يستأنف مع ذلك تأملها ، وعلى كلا الحالين ليس يدرك البصر بالبديهة حقيقة المبصر تقدمت معرفته بالمبصر أو لم تتقدم معرفته به .... والابصار الذى يكون بمجرد التأمل ، هو إبصار المبصرات التى لم يدركها البصر من قبل أو ليس يذكر إدراكه لها إذا تأملها فى حال إدراكها . والابصار بالتأمل مع تقدم المعرفة هو إبصار جميع المبصرات التى قد أدركها البصر من قبل وهو ذاكر لابصارها ، إذا استأنف مع معرفتها تأملها واستقرأ المعانى التى فيها » [١] .

وواضح من هذا أن ابن الهيثم يتناول فى هذه المباحث موضوع الادراك بمعناه المفهوم الآن . وتمييزه بين الادراك بالبديهة وبين الادراك بالتأمل ، وهما عنده القسمان الأساسيان للادراك ، يتضمن معنى أن الادراك بالتأمل يتميز عن الآخر بأنه يقترن بالانتباه [٢] . وأدنى مراتب الادراك عنده هو الذى يعبر عنه بالادراك بمجرد البديهة . وليس يقصد به الاحساس المجرد لأن الاحساس المجرد فى نظره لا يكون إلا بالضوء بما هو ضوء أو باللون بما هو لون ، وإنما يقصد به شعوراً مجملا بشىء له وجود عينى فى الخارج . أو بعبارة أخرى يقصد به العلم بجملة المبصر ككائن موجود ، وهو معنى أقرب ما نرى أنه يؤديه هو لفظ « التنبه » [٣] . وإذا كان الادراك

---

(١) و (١٥١) ، و (١٥٢) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) Attention

(٣) بمعنى Apprehension أو Awareness

بمجرد البديهة هو أدنى مراتب الادراك فانه إذا اقترن بالمعرفة، بحيث استطاع الانسان أن يعرف بسرعة المبصر من أمارة أو بضع أمارات ، خطا الادراك إلى مرتبة أعلى ، وصار إدراكا بالبديهة مع تقدم المعرفة وهو معنى أقرب ما نرى أنه يؤديه هو لفظ « المعرفة »[١] فى اصطلاحاتنا الحديثة .

أما الادراك بالتأمل فهو يقتضى انصراف النفس وانتباهها إلى الشيء المدرك ، ابتغاء تمييز أجزائه ومعانيه الجزئية المختلفة ، وهو يتفق ومدلول لفظ « المشاهدة »[٢]، فهو فى اصطلاح علم النفس يتضمن عمليتين إحداهما الانتباه والأخرى الادراك .

وقول ابن الهيثم « الادراك بالتأمل » هو فى نظرنا أجدى وأجدر لأداء المعنى الشامل لهاتين العمليتين من لفظ « المشاهدة » المدلول به على هذا المعنى فى بعض كتب علم النفس الحديثة . وتقسيم ابن الهيثم الادراك بالتأمل قسمين أحدهما إدراك بمجرد التأمل والثانى إدراك بالتأمل مع تقدم المعرفة تقسيم معقول لا غرابة فيه . والادراك بمجرد التأمل هو الذى به تكشف النفس أموراً أو معانى لم تكن قد أدركتها من قبل فى الشيء المدرك .

ومن الواضح أن ابن الهيثم لا يريد بتقسيم الادراك على هذه الصفة أن تكون هذه الأقسام أقساماً منفصلة مستقلا بعضها عن الآخر ، إنما هو يريد تحليل عملية الادراك الى عمليات بسيطة يصح أن نعدها مراحل أو مرتبات فى عملية هى بطبيعتها وحدة كلية لا تتجزأ . فتقسيمه الادراك قسمين إدراكا بالبديهة وإدراكا بالتأمل ليس معناه أن الادراك بالتأمل هو ضرب من الادراك لا صلة له قطعاً بالادراك بالبديهة ، ويحدث منفرداً مجرداً منه . فان من أقواله ما ينفى مثل هذا التأويل . فهو فى شرح الادراك بمجرد التأمل

---

(١) بمعنى Recognition

(٢) بمعنى Observation ويتضمن معنيي Attention و Perception

يقول بلفظه « فان البصر إذا أدرك مبصراً من المبصرات ولم يكن رأى ذلك المبصر من قبل ذلك الوقت ، ولم يكن رأى مبصراً من نوعه ، وأراد الناظر أن يتحقق صورة ذلك المبصر ، فانه يتأمله ويستقرىء بالتأمل جميع المعانى التى فيه ، فيدرك بالتأمل صورته الحقيقية التى تدرك بالبصر . فاذا لم يكن رأى ذلك المبصر من قبل ذلك الوقت ولم ير شيئاً من نوعه ، فانه عند إدراك صورته ليس يعرف صورته ، فهو يقتنى بالتأمل صورته التى تخصه ، ويدرك من صورته حقيقته ، ولا يكون مع ذلك قد عرفه فيكون تحققه لصورة ما هذه صفته من المبصرات إنما هو بمجرد التأمل فقط . وكذلك إذا أدرك البصر مبصراً من المبصرات وكان قد شاهد ذلك المبصر من قبل ، ولم يكن ذاكراً لمشاهدته ، فانه عند تأمله إذا لم يكن ذاكراً لصورته الأولى فليس يعرف صورته فى الحال الثانية ، فيكون إدراكه المبصر الذى بهذه الصفة بمجرد التأمل » (١) .

وسياق هذه الأقوال يدل على أن هناك أولا إدراكا ما يليه التأمل ، ثم يعقب هذا إدراك الصورة وإدراك حقيقة المدرك . وابن الهيثم يمضى الى شرح الادراك بالتأمل مع تقدم المعرفة ومن ذلك قوله بلفظه « فاذا أدرك البصر مبصراً من المبصرات التى قد أدركها من قبل ذلك الوقت أو أدرك شيئاً من أنواعها ، فانه فى حال ملاحظة ذلك المبصر قد أدرك جملة صورته التى يدركها بالبديهة ، ثم باليسير من التأمل قد أدرك جملة هيئته التى هى الصورة الكلية التى تخص نوعه » (٢) . وهو فى هذا القول يذكر صراحة أن الادراك على هذا الوجه أوله يكون بالبديهة . ثم هو علاوة على هذا وذاك يقسم فى أقواله عن الادراك بالتأمل مع تقدم المعرفة ، هذا الوجه من الادراك قسمين فرعيين ، قسم يكون باليسير من التأمل وكما يقول هو بلفظه

---

(١) و (١٤٠) ، و (١٤١) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) و (١٤١) » » » »

« والقسم الثانى هو الذى يكون بغاية التأمل وباستقراء جميع المعانى التى فى المبصر فى حال إدراك المبصر مع تقدم المعرفة بذلك المبصر »[١] . فهو يقرر ضمناً فى هذا التقسيم وجود اتصال أو تدرج بين الادراك بالبديهة مع تقدم المعرفة وبين الادراك بالتأمل مع تقدم المعرفة .

فتقسيم ابن الهيثم لا يعنى الفصل التام بين الأقسام التى ذكرها وإنما يريد به تحليل الادراك إلى حالات أو مرحلات يتدرج عليها . وجملة أقواله تدل فى نظرنا على انه يريد من هذا التقسيم أن يبين أمرين أحدهما تطوّر الادراك من مبدئه حال حصوله ، والثانى كيفية الادراك عند الانسان الراشد . وفى كلا الأمرين سواء روعى تطوره أو روعيت كيفيته هذه فالادراك أوله أو الأصل فيه إدراك ما بجمل غير محدود هو مجرد تنبه فقط[٢] ويسميه « إدراكا بمجرد البديهة » . وهذا الادراك المجمل المبهم لشىء له وجود عينى فى الخارج ، يتدرج من هذا إلى إدراك الجزئيات والمعانى والصفات المختلفة فى المدرك فيحصل إدراك المدرك على ما هو عليه ، وتنكشف الأمور المتعلقة به ويُكتسب العلم به على الوجه العام . فاذا تكرر إدراكه يتم فى تضاعيف هذا التكرر أن تألفه النفس وتألف معانيه المختلفة فيتم التعلم ويحصل الوعى وتستطاع الاستعادة ويرتقى الادراك من مرتبته الدنيا كما هو فى عهد الطفولة الأولى إلى مرتبته العليا كما هو فى الانسان الراشد ، والمرحلات الأساسية التى يجتازها الادراك فى تطوره هذا هى بتعبير ابن الهيثم الادراك بمجرد البديهة ثم الادراك بمجرد التأمل ثم المعرفة (أى العلم بالمدرك) ثم التحقق من المدرك بالتأمل . والادراك بمجرد التأمل الذى هو بمثابة المرحلة الثانية هو الذى يتضمن الانتباه[٣] الذى يبتغى منه إدراك

---

(١) و (١٥٢) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) بمعنى Mere Awareness

(٣) بمعنى Attention

الجزئيات والمعانى والصفات المختلفة فى المدرك . والمرحلة الأخيرة هى التى يتم فيها إدراك المدرك ، والتحقق من إدراكه على ما هو عليه على قدر ما هو مستطاع .

أما كيفية الادراك عند الانسان الراشد فيقع على وجهين بحسب علاقة الشىء المدرَك بخبرة الانسان المدرِك وعلمه السابق . فاذا كان المدرَك غريباً عن الانسان لم يسبق له إدراكه من قبل ، أو هو لا يذكر البتة أنه قد أدركه من قبل ، فأول العلم به أو أول معرفته تشمل المرحلات الثلاث الأولى وهى الادراك بمجرد البديهة ثم الادراك بمجرد التأمل ثم المعرفة أى العلم بالمدرك . أما إذا كان قد تقدم العلم به أو تقدمت معرفته فالادراك يختصر المرحلة الثانية فكأنه يقفز بسرعة من مرحلته الأولى إلى مرحلته الثالثة . وعلى أى الوجهين يستطيع الانسان إتمام المرحلة الرابعة بعد ذلك بالتأمل .

وابن الهيثم يفصل آراءه فى كيفية حصول الادراك تفصيلا يأتى فيه بمعانى وآراء هى من المأخوذ به فى علم النفس الحديث . وتتناول مباحثه فى هذا الصدد ثلاثة أمور أساسية هى كيفية التأمل ، والصور العقلية ، والمعرفة ونبين آراءه فيها فيما يلى :

أولا — كيفية التأمل .

ففى كيفية التأمل يبدأ بقوله « فانا نقول ان التأمل الذى به تدرك حقائق صور المبصرات يكون بالبصر نفسه ويكون بالتمييز »[1] فهو يميز بين مانسميه الآن التأمل الحسى والتأمل العقلى . ويرى أن التأمل بالبصر يكون بتحريك البصر حتى يصير وسطه مقابلا لجزء بعد جزء من أجزاء المبصر ، فتدرك صورة كل جزء منها بالبصر إدراكا بيناً . ويمضى الى بيان كيف يتأتى بالتأمل الذى هو بحركة البصر والذى هو بالتمييز إدراك الصورة الحقيقية للمبصر ، ويقول « فان البصر اذا قابل المبصر فانه فى حال مقابلته وحصول الصورة فى البصر ، فان الحاس يدرك جملة الصورة إدراكا مجملا ، ويدرك الجزء

(١) و (١٣٣) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

الذى عند طرف السهم إدراكاً بيِّناً على غاية ما يصح أن يدرك ذلك الجزء ، ويدرك مع ذلك فى هذه الحال كل جزء من الأجزاء الباقية التى فى الصورة إدراكاً ما . ثم اذا تحرك البصر وانتقل السهم من الجزء الذى كان عليه الى جزء آخر أدرك الحاس فى هذه الحال صورة جملة المبصر إدراكاً ثانياً ، وأدرك الجزء الذى عند طرف السهم إدراكاً ثانياً أيضاً ، ومع ذلك يكون إدراكه لهذا الجزء الذى عند طرف السهم فى الحال الثانية أبين من إدراكه فى الحال الأولى ، وفى هذه الحال فان الحاس يدرك أيضاً الأجزاء الباقية إدراكاً ما . . . الخ» (١) . ثم يقول « فبحركة البصر على أجزاء المبصر تحصل للحاس حالتان ، إحداهما تكرُّر إدراكه لجملة المبصر ولكل جزء من أجزاء المبصر ، والحالة الثانية أنه يدرك كل جزء من أجزاء المبصر بسهم الشعاع وما قرب من السهم على أبين ما يمكن أن يدركه ، فيظهر للحس بهذا التبيين جميع ما يصح أن يظهر من تلك الأجزاء . واذا تكرر إدراك الحاس لجملة المبصر ولكل جزء من أجزاء المبصر وظهر جميع ما يصح أن يظهر له من ذلك المبصر ، أدرك بهذه الحال جميع ما يصح أن يدركه من ذلك المبصر ومع ذلك إدراكاً مكرراً . وفى تضاعيف هذه الجملة وهذا التكرر فالقوة المميزة تميز جميع مايظهر من ألوان الأجزاء وأعظامها وأبعادها وأشكالها وأوضاعها ، وتساوِى ما يتساوى منها فى هذه المعانى واختلاف ما يختلف منها فى جميع هذه المعانى أو فى بعضها ، ومن ترتيب الأجزاء بعضها عند بعض ، ويدرك من تمييز جميع هذه المعانى ومن قياس هذه المعانى بما يعرفه من أمثالها الهيئة المتألفة من جميع ذلك لجملة المبصر » (٢) .

وابن الهيثم فى هذا الشرح يلمس أموراً شتى لها خطرها فى بحوث علم النفس فى الوقت الحاضر . فعند انصراف التأمل إلى جزء من أجزاء المبصر

---

(١) و (١٣٥) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) و (١٣٥) ، و (١٣٦) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

يدرك ذلك الجزء إدراكاً بيناً ولكن فى الوقت نفسه تدرك جملة المبصر إدراكاً أقل تبيناً . فكأن للادراك درجات ، أقواه أو أوضحه إدراك ماينصرف اليه التأمل بشطريه الحسى والعقلى ، وأضعفه إدراك ما بَعُد عن مركز التأمل حسيّه وعقليّه أيضاً . وهو يتدرج فى الضعف كلما بعد التأمل عن مركزه . وواضح أن هذه الفكرة هى التى ينطوى عليها فى علم النفس التمييز بين ما يسمونه « بؤرة » الشعور وما يسمونه « حواشيه » . ثم ان هذه الأقوال تتضمن أيضاً أن التأمل العقلى وهو الذى يعبر عنه بالتأمل بالتمييز يتطلب فصل المعنى الذى يراد إدراكه وتمييزه عما يقترن به أو يغشاه من المعانى الأخرى ، فصلا أو تمييزاً نظيره فى التأمل الحسى توجيه البصر حتى يقابل وسطه الجزء المدرك بحيث يصير ذلك الجزء على امتداد سهم البصر . وهذه العملية أو قل عمليـة بهذا المعنى هى المدلول عنهـا بلفظ « الانتزاع » [1] فى الاصطلاحات الحديثة . وواضح أيضاً أن ابن الهيثم يضمن هذه الأقوال صفة من صفات الشعور أو الادراك يعـبرون عنها « بالتغير الدائم » . والطريف فى هذا الأمر أن ابن الهيثم يذكر رأى من رأى « ان الإبصار ليس يكون إلا بحركة » [2] ويقول فى شرح هـذا الرأى « فانه إنمـا أراد الإبصار المحقق الذى ليس يكون إلا بالتأمل وبحركة البصر وبحركة سهم الشعاع فى جميع أقطار المبصر » . والحركة فى الاصطلاح القديم تؤدى معنى التغير على أعم وجه . وابن الهيثم فى التعليق على هذا الرأى يؤكد الحركة فيما يتعلق بالجانب الحسى من التأمل ، ولـكنه فى الوقت نفسه لا يقصرها على هذا الجانب دون الجانب العقلى . وأقواله فى كيفية إدراك التفصيلات فى المعانى اللطيفة فى المبصر بتأمل أجزائه جزءاً بعد جزء ، أو بتأمل معانيه معنى بعد معنى ، تدل على أن الحركة بمعنى التغير أو التحول ليست مقصورة على البصر

---

(١) بمعنى Isolation

(٢) و (١٣٥) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

وحده ، بل هى تحدث أيضاً فى الشطر العقلى من التأمل وهو الذى يسميه التأمل بالتمييز .

وابن الهيثم فى أقواله عن التأمل يبين أن زمان التأمل يختلف بحسب المعانى التى تُتأمل من المبصرات ، ويورد لذلك مثالا يبين به أن إدراك العدد يتطلب تأملا يزيد هو ويزيد زمانه على ما يتطلبه إدراك الحركة أو مجمل الشكل والهيئة ، وبحسب تعبيره « يحتاج إلى فضل تأمل وفضل زمان » . ويقول فى هذا المعنى بلفظه « ومثال ذلك أن البصر إذا أدرك حيواناً كثير الأرجل وكانت أرجله صغاراً وكان متحركاً فان البصر إذا أدركه وتأمله باليسير من التأمل يدرك حركته ، وإذا أدرك حركته فقد أدرك أنه حيوان ، ثم باليسير من التأمل إذا تأمل أرجله فقد أدرك أنه كثير الأرجل من إدراكه للتفرق الذى بين أرجله ، ومع ذلك فليس يعرف فى الحال كم عدد أرجله . فان أراد أن يعرف كم عدد أرجله احتاج إلى فضل تأمل وفضل زمان . فادراكه لحيوانيته يكون فى زمان يسير ثم إدراكه لكثرة أرجله يكون فى زمان يسير أيضاً ، وعدد أرجله ليس يدرك إلا بعد أن يثبت البصر على واحد واحد من الأرجل ويعدها ، وليس يكون ذلك إلا فى زمان له قدر ، ويكون مقدار الزمان أيضاً بحسب كثرة الأرجل وقلتها »[1] . واحتياج إدراك العدد خاصة إلى التأمل الشديد حقيقة معروفة يتبينها الانسان فى نفسه إذا سئل على غير استعداد أن يذكر مثلا عدد الدرجات التى يرتقيها وهو صاعد إلى مسكنه . والعدد يندر أن تشمله الصورة العقلية التى تتشكل فى النفس للمبصر المدرك ، بسبب عدم إدراكه وتميزه عند تكوّن الصورة العقلية فى النفس . وأقوال ابن الهيثم تذكرنا بمثال طريف أورده « وودورث »[2] فى كتابه فى علم النفس ، ففى بعض الجامعات الأمريكية دار للكتب ، يعد

---

(١) و (١٤٧) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) R. S. Woodworth فى كتابه (Psychology (A Study of Mental Life

بناؤها تحفة من فن العمارة ويزين البناء من الخارج صف من الأعمدة الرشيقة ، ويرى الطلبة هذا البناء مراراً وتكراراً فى غدوهم ورواحهم . فمن التجارب التى كثيراً ما تجرى فى دروس علم النفس أن يطلب إلى الطلبة وهم مجتمعون إلى الدرس ، استحضار الصورة العقلية لواجهة الدار ، ثم يسألون عن عدد الأعمدة التى تزين الواجهة فيندر منهم من يصيب الحقيقة . وكأن ابن الهيثم يشرح لنا هذا المثال بعينه وهو يقول « وأيضاً فان الحاس إذا أراد أن يتأمل شكل جملة المبصر فيكفيه أن يمر البصر على محيط المبصر فقط ، وكذلك إذا أراد أن يتأمل لون المبصر فيكفيه أن يمر البصر عليه إمراراً ، وكذلك إذا أراد أن يتأمل خشونة سطح المبصر أو ملاسته أو شفيفه أو كثافته ، فانه يكفيه أن يمر البصر عليه إمراراً سريعاً وليس كذلك المعانى الخفية والمعانى اللطيفة التى تكون فى المبصرات . . الخ »[1] ، وأقواله السابقة تفيد أن العدد أحد هذه المعانى .

ولا يفوتنا أن نشير إلى أن ابن الهيثم فى هذه المباحث يلم بأن إدراك المبصر على ما هو عليه لا يتم إلا بالجمع بين عمليتين ، هما فى ظاهرهما متناقضتان ولكن إحداهما تتمم الأخرى . واحدة هى إدراك جملة المبصر وهى عملية تأليف وتركيب ، والثانية هى إدراك أجزائه ومعانيه المختلفة متميزة بعضها عن الآخر وهى عملية تحليل وتجريد .

ثانياً — الصور العقلية .

يتكرر كثيراً فى أقوال ابن الهيثم ذكر الصورة التى تدركها النفس والصورة التى سبقت أن أدركتها ، والصورة الكلية أو النوعية للشخص ، والصورة الجزئية أو الشخصية وما إلى ذلك . وابن الهيثم يعنى فى المباحث التى نحن بصددها بتفصيل المعنى الذى يريده من هذه العبارات تفصيلا تاماً . فبالتأمل بشطريه الحسى والعقلى على الصفة التى شرحها فى أقواله المتقدمة

(١) و (١٤٨) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

حيث يتكرر إدراك جملة المبصر ، وحيث يدرك كل جزء من أجزائه وكل معنى من معانيه الجزئية ، وحيث تميز هذه المعانى وحيث تقاس هذه المعانى بأمثالها ، وحيث يتبين ارتباط بعضها بالآخر فى الوحدة الشاملة لها جميعاً التى هى المبصر أو المدرك نفسه — بالتأمل الذى يتم به كل ذلك يدرَك ما يعبر عنه بصورة المبصر . ومن الواضح أن المعنى المقصود بالصورة ليس معنى مطلقاً واحداً لا يتغير ، لأن ما يدرك على الصفة المذكورة يختلف باختلاف النفوس المدركة ، ويختلف باختلاف درجات تأملاتها حال الادراك ، وحظها عندئذ من المقدرة على التمييز وعلى القياس ، وحظها أيضاً من القدرة على ربط الجزئيات والتأليف بينها وما إلى ذلك وما إلى غير ذلك . فما يدرك على الصفة المذكورة ليس شيئاً واحداً ثابتاً على تصاريف الأحوال فى جميع الأزمان . ولعل أبسط تعريف يمكن أن نستخلصه من أقوال ابن الهيثم نفسه ، أن الصورة المدركة هى الهيئة التى تأتلف فى النفس من جميع المعانى الجزئية إذا أدركتها إجمالا كوحدة وأدركتها تفصيلا بالتأمل .

وابن الهيثم بعد توضيح معنى الصورة على مثل الصفة المذكورة ينتقل الى بيان أن هذه الصورة التى تدرك على تلك الصفة كما يقول بلفظه « تبقى فى النفس وتكون متشكلة فى التخيل ، وإذا تكرر إدراك البصر للمبصر كانت صورته أثبت فى النفس من صورة المبصر الذى لم يدركه البصر إلا مرة واحدة أو لم يكثر إدراك البصر له »[1] . فابن الهيثم يتناول هنا موضوع « الصور العقلية » أو كما تسمى أيضاً « الصور الذكرية »[2] ، ويدلل على حصول تلك الصور العقلية فى النفس ، وكاننا نقتبس من كتاب حديث قوله بلفظه « والذى يدل على أن صور المبصرات تبقى فى النفس وفى التخيل هو أن الانسان إذا تذكر إنساناً يعرفه ، وقد شاهده من قبل ذلك واجتمع معه وتحقق صورته وكان ذاكراً للوقت الذى شاهد فيه ذلك الانسان

---

(١) و (١٣٦) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) « Mental or Memory Images »

وللموضع الذى اجتمع معه فيه ذكراً صحيحاً ، فانه يتخيل فى الحال شخص ذلك الانسان وتخطيط وجهه وهيئته ونصبته التى كان عليها فى ذلك الوقت ، ويتخيل الموضع الذى شاهده فيه وربما تخيل فى الحال مبصرات أخر قد كانت حاضرة فى الموضع الذى شاهد فيه ذلك الانسان . فتخيله صورة ذلك الانسان عند تذكره ، وصورة الموضع الذى شاهده فيه ، والحال التى كان عليها مع غيبة ذلك الانسان وغيبة ذلك الموضع دليل ظاهر على أن صورة ذلك الانسان وصورة ذلك الموضع حاصلة فى نفسه وباقية فى تخيله . وكذلك اذا تذكر الانسان بلدا قد شاهده ثم غاب عنه فانه يتخيل صورة ذلك البلد ، وصورة المواضع التى كان فيها من ذلك البلد ، وصور الأشخاص الذين عرفهم فى ذلك البلد اذا كان ذاكراً لجميع ذلك مع غيبة ذلك البلد وغيبة ما شاهده فيه »[1] .

فابن الهيثم يريد على التحقيق معنى الصور العقلية . وشرحه وتمثيله كلاهما يدل على أن هذه الصور تثبت فى النفس وانها صور لمدركات سبق أن وردت على الحس أو أدركتها النفس وهى يستعيدها الانسان من الذاكرة ويشعر بها وقت استعادتها بالرغم من غيبتها شعوراً أشبه بشعوره بالمدركات الحسية وقت إدراكها . وابن الهيثم يمضى الى بيان أن تكرر إدراك المبصر يجعل صورته العقلية أثبت فى النفس ، ويورد لذلك سببين أحدهما أن تجدد الصورة بتكرر إدراكها يعيد الى النفس ما ربما أنسيته النفس من معانيها مع تمادى الزمان ، والثانى أن تكرر إدراكها أدعى إلى إدراك ما لم يكن قد ظهر من معانيها الخفية أول مرة . ولكن ابن الهيثم يحاول فى هذا الصدد أن يدلل بالاعتبار على رأيه فى أن الصورة التى يتكرر إدراكها أثبت فى النفس ، ويقول بلفظه « والذى يدل دليلا واضحاً على أن المعانى والصور إذا تكررت على النفس كانت أثبت فى النفس من المعانى والصور التى لم تتكرر على النفس

(١) و (١٣٦) ، و (١٣٧) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

هو أن الانسان اذا أراد أن يحفظ علماً من العلوم أو أدباً من الآداب أو خبراً أو ما يجرى مجرى ذلك ، فانه يكرر قراءة ذلك المعنى مرات كثيرة الخ »[١] . والاعتبار فى ذاته صحيح فيما يتعلق بثبوت المعانى بالتكرار وهو الوجه الذى أكد عليه القول فيه ، ولكنه كما ورد ناقص فيما يتعلق بالصور العقلية ، حيث يتطلب الأمر لا مجرد ثبوت المعانى بالتكرار بل ثبوت صور الكلمات والحروف والتشكيل وترتيب السطور وما الى ذلك ، حتى اذا غابت الصفحة المقروءة عن البصر استطاع القارىء أن يستعيد صورتها وقت غيبتها ، بل استطاع أن يتخذها مشقاً يحذو حذوه فى نقل ما سطر فيها . تلك هى الصور العقلية التى يريدها ابن الهيثم والتى يصح أيضاً الاستدلال بالاعتبار المذكور على أنها تكون أثبت فى النفس بالتكرر . ولكن ابن الهيثم لم يبين هذا الوجه ولعله أراد بذكر هذا الاعتبار على الصفة التى أوردها قياس ثبوت الصورة العقلية بالتكرر على ثبوت المعنى بالتكرر . وكيفما أردنا تأويل هذا الاعتبار فابن الهيثم قد أحاط حقاً بالمعنى الذى يراد من الصور العقلية بالاصطلاح الحديث فى علم النفس ، وقد أورد هذا المعنى فعلا فى مباحثه ، بل وقد استعان به فى شرح كيفية إدراك ماهيات الأشياء وكيفية إدراك ذاتياتها .

وشرحُ ابن الهيثم كيفية إدراك ماهيات الأشياء يبنيه على حصول صور عقلية للأنواع يسميها الصور الكلية ، وقد بين كيفية حصولها قال « فأما الصور الكلية التى تحصل فى النفس لأنواع المبصرات وتكون متشكلة فى التخيل ، فان لكل نوع من أنواع المبصرات هيئة وشكلا تتساوى (فيهما)[٢] جميع أشخاص ذلك النوع ، وتختلف تلك الأشخاص بمعان جزئية مما يدرك بحاسة البصر أيضاً ، وربما كان اللون فى جميع أشخاص النوع واحداً . والهيئة والشكل واللون وجميع المعانى التى تتقوم منها هيئة كل شخص من أشخاص

---

(١) و (١٣٨) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) فى الأصل « فيها » .

النوع هو صورة كلية لذلك النوع . والبصر يدرك تلك الهيئة وذلك الشكل ويدرك كل معنى تتساوى فيه أشخاص النوع من جميع الأشخاص التى يدركها من أشخاص ذلك النوع ، ويدرك أيضاً المعانى الجزئية التى تختلف بها تلك الأشخاص مع اتفاقها فى المعانى الكلية . فبتكرر إدراك البصر لأشخاص النوع الواحد تتكرر عليه الصورة الكلية التى فى ذلك النوع مع اختلاف الصور الجزئية التى لتلك الأشخاص . واذا تكررت الصورة الكلية على النفس ثبتت فى النفس واستقرت ، ومن اختلاف الصور الجزئية التى ترد مع الصور الكلية عند تكررها تدرك النفس أن الصورة التى تتساوى فيها جميع أشخاص ذلك النوع هى صورة كلية لذلك النوع . فعلى هذه الصفة يكون حصول الصور الكلية التى يدركها البصر من أنواع المبصرات فى النفس وفى التخيل »[1].

ومن الواضح أن ابن الهيثم يضمن هذا القول الموجز جميع العمليات المعروفة التى تحلل اليها فى الوقت الحاضر عملية تكوّن المدرك الكلى . فثمة إدراك حسى وثمة قياس وثمة تمييز أو تجريد وثمة تأليف أو تركيب ، وهو بشرح كيفية حصول الصور الكلية يريد أن يبين أن الصور العقلية التى « تتشكل فى التخيل » ليست صور الأشخاص فحسب بل صوراً كلية أيضاً ، يدركها الانسان من أنواع المبصرات ، ويرى أن إدراك ماهيات الأشياء المعول عليه فيه هو هذه الصور الكلية المتشكلة والمستقرة فى النفس ، وإدراك ذاتياتها المعول عليه فيه أيضاً هو تلك الصور الشخصية المتشكلة والمستقرة فى النفس . والادراك فى كلتى الحالتين هو بقياس الصورة التى يدركها البصر فى الحال بالصورة العقلية الثابتة فى النفس . وهو يختتم هذا القسم من بحثه بقوله « والقوة المميزة مطبوعة على تشبيه صور المبصرات فى حال الابصار بالصور الثابتة فى التخيل التى قد اقتنتها النفس من صور المبصرات . فاذا أدرك البصر مبصراً من المبصرات ، فان القوة المميزة تطلب شبهه فى الصور الحاصلة فى

(١) و (١٣٩) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

التخيل . فاذا وجدت فى التخيل صورة تشبه صورة ذلك المبصر عرفت ذلك المبصر وأدركت مائيته ، وإن لم تجد فى الصور الحاصلة فى التخيل صورة تشبه ذلك المبصر فليس يعرف ذلك المبصر ولا يدرك مائيته ، ولسرعة تشبيه القوة المميزة لصورة البصر فى حال الابصار ربما عرض لها الغلط فتشبه المبصر بغيره من المبصرات اذا كان فى المبصر معنى من المعانى هو فى ذلك الغير ، ثم إن تأملت ذلك المبصر من بعد هذه الحال وتحققت صورته ، شبهته بصورته الشبيهة به فى الحقيقة ، وتبين لها فى الحال الثانية انها كانت غالطة فى التشبيه الأول ، فعلى هذه الصفة تدرك مائيات المبصرات بحاسة البصر »[1].

ثالثاً — تفصيل الادراك بالمعرفة ومعنى الأمارة .

وابن الهيثم فى أقواله التفصيلية عن الادراك بالتأمل وبيان وجهيه ، مجرد التأمل والتأمل مع تقدم المعرفة ، يزيد معنى المعرفة ومعنى الأمارة تفصيلا . والفكرة التى يهتدى بها فى هذه المباحث وفى التمييز العام بين وجهى التأمل ، أن زمان الادراك بمجرد التأمل هو بوجه عام أطول من زمان الادراك بالتأمل مع تقدم المعرفة ، ويقول بلفظه « فانا نقول إن الادراك الذى يكون بالتأمل مع تقدم المعرفة يكون فى أكثر الأحوال فى زمان أقصر من الزمان الذى يكون فيه الادراك بمجرد التأمل ، وذلك أن المعانى القائمة فى النفس وحاضرة للذكر ليس يحتاج فى معرفتها عند حضورها إلى استقراء جميع المعانى التى منها يتقوم حقيقتها بل يقنع فى إدراكها إدراك معنى من المعانى التى تخصها . فاذا أدركت القوة المميزة من الصورة التى ترد اليها معنى من المعانى التى تخص تلك الصورة وكانت ذاكرة للصورة الأولى ، فانها تعرف بالخاصة جميع الصور التى وردت عليها ، لأن كل معنى يخص الصورة فهو أمارة تدل على تلك الصورة »[2].

---

(١) و (١٤٠) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) و (١٤٢) ، و (١٤٣) « « « «

وهو يورد هنا ما يصح أن نجعله تعريفاً للأمارة كما يتصورها أو يدركها . وهو قوله « كل معنى يخص الصورة فهو أمارة تدل على تلك الصورة » ويورد للأمارة بهذا المعنى الأمثلة ، فشخص الانسان « إذا أدركه البصر فانه إذا أدرك تخطيط يده فقط قد أدرك انه إنسان قبل أن يدرك تخطيط وجهه وقبل أن يدرك تخطيط بقية أجزائه » (١) .

فتخطيط اليد ومثله تخطيط الرجل وتخطيط الوجه كلها فى نظره أمارات تخص هيئة الانسان إذا ما أدرك واحد منها ، أدرك أن المبصر المدرك إنسان . أما حصول الادراك الكلى بأنه انسان ، أى إدراك أن المبصر كوحدة فى جملته هو انسان له بقية أجزاء الانسان وأعضائه وما الى ذلك ، فى حين أن الادراك الواقع فعلا لم يشمل رأساً جميع الأجزاء ، فهو إدراك بتقدم المعرفة من الصورة الحاصلة فى النفس لهيئة الانسان كما يقول بلفظه ، ومثاله هذا هو للأمارة التى يدرك منها النوع أى ماهية المبصر . وهو يورد أيضاً أمثلة للأمارات التى تدرك منها شخصية المبصر أو هويته . « وكذلك الشخص المعين الذى قد شاهده البصر من قبل إذا أدرك البصر بعض المعانى التى تخص صورته الجزئية كفطسة تكون فى أنفه إن كان انساناً ، أو زرقة فى عينه أو قرنة فى حاجبه أو غضون فى جبهته ، فانه من إدراك بعض هذه الأمارات مع إدراكه لجملة صورته قد أدرك ذلك الشخص وعرفه » (٢) ، وهو يمثل أيضاً بالأمارة التى تدرك منها شخصية فرس معين « وكذلك الفرس بشية أو ببعض شية (أو) ببلقة تكون فى موضع منه أو بغرة فى جبهته » ، ويرى أن بعض حروف الكلمة المألوفة هى أمارات لادراك الكلمة ويقول بلفظه « وكذلك جميع كلمات الكتّاب التى تتكرر على الكتاب يعرفها الكاتب فى حال إدراكها ، من إدراك بعض حروفها ومن قبل أن يستقرىء كل حرف من حروفها » (٣) .

(١) و (١٤٣) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .
(٢) « « « « «
(٣) « « « « «

وابن الهيثم على هدى فكرته فى أن الادراك يستغرق زماناً يميز بين إدراك الماهية وبين إدراك الهوية . فالمعول عليه فى كلتى الحالتين الصورة العقلية التى تتشكل فى النفس . والصورة العقلية للنوع معانيها الجزئية هى بعض المعانى الجزئية التى فى الصورة العقلية للشخص . ويقول « وإدراك البعض يكون فى زمان أقل من الزمان التى يدرك فيه الكل . فادراك البصر لنوعية المبصر يكون فى زمان أقصر من الزمان الذى يدرك فيه شخصية ذلك المبصر »[١] . وهذا فى نظره هو السبب فى أن الانسان اذا أبصر شخصاً من الناس مثلا أدرك أنه انسان قبل أن يدرك من هو .

وابن الهيثم على الصفة عينها يبين أن أزمان إدراك نوعيات المبصرات المألوفة تختلف بحسب أنواعها ، فمنها ما تشتبه صورها الذهنية بعضها بالآخر ، ويمثل بالفرس فصورته النوعية تشتبه كما يقول بصورة البغل النوعية ، ولكنه يتميز عن البغل بمعانى جزئية ليست ظاهرة كل الظهور « كتخطيط وجهه وامتداد عنقه وسرعة حركته وسعة خطوه . فان لم يدرك البصر واحداً من هذه المعانى التى يتميز بها الفرس مع إدراكه لجملة هيئته ، فليس يدرك انه فرس »[٢] .

وليس الأمر كذلك فى حالة إدراك أن الشخص المبصر انسان مثلا ، ففيه يكتفى بأمارة واضحة كانتصاب القامة . « وليس الزمان الذى يدرك البصر فيه انتصاب قامة الانسان كالزمان الذى يدرك فيه هيئة الفرس مع المعانى الجزئية التى يتميز بها الفرس عن غيره »[٣] .

وابن الهيثم يورد مثالا آخر ، أهميته فى نظرنا أنه يبين أن من الأمارات عنده ما ليس يكون من صفات المبصر فى ذاته . فوجود الورد فى البستان

---

(١) و (١٤٥) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) و (١٤٦) « « « « «

(٣) « « « « « «

مثلا قد يكون أمارة يدرك منها الورد ، وواضح أنه ليس من صفاته أو معانيه الجوهرية التى لا يتقوم وجوده الا بها . هـذه الفكرة وردت ضمناً فى مثال مـيّز فيـه بين زمان إدراك الورد فى البستان وبين زمان إدراك الريحان فى البستان ، حيث يقول « وكذلك اذا أدرك البصر توريد الورد فى بعض البساتين ، فانه يدرك فى الحال أن ذلك المبصر هو الورد ، للون الذى يخص الورد مع كونه فى البستان ، من قبل إدراكه لاستدارته واستدارة أوراقه وتراصف الأوراق بعضها على بعض ، وقبل إدراك جميع المعانى التى تتقوم منها صورة الورد . وإن كان يشبه الورد غيره من الأنوار فانه يدرك على كل حال أنه نور لا من ورق الشجر والنبات . وليس كذلك إذا أدرك البصر خضرة الريحان فى البستان ، فان البصر اذا أدرك من الريحان خضرته فقط مع كونه فى البستان فليس يدرك من إدراك الخضرة فقط انه ريحان ، لأن أكثر النبات أخضر ومع ذلك فان كثيراً من النبات يشبه الريحان فى الخضرة والشكل »[1] . فزمان إدراك الريحان فى البستان انه ريحان أطول من زمان إدراك الورد فى البستان انه ورد ، لأن الأول يتطلب إدراك شكل الأوراق وتكاثفها وما يتخصص به الريحان حتى يتم تمييزه عما يشتبه به . وهذا المثال يدل على أن ابن الهيثم يرى أن « الكون فى البستان » أمارة قد يتم بها إدراك أن الورد ورد . والأمارة التى على هذه الصفة يصح أن نسميها « أمارة بالاضافة » . ومثاله يبين أن الأمارة بالاضافة ليس يتم بهـا على تصاريف الأحوال سرعة الادراك بالمعرفة ووجودها فى بعض الأحوال ربما يؤدى الى النقيض من ذلك ، فيعوق الادراك عن المعرفة .

وابن الهيثم يلخص النتائج التى يستدل عليها بأقواله فى التمييز بين وجوه الادراك بقياس أزمانها بعضها على الآخر ، ويقول « فجميع المبصرات المألوفة

---

(١) و (١٤٦) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

يدرك البصر نوعياتها وشخصياتها باليسير من التأمل مع تقدم المعرفة ويكون إدراكها فى أكثر الأحوال فى زمان غير محسوس ، وتختلف مع ذلك أزمان إدراكها بحسب اختلاف أنواعها واختلاف أشخاصها . ويكون إدراك نوعية الشخص أسرع من إدراك شخصيته ، ويكون إدراك نوعية ما يقل شبهه من الأنواع أسرع من إدراك نوعية ما يكثر شبهه ، ويكون إدراك شخصية الشخص القليل الشبه أسرع من إدراك شخصية الشخص الكثير الشبه » (١) .

وابن الهيثم حريص على أن يؤكد فى أكثر من موضع من أقواله ، أن إدراك المبصرات المألوفة بالمعرفة يكون فى أكثر الأحوال إدراكا سريعاً قد لا يحس الحس بزمانه أو بحسب تعبيره فى بعض المواضع «إدراكا فى غاية السرعة وفى زمان خفى عن الحس » .

وفكرة ابن الهيثم فى أن للادراك زماناً وفى أن وجوه الادراك المختلفة يتميز بعضها عن الآخر بحسب اختلاف أزمانها ، فكرة جديرة بشىء من التعليق .

من الواضح أن ابن الهيثم فى هذه المباحث قد انصرف اهتمامه الى الاستدلال استدلالا نظرياً على اختلاف أزمنة الادراك . ولعله فى قرارة نفسه كان يعتقد أن قياس هذه الأزمنة لا سبيل اليه عملياً لصغرها وخفائها عن الحس من أجل ذلك . ولسنا نجد فى بحوثه أقوالا نستطيع أن نستدل بها على أنه قد حاول أن يقيس هذه الأزمنة أو قد خطر على ذهنه إمكان قياسها فعلا ، الا ما لعله قد يستفاد من الاعتبار بالدوامة ذات الأصباغ الذى قد سبق أن ذكرناه . وهو وإن اكتفى فى الاعتبار بالدوامة بالناحية الوصفية فواضح أنه من الممكن أن تتخذ الدوامة وسيلة لقياس الزمان اللازم لادراك ماهية اللون بما يتفق وآراءه ، بصرف النظر عن درجة الدقة فى القياس

(١) و (١٤٧) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

وبصرف النظر عما اذا كانت ظروف الأحوال فى عصره تتيح فعلا هذا الأمر أو لا تتيح . والذى يعنينا هنا أن هذه الفكرة ، فكرة التمييز بين أزمنة الادراك ، قد أصبح لها شأن فى الدراسات العملية الحديثة المتعلقة بالابصار ، التى اقتضتها ظروف الحياة وملابساتها فى العصر الحديث ، والتى لم يبدأ العلماء المحدثون فى الأخذ بأسبابها إلا بعد أن تيسرت لهم الاستعانة بما تخرجه الصناعات الحديثة من الآلات والعدد الدقيقة .

* * *

ذلك تفصيل الآراء المختلفة التى انطوت عليها أقوال ابن الهيثم فى الادراك بالبصر . ومن السهل أن نتبين أن له من وراء ذلك غرضاً خاصاً يرمى اليه ، ولعله يتجاوز الغرض العلمى من البحث البحت . فهو يريد الكشف عن حال الادراك ، الذى به يكون إدراك صور المبصرات بمعانيها الجزئية المختلفة التى تتألف منها ، كما هى عليه فى الواقع ، إدراكا صحيحاً محققاً .

فالادراك بالبديهة بقسميه المذكورين لا يكون منه إدراك حقيقة المبصر ، والادراك بالتأمل مع عدم تقدم المعرفة قد لا يكون منه إدراك حقيقة المبصر إلا بعد أن يتكرر الابصار أو يتكرر التأمل مرة وأخرى ، كما أن الادراك مع تقدم المعرفة بالتأمل اليسير الذى يكتفى فيه بالأمارات لا يكون منه الادراك « فى غاية التحقيق » . فتكون النتيجة التى تؤدى اليها هذه الاعتبارات فى جملتها كما يقول هو نفسه « ليس يدرك البصر شيئاً من المبصرات إدراكاً محققاً على غاية التحقيق ، إلا بتأمل جميع المعانى التى فى المبصر ، وتفقد جميع أجزاء المبصر ، وتميز جميع المعانى التى فى المبصر فى حال إدراك البصر للمبصر ، تقدمت المعرفة بذلك المبصر أو لم تتقدم »[1] . وابن الهيثم حريص على بيان مايقصده من معنى « محققاً » و « فى غاية التحقيق » ويقول « وهذا التحقيق هو

(١) و (١٥٢) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

بالاضافة الى الحس فمعنى محققاً ومعنى غاية التحقيق فى هـذه المواضع هو غاية ما يدركه الحس . ومع ذلك فان إدراك البصر للمبصرات يكون بحسب قوة البصر ، فان الأبصار يختلف إحساسها فى القوة والضعف »[١] .

٦٨ — شرح ابن الهيثم كيفية ادراك المبصر واحدا عند النظر اليه بالبصرين معا

كل ما سبق بيانه عن كيفيات إدراك المعانى المبصرة بتوسط حاسة البصر ينطبق على الادراك الحاصل بكل واحد من البصرين على حدته . وكيفية الابصار بالبصرين معاً فى آن واحـد لفتت أنظار العلماء الباحثين من قبل ابن الهيثم ، وقد تناول بطليموس فى كتاب المناظر المنسوب اليه شرحها ، ولعل دراسته لهذا الموضوع كانت أوفى ما استطاعه المتقدمون على ابن الهيثم[٢] ، ولعل المعلومات التى ذكرها بقيت تمثل الغاية التى وصل اليها العلم فى هذا الصدد فى العصور التى سبقت عصر ابن الهيثم . والموضوع فى ذاته جدير بلفت أنظار العلماء ، ولـكن لا يخفى أن دراسته دراسة علمية صحيحة تتطلب أولا البت برأى قاطع فى كيفية الابصار ، إذ لا سبيل إلى معرفة العلة الصحيحة لادراك المبصر واحداً بالنظر اليه بالبصرين معاً إلا عن طريق نظرية فى الابصار توضح أولا كيفية الابصار بالبصر الواحد . وقد كان ابن الهيثم أول من وضع لـكيفية الابصـار نظرية تتوافر فيها الشرائط اللازمة فى النظريات العلمية ، فلا شك فى أن بحوثه عن هذا الأمر هى أوفى وأتم من بحوث الذين تقدموه .

والفكرة الأساسية التى بنى ابن الهيثم عليها شرح هذا الأمر طبيعية ، تفضى اليها نظريته فى الابصار من غير جهد أو عناء . فصورة المبصر التى

---

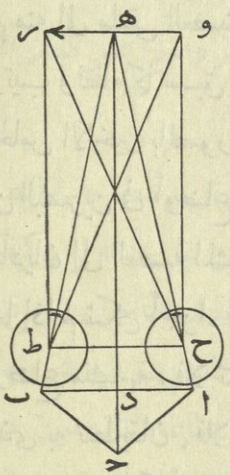
(١) و (١٥٢) ، و (١٥٣) من مخطوط المقالة الثانية من المناظر .

(٢) انظر فقرة (١٥) عن كتاب بطليموس فى المناظر .

ينشأ عنها مبدأ إحساس البصر بالصورة ، تحدث بحسب نظريته على سطح الجليدية ، الذى يلى السطح الخارجى للبصر فى كل من البصرين ، ثم تتأدى هذه الصورة مع الاحساس الحاصل إلى تجويف العصبة فى البصر الواحد ، ثم منه إلى ملتقى العصبتين أو إلى التجويف الموجود فى ملتقى العصبتين على ترتيب ونظام كما سبق أن بينا . ومن الحاصل عند ملتقى العصبتين يحس الحاس الأخير بالصورة . فان كانت أجزاء صورة المبصر الحاصلة فى كل من البصرين فى أوضاع متشابهة انطبقت « الصورتان » بحسب تعبيره عندما تتأديان إلى العصبة المشتركة ، وأحس الحاس الأخير « بصورة واحدة » . أما إذا لم تكن أجزاء الصورة الواحدة عند حصولها فى كل من البصرين فى أوضاع متشابهة ، فلا تتأدى الصورتان إلى تجويف العصبة المشتركة التأدى الذى به تتطابقان ، فلا يحس الحاس الأخير بصورة واحدة وإنما يحس بصورتين ، فكأن السبب الأول فى إدراك المبصر واحداً عند النظر اليه بالبصرين معاً هو حصول صورته فى كل من البصرين فى وضعين متشابهين. ودلل ابن الهيثم على صحة رأيه هذا ، بأنه إذا غمزت إحدى العينين بالأصبع غمزاً لطيفاً عند التحديق إلى مبصر من المبصرات رؤى المبصر اثنين لا واحداً ، حيث لا تكون صورته الحاصلة فى كل من العينين فى وضع شبيه بوضعها فى العين الأخرى .

وابن الهيثم يسترسل فى شرح معنى التشابه فى الوضع على أساس فكرته فى تركيب البصر ونظريته فى الابصار . وقد تبين من قبل أن المستقيم الواصل بين مراكز طبقات العين وهو محور التماثل يمر بحسب رأيه فى تركيب العين بوسط تجويف العصبة وبوسط الثقب الموجود فى العظم الذى تنفذ منه العصبة وهو سهم المخروط المتوهم الذى رأسه مركز البصر وقاعدته ثقب العنبية ويسميه كما ذكرنا قبل سهم مخروط الشعاع ويصح أن نطلق عليه « سهم البصر » . وإذا تحركت العين يميناً أو شمالا وفوقاً أو

تحتاً ، فان وضع هـذا السهم بالنسبة إلى طبقاتها المختلفة يبقى ثابتاً ، حيث تتحرك العين بجملتها بانثناء العصبة فى زعمه عند ثقب العظم . وهو يرى أيضاً أن الأجزاء المتشابهة من كل من البصرين تتشابه أيضاً أوضاعها بالنسبة إلى وسط العصبة المشـتركة . فاذا فرضنا أن مركزى ثقبى العظمين هما نقطتا ا ى ب (شكل ٢٤) ، وفرضنا أن وسط موضع التقاء العصبتين أو وسط تجويف العصبة المشتركة بحسب تعبيره نقطة حـ ، ووصلنا ا ب ونصفناه عند د ، ووصلنا ا حـ ى ب حـ ، وأخرجنا حـ د على استقامته إلى هـ ، فان أوضاع المستقيمات الثلاثة حـ ا ى حـ ب ى حـ هـ تبقى ثابتة لا تتغير ، والمستقيم حـ هـ يسميه ابن الهيثم « السهم المشترك » [1] .

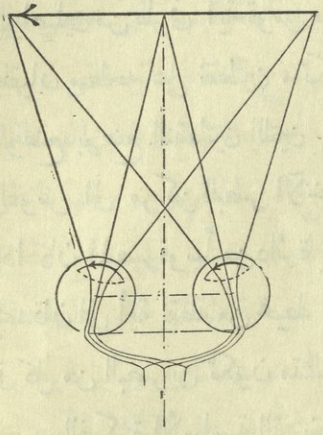


(شـكل ٢٤)

فاذا فرضنا على امتداد السهم المشترك مبصراً صغيراً جداً وليكن منتصفه نقطة هـ وحدق البصران الى منتصفـه تحرك فى نظره كل من البصرين بجملته بالانثناء عند مركز ثقب العظم بحيث يلتقى سهماهما على نقطة هـ ، فيكون وضعا البصرين الوضع المبين بالشكل ، بحيث اذا كان مركز البصر الأيمن ح ومركز الأيسر ط وقع المركز ح على المستقيم ا هـ ووقع المركز ط على ب هـ . وبحسب رأيه فى الجليدية تحصل صورة هـ عنـد قطب سطح مقـدم الجليدية فى كل من البصرين وتتأدى على استقامة الى مركز ثقب العظم فى كل منهما ومنه الى وسط العصبة المشتركة . وإن كانت نقطتا و ى نهايتى قطر من أقطار المبصر ، فصورة نقطة و تحصل على سطح الجليدية فى كل من البصرين عند موضع التقاء الواصل منها الى مركز البصر بسطح مقدم الجليدية ، فتـكون صورة نقطة و الحاصلة عند سطح مقدم

(١) و (٩) ، و (١٠) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

الجليدية فى كل من البصرين فى وضعين متشابهين وتتأدى الصورة فى كل من البصرين الى موضعين متشابهين من تجويف العصبة فى كل منهما ومن ذلك الى موضع واحد من العصبة المشتركة . وبالمثل صورة نقطة ر ، وأيضاً صورة أى نقطة أخرى من المبصر و ر .



(شكل ٢٥)

فعلى الصفة الموضحة بشكل (٢٥) يصور ابن الهيثم ما يحصل[1] ، فالأجزاء المتيامنة من المبصر تحصل صورها على سطح مقدم الجليدية عند الأجزاء المتيامنة بالنسبة الى محور التماثل فى كل من البصرين ، والأجزاء المتياسرة من المبصر تحصل صورها على سطح مقدم الجليدية عند الأجزاء المتياسرة بالنسبة الى محور التماثل فى كل من البصرين . وابن الهيثم لا يفوته فى هذا أن التشابه بمعناه التام لا يتوافر بتشابه الأوضاع من حيث الجهة فحسب بل يلزم فيه أن يكون بعد موضع صورة النقطة الواحدة من المبصر عن قطب سطح مقدم الجليدية واحداً فى البصرين . فالتشابه بمعناه التام ربما لا يتوافر لصورتى الطرفين و ى ر (شكل ٢٤) أو لصور أجزاء المبصر الأخرى سوى الجزء الواقع عند ه . ولكن اذا كان طرفا المبصر و ى ر قريبين جداً من نقطة ه فلا يكون بين بعد صورة كل من طرفيه الحاصلة على سطح مقدم الجليدية ، من قطب الجليدية فى أحد البصرين ، وبين نظيره فى البصر الآخر تفاوت محسوس . وبالمثل بالنسبة الى صور الأجزاء الأخرى . فتكون أوضاع أجزاء صورة المبصر فى كل من البصرين أوضاعاً متشابهة عند الحس .

ومما يجدر ذكره فى هذا الصدد أن ابن الهيثم اقتصر فى جميع الأحوال التى

(١) و (١٠) — و (١٤) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

ذكرها على اعتبار المبصر صغيراً بحيث لايحس الحس بالتفاوت المذكور . ولكن من السهل إثبات أنه اذا حدق البصران الى نقطة ما ، وروعيت الدائرة التى يمر محيطها بهذه النقطة وبمركزى البصرين ، فان المستقيمين الواصلين من طرفى أية قوس من محيط هذه الدائرة الى مركز أحد البصرين يلقيان سطحه على نقطتين ، تكونان بالنسبة الى سهم هذا البصر متشابهتى الوضع بوضع النقطتين اللتين يلقى عليهما المستقيمان الواصلان من طرفى القوس الى مركز البصر الآخر سطح هذا البصر بالنسبة الى سهمه . وإذن اذا كان المبصر قوساً من دائرة يمر محيطها بمركزى البصرين ، وكان البصران يحدقان الى أية نقطة من محيط هذه الدائرة فان أوضاع أجزاء صورة المبصر فى كل من البصرين تكون متشابهة .

والفكرة الأساسية التى بنى ابن الهيثم عليها شرحه كيفية إدراك المبصر واحداً بالنظر اليه بالبصرين معاً صحيحة . وهى الفكرة المعتمدة فى وقتنا الحاضر ، بل لا نغالى اذا قلنا إن تصوير ابن الهيثم للأمر بتفصيلاته التى ذكرها صحيح الى أبعد مما يُظن أول وهلة . فان لم تكن حركة العين بانثناء العصبة عند ثقب العظم ، وإن لم يكن كما ذكرنا محور التماثل ماراً بمركز ثقب العظم ، فالعين تتحرك جملة بفعل العضلات الست المتصلة بها حول ثلاثة محاور تتلاقى على نقطة فى الداخل تعد مركز الحركة . وخط الابصار وإن لم يمر بمركز ثقب العظم فهو يمر بالنقطة الصفراء التى عندها يكون الاحساس أشد وأبين . وعند النظر الى مبصر تتحرك العين بجملتها حول مركز الحركة بفعل العضلات المذكورة حتى يصير خط الابصار ماراً بالمبصر . والصورة الحاصلة فى البصر وإن لم تحصل على سطح مقدم الجليدية كما يرى ابن الهيثم ، بل تحصل على الشبكية وتكون باصطلاحاتنا فى الوقت الحاضر حقيقية مصغرة مقلوبة ، فان مواضع أجزاء الصورة الحاصلة على الشبكية تكون بحسب أنموذج العين المبسطة على سموت الأشعة المارة بالنقطة العقدية

فى العين المبسطة وهى الواردة على سموت الأعمدة على السطح الكرى المحدب المتوهم فى تلك العين . فترتيب أجزاء الصورة الحاصلة على الشبكية وإن كانت الصورة مقلوبة هو كترتيب النقاط التى تلقى عليها هذه الأشعة ذلك السطح الكرى المتوهم . فتشابه أوضاع أجزاء الصورة الحقيقيـة التى تحصل على الشبكية فى كل من البصرين يتطلب تشابه أوضاع النقاط التى تلقى عليها الأشعة المارة بالنقطة العقدية السطح الكرى المحدب المتوهم فى العين المبسطة . ولا يتجاوز الاختـلاف بين التفصيل فى شرح ابن الهيثم وبين وجهة النظر الحديثة ، إلا أن ابن الهيثم يعتبر الصورة الحاصلة تحصل على سطح مقدم الجليدية ، وأوضاع نقاطها أو أجزائها المختلفة هى النقاط التى تلقى عليها هذا السطح الأشعة الواردة من نقاط المبصر على السموت المارة بمركز البصر ، ونحن نرى بحسب العين المبسطة أن الصورة تحصل على الشبكية وأوضاع نقاطها أو أجزائها المختلفة هى النقاط التى تلقى عليها الشبكية الأشعة الواردة من نقاط المبصر على السموت المارة بالنقطة العقدية .

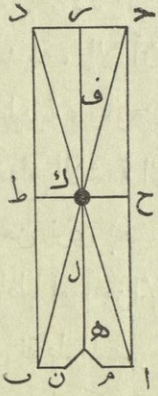
أما ذكر ابن الهيثم لوسط تجويف العصبـة المشتركة فى تعريف السهم المشترك فلا يضير كثيراً . فهو لا يريد أكثر من أن يعين وضع السهم المشترك بالنسبة الى المستقيم الواصل بين مركزى الحركة فى البصرين .

وتأدى الصورة التى تتشابه أوضاع أجزائهـا فى كل من البصرين الى تجويف العصبة المشتركة فى زعم ابن الهيثم يكون بحسب تفسيره الذى بيناه من قبل (فى فقرة ٥٢) على خطوط متصلة مستمرة تمتـد فى كل من العصبتين الى العصبـة المشتركة ، حيث يندمج طرف الخط الممتد فى إحدى العصبتين بطرف نظيره الممتد فى الأخرى عنـد نقطة واحدة من تجويف العصبة المشتركة . وهو بتفسير العلم الحديث أن كل نقطتين متشابهتى الوضع من الشبكيتين يتصل بهما طرفا خيطين عصبيين أحدهما خيط من خيوط عصب العين اليمنى والآخر خيط من خيوط عصب العين اليسرى ، يتفرعان

عند العصبة المشتركة من أحد العصبين الخارجين من المخ [١] .

٦٩ — الاستدلال بالاعتبار على شرائط ادراك المبصر واحدا

وابن الهيثم يوضح بالاعتبار آراءه المذكورة وضرورة تشابه أوضاع أجزاء الصورة الحاصلة فى البصرين عند إدراك المبصر واحداً بالنظر اليه بالبصرين معاً ، وينهج فى ذلك على نهج بطليموس . والجهاز [٢] الذى أورده لهذا الغرض ويصح أن نسميه « لوحة الابصار » بسيط ، يتركب من لوح مستطيل ا ب د ح (شكل ٢٦) طوله ذراع أى حوالى ٥٠ سنتيمتراً وعرضه أربعة أصابع مقتدرة أى حوالى ٨ سنتيمترات ، وقد أخرج على سطحه قطراه ا د ، ب ح بلونين مختلفين ، وأخرج عند موضع تقاطعهما المستقيم ر ك ه موازياً لضلعيه الطويلين ، والمستقيم ح ك ط موازياً لضلعيه القصيرين ، وجعل فى وسط العرض ا ب خرق م ه ن منخرط يتيسر أن تدخل فيه قرنة الأنف .



(شكل ٢٦)

---

(١) لزيادة توضيح هذا الأمر نقول إن العصب الأيمن الخارج من المخ (The Right Optic Tract) تنفصل بعض خيوطه (Fibres) عند العصبة المشتركة (The Optic Chiasma) الى مجموعتين ، خيوط احداها تنتهى بالأجزاء المتيامنة من شبكية العين اليمنى ، وخيوط الأخرى تنتهى بالأجزاء المتيامنة أيضا من شبكية العين اليسرى . وكذلك العصب الأيسر الخارج من المخ ، تنفصل بعض خيوطه عند العصبة المشتركة الى مجموعتين ، خيوط احداهما تنتهى بالأجزاء المتياسرة من شبكية العين اليمنى ، وخيوط الأخرى تنتهى بالأجزاء المتياسرة من شبكية العين اليسرى . والعصب البصرى (Optic Nerve) لكل واحد من البصرين ، وهو الجزء الواقع بين العصبة المشتركة وبين البصر ، هو بمثابة مجموعتين من خيوط عصبية ، المتيامنة منهما متفرعة من العصب الأيمن الخارج من المخ والمتياسرة منهما متفرعة من العصب الأيسر الخارج من المخ . وعلاوة على هذا فثمة فى كل من العصبين الخارجين من المخ خيوط عصبية متصلة ، تمضى رأسا من أحد هذين العصبين الى الآخر مارة بالعصبة المشتركة ، يتكون منها ما يسمونه الآن « Gudden's Commissure » .

(٢) و (١٨) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

والغرض الذى يرمى اليه ابن الهيثم أن يكون من الممكن تركيب اللوح وهو فى وضع أفقى على قرنة الأنف بحيث يكون مستواه فى مستوى البصرين وبحيث يكاد يكون وسط البصر الأيمن عند طرفه ا ويكاد يكون وسط البصر الأيسر عند الطرف ب .

وللجهاز ثلاثة أشخاص صغيرة اسطوانية الشكل مصبوغة بألوان مختلفة كل واحد منها بلون يخالف لون الآخر ، وأحد هذه الأشخاص مثبت فى وضع قائم عند منتصف اللوح على النقطة ك فى الشكل .

وللاعتبار بهذه الآلة يوضع الشخصان الآخران فى مواضع مختلفة على اللوح ، ويركب اللوح بحيث تدخل قرنة الأنف فى الخرق المذكور ، وبحيث يكون مستوى اللوح أفقياً ووسط البصر الأيمن أقرب ما يمكن الى نقطة ا ، ووسط البصر الأيسر أقرب ما يمكن الى نقطة ب ، ويحدق المعتبر ببصريه إلى الشخص الموجود فى وسط اللوح ويلاحظ ما يدركه من الشخصين الآخرين .

والذى يجدر ذكره عن أبعاد هذا الجهاز بحسب الوصف الوارد ، أن تحديد العرض بأربعة أصابع مقتدرة يجعل العرض لا يتفاوت كثيراً والبعد بين وسطى البصرين ، كما أن تحديد الطول بذراع يجعل بعد الشخص الأوسط عن البصرين عند الاعتبار مساوياً أقرب مدى الرؤية البينة على وجه التقريب .

ويشرح ابن الهيثم باسهاب ما يشاهد فى هذه التجربة فى الأحوال المختلفة[1] . فاذا وضع الشخصان على المستقيم ر ه أحدهما عند ل مثلا فيما دون ك من البصرين والآخر عند ف مثلا فيما يلى ك ، وحدق المعتبر ببصريه إلى الشخص الموجود عند ك تحديقاً شديداً فانه يراه واحداً . وإن تأمل فى الوقت نفسه الشخصين الآخرين أدرك كلا منهما اثنين ، حيث يتبين أن صورة كل من الشخصين عند التحديق إلى ك تكون متيامنة فى

(١) و (١٩) — و (٢٤) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

أحد البصرين متياسرة فى الآخر، فلا تكون أجزاء الصورة الحاصلة فى البصرين فى وضعين متشابهين فيهما .

وإذا نقل المعتبر الشخصين ووضعهما على ح ط أحدهما عند ح، أو أقرب إلى ك والآخر عند ط، أو أقرب الى ك، وحدق ببصريه إلى ك فانه يدرك كلا من الشخصين الآخرين واحداً، الا إذا كانا بعيدين عن ك بعداً كبيراً يجعل التفاوت بين الزاويتين ح ا ك ، ح ب ك، أو ط ب ك ، ط ا ك محسوساً لدى الحس، وفى هذه الحالة يدرك كلا منهما اثنين .

ويبين على هذه الصفة أن إدراك المبصر واحداً يتطلب أن تكون أوضاع أجزاء الصورة فى كل من البصرين متشابهة بالنسبة إلى سهم البصر، لا من حيث الجهة فحسب بل من حيث البعد عن السهم أيضاً .

والنتائج التى يستخلصها من مثل هذه المشاهدات وأمثالها هى بألفاظه كما يأتى، ونوردها متميزة .

أولا — « إن المبصر الذى يلتقى عليه السهمان يرى أبداً واحداً » .

ثانياً — « وإن المبصرات أيضاً التى تلتقى عليها الشعاعات المتشابهة الوضع فى الجهة وليس بينها فى البعد عن السهم اختلاف متفاوت، فان كل واحد منها يرى أيضاً واحداً » .

ثالثاً — « وإن المبصر الذى تلتقى عليه الشعاعات المتشابهة الوضع فى الجهة ومختلفة الوضع فى البعد عن السهمين اختلافاً متفاوتاً فانه يرى اثنين » .

رابعاً — « وإن المبصر الذى يدرك بشعاعات مختلفة الوضع فى الجهة فانه يرى اثنين وإن تساوت أبعاد الشعاعات الخارجة اليه عن السهمين » .

« وإن جميع ذلك كذلك مادام السهمان متلاقيين على مبصر واحد »[1].

---

(١) و (٢٣) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

٧٠ — الشرائط الطبيعية التى رآها ابن الهيثم لازمة لادراك المبصر ادراكا واضحا بينا

أسهب ابن الهيثم فى شرح أمور كثيرة اتخذ لوحة الابصار التى سبق وصفها وسيلة لبيانها وتوضيحها عملياً . فقد بين أن الانسان اذا نظر مبصراً وكان المبصر على السهم المشترك وحدق اليه ببصريه معاً أو بواحد منهما أو بالآخر ، فانه يدرك المبصر فى موضعه لا يتزحزح عنه ، فى حين ان المبصر اذا كان بعيداً عن السهم المشترك ونظر اليه بأحد البصرين ثم بالآخر تغير وضعه . ويرى ابن الهيثم أن ظهور هذا التغير فى الوضع دليل فى ذاته على نقص بعض شرائط الادراك المحقق الصحيح . ولذلك يرى أن من لوازم الادراك البين الصحيح أن يكون السهم المشترك ماراً بالمبصر . ويرى أن هذا هو الوضع الطبيعى الذى يتحقق فى الأحوال المعتادة . « فانه اذا التقى سهما البصرين على المبصر فانه فى أكثر الأحوال يكون السهم المشترك ماراً بذلك المبصر ، وليس يلتقى سهما البصرين على المبصر وهو خارج عن السهم المشترك الا بتكلف أو بعائق يضطر البصر الى التكلف »[1] . وابن الهيثم لا يفوته فى الوقت نفسه أنه اذا عرض وكثيراً ما يعرض أن يكون المبصر خارجاً عن السهم المشترك ، فان تغير الوضع الذى يشير اليه لا يدركه البصر عادة لأنه لا يحصل فى المبصر وحده بل فى جميع المبصرات المتصلة به والمحيطة به ، فلا يتغير وضعه بالقياس الى أوضاع غيره ، فلا يدرك البصر تغير وضعه . ويقول فى هذا « فهذا المعنى اذا عرض فى المبصرات المألوفة فليس يظهر للعلة التى ذكرنا »[2] .

وأيضا اذا نظر الانسان الى مبصر فسيح الأقطار فانه لا يدرك إدراكا

---

(١) و (٢٦) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

(٢) » » » » »

محققاً الا الجزء الذى يلتقى عليه سهما البصرين . ويرى لذلك سببين أحدهما أن هذا الجزء لوقوعه على سهم البصر يدركه كل واحد من البصرين إدراكا بيناً ، والآخر انه لحصول صورته فى وضعين متشابهين منهما يدركه البصران واحداً . أما الأجزاء البعيدة عنه فلا تكون على سهم البصر عند التحديق الى الجزء المذكور فلا تدرك بكل واحد من البصرين إدراكا بيناً ، وفى الوقت نفسه لا تكون أوضاع أجزاء صورها فى البصرين متشابهة تماما . وإن كان عدم التشابه عظيما جداً أدرك الانسان صور تلك الأجزاء مزدوجة ، وإن كان يسيراً ولكنه محسوس فصور تلك الأجزاء لا تدرك جلية محققة بل تدرك مشتبهة . وابن الهيثم يبين هذا بالاعتبار . فليكتب المعتبر على « ثلاث جزازات » صغار متساويات من الورق كلمة كيفما اتفقت كتابة بينة على مقدار واحد وهيئة واحدة ، وليلصق إحدى الجزازات بالشخص الذى فى وسط اللوح عند ك (شكل ٢٦) بحيث يكون مستواها عموداً على مستوى اللوح وموازياً لخط ح ك ط والسطح المكتوب عليه الكلمة مما يلى الخرق الذى يركب على قرنة الأنف . وليلصق الأخريين كلا منهما بواحد من الشخصين الآخرين ، وليضع إحداهما عند ح بحيث يكون وضعها شبيهاً بوضع الجزازة الأولى . فاذا وضع اللوح من بصريه الوضع السابق وتأمل الجزازة الوسطى « فانه يدرك الكلمة المكتوبة عليها إدراكا محققاً ويدرك مع ذلك فى تلك الحال الجزازة الأخرى ، ويدرك الكلمة التى فيها ، الا أنه لا يجدها فى البيان كبيان الكلمة النظيرة لها التى فى الجزازة المتوسطة » (١) واذا أخذ المعتبر الجزازة الثالثة وأقامها على سمت الأخريين على استقامة امتداد خط ط ك ح وحدق الى الجزازة المتوسطة فانه يدرك الكلمة فى الجزازة الثالثة مشتبهة غير مفهومة . وابن الهيثم يتوسع فى شرح هذه التجربة ويبين ما يشاهد اذا حركت إحدى الجزازتين على خط ط ك ح بحيث تدنو

(١) و (٢٧) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

من الوسطى أو تبعد عنها وهى فى هذا الجانب أو ذاك .

ثم هو يبين أيضاً أن ميل المبصر عن سمت سهم البصر أو عن السهم المشترك له تأثير فى وضوح صورته وتبينها للبصر . وأن أبين المبصرات هى المواجهة للبصر ، الذى يكون سهم البصر عموداً عليها ، وأن ما قرب وضعه من المواجهة يكون أبين . وتتلخص تجاربه فى ذلك فى أن يكتب على قرطاس صغير بخط دقيق بعض الكتابة ، ثم يوضع القرطاس على الخط ح ك ط من لوحة الابصار ، بحيث يكون مستواه عموداً على مستوى اللوح ، والقرطاس فى الوسط ، ويتأمله المعتبر محدقاً بالبصرين ، « فانه يجد الكتابة التى فى القرطاس بينة مفهومة ، ويتمكن من قراءتها ، إلا أنه يجد ما كان من الكتابة فى وسط القرطاس أبين مما هو فى أطرافه ، إذا كان البصر محدقاً إلى وسط القرطاس » ، ثم إذا أميل القرطاس بالتدريج فان الكتابة التى فى الأطراف يزداد اشتباهها ، وكلما زاد الميل قرب الاشتباه من الوسط ، حتى إذا قرب القرطاس من الخط الممتد فى وسط اللوح موازياً لضلعيه الطويلين « فانه (أى المعتبر) يجد الكتابة التى فى القرطاس مشتبهة اشتباهاً شديداً حتى لا يتمكن من قراءتها ولا فهمها ولا تتحقق صورتها »[1] . وبالمثل اذا ستر أحد بصريه ونظر ببصر واحد .

ويفسر ابن الهيثم السبب فى اشتباه الصورة بأن الجزء الصغير من المبصر إذا كان ميله شديداً كانت الزاوية التى يوترها عند مركز البصر صغيرة جداً لا يدركها الحس من أجل فرط الميل . ويقول « فالمبصر المسرف الميل تكون صورته التى تحصل فى البصر مجتمعة اجتماعاً متفاوتاً وتكون أجزاؤه الصغار غير محسوسة »[2] .

ويمكن تلخيص هذه الأمور التى عنى ابن الهيثم ببيانها بالتفصيل فى أمرين اثنين ، أحدهما أن إدراك صورة المبصر بينة واضحة يتطلب أن يكون

(١) و (٣٠) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

(٢) و (٣٤) « « « «

المبصر مواجهاً للبصر ، وثانيهما أن إدراك صورة المبصر بينة واضحة بالنظر اليه بالبصرين يتطلب أن يلتقى عليه سهما البصرين ، حتى تحصل صورته فى البصرين فى أوضاع متشابهة فيدرك المبصر بالبصرين واحداً . ويتضح من هذا أن أصلح الأوضاع أن يكون المبصر على السهم المشترك عند النظر اليه بالبصرين معا ، وفى هذه الحالة يكون أبين وأوضح ما يرى منه هو الجزء الصغير من سطحه الذى يلقاه السهم المشترك عند التحديق اليه بالبصرين .

ولا يخفى أن تفسير ابن الهيثم لبعض هذه الأمور ناقص ، لأن الابصار البين بالبصر الواحد يتأتى بتكيف العدسة الجليدية فضلا عن مجرد المواجهة . فان كانت أجزاء المبصر الواحد أو كانت المبصرات المختلفة مختلفة الأبعاد من البصر وحدق البصر إلى أحدها بحيث رؤيت صورته واضحة ، فلا تكون صور الأخرى الحاصلة فى البصر فى الوقت نفسه بينة حتى لو كانت جميعاً على سمت خط الابصار أو قريبة جداً منه ، لأن الجليدية تتكيف التكيف المناسب لكل واحد منها على حدته . فلا يمكن أن تدرك صور جميع المبصرات إذا كانت مختلفة الأبعاد اختلافاً متفاوتاً عن البصر ، بل ولا يمكن أن تدرك صورة المبصر الواحد إذا كانت أجزاؤه مختلفة الأبعاد اختلافاً متفاوتاً عن البصر ، إدراكا بيناً واضحاً فى وقت واحد .

والغرض الذى يتوخاه ابن الهيثم من تناول هذه الأمور بالبحث والشرح إنما هو بيان ضرورة التأمل عند الابصار . إذ لا يمكن إدراك صورة المبصر الواحد بما فيه من المعانى اللطيفة كالنقوش والرسوم وما إلى ذلك إذا نُظر اليه بالبصرين كما فى الأحوال الطبيعية ، أو ببصر واحد ، إلا بتأمل كل جزء من أجزائه على حدته . ويظهر كل جزء فى أبين صورة وأوضحها إذا لقيه السهم المشترك واجتمع عليه سهما الشعاع أى إذا التقت عليه السهام الثلاثة .

الفصل الثالث

فى

أغلاط البصر

٧١ — نظرية ابن الهيثم فى العلة الأساسية فى أغلاط البصر

بيّن ابن الهيثم فى مقالته الأولى الشرائط الطبيعية التى لا يتم الابصار إلا بها، وتتلخص فى ستة شرائط هى (أولا) أن يكون المبصر مستضيئاً ، (ثانيا) أن يكون على بعد من البصر ، (ثالثا) أن يكون مواجهاً للبصر ، (رابعا) أن يكون ذا حجم مقتدر ، (خامسا) أن يكون ذا كثافة ، (سادسا) أن يكون المتوسط بينه وبين البصر مشفاً .

وقد تبين مما سبق أنه يشترط بعد ذلك لكى يكون الادراك محققاً لا شبهة فيه ثلاثة شرائط أخرى هى (١) أن يكون البعد معتدلا ، (٢) أن يكون المبصر على السهم المشترك إذا نظر اليه بالبصرين ، (٣) الزمان لكى يتحقق التأمل بأوسع معانيه وأعمها . وهو يضيف إلى هذه الشرائط شرطاً آخر هو سلامة البصر من العلل والآفات .

لذلك نستطيع أن نجمل الشرائط التى يراها لازمة لادراك المبصر إدراكا صحيحاً محققاً فى ثمانية شرائط هى بايجاز : —

الاستضاءة والبعد المعتدل والمواجهة ويضمنها شرط وقوع البصر على السهم المشترك والحجم المقتدر والكثافة وشفيف الوسط والزمان وسلامة البصر [١] . فاذا عدمت هذه الشرائط بعضها أو كلها ترتب على ذلك إما عدم

---

(١) يضيف الفارسى شرطاً تاسعاً يراه لازما فى الادراك الصحيح على الوجه العام وهو « انصراف النفس وتوجهها الى ما يرد اليها من صور المبصرات دون الالتفات عنها » وواضح أن هذا يتضمنه التأمل ، لولا أن ابن الهيثم فى هذا الموضع يعنى بذكر الشرائط الطبيعية .

إبصار المبصر البتة وإما انه اذا أبصر فلا يكون إدراكه محققاً صحيحاً .

وهو يرى لكى يكون الادراك محققاً صحيحاً أن يتحقق كل واحد من هذه الشرائط كلها ، لا على الاطلاق بل بقدر مقدور ، بحيث اذا تجاوزه أو قصر عنه لا يكون الادراك صحيحاً . فمجرد الاستضاءة مثلا لا تكفل الادراك المحقق ، فالمبصر ذو النقوش والمعانى اللطيفة لا يكفى لادراكه على ما هو عليه الضوء الضعيف ، كما أن الضوء المفرط فى القوة ربما يعوق البصر عن إدراكه على ما هو عليه . ولذلك يرى أن لكل شرط من هذه الشرائط « عرضا » به يتم إدراك المبصر صحيحاً على ما هو عليه . والخروج من هذا العرض يخل بالادراك الصحيح ، ويسمى هذا العرض « عرض الاعتدال » . وعرض الاعتدال فى كل واحد من هذه الشرائط ليس فى ذاته ثابتاً واحداً ، بل يختلف بحسب الشرائط الأخرى . فعرض الاعتدال فى البعد مثلا يختلف بحسب ضوء المبصر ولونه وبحسب حجمه وبحسب وضعه وبحسب كثافته وبحسب شفيف المتوسط بينه وبين البصر وما الى ذلك من المعانى الأخرى ، وبحسب المعانى اللطيفة التى فيه كالنقوش والرسوم وغيرها . وبالمثل أيضاً عرض الاعتدال فى كل واحد من الشرائط الأخرى .

وقد أسهب ابن الهيثم فى بيان فكرته عن عرض الاعتدال واختلاف عرض الاعتدال فى كل واحد من الشرائط بحسب الشرائط الأخرى التى لا يتم الابصار إلا بها . وأودع الفصل الثالث[1] من المقالة الثالثة من المناظر آراءه فى هذا الشأن .

وابن الهيثم يبنى على فكرته التى عنى بتوضيحها عن عرض الاعتدال ، نظريته فى علة أغلاط البصر . وهى أن العلة الأساسية لجميع أغلاط البصر إنما هى خروج واحد من الشرائط التى لا يتم الابصار إلا بها ، أو أكثر من واحد ، عن عرض الاعتدال . وهو يجمل فى آخر الفصل الثالث من

(١) و (٥٣) — و (٤٨) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

مقالته الثالثة آراءه التى شرحها فى هذا الصدد ويبين كيف تفضى هذه الآراء الى نظريته هذه ، فى علة غلط البصر . فيقول بلفظه « فقد تبين من جميع ما شرحناه وفصلناه ، أن لكل واحد من المعانى التى بها يتم إدراك المبصر على ما هو عليه بالقياس الى كل واحد من المبصرات ، عرضاً ما وفى تضاعيفه يدرك البصر ذلك المبصر إدراكا صحيحاً ويدرك صورته على ما هى عليه . واذا تجاوز ذلك العرض بالافراط ، فان البصر إما أن لا يدرك ذلك المبصر ، وإما أن يدركه على خلاف ما هو عليه . وأنّ عرض كل واحد من المعانى بالقياس الى مبصر من المبصرات يكون بحسب المعانى الباقية التى فى ذلك المبصر التى تبين تفصيلها »[1] واذا كان الأمر كذلك وبما أن غلط البصر « إنما هو إدراك المبصر على خلاف ما هو عليه » ، « فالعلة إذن التى من أجلها يعرض للبصر الغلط هو خروج واحد من المعانى التى بها يتم إدراك المبصر على ما هو عليه عن عرض الاعتدال أو أكثر من واحد منها »[2] .

والذى يدعو إلى الاعجاب حقاً أن ابن الهيثم منذ تسعة قرون خلت قد تناول هذا الأمر وما يرتبط به من مسائل كثيرة بالدرس والشرح ، وأدرك ما لهذه المسائل من الخطورة فى موضوع الابصار ، فى حين أن هذه الناحية من الإبصار لا نغالى اذا قلنا انها لم يبدأ يعنى بها بعد نهضة العلم الحديثة فى أوروبا إلا فى أوائل الجيل الحاضر ، عندما أخذت تتجه اليها عناية بعض علماء العلم التطبيقى من المهندسين الذين يعنون بشؤون الاضاءة ، وأخذت بحوثهم التى يسلكون فيها السبل العلمية الحديثة تؤدى إلى نشوء فرع من فروع الهندسة الحديثة هو فرع « هندسة الاضاءة » . وإن كان الغرض الأول منه البحث عن قواعد الاضاءة المثلى التى تكفل أن يكون الابصار بيناً محققاً على غاية مايستطاع الابصار البين المحقق فى الحياة ، فانه يستفاد منه أيضاً للأغراض

---

(١) و (٤٧) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

(٢) و (٤٨) « « « «

التى يقصد فيها أن تقع أغلاط البصر ، وخصوصاً الأغراض الحربية كحجب المواقع وستر الحركات وتضليل الخصم .

٧٢ — رأى ابن الهيثم فى أقسام أغلاط البصر

وبما أن ابن الهيثم كما سبق أن بينا يرى أن الطرق التى يدرك البصر بها المعانى المبصرة ثلاثة هى بمجرد الحس وبالمعرفة وبالقياس ، فهو على أساس هذا التقسيم قد قسم أيضاً أغلاط البصر ثلاثة أقسام وجعلها ثلاثة أنواع[١] . الأول الأغلاط فى مجرد الحس والثانى الأغلاط فى المعرفة والثالث الأغلاط فى القياس . وتكون الأغلاط فى كل من هذه الأنواع ناشئة عن العلة الأساسية فى غلط البصر وهى خروج الشرائط الثمانية التى لا يتم الادراك المحقق إلا بها ، بعضها أو كلها عن عرض الاعتدال .

٧٣ — الاغلاط فى مجرد الحس

وأغلاط النوع الأول تقع فى المعانى التى تدرك بمجرد الحس . وهى كما بين ابن الهيثم اثنان الضوء واللون . فاذا فرضنا شرط سلامة البصر متوافراً على تصاريف الأحوال واعتبرنا الشرائط سبعة كانت الحالات التى يقع فيها الغلط فى إدراك الضوء أو إدراك اللون من جراء خروج كل شرط على حدته عن عرض الاعتدال سبع حالات تنحصر فيها أبسط الأغلاط فى مجرد الحس ، لأن الغلط قد يقع أيضاً لخروج أكثر من شرط واحد عن عرض الاعتدال . وقد تناول ابن الهيثم بيان هذه الحالات بالتفصيل[٢] وضرب لها الأمثلة وهى فى جميع الأحوال سهلة بسيطة قريبة الى الذهن لأن

---

(١) و (٤٨) — و (٥٣) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر . ويتضمن الفصل الرابع فى تمييز أغلاط البصر .

(٢) و (٥٣) — و (٦٢) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر . وتتضمن هذه الورقات الفصل الخامس فى كيفيات أغلاط البصر التى تكون بمجرد الحس بحسب كل واحد من المعانى التى من أجلها يعرض الغلط .

الغلط فيها جميعاً يكون فى إدراك الضوء أو اللون على ما ليس هو عليه .

فخروج الاستضاءة أو البعد عن عرض الاعتدال قد يترتب عليه عدم إدراك ضوء المبصر أو لونه البتة ، أو إذا كان المبصر ذا ألوان مختلفة متقاربة أو رقيقة فقد يدرك ذا لون واحد ، أو إذا كان بعض ألوانه قوياً مشرقاً والآخر ضعيفاً فقد يدرك الضعيف بمنزلة الظل أو الظلمة .

كذلك فان خروج الوضع عن عرض الاعتدال إن كان المبصر مفرطاً فى الميل أو بعيداً عن السهم المشترك وكان ذا ألوان مختلفة فان ألوانه قد تدرك إدراكا مشتبهاً ، وربما ظهر كأنه ذو لون واحد .

وخروج الحجم عن عرض الاعتدال يخفى النقوش الصغيرة والمعانى اللطيفة ، وإذا كان فى المبصر أجزاء صغيرة ذات ألوان مختلفة فقد يدرك البصر منها لوناً غير ألوانها الجزئية .

وخروج الكثافة عن عرض الاعتدال كما لو كان الجسم مشفاً فى الغاية ، فانه يجعله يدرك متلوناً بلون ماوراءه . وخروج الشفيف عن عرض الاعتدال كما لو حال لوح من الزجاج الملون أو هواء فيه دخان بين المبصر والبصر ، فانه يجعل لون المبصر لا يدرك على ما هو عليه . وخروج الزمان عن عرض الاعتدال مثاله المبصر المختلف الألوان إذا كان فى موضع مغدر وكانت ألوانه قريبة الشبه بعضها من بعض إذا لمحه البصر لمحة سريعة أدركه ذا لون واحد ، وإذا حققه وتأمله زماناً أدرك ألوانه محققاً .

وجعل ابن الهيثم كلل البصر ، من باب الغلط فى مجرد الحس الذى يحدث كما يقول بلفظه « من أجل خروج البصر نفسه عن عرض الاعتدال » .

ومثاله « كالبصر الذى ينظر إلى ضوء قوى ويطيل النظر اليه ، ثم يلتفت فينظر إلى جسم أبيض أو مسفر اللون ، ويكون ذلك الجسم فى ظل وضوء معتدل ، فان البصر يدرك لون ذلك الجسم مظلماً »[1] وذلك فى نظره

(١) و (٦١) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

يستوى ومرض البصر ، إذا عرض له مرض فأظلم .

٧٤ — الأغلاط فى المعرفة

والأغلاط فى المعرفة تقع فى المعانى المبصرة التى يتكرر إدراكها بحيث يكفى بعد ذلك إدراكها بالأمارات . وقد أجمل ابن الهيثم رأيه فى المعرفة بأنها الوسيلة لادراك ماهية المبصر . وماهية المبصر إما أن تكون ماهيته النوعية أو الكلية ، وإما أن تكون ماهيته الذاتية أو الشخصية . ولذلك يكون الغلط فى المعرفة هو الغلط فى إدراك ماهية المبصر سواء كانت ماهيته النوعية أو الشخصية أو كليتهما معاً . وهو أيضاً يعرض لخروج أحد الشرائط عن عرض الاعتدال . وابن الهيثم يوضح ذلك أيضاً بالتفصيل (١) . ويكفى لبيان فكرته أن نقول ان خروج الضوء أو البعد أو الوضع أو الزمن عن عرض الاعتدال مثال الغلط الناشىء عنه رجل يُرى فى الظلام ، أو على بعد متفاوت ، أو بعيداً عن السهم المشترك ، أو يلمح لمحة سريعة ، فيخال انه زيد وهو عمرو ، أو حيوان يخال انه ذئب وهو كلب . أما خروج الحجم فمثال الغلط المترتب عليه كما يقول بلفظه « إذا رأى البصر نملة على حائط أو على بعض الثمار أو على بعض الحبوب فربما ظنها سوسة . . . »(٢). وخروج الكثافة كالبلور الذى من ورائه جسم أحمر كالياقوت يحسبه الانسان ياقوتاً وهو بلور . وخروج الشفيف يمثل له ابن الهيثم بأمثلة منها مثال طريف هو ما يعرف الآن بخيال الظل فيقول بلفظه « وأيضاً فان البصر إذا أدرك الخيال الذى يظهر من خلف الازار وكان ذلك الخيال أشخاصاً يحركها المخيل ، فتظهر أظلالها على الجدار الذى من وراء الازار

---

(١) و (٦٢) — و (٧٧) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر . ويتضمن الفصل السادس فى كيفيات أغلاط البصر التى تكون فى المعرفة بحسب كل واحد من العلل التى من أجلها يعرض للبصر الغلط .

(٢) و (٦٩) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

وعلى الازار نفسه ، فان البصر يدرك تلك الأظلال من وراء الازار ويظنها جساماً وحيوانات تتحرك ، إذا لم يتقدم علم الناظر بأنها أظلال ولم تدرك الأشخاص التى يحركها المخيل فى تلك الحال ، التى تلك الأظلال أظلالها . و ذا أدرك البصر الأظلال وظنها حيوانات وأشخاصاً فهو غالط فى ماهيات تلك الحيوانات وتلك الأشخاص ، والغلط فى ماهيـة المبصر هو غلط فى المعرفة » [١] .

وبمـا أن مجمل رأى ابن الهيثم فى هذا أن كل ما يترتب عليه الغلط فى إدراك ماهية المبصر هو غلط فى المعرفة ، إذن يدخل فى هذا الباب كل الأحوال التى يرى فيها الانسان شيئاً معيناً فيحسبه شيئا آخر . وقد أورد ابن الهيثم أمثلة أخرى كثيرة سوى التى ذكرناها فيما سبق . منها أن الانسان إذا أشرف من بعد متفاوت على غابة متكاثفة من أشجار عاليـة مخضرة الأوراق فى وادى أو على جانب جبل ، ظنها فى كثير من الأحيان نباتاً من نوع الحشائش الصغيرة الخضراء ، أو بالعكس قد يرى من بعـد متفاوت أرضاً مكسوة بالحشائش فيحسبها غابة ويظن الصغر هو لعظم البعد عنه . وأيضاً فهو قد يرى عن بعد متفاوت فى مكان مرتفع من الأرض فى سواد الليل ناراً أو مصباحاً فيظنه كوكباً فى السماء . وواضح من هذا أن الوسائل التى يعتمد عليها كثير من المخلوقات فى الاختفاء عن الأبصار اتقاء خطر العدوان عليها تكون فى نظر ابن الهيثم من الأسباب التى يترتب عليها الغلط فى المعرفة ، بل وأيضاً ما يطبقه الانسان نفسه لا فى بعض وسائل التسلية فحسب ، بل فى الدفاع عن النفس فى الحرب والقتال ، وهو ضرب من فنون الحروب الحديثة [٢] ، يعد بحسب رأى ابن الهيثم من الأسباب التى يترتب عليها أغلاط المعرفة .

---

(١) و (٧٤) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

(٢) نعنى فن التمويه والتضليل « Camouflage » سواء ما يشـاهد فى الطبيعة وما يتعمده الانسان ويتكلفه قصداً .

٧٥ — الاغلاط فى القياس

وبحوثه فى أغلاط القياس يتناول فيها كثيراً من أغلاط البصر الهامة ويشرحها شرحاً وافياً ، يلم فيه بحالات مختلفة إلماماً يندر أن نجد له نظيراً أو مثيلا .

ويقدم لمباحثه فى هذا النوع من الغلط ببيان المنفذ الذى يتسرب منه غلط البصر فى القياس . فغلط القياس على وجهين ، غلط فى المقدمات التى يقوم عليها القياس ، وغلط فى تركيب القياس . والغلط فى المقدمات على ثلاثة أوجه أخذ المقدمة الكاذبة على أنها صادقة ، وأخذ الجزئية على أنها كلية ، والغلط فى اكتساب المقدمات . والغلط فى اكتساب المقدمات يكون فى الابصار كما يقول بلفظه « إذا كان فى المبصر معان ظاهرة ومعان خفية ، وقد يمكن أن تظهر عند استقصاء التأمل ، واعتمد البصر ما يظهر فى المبصرات من المعانى التى فيه ولم يستقرىء جميع المعانى التى فيه ولم يتأمله تأملا محققاً ، إما على طريق السهو وضعف التمييز وإما لأنه لا يتمكن فى الحال من تأمله »[1].

وابن الهيثم يستوفى البحث فى هذا الموضوع[2] بشرح كيفية وقوع الخطأ فى إدراك كل واحد من المعانى الجزئية التى تدرك بالقياس من جراء خروج كل واحد من الشرائط عن عرض الاعتدال . فاذا أخرجنا من المعانى الاثنتين والعشرين الضوء واللون لأنهما يدركان بمجرد الحس ، كانت المعانى التى يصح إدراكها بالقياس على فرض عدم تقدم معرفتها عشرين معنى ، يقع الخطأ فى كل منها على ثمانية وجوه على اعتبار أن سلامة البصر واحد من الشرائط اللازمة ، فيكون عدد الحالات البسيطة التى تراعى فى

---

(١) و (٧٧) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

(٢) و (٧٧) — و (١٩٩) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر . وتتضمن الفصل السابع فى كيفيات أغلاط البصر التى تكون فى القياس بحسب كل واحدة من العلل التى من أجلها يعرض للبصر الغلط .

شرح أغلاط القياس على هذا التقدير ستين ومائة حالة . وابن الهيثم أورد فى مباحثه فى هذا الموضوع خمساً وخمسين ومائة حالة ، ولم يذكر الغلط فى إدراك التجسم الذى يترتب على خروج الوضع والضوء والحجم والزمان وصحة البصر عن عرض الاعتدال ، فان كان ذلك عن قصد منه فلعل السبب أن الغلط فى إدراك الشكل يتضمن أيضاً الغلط فى إدراك التجسم . والأمثلة التى ذكرها ابن الهيثم على الرغم من كثرة عددها هى كما يقول بلفظه « أمثلة الأغلاط التى عللها مفردة ، ولكل واحد منها علة واحدة من العلل المحصورة التى من أجلها يعرض للبصر الغلط . وقد يعرض الغلط من اجتماع علتين وثلاث وأكثر من العلل التى ذكرناها »[1] .

وكثير من أغلاط القياس التى تترتب على خروج الشرائط التى يراها ابن الهيثم لازمة للادراك المحقق عن عرض الاعتدال ، تكاد تكون بينة لايحتاج أمرها إلى كثير شرح أو تفسير . فخروج البعد عن عرض الاعتدال يترتب عليه مثلا غلط فى إدراك الكثافة ويمثل ابن الهيثم لذلك بالابرة إذا أدنيت كثيراً إلى العين وهى تنظر إلى جدار بعيد بعداً معتدلا فانها تستر من الجدار جزءاً كبيراً ستر الأجسام المشفة ، حيث تدرك أجزاء الجدار المستورة كأنما فى الابرة بعض الشفيف . وكذلك يترتب عليه غلط فى إدراك الشفيف كما لو كان المشف بعيداً جداً ومن ورائه ضوء ضعيف ، أو جسم متلون بلون ضعيف ، فان المشف يدرك كثيفاً .

وخروج الوضع عن عرض الاعتدال يترتب عليه غلط فى إدراك البعد كما يحدث اذا نظر الانسان الى شخصين قائمين على سطح الأرض على سمت خط الشعاع فانه يدركهما متماسين أو قريبين ولا يدرك البعد بينهما . ويترتب عليه أيضاً غلط فى إدراك الوضع نفسه كما يحدث اذا كان المبصر صغيراً خارجاً عن السهم وكان سطحه مائلا فلا يدرك منه الميل اليسير ، واذا كان مائلا

(١) و (١٩٥) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

على خط الشعاع ميلا متفاوتاً وقع الغلط فى إدراك الشكل .

كذلك فان خروج الضوء عن عرض الاعتدال كما لو كان المبصر فى الظلام ، أو خروج الحجم عن عرض الاعتدال كما لو كان حجم المبصر صغيراً جداً ، أو خروج الكثافة عن عرض الاعتدال كما لو كان المبصر مشفاً ومن ورائه ضوء قوى ، أوخروج الشفيف عن عرض الاعتدال كما لوكان الهواء المتوسط بين البصر والمبصر فيه ضباب أو دخان ، أو خروج الزمان عن عرض الاعتدال كما لو لمح الناظر وهو متحرك حركة سريعة مبصراً لمحة سريعة من فرجة ثقب مثلا .... كل ذلك يترتب عليه أغلاط فى إدراك البعد والوضع والشكل وما الى ذلك من المعانى الأخرى .

ولا يسمح المجال بتفصيل جميع الحالات وذكر جميع الأمثلة التى أوردها ابن الهيثم ، وسنكتفى فيما يلى بتوضيح آرائه فى الأغلاط الجديرة بالعناية التى لها علاقة بالمعانى الطبيعية ، وقد أجملناها فيما يلى فى ثلاثة أقسام ، وأفردنا لحالة هامة منها شرحاً خاصاً .

٧٦ — القسم الأول — الغلط فى ادراك البعد من أجل خروجه عن عرضه الاعتدال

تبيّن مما أوردناه من بحوث ابن الهيثم عن كيفية إدراك المعانى المبصرة أن البعد أكثر المعانى التى تدرك بالبصر شأناً من الناحية الطبيعية . فادراك البعد هو الأصل فى إدراك المكان ، وعليه يتوقف إدراك أكثر الصفات والخواص الطبيعية للأجسام . فوجودها الذاتى فى المكان خارج البصر ، وما يعرض لها من جراء ذلك من لواحق الحركة والسكون ، وامتدادها فى الأبعاد الثلاثة ، وما يعرض لها من جراء ذلك من الشكل والتجسم والعظم ، كل ذلك عند ابن الهيثم يتوقف إدراكه بصفة خاصة على إدراك البعد .

فالغلط فى إدراك البعد لأى سبب من الأسباب يترتب عليه غلط فى

إدراك هذه الخواص أو الصفات التى هى أهم لواحق الجسم المادى من الناحية الطبيعية . فاذا أغفلنا الأغلاط التى تترتب على خروج الضوء أو الوضع أو الحجم أو الكثافة أو الشفيف أو الزمان عن عرض الاعتدال أو بمعنى آخر اذا فرضنا أن هذه الشرائط كلها قد عرضت فى حدود الاعتدال المطلوب ، أى كان المبصر ذا كثافة تسمح برؤيته وكان مواجهاً للبصر ، والاستضاءة العامة كافية والوسط مشف والحجم مقتدر والتأمل ميسور ، اذا فرضنا ذلك فكيف يقع الغلط فى إدراك البعد وما هى نتيجة هذا الغلط ؟

مجمل رأى ابن الهيثم فى هذا أن الغلط فى إدراك بعد المبصر عن البصر يعرض فى هذه الحالة عند ما لا يدرك البعد إدراكا محققاً . وليس يدرك البعد إدراكا محققاً فى حالتين ، الأولى اذا كان البعد متفاوتاً بمعنى أن يكون كبيراً فى الغاية أو صغيراً فى الغاية ، والثانية اذا لم توجد أجسام متصلة تتوسط بين المبصر وبين البصر .

فاذا تحققت الشرائط التى أشرنا اليها كانت أغلاط البصر فى أهم المعانى الطبيعية تنحصر فى الحالتين المذكورتين .

فاذا وجدت مبصرات عدة بعيدة بعداً متفاوتاً لا يدرك البصر من أبعادها أجزاءاً عند أطرافها ، لها نسب محسوسة الى مقادير تلك الأبعاد ، أو كانت هذه المبصرات على أبعاد معتدلة ولكن لا يتوسط بينها وبين البصر أجسام متصلة ، فلننظر كيف يكون إدراك هذه المبصرات فى رأيه .

فى هذه الحالة لا يميز الادراك أبعادها بعضها عن الآخر ، فلا يفرق بين الأقرب والأبعد ، وإذن تدرك جميعها على بعد واحد . ومثاله ما يحدث عند النظر الى النجوم والكواكب فى جزء من أجزاء السماء ، فان البصر لايدرك ما بين أبعادها من الاختلاف ويحسبها كأنها على سطح واحد [١] .

(١) و (٧٩) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

وكما يحدث أيضاً لو وجد مبصر ممتد على بعد متفاوت أو على بعد معتدل لا يتوسط بين أطرافه وبين البصر أجسام متصلة ، حيث لا يميز البصر أبعاد أطرافه عنه ويدركها جميعاً متساوية . فان كان سطح المبصر مائلا أدرك على غير شكله الحقيقى الذى هو عليه [١] ، فان كان مربعاً مثلا أدرك كمتوازى الأضلاع أو كشبه المنحرف ، وإن كان مستديراً أدرك كالاهليلجى أو كالبيضى ، لأن المعول عليه فى إدراك عظم أضلاع المربع أو أقطار الدائرة فى هذه الحالة هو الزاوية وحدها نظراً لأن الأبعاد تدرك متساوية .

وعدم إدراك الاختلاف بين أبعاد أطراف الجسم وبين البصر ، أو بين أبعاد ما شخص أو غار من أجزاء سطحه وبين البصر ، يترتب عليه أيضاً غلط فى إدراك التجسم . فالكرة مثلا فى هذه الحالة لا تدرك كرة مجسمة بل قرصاً مستديراً ، كما تدرك الشمس أو يدرك القمر [٢] . وكذلك فان المبصر اذا كان متحركا فلا يدرك منه قسط حركته فى اتجاه خط الشعاع [٣] .

فعدم التميز بين الأبعاد من جراء التفاوت فى الكبر أو من جراء عدم وجود أجسام متصلة مسامتة يترتب عليه على وجه عام أن المكان ذا الأبعاد الثلاثة يدرك سطحاً ذا بعدين مواجهاً للبصر ، وتدرك المبصرات كأنها منبسطة فى هذا السطح ملتزمة إياه ولو كانت متحركة .

٧٧ — القسم الثانى — الغلط فى ادراك العظم من جراء تجاوز البعد عرضه الاعتدال فى التباعد عن البصر

وليس الأمر مقصوراً على هذا ، فعدم إدراك البعد إدراكا محققاً يجعل

---

(١) و (٧٩) — و (٨١) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

(٢) و (٨٤) ، و (٨٥) « « « «

(٣) و (١٠٠) « « « «

السبيل الى الحدس ممهداً . فالمبصر المتفاوت البعد فى الكبر لا يدرك بعده محققاً ، والوسيلة الوحيدة لادراك البعد فى هذه الحالة الحدس ، والحدس فيه إنما يكون بالقياس على أبعاد مألوفة المقادير ، والأبعاد المألوفة كلها معتدلة . فاذا أدرك البعد المتفاوت فى الكبر أدركه الحدس أصغر من حقيقته ، وإذن يقع الغلط فى إدراك عظم المبصر ، إذ العظم لا يقدر كما تبين من بحوثه الا بالزاوية مع البعد . ولما كان البعد الذى يعول عليه فى هذه الحالة يقدر أصغر مما هو عليه ، ترتب على ذلك أن العظم يدرك أصغر مما هو عليه [١] .

وابن الهيثم يتناول [٢] بتفصيل لا يخلو من التكرار ناحية أخرى من نواحى الغلط فى إدراك العظم ، يرجع السبب فيه الى الغلط فى إدراك الزاوية التى يوترها المبصر عند مركز البصر . ويكون علة هذا الغلط فى إدراك الزاوية هى خروج بعد المبصر عن عرض الاعتدال ، على اعتبار أن البعد الغير المعتدل هو البعد الذى يخفى منه جزء من المبصر له نسبة مقتدرة الى جملة المبصر . ومعنى هذا فى نظر ابن الهيثم أن الزاوية التى يوترها ذلك الجزء من المبصر عند مركز البصر لا يحس بها البصر . وذلك الجزء من المبصر مهما صغر فانه يوتر فى الواقع زاوية لها قدر معين . ولكن ابن الهيثم يرى أن ضلعى هذه الزاوية لا يفصلان فى هذه الحالة من العضو الحاس فى البصر مقداراً له قدر مقتدر يحس به البصر . فيكون هذا الجزء من العضو الحاس الذى يفصله ضلعا الزاوية بمثابة النقطة بالنسبة الى الحس . وهذه الفكرة صحيحة وقد بينا من قبل أنه يتوقف عليها معنى « حدة البصر » فالزاوية التى يجب أن يوترها جزء من المبصر عند مركز البصر لكى يتسنى للبصر رؤية ذلك الجزء ، وإدراك عظمه ، يجب ألا يقل مقدارها عن دقيقة واحدة على وجه التقريب

(١) و (٨٩) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

(٢) و (٨٥) — و (٨٨) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

فى الأبصار المعتادة . ومن المعلوم فى الوقت الحاضر أن وسط النقطة الصفراء من الشبكية الذى به يكون الابصار أبين وأوضح تتكون أجزاؤه الحساسة من « المخروطات » التى ذكرناها من قبل وتوجد فيه هذه المخروطات أشد تكاثفا منها فى أى موضع آخر من الشبكية ، وانه يترتب على الاحساس من واحد لا أكثر من هذه المخروطات إدراك المبصر بمثابة النقطة . فاذا كانت الزاوية التى يوترها عند مركز البصر جزء من المبصر له نسبة مقتدرة الى جملة المبصر ، صغيرة جداً بحيث يلقى ضلعا المقابلة لها بالرأس الشبكية على نقطتين تقعان معاً على واحـد من تلك المخروطات ، أدرك البصر ذلك الجزء من المبصر بمثابة النقطة . وعلى أساس هذه الفكرة يمكن كما هو المتبع فى الوقت الحاضر تقدير العرض الذى يمتد فيه كل واحد من المخروطات التى تتكون منها الطبقة الحساسة فى النقطة الصفراء من الشبكية .

وابن الهيثم يستنبط من هذا الأمر النتيجة التى يؤدى اليها . فالزاوية التى يوترها عند مركز البصر ذلك الجزء من المبصر لها فى الواقع قدر معين ، اذا أدركه البصر على حقيقتـــه أدرك منه عظم ذلك الجزء من المبصر على حقيقته . ولكن البصر لا يدرك قدر هـذه الزاوية على حقيقته بل يدركها كنقطة ، إذن فهو لا يدرك لذلك الجزء من المبصر قدره . وهو فرضاً جزء له نسبة مقتدرة الى جملة المبصر ، فالبصر إذن لا يدرك قدر المبصر جميعه على حقيقته بل يدرك عظمه أصغر مما هو عليه فى الواقع . هـذا بايجاز هو مجمل الفكرة .

فهذه علة أخرى يعرض من أجلها الغلط فى إدراك العظم تختلف عن العلة السابقـة ، ومرجعها فى الأصل قصور الحس عن إدراك قدر الزاوية التى يوترها عند مركز البصر جزء من المبصر اذا تجاوزت هذه الزاوية فى الصغر حداً معيناً .

ولعل فكرة ابن الهيثم تزداد وضوحاً اذا فرضنا المبصر أخذ يتباعد

بالتدريج حتى صارت الزاوية التى يوترها أكبر أقطاره عند مركز البصر أصغر من الحد الأدنى المذكور، فعندئذ يدركه البصر بمثابة النقطة التى لا قدر لها فلا يدرك له عظما. واذا كان الأمر كذلك كان حتما أن البصر أخذ يغلط فى عظم المبصر من قبل أن يبلغ ذلك البعد الذى يدرك منه بمثابة النقطة، وكان حتما أن يدركه البصر دون ذلك البعد أصغر مما هو عليه فى الواقع.

وابن الهيثم يبين أن البعد الغير المعتدل بهذا المعنى يختلف باختلاف عظم المبصر نفسه، وهو للمبصرات الصغيرة أصغر منه للمبصرات العظيمة.

وشرحه هذا الأمر يزيد فكرته عن الغلط فى إدراك الزاوية وضوحا. فالبعد الذى يختفى منه المبصر الصغير قد يكون مسامتاً لأجسام متصلة، فيكون بعداً متيقن المقدار. ويقول بلفظه «فالمبصر الصغير المقدار المتفاوت الصغر الذى تخفى جملته من بعد متيقن المقدار، قد يدرك البصر مقداره أصغر من مقداره الحقيقى من بعد متيقن المقدار، من أجل غلط البصر فى مقدار عظم الزاوية التى يوترها ذلك المبصر الصغير المقدار من ذلك البعد. فهو يدرك مقداره من قياس مقداره بزاوية أصغر من الزاوية الحقيقية التى يوترها ذلك المبصر من ذلك البعد وببعده المتيقن المقدار»[1] فالغلط هنا ليس سببه عدم إدراك البعد محققاً بل سببه الغلط فى إدراك الزاوية.

ويصح أن نمثل لغلط العظم الذى يعرض من أجل الغلط فى الزاوية، بالنجوم فى السماء يدركها الناظر اليها نقاطاً لا أقدار لها.

وابن الهيثم يبين أيضاً فى بحوثه فى هذا الصدد علة اختفاء المبصر عن البصر اذا تمادى فى التباعد. ولا يخفى عليه أن ذلك قد يحدث من اشتباه لون المبصر بألوان المبصرات المجاورة له أو المسامتة أو من جراء ضعف الضوء بحسب زيادة البعد. وهذا المعنى يدل ضمناً على أنه يرى أن إحساس البصر

---

(١) و (٩٢) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر.

بالضوء لا يحصل إلا اذا بلغ الضوء من الشدة حداً معيناً . ولكنه يميز بين اختفاء المبصر من جراء ضعف ضوئه أو رقة لونه أو من جرائهما معاً وبين اختفائه من جراء تصاغر صورته التى تحصل فى البصر . وهو يرى بحسب ما يتبين لنا من جملة أقواله أن المبصر يختفى عن البصر اذا كانت الزاوية التى يوترها عند مركز البصر تجيز من العضو الحاس فى البصر جزءاً يكون بمثابة النقطة التى ليس لها قدر محسوس . وقد يبدو هذا الرأى غريباً أول وهلة لأن ذلك لا يمنع إدراك المبصر إذ يظل المبصر مع ذلك مدركا وإن كان يدرك كنقطة . ولعل ابن الهيثم يرى أن البصر فى هذه الحالة لا يدرك المعانى المختلفة التى تتقوم منها صورة المبصر كالتجسم والوضع والشكل والعظم وما الى ذلك ، وكل ما يدركه نقطة مضيئة لا قدر لها ، وليس لها بصورة المبصر على ما هى عليه فى الواقع شبه ما .

ويستنبط ابن الهيثم من بحوثه عن الغلط فى إدراك العظم من أجل البعد المتفاوت فى التباعد نتيجتين نوردهما بألفاظه . قال « فالغلط الذى يعرض للبصر فى إدراك عظم المبصر من البعد المتفاوت الذى لا يتحقق البصر مقداره ، إنما هو من أجل غلطه فى مقدار الزاوية التى يوترها ذلك المبصر ومن غلطه فى كمية بُعد ذلك المبصر معاً ، فهو يشبه عظمه بعظم مبصر على بعد معتدل يوتر زاوية أصغر من الزاوية التى يوترها ذلك المبصر فى تلك الحال ، فلذلك يدرك مقدار المبصر المتفاوت البعد أصغر من مقداره الحقيق . والغلط الذى يعرض للبصر فى عظم المبصر من البعد المتيقن المقدار إنما هو من أجل غلط البصر فى مقدار الزاوية التى يوترها ذلك المبصر فى تلك الحال فقط »[1] .

---

(١) و (٩٢) ، و (٩٣) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

٧٨ — القسم الثالث — الغلط فى ادراك العظم من جراء خروج البعد عنه عرض الاعتدال فى التقارب

ويتبين مما سبق أن ابن الهيثم يرى أن البعد المسرف فى التباعد يجعل البصر يدرك المبصر أصغر مما هو عليه فى الواقع لعلتين أساسيتين هما الغلط فى إدراك الزاوية والغلط فى إدراك البعد من أجل قياسه على الأبعاد المألوفة. وابن الهيثم يتناول أيضاً بالشرح عكس هذه القضية. وهو أن البعد المسرف فى التقارب يجعل البصر يدرك المبصر أعظم مما هو عليه فى الواقع، وينص على ذلك بقوله «وأيضاً فان المبصر اذا قرب من البصر قرباً شديداً خارجاً عن الاعتدال، فان البصر يدرك مقداره أعظم من مقداره الحقيقى، فيكون غالطاً فى مقداره، ويكون غلطه فى القياس، لأن العظم ليس يدرك إلا بالقياس، وتكون علة هذا الغلط هو خروج بعد المبصر عن عرض الاعتدال، لأن المبصر الذى يدرك البصر مقداره من القرب الشديد أعظم من مقداره الحقيقى، اذا كان على بعد معتدل فانه يدرك مقداره على ما هو عليه، اذا كانت جميع المعانى الباقية التى فى ذلك المبصر فى عرض الاعتدال»[1].

ولربما يتبادر الى الذهن أن يكون تعليل ذلك على أساس الفكرة نفسها التى بينها فى إثبات القضية الأولى. ففى حالة التقارب المسرف لا يقع غلط فى إدراك الزاوية فتكون علة الغلط هى الغلط فى إدراك البعد. وبحسب رأى ابن الهيثم يدرك البعد عند خروجه عن عرض الاعتدال بالحدس فى مقداره، والحدس يكون بتشبيهه بالأبعاد المألوفة، وبما أن للأبعاد المألوفة حداً أدنى، فان إسراف البعد فى التقارب دون هذا الحد الأدنى يجعل الحدس فيه بتشبيهه

---

(١) و (٩٣) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر.

بالحد الأدنى الذى هو أكبر . وإذن يدرك العظم من الزاوية مع بعد أكبر فيدرك أعظم مما هو فى الواقع .

ولكن لابن الهيثم فى هذه المسألة نظر آخر ، فالأبعاد التى يدركها الانسان إنما هى أبعاد المبصرات عن سطح البصر ، لا أبعادها عن مركز البصر ، لأن الأبعاد عن سطح البصر هى التى تسامتها أجسام يمكن منها إدراكها محققاً ، والزاوية التى يدرك منها العظم هى التى يوترها المبصر عند مركز البصر ، وبما أن نصف قطر البصر صغير فالتفاوت بين بعد المبصر عن سطح البصر وبين بعده عن مركز البصر اذا لم يكن البعد مسرفاً فى القرب صغير ، فسواء قيس العظم بالزاوية مع البعد عن سطح البصر كما هو الحال عند الادراك ، أو قيس بالزاوية مع البعد عن مركز البصر كما هو الحال كما يجب أن يكون ، فليس بين الحالتين تفاوت يذكر يحس به . أما اذا كان المبصر قريباً جداً من البصر بحيث يكون بعده عن سطح البصر مساوياً نصف قطر البصر أو أصغر منه أو أكبر قليلا ، صار بين الحالتين تفاوت لا يصح إغفال ما يترتب عليه من الأثر .

وهو فى توضيح هذا الأمر يقول بلفظه « فان ذلك لأن البصر إنما يدرك مقدار عظم المبصر من قياس العظم بزاوية المخروط الذى يحيط بذلك المبصر مع القياس بالبعد الذى بين البصر وبين ذلك المبصر . وإذا كان المبصر شديد القرب من البصر فان زاوية المخروط المحيط به تكون عظيمة المقدار ، ويكون البعد الذى اليه تقيس القوة المميزة مقدار المبصر ومن القياس اليه يدرك مقدار المبصر ، هو بعد المبصر عن سطح البصر . لأن مقدار البعد إنما يدركه البصر من إدراكه الأجسام المرتبة التى تسامت البعد ، والبعد الذى تسامته الأجسام المرتبة الذى يدركه البصر دائماً ويقدره دائماً هو بعد المبصر عن سطح البصر ، والبعد الذى بالقياس اليه يدرك مقدار المبصر

على حقيقته هو البعد الذى بين المبصر وبين مركز البصر . فبين البعد الذى اليه تقيس القوة المميزة عظم المبصر وبين البعد الذى اليه يجب أن يكون القياس تفاوت مقداره هو نصف قطر كرة البصر . إلا أن الأبعاد المعتدلة التى منها يدرك البصر المبصرات المألوفة واليها تقيس القوة المميزة أبداً مقادير المبصرات ، ليس يؤثر فى مقاديرها مقدار نصف قطر كرة البصر ، فلذلك يدرك البصر مقادير المبصرات من الأبعاد المعتدلة على ما هى عليه ، ولا يكون بين مايدركه البصر من مقاديرها وبين مقاديرها الحقيقية تفاوت محسوس . فاذا صار المبصر قريباً جداً من البصر صار البعد الذى بينه وبين سطح البصر يسيراً جداً ، وهو الذى اليه تقيس القوة المميزة مقدار المبصر ، ويصير التفاوت الذى بين هذا البعد وبين البعد الذى اليه يجب أن يكون القياس الذى هو مقدار نصف قطر كرة البصر تفاوتاً له قدر مؤثر . لأن المبصر إذا كان قريباً جداً من البصر وأدرك البصر مقداره أعظم من مقداره الحقيقى فقد يكون بعده عن سطح البصر مثل نصف قطر كرة البصر ، وربما كان بعده عن سطح البصر أقل من هذا القدر . وإن كان بعده الذى منه يظهر مقداره أعظم مما هو ، أكبر من نصف قطر كرة البصر فبمقدار يسير . فيكون مقدار التفاوت بين البعد الذى تقيس اليه القوة المميزة مقدار المبصر وبين البعد الذى يجب أن يكون القياس اليه ، مساوياً للبعد الذى اليه يقع القياس أو أعظم منه أو عظيم النسبة اليه . فيكون إدراك مقدار المبصر اذا كان شديد القرب من البصر من قياس مقدار المبصر بزاوية المخروط المحيط بذلك المبصر وهى زاوية عظيمة ، ومن القياس الى بعد هو أصغر من البعد الذى يجب أن يكون القياس اليه بمقدار هو مثل البعد الذى اليه يقع القياس أو أعظم منه أو عظيم النسبة اليه . فلذلك يدرك البصر مقدار المبصر اذا كان شديد القرب من البصر أعظم من مقداره الحقيقى . وكلما ازداد المبصر قرباً من البصر كان التفاوت الذى بين بعده الذى اليه يقع القياس

وبين البعد الذى اليه يجب أن يكون القياس أعظم قدراً . فلذلك كلما ازداد المبصر قرباً من البصر ازداد مقداره فى الحس عظما . فقد تبينت العلة التى من أجلها يدرك البصر مقدار المبصر اذا كان شديد القرب من البصر أعظم من مقداره الحقيقى ، وكلما ازداد المبصر قرباً من البصر ازداد مقداره فى الحس عظما » (١) .

هذا كل ما أورده ابن الهيثم فى شرح الفكرة التى يعنيها ، وليس يتضح من هذا الشرح كيف يؤدى هذا الأمر إلى أن يكون إدراك مقدار المبصر أعظم من حقيقته .

والذى يجدر ذكره هنا تعليق الفارسى على أقوال ابن الهيثم وقد اقتضبها فى التنقيح ، قال « وينبغى أن يتأمل هذا التعليل فانه فى غاية الدقة واللطف » (٢) . وقد حاول الفارسى أن يزيد الأمر توضيحاً وشرحاً ولكن المطلع على أقواله لا يخرج منها بفكرة جلية تتفق وأقوال ابن الهيثم . فالفارسى يرى أن الأخذ بالزاوية مع البعد فى إدراك العظم يكون فى الابعاد المألوفة فقط . أما فى الأبعاد الغير المألوفة فان القوة المميزة تقتنع بما يحصل لها من مقتضى الزاوية فقط ، فتحكم بالصغر عند البعد البعيد ، وبالعظم عند القرب القريب ، فيقع الغلط لذلك .

ولكن من الواضح أن أقوال ابن الهيثم تدل على أنه يريد أمراً آخر ، ولعل هذا الأمر هو كما يستفاد من أقواله ، ما يترتب على وجود اختلاف وتفاوت بين المقاييس كما يجب أن تكون ، وبين مقاييس الادراك كما هو حاصل . لنفرض مثلا أن مبصراً يوتر قطره عند مركز البصر وهو على بعد من المركز ولنرمز له بالحرف ء زاوية ولنرمز لها بالحرف هـ ، ولتكن الزاوية صغيرة . فمن الواضح أن قطر هذا المبصر يساوى هـ ء . وهو قدر عظمه

(١) و (٩٣) — و (٩٥) من مخطوط المقالة الثالثة من المناظر .

(٢) الجزء الأول من التنقيح ص (٢٨٩) النسخة المطبوعة .

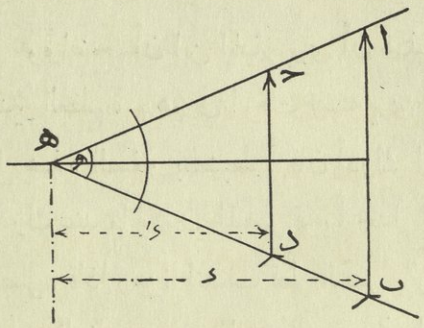
الحقيقى . فاذا أوترت مبصرات عدة وهى على أبعاد مختلفة من المركز زوايا متساوية كانت نسب أعظامها الحقيقية بعضها إلى الآخر كنسب أبعادها عن المركز .

وواضح أن ابن الهيثم يرى أن هذا هو الذى يجب أن يكون عليه تقدير العظم ، وهو فى الوقت نفسه يرى أيضاً أن إدراك العظم ليس يكون على هذه الصفة بالضبط . فان أدرك الحس الزاوية على حقيقتها فالبعد المدرك عند ما يكون المبصر قريباً جداً ليس هو البعد الحقيقى عن مركز البصر . فاذا رمزنا لنصف قطر البصر بالرمز بهـ ، فالبعد الذى يقدر على أساسه العظم بحسب الادراك هو فى الحقيقة (ء — بهـ) . فاذا كانت المبصرات توتر عند مركز البصر زوايا متساوية على أبعاد مختلفة من المركز فنسب أعظامها بعضها إلى الآخر بحسب الادراك ليست كنسب أبعادها عن المركز كما يجب أن يكون ، وإنما هى كنسب أبعادها عن سطح البصر .

ذلك فى نظرنا هو سياق تفكير ابن الهيثم . فلعله إذن يريد أن الغلط هنا يعرض من الاختلاف الموجود بين المعيار أو المقياس الذى يقدر به العظم بحسب الادراك ، وبين المعيار أو المقياس الذى يجب أن يكون التقدير الحق بحسبه . فاذا تساءلنا كيف يتسنى إدراك الاختلاف بين المقياسين والبصر لا يقيس إلا بمقياس واحد ، هو المقياس الإدراكى ، ولا سبيل له إلى موازنته بالمقياس المطلق ، قلنا إن اتفاق المقياس الادراكى والمقياس المطلق إذا كانت المبصرات على أبعاد معتدلة يصح أن يكون هو السبيل ، فان البصر بموازنة أعظام المبصرات وهى على أبعاد معتدلة بأعظامها وهى على أبعاد مسرفة فى القرب قد يتسنى له أن يدرك أنه يقيس بمقياسين .

فلنفرض مثلا أن مبصراً ا ب (شكل ٢٧) يراد موازنة عظمه بعظم مبصر آخر حـ د نتخذه كوحدة لقياس العظم . ولتكن الزاوية التى يوترها

كل منهما عند مركز البصر واحدة ، ولتكن فرضاً صغيرة ولنرمز لها بالحرف هـ . فاذا رمز لبعد الأول عن مركز البصر بالحرف ء ، ولبعد الثانى عنه بالرمز ءَ ، فمن الواضح أن العظم الحقيقى للأول فى ذاته هو هـ ء وللثانى فى ذاته هو هـ ءَ ، فيكون عظم المبصر ا ب بالنسبة إلى الثانى بالقياس إلى البعد بحسب ما يجب أن يكون هو $\frac{ء}{ءَ}$.



(شكل ٢٧)

وإذا رمز لنصف قطر البصر بالرمز نهـ فان البعدين المدركين بحسب أقوال ابن الهيثم هما ء — نهـ ، ءَ — نهـ .

ويكون عظم الأول فى ذاته بحسب الادراك هو هـ (ء — نهـ) .

وعظم الثانى فى ذاته بحسب الادراك هو هـ (ءَ — نهـ) .

وإذن عظم الأول بالنسبة إلى الثانى بالقياس إلى البعد بحسب ما يدرك هو $\frac{ء - نهـ}{ءَ - نهـ}$

ومن الواضح أنه إذا كان البعدان ء ، ءَ كبيرين جداً بالنسبة إلى نهـ ، فانه لا يكون بين التقديرين بحسب ما يجب أن يكون وبحسب الادراك الواقع تفاوت يذكر ، أما إذا كان نصف قطر البصر ذا نسبة محسوسة بالقياس إلى كل من البعدين ء ، ءَ فان التقدير بحسب الادراك الواقع ، على اعتبار أن وحدة قياس العظم وهى حـ د هى فى ذاتها جزء من عظم المبصر ا ب فى ذاته ، يكون أعظم من التقدير بحسب ما يجب أن يكون .

فالغلط الذى يعرض على هذه الصفة ليس هو الاختلاف بين العظم فى

ذاته لمبصر بحسب الادراك وبينه بحسب مايجب أن يكون ، وإنما هو الاختلاف بين نسب أعظام المبصرات المختلفة بحسب الادراك إذا كانت على أبعاد كبيرة بالنسبة إلى نصف قطر البصر ، حيث لاتتفاوت هذه النسب عنها بحسب ما يجب أن يكون ، وبين نسب أعظامها بحسب الادراك أيضاً إذا كانت على أبعاد مسرفة فى التقارب من مركز البصر .

والأرجح لدينا أن هذا هو المقصود من الأمر .

٧٩ – شرح ابن الهيثم علة ادراك الكواكب عند الافق أعظم منها وهى فى وسط السماء

ومن أهم الموضوعات التى تناولها ابن الهيثم بالشرح السبب فى إدراك الكواكب وهى عند الأفق أو قريباً منه أعظم منها وهى عند السمت أو قريباً من وسط السماء . والظاهرة فى ذاتها من الظواهر المشهورة ، كثيراً ما تذكر فى كتب الضوء الحديثة وغيرها ضمن أغلاط البصر . وشرح ابن الهيثم للظاهرة معروف متواتر لدى المشتغلين بعلم الضوء يعتمدونه إلى وقتنا الحاضر ويذكرونه منسوباً إلى ابن الهيثم . ولكنه كثيراً ما يذكر مبتوراً مقتضباً فيتعذر الالمام بحقيقة الأمر الذى بحثه ابن الهيثم وعلاقته بالأمور الأخرى التى لها اتصال بادراك العظم وإدراك الوضع ، والأغلاط التى تعرض فيهما من أجل الانعطاف .

والواقع أن ابن الهيثم أورد شرح هذه الظاهرة ضمن ما أورده فى ختام مقالته السابعة من كتاب المناظر وهى آخر مقالات الكتاب ، فى وسط بحوثه عن أغلاط البصر التى تعرض عند إدراك الكواكب والأجرام السماوية من جراء الانعطاف ، حيث تناول البحث عن ثلاثة أمور أساسية يجدر ذكرها هنا بايجاز . أحدها تأثير انعطاف الضوء عند نفوذه فى الطبقة الهوائية المحيطة بالكرة الأرضية ، فى إدراك البعد بين كوكبين أو عظم

الكوكب الواحد ، حيث بيّن أن هذا التأثير يترتب عليه أن العظم يدرك بوجه عام أصغر مما هو عليه . وثانيها تأثير الانعطاف فى طبقة من بخار أو ما يجرى مجرى البخار أغلظ من الهواء ، فى إدراك البعد بين كوكبين أو عظم الكوكب الواحد ، حيث بيّن أن هذا التأثير يترتب عليه أن العظم يدرك أعظم مما هو عليه . وهذان الموضوعان من موضوعات الانعطاف نرجىء بحثهما بالتفصيل إلى ما بعد .

أما الأمر الثالث وهو الذى نعنى به هنا ، فأمر ظاهرة أخرى تختلف عن الظاهرتين السابقتين اختلافاً جوهرياً . فالقمر والشمس مثلا وهما على الأفق أو قريباً منه يبدوان أبداً للبصر أعظم مما يبدوان إذا كانا عند السمت قريبين من وسط السماء وذلك فى جميع الأحوال . فليس الأمر منوطاً بوجود بخار أكثف من الهواء إذا فرض من الممكن وجوده ، فوجوده عارض يعرض فى بعض الأوقات دون الأخرى . وليس الأمر متعلقاً بالانعطاف فى الطبقة الهوائية المحيطة بالكرة الأرضية لأن هذا الانعطاف يترتب عليه بوجه عام عكس هذه الظاهرة كما سيتبين فى بحوث الانعطاف . وابن الهيثم قد أدرك كل هذا بوضوح ونص عليه ، وهو يتناول الأمور الثلاثة التى ذكرناها .

فالظاهرة التى نعنى بها هنا ونورد شرح ابن الهيثم لها ظاهرة مستقلة عن الانعطاف ولا علاقة لها ببحوث الانعطاف وهى فى الوقت نفسه تلفت النظر لأنها تبدو للحس واضحة محسوسة . وابن الهيثم يصفها قائلا : « ان كل كوكب إذا كان على سمت الرأس فان البصر يدرك مقداره أصغر من مقداره الذى يدركه به من جميع نواحى السماء التى يتحرك عليها ذلك الكوكب . وكلما كان أبعد عن سمت الرأس كان ما يدركه البصر من مقداره أعظم من مقداره الذى يدركه وهو أقرب إلى سمت الرأس . وإن أعظم ما يدرك البصر من مقدار الكوكب هو إذا كان الكوكب على الأفق

وكذلك أبعاد ما بين الكواكب . وهذا المعنى يشهد به الوجود »[١] .

وشرح ابن الهيثم لهذه الظاهرة مبنى على المعانى التى سبق أن أوضحناها فى شرح آرائه عن كيفية إدراك البعد والغلط فيه ، وما يترتب على الغلط فى إدراك البعد ، من الغلط فى إدراك العظم . وهو يعيد فى هذا الموضع ذكر كثير من المعانى التى سبق شرحها ويبين انه لما كان إدراك بعد المبصر منوطاً بوجود أجسام متصلة تتوسط بينه وبين البصر ، وإذا لم تسامت المبصر أجسام متصلة على هذه الصفة لا يتحقق البصر بعد المبصر نفسه ، ويشبهه بأبعاد المبصرات المألوفة ، ويحدس على مقداره ، ولما كانت الكواكب لا تسامتها أجسام متصلة بينها وبين البصر فان إدراك البصر لابعاد الكواكب والأجرام السماوية يكون بالحدس ، ويعرض فيها الغلط . ولا تخلو أقواله فى هذا الصدد من تكرار وإعادة . ولكنه يعنى فيها بصفة خاصة ببيان أن الكواكب فى السماء وإن كانت ترى بالانعطاف فان البصر يدركها على سموت الأشعة الواردة اليه كما يدرك صور المبصرات المعتادة فى الهواء ، ويقول بلفظه « وليس يحس البصر أيضاً عند ورود صورة الكوكب اليه أن تلك الصورة صورة منعطفة ، وأنها انعطفت من سطح مقعر ، وأن الجسم الذى فيه الكوكب ألطف من الجسم الذى فيه البصر ، بل إنما يدرك صورة الكوكب كما يدرك صورة المبصرات التى فى الهواء التى ترد اليه على استقامة »[٢] . وغرضه من ذلك واضح وهو أن تلك المعانى التى سبق شرحها فيما يتعلق بالابصار بالاستقامة تنطبق أيضاً على إدراك صور المبصرات بالانعطاف .

ويبين أيضاً أن الانسان لا يدرك من السماء إلا زرقة لونها ويدرك لون السماء ممتداً طولا وعرضاً ويقول « وإذا أدرك البصر لوناً من الألوان وأدركه ممتداً فى الطول والعرض ولم يدرك شكله ولم يتحقق هيئته فهو يدركه

(١) و (١٣٢) من مخطوط المقالة السابعة من المناظر .

(٢) و (١٣٣) « « « « «

مسطحاً (أى مستوياً) لأنه يشبهه بالسطوح المألوفة الممتدة فى الطول والعرض التى هى سطوح الجدران وبسيط الأرض »[١] ويمثل لذلك بمثل الأمثلة التى سبق ذكرها كادراك الكرة قرصاً مستوياً وما إلى ذلك . وإن كانت أقوال ابن الهيثم تحمل إلى الذهن أول وهلة أنه يريد أن يبين أن الانسان يدرك السماء كالسطح المستوى فالذى يعنيه بالدقة أن الانسان لا يدرك السماء كالسطح الكرى المقعر بحيث يحس بأن جميع أجزائها على بعد واحد من البصر بل يدركها كالسطح المنبسط بحيث يظهر له وسطها أقرب اليه من حواشيها البعيدة الممتدة إلى الآفاق . والانسان وإن لم يدرك السماء مستوية بالمعنى الصحيح فهو لا شك ليس يدركها كالقطعة من السطح الكرى ، وإنما يدركها كالقطعة المفلطحة من سطح مدوّر القطع الناقص يقع تفلطحها على سمت الرأس ، ويكاد التفلطح عند السمت وبالقرب منه يصير استواء ، ويدركها ممتدة من جميع النواحى الى الآفاق البعيدة تبدو كأن حواشيها تتدلى الى سطح الأرض على الأبعاد الشاسعة من البصر . وبما أن الكواكب تدرك متفرقة متبعثرة فى السماء فالبصر إذن يدركها كأنها متفرقة على سطح منبسط على الصورة التى بيناها ، وسطه أقرب الى البصر من أطرافه وحواشيه البعيدة ، فيدرك ما كان من الكواكب بالقرب من وسط السماء ، أقرب اليه مما كان منها بالقرب من الأفق .

تلك هى الفكرة التى بينها ابن الهيثم . وهو ينص عليها بقوله بلفظه « إن البصر يدرك سطح السماء الذى يلى البصر مسطحاً ولا يحس بتقعيره وتساوى أبعاده من المبصر . وهو مستقر فى النفس أن السطوح المستوية الممتدة فى جميع الجهات الى حوالى البصر مختلفة الأبعاد عن البصر ، وهو يدرك مايلى الأفق من السماء أبعد عنه من وسط السماء . ويدرك ماقرب من

---

(١) و (١٣٤) من مخطوط المقالة السابعة من المناظر .

الأفق أبعد مما قرب من وسط السماء »[١] .

فاذا كانت زاوية رؤية الكوكب وهو على الأفق أو قريباً منه وزاوية رؤيته وهو فى وسط السماء واحدة وأدرك الانسان بعده وهو على الأفق أعظم من بعده وهو فى وسط السماء فانه يدرك الكوكب نفسه وهو على الأفق أعظم مما هو وهو فى وسط السماء .

ذلك هو شرح ابن الهيثم لهذه الظاهرة وهو لا يزال معتمداً عليه إلى وقتنا الحاضر .

تذييـــل

٨٠ — رأى الفارسى فى انبساط الأثر الحاصل فى البصر بفعل الضوء

يضيف كمال الدين الفارسى إلى أغلاط البصر فى الحس ما ينشأ عن الظاهرة التى سبق أن عبرنا عنها بانبساط الأثر[٢] . فمن المعلوم أن صورة النقطة المضيئة الحاصلة على الشبكية نقطة أيضاً أو فى حكم النقطة ، إلا أن تأثير الضوء فى الشبكية لا يقتصر على موضع هذه النقطة بل يمتد منبسطاً على مساحة مقتدرة تحيط بها . وينشأ عن هذا بعض أغلاط البصر المدونة فى الكتب الدراسية .

وقد ذكر كمال الدين ظاهرة انبساط الأثر[٣] تذييلا على الفصل السادس من المقالة الأولى ، وهو الفصل الذى شرح فيه ابن الهيثم نظريته فى الابصار . ولعل الفارسى أول من لفت النظر اليها .

وهو وإن كان قد ذكرها على أساس نظرية ابن الهيثم فى الابصار ، فانه نص عليها نصاً صريحاً لا لبسة فيه . قال بلفظه « إن صورة الضوء

---

(١) و (١٣٦) ، و (١٣٧) من مخطوط المقالة السابعة من المناظر .

(٢) هذا هو الاصطلاح الذى سبق أن استعملناه فى كتاب البصريات .

(٣) الجزء الأول من التنقيح ص (١٤٣) من النسخة المطبوعة .

القوى إذا وردت إلى البصر فى مخروط الشعاع الذى يجوز من البصر الجزء الذى تنطبع فيه تلك الصورة ، فان قدراً ما يسيراً مما يحيط بذلك الجزء يتكيف بتلك الصورة أيضاً وإن كانت كيفية الضوء فى هذا الجزء أضعف مما فى نفس الصورة » . ومثل بالهلال إذ يرى حواليه ضوء محيط به عرضه « فى الجزء المتصل بوسط الهلال أكثر منه فى الجزء المتصل بطرفه » . والفارسى عد هذه الظاهرة هامة جديرة بالعناية وقال فى صدد كلامه عنها انها « مسألة عظيمة العناء فى هذا الفن » وقال فى آخر كلامه عنها « فاجعل المسألة على ذكر منك تنتفع بها » .

وأيضاً فقد ذيل الفصل الخامس من المقالة الثالثة فى أغلاط البصر[1] بالبحث عن سبب اشتباه لون المبصر اذا كان قريباً جداً من البصر . ويرجح الفارسى أن يكون السبب هو هذا التأثير الذى يمتد الى ما يجاور الجزء الواقع عليه الضوء ، ويمثل بخط نصفه أحمر ونصفه أخضر اذا أدنى جداً من العين انبسط الأثر الحادث من النصف الأحمر متجاوزاً إلى الأخضر وانبسط الأثر الحادث من النصف الأخضر متجاوزاً إلى الأحمر فيشتبه لون الجزء الأوسط من الخط . ويضرب لذلك مثلا آخر . حلقتان مستديرتان عريضتان سوداوتان متحدتا المركز ومرسومتان على قرطاس أبيض اذا أدنيتا الى البصر بحيث يجاوز القرب حد الاعتدال ، رؤى بياض القرطاس يداخل سواد كل من الحلقتين من جميع الجوانب .

وكلام كمال الدين فيما يختص بانبساط الأثر وإن كان صحيحاً كما قدمنا فان اشتباه الصورة إذا تجاوز القرب عرض الاعتدال لا يرجع الى هذه الظاهرة كما يرجح ، وإنما سببه أن الصورة التى تتكون للمبصر واضحة مبينة يكون موضعها أبعد غوراً من الشبكية وتكون الصورة التى على الشبكية فى هذه الحالة مشتبهة غير مبينة .

(١) الجزء الأول من التنقيح ص (٢٧٤) من النسخة المطبوعة .

الباب الرابع

فى

انعكاس الضوء

الفصل الأول

فى

كيفية الانعكاس

---

٨١ — الاستدلال بالاعتبار على انعكاس الاضواء الثوانى الضعيفة وانعكاس الألوان

تناول ابن الهيثم فى بحوثه عن امتداد الأضواء على السموت المستقيمة بيان أن الأضواء الذاتية اذا ما وقعت على السطوح الصقيلة انعكست منها الى وضع خاص . وانعكاس الأضواء الذاتية أمره ظاهر ، وهو إذ يرى أن الانعكاس خاصة من الخواص العامة للأضواء يعنى باستقراء حدوث الانعكاس فى الأضواء العرضية أيضاً بل وفى الضعيف منها كذلك ، ويورد مباحثه عن هذا الأمر فى الفصل الثانى من المقالة الرابعة من كتاب المناظر حيث يتناول شرح الاعتبارات التى يستدل بها على أن الأضواء العرضية الضعيفة قابلة للانعكاس وانها مثل الأضواء الذاتية تمتد بعد الانعكاس على سموت مستقيمة الى وضع خاص .

ومن هذه الاعتبارات [١] أنه إذا اعتمد المعتبر بيتاً فى أحد حيطانه ثقب معرض للسماء يدخل منه ضوء النهار لا ضوء الشمس رأساً ، ودخل البيت وسد المنافذ وترقب الوقت الذى يدخل فيه ضوء النهار إلى أرض البيت ، وجعل فى موضع الضوء جسما أبيض ثم قرّب اليه مرآة مجلوة وقابل بها الجسم الأبيض ، ثم قرب إلى المرآة من بعض جهاتها جسما أبيض آخر يحصل عليه من الأول فقط ضوء ، وميّل المرآة إلى الجهة التى فيها الجسم الثانى فانه يجد على الثانى ضوءاً زائداً . فاذا رفع المرآة أو غير وضعها زال هذا الضوء الزائد ، وإذا أعادها إلى ما كانت عليه عاد . وإن ثبت المرآة على وضعها وأدار الجسم حولها وتحرى أن تكون أبعاده من المرآة متساوية لم يجد عليه فى سائر النواحى ضوء مثل ذلك ، وإذا أعاده إلى وضعه الأول عاد الضوء عليه . وإذا تأمل وضع المرآة من الجسم المذكور وجد الخطوط المستقيمة المتخيلة بين سطح المرآة وبين الضوء الذى على الأرض مائلة على سطح المرآة ميلا كميل الخطوط المستقيمة المتخيلة بين سطح المرآة وبين الجسم الأبيض .

وهو يستنبط من هذا الاعتبار أن علة الضوء الزائد المشاهد على الجسم الأبيض الثانى هو الانعكاس ، وان للانعكاس وضعاً معيناً ، والضوء المنعكس فى هذه الحالة هو ضوء ثان ضعيف ، ويقول بلفظه « يتبين أن الضوء الذى انعكس عن المرآة هو الضوء (الثانى) [٢] الذى أشرق من الضوء الذى فى أرض البيت على سطح المرآة ، الذى هو ضوء ثان أيضاً ، فيكون الضوء الذى أشرق على المرآة من الأضواء الضعيفة لا من الأضواء القوية فعلى هذه الصفة يتبين أن الأضواء الضعيفة تنعكس أيضاً عن الأجسام الصقيلة » [٣] .

(١) و (٤) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) فى الأصل « الباقى » .

(٣) و(٥) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

ولما كانت نظريته فى اللون أن الألوان تمتد مصاحبة للأضواء فهو يمضى إلى ذكر اعتبارات يستدل بها على انعكاس الألوان أيضاً [١] . فاذا ترقب المعتبر فى الاعتبار السابق دخول ضوء الشمس وجعل مكان الضوء على الأرض ثوباً ملوناً أرجوانياً مثلا ثم أخذ المعتبر جسما مجوفاً « كالمكوك أو ما يجرى مجراه » فى داخله ثوب أبيض ، ووضعه بحيث لا يصل الضوء الثانى من الأرض ولا لون الثوب الأرجوانى اليه ، وقرب المرآة إلى الثوب الأرجوانى من الجهة التى فيها فوهة الجسم المجوف ، ولم يولجها فى الضوء ، وجعل وجهها مما يلى الأرض ، وأمالها ورفع « جانبها الذى يلى الجسم الأجوف حتى يصير فوهة الجسم الأجوف فى الموضع الذى اليه ينعكس الضوء عن المرآة » ، فانه يجد اللون الأرجوانى على الثوب الأبيض الموجود فى داخل الجسم الأجوف ، واذا أمال المرآة الى غير جهة الانعكاس أو رفعها زال اللون عنه ، وكذلك اذا اعتبر بثياب ملونة أخرى .

٨٢ — الاستدلال بالاعتبار على أن الانعكاس عن السطوح الصقيلة ليس تاما

ويذكر ابن الهيثم بعض الأمور الجديرة بالذكر المتعلقة بالانعكاس .

فالانعكاس لا يكون عن السطوح الصقيلة تاماً بمعنى أن الضوء المنعكس عن السطح أضعف من الضوء الواقع عليه . وهو يدلل أيضاً على هذا بالاعتبار [٢] فاذا جعل المعتبر فى الاعتبار السابق مرآة أو جسما صقيلا فى الموضع المضىء من أرض البيت ووضع جسما أبيض الى جانبها فى الضوء الحاصل على الأرض ووضع فى موضع الانعكاس جسما أبيض آخر من جنس الأول وقاس بالحس بين الضوء الحاصل على الثانى وهو المنعكس

(١) و (٧) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) و(٨) « « « «

وبين الضوء الحاصل على الأول وجد الحاصل على ذاك أضعف .

وكذلك انعكاس الألوان عن السطوح الصقيلة فهو أيضاً غير تام وبيّن ابن الهيثم هذا أيضاً بالاعتبار[١] . فاذا أعيد الاعتبار الذى تبين به انعكاس الألوان وجُعل خارج الأجوف بالقرب من الثوب الأرجوانى ثوب شبيه اللون بالثوب الموجود داخل الجسم الأجوف « وليجعل بعد هذا الثوب من الجسم المتلون الذى فى الضوء كمثل بعد الجسم الصقيل عنه » وقيس بين اللون الظاهر عليه وبين اللون الظاهر على الثوب الموجود فى داخل الجسم الأجوف وجد الثانى أضعف .

ويؤكد ابن الهيثم أن ضعف الضوء بالانعكاس ناشىء عن الانعكاس فى ذاته فهو يحصل أيضاً اذا كان الانعكاس عن مرآة فضية مجلوة . والانعكاس يضعف الضوء على وجه يختلف عن ضعفه من جراء البعد . ويدلل على هذا باعتبار[٢]، فاذا أعيد الاعتبار الأول واستقبل بالمرآة الضوء الداخل من الثقب قبل وقوعه على الأرض وتحرى المعتبر ألا تستر المرآة جميع هذا الضوء بل يصل الى الأرض جانب منه . ثم وضع جسما أبيض شبيهاً بالذى على الأرض على بعد من المرآة يساوى بعد هذا عنه وهيأ الجسم الثانى فى الوضع الخاص بالانعكاس فانه يجد الضوء على الجسم الأول أقوى منه على الثانى .

ثم هو يقرر أيضاً فى هذا الصدد أن السطوح الصقيلة التى تعكس الضوء بهذه الكيفية الى وضع خاص يشرق منها أيضاً أضواء عرضية ، وقد سبق ذكر ذلك من قبل . والأضواء العرضية التى تشرق منها أضعف من المنعكسة كما ان المنعكسة أضعف من المستقيمة « اذا كان مبدأهما واحداً

---

(١) و(٩) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) و(١٠) « « « « «

أو متساوياً وكانت أبعادهما من المبدىء متساوية »[١] .

٨٣ – حكم ابن الهيثم فى الانعطاس

يُعنى ابن الهيثم فى الفصل الثالث من المقالة الرابعة من كتاب المناظر بالاستدلال بالاعتبار على الكيفية التى تنعكس بها الأضواء جميعاً ذاتيها وعرضيها عن سطوح الأجسام الصقيلة على اختلاف هيئاتها من الاستواء والانحناء. ويثبت بالاعتبار أنها جميعاً « تنعكس عن جميع السطوح الصقيلة على هيئة واحدة مخصوصة تتفق جميع الأضواء فيها » وينص على هذه « الهيئة الواحدة المخصوصة » التى يحدث الانعكاس بحسبها نصاً شاملا هو بمنزلة القانون العام فى انعكاس الضوء .

والنص الذى أورده هو بلفظه « ان كل ضوء ينعكس عن سطح صقيل فان كل نقطة من السطح الصقيل الذى منه انعكس الضوء ، ينعكس الضوء منها على خط مستقيم يكون هو والخط المستقيم الذى عليه امتد الضوء إلى تلك النقطة ، والعمود الخارج من تلك النقطة القائم على السطح المستوى المماس للسطح الصقيل على تلك النقطة ، فى سطح واحد مستو . ويكون وضع الخط الذى عليه ينعكس الضوء بالقياس الى العمود المذكور كوضع الخط الذى عليه امتد الضوء الى نقطة الانعكاس ، بالقياس الى ذلك العمود . أعنى ان كل خط ينعكس عليه ضوء من سطح صقيل ، فانه يحيط مع العمود الذى يخرج من تلك النقطة قائماً على السطح المستوى المماس للسطح الصقيل على تلك النقطة ، بزاوية مساوية للزاوية التى يحيط بها الخط الأول الذى عليه

---

(١) يعلق الفارسى على هذه الاعتبارات بقوله « وهذه الاعتبارات المذكورة فى هذا الفصل انما تفيد الأحكام المذكورة اذا كان الضوء المنعكس عن الصقيل واللون اسطوانيا أو منخرطا إلى الاتساع ، فأما ان كان منخرطا إلى الاجتماع فقد لا تفيد » ص ٣٢٨ من الجزء الأول من التنقيح (النسخة المطبوعة) . وواضح أن المقصود هو ضعف الضوء من أجل الانعكاس لا من أجل الانخراط نحو الاتساع .

امتد الضوء الى تلك النقطة مع ذلك العمود »[١] .

ذلك هو ما نوثر أن نسميه حكم ابن الهيثم فى الانعكاس ، وهو يحيط بمعنى قانونى الانعكاس بصيغتيهما المألوفتين لدينا الآن . وان كان « أوقليدس » قد سبقه الى معرفة تساوى زاويتى السقوط والانعكاس ، وبطليموس قد سبقه الى إدراك أن الشعاعين الساقط والمنعكس يقعان فى المستوى العمود على السطح العاكس ، فان ابن الهيثم فى هذا الحكم قد نص نصاً صريحاً شاملا على الكيفية التى ينعكس عليها الضوء بالمعنى المقصود من الضوء فى الوقت الحاضر ، وصحح موقف المتقدمين الذين عنوا بأقوالهم فى الانعكاس انعكاس الشعاع الخارج من العين الذى كان فى زعمهم كما سبق أن ذكرنا بمثابة « قرون الاستشعار » للبصر . وأيضاً فان الآلة التى اعتبر بها بطليموس للاستدلال على أحكامه الثلاثة فى الانعكاس كانت بسيطة التركيب لا تكفل فى نظرنا كما ذكرنا من قبل ، التحقق بالاستقراء مع استقصاء أحوال السطوح الصقيلة المختلفة من المعنى الشامل المقصود من الحكم ، فى حين أن ابن الهيثم قد عنى عناية خاصة بالتحقق من هذا المعنى وخصوصاً ما يتعلق بوقوع الشعاعين الساقط والمنعكس فى المستوى العمود على السطح العاكس ، بالاعتبار بأنواع من المرايا سطوحها مختلفة الأشكال كما سيتضح فيما بعد .

وابن الهيثم يعقب على قوله الذى أوردناه بما يزيده تفصيلا فيقول « وتكون الخطوط الثلاثة فى سطح واحد مستو قائم على السطح المستوى المماس للسطح الصقيل على نقطة الانعكاس على زوايا قائمة . وإذا كان الخط الذى امتد عليه الضوء إلى السطح الصقيل عموداً على السطح المستوى المماس لذلك السطح الصقيل على النقطة التى عليها لقى ذلك الخط السطح الصقيل انعكس الضوء راجعاً على ذلك الخط بعينه » .

---

(١) و (١٤) ، و (١٥) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

والذى يلاحظ فى الصيغة التى نص بها ابن الهيثم على القانون أنه يتجنب ذكر الشعاع دفعاً للالتباس بالمعنى الذى كان أصحاب التعاليم فى عصره ومن قبله يقصدونه من هذا الاصطلاح . فهو قد عبر عن الشعاع الساقط بالخط الذى يمتد عليه الضوء إلى السطح العاكس ، وعبر عن الشعاع المنعكس بالخط الذى ينعكس عليه الضوء . ورأى الفارسى أن يطلق على الأول اسم « خط الاستقامة » وعلى الثانى خط الانعكاس وعلى مستوى المستقيمات الثلاثة « سطح الانعكاس » ولنقل « مستوى الانعكاس » ، ورأى الفارسى أيضاً أن يطلق على تقاطع مستوى الانعكاس والسطح العاكس الذى كثيراً ما عبر عنه « بالسطح الصقيل » اسم « فصل الانعكاس » ، وقد عبر عنه أيضاً « بالفصل المشترك » وهذه العبارات قد وردت جميعاً فى مواضع مختلفة من أقوال ابن الهيثم ولكنه لم يلتزمها على الاطلاق .

والصيغة التى نص بها ابن الهيثم على الشطر الأول من القانون تمتاز فى أنها تتضمن تحديداً هندسياً لمعنى العمود يشمل جميع السطوح التى ينعكس عنها الضوء على اختلاف هيئاتها . ويبدو لنا أن ابن الهيثم قد قصد من صوغ هذا الشطر فى الصيغة التى وضعها ، التأكيد فى أن العبرة من الوجهة الهندسية ليست بالسطح الذى يحصل عنده الانعكاس وإنما بالمستوى الذى يمس هذا السطح على النقطة التى يقع عليها الضوء . وهو قد عنى عناية خاصة كما سيتبين بعد بتعيين المستوى المماس فى المرايا الكرية والاسطوانية والمخروطية المحدبة والمقعرة وبيان هيئات فصول الانعكاس فى الأحوال المختلفة . والفقرة التى ألحقها بالقانون وإن ظهر أول وهلة انها لا لزوم لها ، لأن الشطر الأول من القانون نفسه يتضمن معنى الجزء الأول منها ، والجزء الثانى منها يعد حالة خاصة ينطوى عليها الجزء الثانى من القانون ، فان فيها أيضاً توكيداً لأهمية معرفة وضع مستوى الانعكاس بالاضافة إلى المستوى المماس ، وإقراراً بأن الزاويتين متساويتان أبداً حتى إذا عدمت إحداهما عدمت الأخرى معها .

وهو قد عنى عناية خاصة بتحقيق هذا المعنى الأخير عملياً بطريق الاستقراء كما سيتضح فيما بعد .

٨٤ — آلة الانعكاس التى اعتبر بها ابن الهيثم

ولتحقيق القانون العام فى الانعكاس ومسائل أخرى مرتبطة بانعكاس الضوء سيأتى ذكرها فى موضعها ، أورد ابن الهيثم جهازاً سماه « آلة الانعكاس » ، أسهب فى وصف أجزائها المختلفة وكيفية صنع كل جزء منها ، وكيفية تركيب هذه الأجزاء المختلفة لكى يتم بها تركيب الآلة بجملتها ، وكيفية استعمالها لتحقيق الغرض الذى يراد منها (١) .

والوصف الذى أورده ابن الهيثم دقيق الى درجة تدعو الى التقدير ، ألم فيه بكل البيانات والتفصيلات التى يصح أن يُهتدى بها لا فى فهم تركيب الآلة وكيفية استعمالها فحسب بل فى صنع الآلة بجميع أجزائها أيضاً . وقد شمل الوصف أبعاد كل جزء من أجزاء الآلة . والوحدة الأساسية التى استعملها ابن الهيثم فى قياس الأبعاد هى عرض الأصبع ، وهو قد أكد فى أقواله فى هذا الصدد ضرورة تحرى الدقة فى جعل الأصبع التى يقدر بها طولا واحداً لا يتغير (٢) .

والآلة التى أوردها ابن الهيثم لا شك معقدة التركيب إذا قيست بالأجهزة البسيطة التى يستعان بها فى الوقت الحاضر على توضيح قانونى الانعكاس وتحقيقهما للمبتدئين بدراسة علم الطبيعة . ولكنه كما سبق أن ذكرنا فى موضع

---

(١) و(١٥) — و(٥٥) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

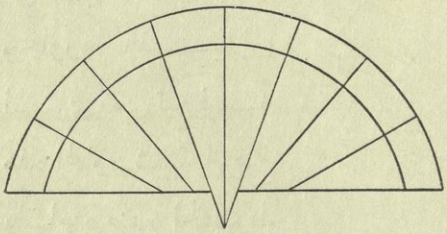
(٢) بين محمود بك الفلكى (باشا فيما بعد) فى رسالته القيمة عن المقاييس أن عرض الأصبع يساوى ٢,٠٥٥ من السنتيمترات ولو أن الوحدة المقصودة هى عرض الأصبع فمن المعتاد التعبير عنها بالأصبع . وابن الهيثم يقول بلفظه فى هذا الصدد « وينبغى أن تكون الأصبع التى يقدر بها خطا مستقيما مخطوطا فى الصفيحة النحاس (وسيأتى ذكرها فيما بعد) محررا ، وكلما أحتيج إلى تقدير شىء من المقادير بالأصابع جعل طرفى البركار على طرفى هذا الخط ثم يقدر بالبركار ما يجب تقديره » .

آخر من هذا الكتاب قد تحرى فى هذه الآلة ان تكون كفيلة بتوضيح شطرى قانون الانعكاس وتحقيقهما فى أحوال الانعكاس عن السطوح ذات الهيئات المختلفة ، وقصد بها أن يستقرىء أكثر ما يمكن من تلك الأحوال .

وقد رأينا أن نقسم فيما يلى موضوع هذه الآلة قسمين نبين فى القسم الأول وصفها بأجزائها المختلفة ونبين فى القسم الثانى كيفية استعمالها .

بيان وصف الآلة وكيفية تركيبها :

تتركب الآلة فى جملتها من جزء أساسى وأجزاء إضافية . الجزء الأساسى منها يتكون من جزأين . أحدهما صفيحة من النحاس مستوية متينة ذات سمك مقتدر على شكل قطعة من دائرة ، قطرها ليس بأقل من اثنتى عشرة أصبعاً ، وبعد وترها عن القطر الموازى له قدر أصبع واحدة ، وبها عند وسط وترها نتوء مدبب على هيئة مثلث تقع رأسه المدببة الحادة عند مركز الدائرة بالضبط . والصفيحة قد قسمت حافتها المقوسة أقساماً متساوية عن جنبتى منتصفها [1] بحيث يكون لكل قسم من أحد جانبى منتصف الحافة المقوسة قسم شبيه الوضع به من الجانب الآخر . وخُطت على وجه الصفيحة الخطوط المستقيمة الواصلة هى أو امتداداتها من نقاط أقسام الحافة المقوسة الى مركز دائرة الصفيحة ، وخطت على وجهها أيضاً قوس متحدة المركز مع مركز دائرتها تبعد عن حافتها المقوسة بمقدار أصبع واحدة فيكون نصف قطرها خمس أصابع . وشكل (٢٨) يبين هيئة هذه الصفيحة بحسب الوصف الوارد وقد جعلنا عدد خطوط وجهها فى كل نصف منها ثلاثة . وسنعبر فيما يلى



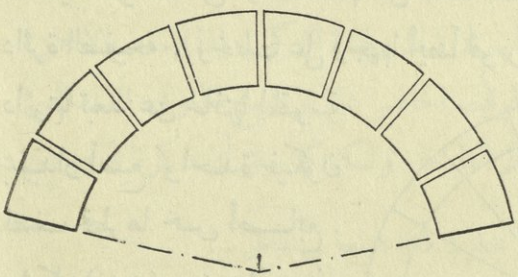
(شكل ٢٨)

(١) ترك ابن الهيثم تحديد عدد الأقسام إلى مشيئة المعتبر ، قال « بأقسام كما يشاء المعتبر » .

عن هذا الجزء من الآلة كما عبّر عنه ابن الهيثم نفسه بلفظ « الصفيحة » .

أمّا الجزء الآخر فقطعة من حلقة اسطوانية قائمة من الخشب ، يرى ابن الهيثم نفسه أن تكون « من خشب لدن كالعرعر أو الصرو (كذا) أو ما جرى مجراهما » [١] ، نصف قطر سطحها الخارجي يزيد على نصف قطر الصفيحة بمقدار أصبع واحدة ، ونصف قطر سطحها الداخلي كنصف قطر القوس المرسومة على وجه الصفيحة ، وارتفاعها ست أصابع . والقطعة مقطوعة بحيث يكون طول القوس المقعرة الداخلية من مقطعها العرضي العمود على محور اسطوانتها كطول القوس المرسومة على وجه الصفيحة وبحيث يكون القطع عند جانبيها المستطيلين ماراً امتداده بمحور اسطوانتها . وسنعبر عنها فيما يلي « بالخشبة الحلقية » وابن الهيثم يسميها « الحلقة » وسنعبر عن أحد طرفيها الذي إذا أقيمت عليه يكون محور اسطوانتها رأسياً بالقاعدة .

ويوجد بجسم هذه الخشبة الحلقية على بعد من قاعدتها يساوي ثلث ارتفاعها ثقوب اسطوانية ضيقة نوعاً قطر كل ثقب منها « بمقدار طول شعيرة تامة » [٢] ومحاور هذه الثقوب نصف قطرية ، أي تقع جميعاً في مستوى واحد عمود على محور اسطوانة الخشبة وتتلاقى جميعاً في نقطة على هذا المحور . وعدد هذه الثقوب بعدد الأقسام التي قسم بها وجه الصفيحة ، ومحاورها بالنسبة إلى المستوى الذي تقع فيه هذه المحاور شبيهة الوضع بالتمام بوضع الخطوط



(شكل ٢٩)

(١) و (١٦) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) يعين ابن الهيثم في الأصل قطر المثقب الذي تثقب به الثقوب ويقول « ثم يعتمد (أي المعتبر) مثقبا من مثاقب الخشب ويكون عرض رأسه بمقدار طول شعيرة تامة » . وطول الشعيرة التامة يزيد قليلا على السنتيمتر .

المستقيمة المخطوطة على وجه تلك الصفيحة ، فيكون فى جسم الخشبة ثقب أوسط وعن جنبيه ثقوب لكل ثقب فى أحد الجانبين ثقب يناظره فى الجانب الآخر . وقد خطت على سطحى الخشبة الاسطوانتين الداخلى والخارجى الخطوط المستقيمة الموازية لمحور اسطوانتها المارة بمراكز الثقوب . وخطت على سطحها الأعلى المقابل للقاعدة المستقيمات الواصلة بين أطراف تلك الخطوط . وشكل (٢٩) يبين مقطعاً عرضياً للخشبة الحلقية يمر بمحاور هذه الثقوب .

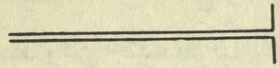
والصفيحة المذكورة مثبتة فى جسم الخشبة الحلقية بحيث يكون مستوى وجهها عموداً على محور اسطوانة الخشبة وملامساً الثقوب الموجودة فى جسم الخشبة مما يلى القاعدة ، وبحيث تنطبق القوس المرسومة على وجهها على السطح المقعر الداخلى للخشبة وينتهى طرفا هذه القوس عند حرفى الخشبة المستقيمين اللذين ينتهى اليهما سطحها المقعر الداخلى ، فيكون الحرف المقوس للصفيحة داخلا فى جسم الخشبة إلى نصف سمكها ويكون رأس مثلث الصفيحة عند محور اسطوانة الخشبة ويكون كل خط من الخطوط المرسومة على وجه الصفيحة موازياً لمحور أحد ثقوب الخشبة .

والقطعة التى تتركب من الخشبة الحلقية والصفيحة معاً ، على الصفة التى بيناها ، مثبتة على قاعدة مستوية من الخشب سمكها أصبعان فى وسطها حفر سنذكر صفته فيما بعد ، نسميها قاعدة الآلة ، بحيث إذا وضعت هذه القاعدة على مستوى أفقى صارت الخشبة الحلقية قائمة ومحور اسطوانتها رأسى ومستوى الصفيحة أفقى . ذلك هو الجزء الأساسى من الآلة .

أما الأجزاء الاضافية فهى :

(١) أنبوب اسطوانى من النحاس قطره الخارجى كقطر الثقوب وسمكه مقتدر « حتى يكون تجويف الأنبوب بمقدار الميل » ، وأحد طرفيه مطوّق بحلقة من النحاس ملتحمة به (شكل ٣٠) بحيث إذا أدخل الأنبوب فى أى

واحد من الثقوب حتى تمس حلقة الأنبوب السطح الخارجي للخشبة الحلقية يثبت الأنبوب فى وضعه ولا يضطرب . وطول الأنبوب بقدر ما إذا دوخل فى الثقب على الصفة المذكورة انتهى طرفه الآخر إلى امتداد قاعدة المثلث فى الصفيحة النحاسية .



(شكل ٣٠)

(٢) سبع مرايا ينص عليها ابن الهيثم صراحة مصنوعة من الفولاذ ذات سمك مقتدر ، إحداها مستوية واثنتان اسطوانيتان ، واثنتان مخروطيتان واثنتان كريتان ، وواحدة من كل من الاثنتين مقعرة والأخرى محدبة .

وذكر ابن الهيثم أبعاد هذه المرايا [١] ، فالمستوية جعلها مستديرة « عرضها (أى قطرها) بمقدار ثلاثة أصابع » ، والاسطوانية المحدبة « من اسطوانة قطر قاعدتها بمقدار ست أصابع » ويقول « وليكن كل واحد من وترى قاعدتى سطحها المحدب بمقدار عرض ثلاث أصابع ويكون طولها المستقيم بمقدار عرض ثلاث أصابع أيضاً » ، والاسطوانية المقعرة أبعادها كأبعاد الاسطوانية المحدبة . ويشير إلى أن المرآة الاسطوانية وفقاً لهذه الأبعاد يكون سهم [٢] قوس قاعدتها أقل من نصف أصبع . والمخروطية المحدبة « تكون من مخروط قطر قاعدته ليس بأكثر من ست أصابع ويكون وتر قاعدة سطحها الخارج المحدب بمقدار عرض ثلاث أصابع ويكون طولها المستقيم بمقدار عرض أربع أصابع ونصف » . والمخروطية المقعرة بالمثل [٣]

---

(١) و(٢٣) ، و (٢٤) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

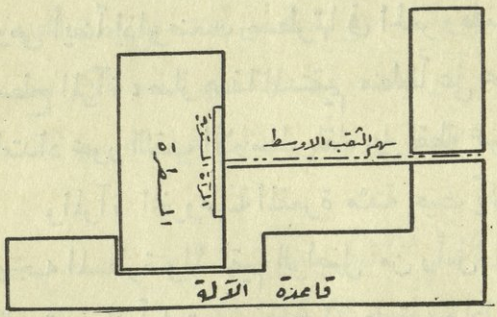
(٢) سهم القوس هو الواصل من منتصفها الى منتصف وترها . ويقاس على هذا سهم المرآة الكرية .

(٣) سقط فى المخطوط ذكر أبعاد المخروطية المقعرة فى هذا الصدد ولكن أقواله عنها فيما بعد تدل على أن أبعادها كأبعاد المخروطية المحدبة .

والكرية المحدبة « تكون من كرة قطرها ليس بأكثر من ست أصابع .... ويكون قطر دائرتها بمقدار عرض ثلاث أصابع فيكون سهمها أقل من نصف أصبع » ومثلها الكرية المقعرة . وكل واحدة من هذه المرايا السبع مثبتة على حامل من الخشب يسميه ابن الهيثم « مسطرة المرآة » ، على شكل متوازى مستطيلات طوله ست أصابع وعرضه أربع أصابع وسمكه ثلاث أصابع تثبت المرآة على أحد سطحيه الأكبرين ولنعبر عنه بوجه المسطرة .

وبوسط القاعدة الخشبية للآلة حفر مربع الشكل ضلعه كعرض وجه المسطرة وضلعان من أضلاعه الأربعة موازيان لوتر الصفيحة ، والحفر ممتد فى قاعدة الآلة بحيث يكون بعضه تحت مثلث الصفيحة ، وذلك لكى يتسنى إنزال المسطرة فيه بحيث يكون وجه المسطرة مواجهاً للثقب الأوسط وعموداً على محوره ، وبحيث يمكن تقديم المسطرة دون أن تتقلقل نحو رأس المثلث الموجود فى الصفيحة النحاسية .

وشكل (٣١) يبين مقطعاً ماراً بمحور اسطوانة الخشبة الحلقية وبسهم الثقب الأوسط يوضح موضع المسطرة من الآلة .



(شكل ٣١)

وكل واحدة من المرايا السبع مثبتة فى حفر يحفر فى وجه المسطرة تثبيتاً على صفة خاصة . فالمستوية مثبتة بحيث يكون سطحها المستوى العاكس متصلا ببقية وجه مسطرتها ، وبحيث إذا وضعت المسطرة فى الحفر المعد للمساطر فى قاعدة الآلة وقدمت حتى يلمس سطحها رأس مثلث الصفيحة ، صار منتصفها على امتداد محور الثقب الأوسط وصار سطحها عموداً عليه ومنطبقاً على محور اسطوانة الخشبة الحلقية .

والمرآة الاسطوانية المحدبة مثبتة فى وجه مسطرتها بحيث يكون مستوى وجه المسطرة مماساً لها على وسطها ، وبحيث إذا وضعت مسطرتها فى الحفر كان محور سطحها الاسطوانى موازياً لمحور الحلقة الخشبية ، وبحيث إذا قدمت حتى لمس رأس مثلث الصفيحة سطح المرآة ، كان المستقيم الخارج من نقطة التلامس فى سطح المرآة موازياً لمحور سطحها الاسطوانى ، كان هذا المستقيم منطبقاً على محور الخشبة الحلقية .

والمرآة الاسطوانية المقعرة مثبتة فى وجه مسطرتها بحيث يكون سطحها المقعر العاكس غائراً فى وجه المسطرة وبحيث يكون مستوى وجهها موازياً للمستوى المتوهم المماس للسطح الاسطوانى للمرآة على منتصفه ، وبحيث إذا وضعت مسطرتها فى الحفر وقدمت حتى لمس رأس مثلث الصفيحة سطح المرآة ، كان المستقيم الخارج من نقطة التلامس فى سطح المرآة موازياً لمحور سطحها الاسطوانى ، منطبقاً على محور الخشبة الحلقية .

والمرآة المخروطية المحدبة مثبتة بحيث يكون المستقيم الواصل من رأس المخروط إلى منتصف قوس قاعدة المرآة واقعاً فى مستوى وجه المسطرة وهى أيضاً إذا وضعت مسطرتها فى الحفر وقدمت حتى لمس رأس المثلث سطح المرآة ، صار هذا المستقيم منطبقاً على محور الخشبة الحلقية . وصار امتداد محور الثقب الأوسط يلقاه على نقطة عموداً عليه .

والمرآة المخروطية المقعرة مثبتة بحيث يكون سطحها المقعر غائراً فى وجه المسطرة والمستقيم الواصل من رأس المخروط الى منتصف قوس قاعدته موازياً لمستوى وجه المسطرة ، وإذا وضعت مسطرتها فى الحفر وقدمت حتى يلمس رأس مثلث الصفيحة سطح المرآة كانت نقطة التلامس على المستقيم المذكور ، وصار هذا المستقيم منطبقاً على محور الحلقة الخشبية ، وصار محور الثقب الأوسط يلقاه على نقطة عموداً عليه .

والمرآة الكرية المحدبة مثبتة بحيث يكون قطبها عند مستوى وجه

مسطرتها ومستوى هذا الوجه مماساً لها على القطب. والمرآة الكرية المقعرة مثبتة فى وجه مسطرتها بحيث يكون سطحها المقعر غائراً فى وجه المسطرة ويكون مستوى هذا الوجه موازياً للمستوى المماس لسطحها المقعر على القطب. وذلك فى الحالتين بحيث إذا وضعت المسطرة فى الحفر صار قطب المرآة فى مستوى محاور ثقوب الآلة، وصار امتداد محور الثقب الأوسط عموداً على سطح المرآة ويلقاه على القطب فى الحالتين.

ولم يفت ابن الهيثم أن يشرح بالتفصيل ما يجب أن يتخذه المعتبر من الحيطة فى حالتى الكرية المحدبة والمقعرة لكى يتحرر عند استعمالها الوضع الصحيح الذى يكون فيه قطب المرآة لا على امتداد محور الثقب الأوسط فحسب، بل ويكون واقعاً على محور اسطوانة الحلقة الخشبية أيضاً، لأنه إذا قدمت المسطرة حتى يلمس رأس مثلث الصفيحة سطح المرآة لا يكون قطب المرآة واقعاً على محور الحلقة الخشبية، وذلك لأن رأس مثلث الصفيحة لا يقع فى مستوى محاور الثقوب وإنما يقع تحت هذا المستوى بقدر نصف قطر هذه الثقوب. فاذا ما لمس رأس المثلث السطح الكرى للمرآة، فانه لا يلمسه على القطب بالضبط بل يلمسه على نقطة من تحته، ففى حالة المحدبة يكون وضع قطبها عندئذ من رأس المثلث فيما دونه من الثقب الأوسط، وفى المقعرة يكون وضع قطبها عندئذ من رأس المثلث فيما يليه من الثقب الأوسط.

والطريقة التى شرحها ابن الهيثم [1] لكى يتحرر بها الوضع الصحيح فى حالة المقعرة أن يعلم على مثلث الصفيحة على الخط الأوسط من خطوطها علامة يكون بعدها عن رأس المثلث مساوياً لسهم المرآة ولنسمها العلامة الأولى. ثم تقدم المرآة حتى يلمس رأس المثلث سطحها ويؤتى بمسطرة

---

(١) و (٢٨)، و (٢٩) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر. وقد لاحظنا سقوط بعض العبارات من و (٢٩).

حرفها حاد صحيح الاستقامة ، وتجعل على الصفيحة بحيث يلمس حرفها الحاد مسطرة المرآة ويعلم على مثلث الصفيحة على الخط الأوسط منها وهى فى هذا الوضع علامة ، ولنسمها العلامة الثانية . ويعلم فى الوقت نفسه على نقطة تلامس رأس المثلث وسطح المرآة علامة . ثم يفصل من رأس المثلث على الخط الأوسط بعداً يساوى البعد بين العلامتين الأولى والثانية ، ثم تثقب المرآة ثقباً مقتدراً مركزه نقطة التلامس المذكورة ، بحيث يتسنى عند تقديم المسطرة نحو رأس مثلث الصفيحة أن يلج رأس المثلث فى الثقب بقدر الجزء المفصول الذى بُعده عن الرأس يساوى البعد بين العلامتين الأولى والثانية . وعلى هذه الصفة يتسنى تحرير الوضع الصحيح عند استعمالها . أما فى حالة المرآة المحدبة فيرى (١) أن يطبق حد المسطرة الدقيقة على وجه مسطرة المرآة بحيث يكون حد المسطرة الدقيقة رأسياً مماساً لسطح المرآة المحدبة على قطبها ، فاذا قدمت مسطرة المرآة نحو رأس المثلث حتى يلمس رأس المثلث حد المسطرة الدقيقة فعندئذ يكون قطب المرآة على محور الخشبة الحلقية وعلى امتداد محور الثقب الأوسط .

وقد شرح ابن الهيثم شرحاً مسهباً كيفية تركيب كل واحدة من هذه المرايا على المسطرة الخاصة بها ، ولا ضرورة لتفصيل ذلك هنا .

٨٥ — كيفية استعمال آلة الانعطاس

ويشرح ابن الهيثم كيفية استعمال الآلة . ونتخذ المرآة المستوية فيما يلى كما فعل هو نفسه كمثال نوضح به طريقته . فيؤتى بالحامل الذى عليه المرآة وينزل فى الحفر الموجود فى قاعدة الآلة ويهيأ الحامل بحيث يلمس رأس المثلث الموجود فى الصفيحة النحاسية سطح المرآة ، ويثبت الحامل على هذا الوضع فى الحفر تثبيتاً محكماً ، ولكى يتأتى ذلك يرى ابن الهيثم « أن يُجعل

(١) و(٣٦) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

فيما يفضل من الحفر عن حجم المسطرة من مقدمها جسم يضغط أسفل المسطرة، حتى تثبت فى وضعها ولا تتحرك عنه، فان فضل من الحفر من وراء المسطرة أيضاً فضلة يسيرة جعل فيها شظية من الخشب، حتى تنضغط المسطرة فى الحفر ضغطاً شديداً وتثبت فلا تتحرك إذا حركت الآلة ولا يتغير وضعها إذا قلبت الآلة ورفعت ووضعت »[1]. وقد تركنا فى شكل (٣١) أمكنة هذه الفضلات التى يشير اليها ابن الهيثم خالية فيتضح بالرجوع إلى هذا الشكل ما يريده.

ثم تسد ثقوب الآلة إلا واحداً من الثقوب المائلة على الوسط، وتسد بقراطيس بيض أى بقطع من الورق الأبيض، تلصق على السطح الداخلى للخشبة الحلقية « إلصاقاً يثبت بعض الثبات ». فاذا ألصقت غمزت بطرف الأصبع على الثقب حتى يؤثر محيط الثقب فيها ويتلوح الأثر المستدير فى ظاهر كل قطعة، فاذا تم ذلك وظهر على الورقة محيط الثقب خُط حوله بقلم دقيق.

ثم تجعل الآلة فى الشمس ويجعل حائطها مما يلى جرم الشمس بحيث يوجه اليها الثقب المفتوح، ويفضل ابن الهيثم أن يكون ذلك فى بيت يدخل اليه الضوء من ثقب ضيق[2]، وتُمال الآلة حتى يدخل ضوء الشمس من الثقب ويقع على سطح المرآة، ويتأمل المعتبر عندئذ السطح الداخلى للخشبة الحلقية فانه يجد الضوء المنعكس واقعاً على الثقب النظير للثقب المفتوح أى الذى يتوسط بينهما الثقب الأوسط. فاذا سد الثقب المفتوح بقرطاس وفتح الثقب النظير له الذى كان قد وقع عليه الضوء المنعكس فى الحالة الأولى وأدير الجهاز حتى يدخل الضوء من الثانى وجد الضوء المنعكس واقعاً على الأول.

ولم يقنع ابن الهيثم بهذا القدر وكأنه قد اتخذ هذا تمهيداً يتدرج منه إلى

---

(١) و (٣٠) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر.

(٢) و (٣١) « « « «

طلب المزيد من التدقيق والتحرى . فهو يطالب بعد ذلك بادخال الأنبوب النحاسى فى أحد الثقبين إلى أن يصل طرفه المطوّق إلى السطح الخارجى للخشبة الحلقية ، فيثبَّت على هذا الوضع بحيث يكون الخط المخطوط على الصفيحة النحاسية مماساً للأنبوب وموازياً لمحوره ، « فان كان فيه (أى الأنبوب) شىء من الملاسة ألصق (المعتبر) جنبيه مع سطح الصفيحة بشىء من الشمع »[1] لكى يثبت ثبوتاً محكماً ، فاذا تم ذلك يقابل بطرف الأنبوب جرم الشمس إلى أن ينفذ ضوؤها منه ويقع على سطح المرآة . ففى هذه الحالة يوجد الضوء المنعكس واقعاً على الثقب النظير للذى فيه الأنبوب .

وإذا ضيق ثقب الأنبوب بقدر ما يسمح به الجهد ، فان الضوء المنعكس يوجد يسيراً وواقعاً على مركز الثقب النظير . ولبيان كيفية تضييق الثقب لهذا الغرض يقول « فليعتمد المعتبر قطعة من الشمع فيفتلها حتى تصير كالخيط ، ثم يديرها حول طرف الأنبوب من خارج ويلصقها بطرف الأنبوب ليضيق ثقب الأنبوب ولا يبقى منه إلا ثقب دقيق ، وليتحر أن يكون الثقب الذى يبقى ، فى وسط ثقب الأنبوب . ثم يفعل بالطرف الآخر من الأنبوب مثل ذلك »[2] .

وفى مثل هذه الحالة يكون المستقيم الواصل بين الثقبين الصغيرين فى وسطى طرفى الأنبوب وهو سهم الأنبوب أى محوره ، بمثابة ما نسميه الآن شعاعاً ساقطاً ، والضوء الوارد على هذا السمت إلى المرآة ينعكس من النقطة التى يلقى فيها سهم الأنبوب سطح المرآة ، ويمتد بعد الانعكاس على سمت المستقيم الواصل بين هذه النقطة وبين مركز الثقب النظير .

وإذا أخرج الأنبوب من هذا الثقب ودوخل فى الثقب النظير له ،

---

(١) و(٣١) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) و(٣١) « « « «

وأعيدت التجربة ثم أعيدت على كل ثقب فى أحد الجانبين والنظير له فى الجانب الآخر وجد الأمر فى جميع هذه الحالات واحداً من غير تفاوت .

ويراعى ابن الهيثم بعد ذلك ما يحدث إذا روعى الثقب الأوسط نفسه . ومن أجل هذا تسد جميع الثقوب البواقى ، ويدخل فى الأوسط عود مستدير قطره كقطر الثقب وطرفه منخرط مدبب ، ويولج فى الثقب حتى يلاقى طرفه سطح المرآة ويعلم على موضع ذلك نقطة . ثم يخرج العود ويقابل بالثقب الشمس من غير أنبوب فيدخل الضوء من الثقب ويقع على سطح المرآة ويكون مطرحه على المرآة مستديراً ، وأوسع من الثقب نظراً لانخراط الضوء الداخل واتساعه . وقد بين هو نفسه ذلك من قبل .

ويتحرى المعتبر أن تكون النقطة المعلمة على سطح المرآة فى وسط هذا الضوء . ويعلم على محيط الضوء نقطة ، ويرسم دائرة تكون النقطة الأولى مركزها والثانية على محيطها فيتحدد بمحيط هذه الدائرة مطرح الضوء على المرآة . فاذا تأمل المعتبر بعد ذلك الثقب الأوسط من داخل الحلقة وجد حوله ضوءاً مستديراً محيطاً به من جميع الجهات ، ومتساوى العرض من حوله ، ومحيطه الخارجى أكبر من محيط الضوء الواقع على المرآة نظراً لانخراط الضوء المنعكس واتساعه أيضاً ، فاذا ضيق الثقب كما مر وتحرى المعتبر أن يقع الضوء النافذ منه فى وسط الدائرة المرسومة على سطح المرآة ، وجد أن الضوء المنعكس الذى كان يظهر حول الثقب على السطح الداخلى للحلقة قد ضاق . وكلما ضاق الثقب ضاق هذا الضوء إلى أن يصير إلى الحد الذى لا يظهر حول الثقب شىء منه .

ويتوصل ابن الهيثم من هذه النتيجة إلى أن الضوء المنعكس الذى كان يظهر حول الثقب هو الذى ينعكس من الضوء الذى يمتد داخل الثقب محيطاً بالسهم إذا كان الثقب واسعاً ، لا من الضوء الذى يمتد على السهم نفسه . وزوال الضوء من حول الثقب اذا ضيق الثقب الى القدر المناسب دليل على أن الضوء الممتد على السهم ينعكس على السهم نفسه .

ويعنى أيضاً بما يحدث إذا أميلت مسطرة المرآة بحيث يبعد طرفها الأعلى قليلا عن الثقب الأوسط ، وبحيث يميل سطح المرآة قليلا مع استمرار بقائه موازياً لوتر الصفيحة النحاسية ، فالضوء المنعكس فى هـذه الحالة يقع فوق الثقب على المستقيم المرسوم على السطح الاسطوانى الداخلى للخشبة الحلقية ماراً بمركز الثقب وموازياً لمحور اسطوانتهـا ، وهو عمود على سطح الصفيحة النحاسية .

والطريقة التى اتبعهـا ابن الهيثم تتضمن تحقيق القانون بشطريه الأول والثانى . فمحاور جميع الثقوب واقعة فى مستوى واحد يوازى سطح الصفيحة النحاسية ، فهذا المستوى هو المستوى الذى يقع فيه الشعاع الساقط والشعاع المنعكس عند إنزال مسطرة المرآة فى حفر القاعدة وتثبيتها من غير إمالة . كما أن هيئة المسطرة الحاملة للمرآة ووضع المرآة عليها ووضعها هى نفسها بالنسبة إلى سائر أجزاء الجهاز ، كل ذلك يجعل العمود من نقطة السقوط على سطح المرآة المستوية المقام عند هذه النقطة واقعاً فى مستوى الشعاعين الساقط والمنعكس ، وإمالة المرآة على الصفة المذكورة مع ظهور الضوء المنعكس عند الإمالة فى الوضع المذكور يدل على أن الشعاعين الساقط والمنعكس عندئذ يقعان فى مستوى عمود على مستوى الصفيحة النحاسية ، يقع فيه العمود على سطح المرآة من نقطة السقوط أيضاً .

هذا فيما يتعلق بالمرآة المستوية . وابن الهيثم يبين بعد ذلك كيف يمكن اعتبار مثل هذه المعانى فى المرايا الأخرى ، ويوضح أوضاع المرايا المختلفة عند الاعتبار بها [١] .

---

(١) يشير الفارسى فى هـذا الموضع إلى التفاوت الذى يشاهد فى الضوء المحيط بالثقب الأوسط بحسب نوع المرآة ويقول « فان الزيادة التى توجـد حول الثقب (أى الأوسط) تكون فى المرآة الكرية المحدبة أعظم مما فى المسطحة وفى الكرية المقعرة تارة موجودة وأخرى غير موجودة ، وإذا وجدت فتارة أعظم مما فى المسطحة وتارة أصغر وتارة مثله ، وفى الاسطوانية والمخروطة لا تكون الزيادة متساوية حول الثقب البتة . وجميع ذلك يتبين للمتأمل =

وابن الهيثم يراعى فى المرآتين الاسطوانيتين المحدبة والمقعرة ما يشاهد عند إمالة مسطرة المرآة إمالة جانبية مع التحرى ببقاء محور الثقب الأوسط عموداً على سطح المرآة . ولعلّ الأجدر بنا أن نورد هنا قوله فى هذا الأمر بلفظه . قال « وإذا ركب المعتبر المسطرة التى فيها المرآة الاسطوانية واعتبر بها الضوء على الوجوه التى تقدمت ، فينبغى أن يقلع المسطرة من بعد ذلك ويخرجها من الحفر ويميلها إلى جانبها ويجعل زاوية المسطرة على أرض الحفر، ويلصق المرآة بمركز الصفيحة ، ويتحرى أن يكون مركز الصفيحة على الخط الممتد فى طول المرآة المتصل بالخط الذى فى وسط سطح المسطرة [1] ، وأن يكون سطح المسطرة قائماً على سطح الصفيحة ، فيكون الخط الممتد فى طول المرآة مائلا على سطح الصفيحة . ويمكّن المسطرة من أسفلها بالشمع من جوانبها حتى تثبت على هذا الوضع ولا يتغير وضعها ، ويعتبر بها الضوء ، فانه يجد الضوء الخارج من الثقب ينعكس إلى الثقب النظير له ، ويجد وسط الضوء على مركز الثقب ، وإذا اعتبر كل واحد من الثقوب على هذا الوضع فى المرآة ، وجد الانعكاس مطرداً لا يتغير ، كل ثقب يعتبر يجد الضوء النافذ

= فيما يأتى من مباحث الانعكاس، فأما الذى ذكره فانما هو عند الحس وعلى بعض الأوضاع » : ص (٣٥٨) من الجزء الأول من التنقيح (النسخة المطبوعة) . وابن الهيثم يقول بصفة عامة « وإذا اعتبر الثقب الأوسط يجد الضوء ينعكس إلى الثقب الأوسط نفسه ويظهر حول الثقب من طرفيه (كذا) على مثل ما تقدم (أى فى المستوية) » : و (٣٥) من المخطوط . ويتضح من الوصف الوارد أن نصف قطر الكرية المقعرة ثلاث أصابع وبعد الثقب الأوسط عن سطحها عند الاعتبار بها هو خمس أصابع ، ولذلك تظهر الزيادة حول الثقب عند الاعتبار بها وبالمثل فى الاسطوانية المقعرة وفى المخروطية المقعرة . وابن الهيثم بحسب ما يتبين لنا لا يلزم أن تكون الزيادة فى جميع الأحوال واحدة وبقدر واحد من حول الثقب .

(١) وجه المسطرة كما يتبين من الوصف الذى أوردناه على شكل مستطيل ويكون مستواه عند الاعتبار موازيا لمحور الخشبة الحلقية وطوله بحسب تعبير ابن الهيثم ست أصابع وعرضه أربع أصابع والمستقيم الذى يشير اليه هنا هو الواصل بين منتصفى العرضين . وقد ذكره ابن الهيثم فى المساطر المختلفة فى أقواله عن كيفية تركيب المرايا المختلفة على مساطرها .

ينعكس إلى الثقب النظير له ويجد وسط الضوء على مركز الثقب »[١]. وبعد كلام له يقول « وإذا اعتبر المعتبر المرآة الاسطوانية المقعرة ينبغى أن يميلها أيضاً كما يميل المرآة المحدبة »[٢].

ويلاحظ فى الوضع المائل فى الأسطوانية أن الفصل المشترك أى مقطع سطح المرآة بمستوى السقوط الذى يشمل الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود على السطح من نقطة السقوط يكون قطعاً ناقصاً .

٨٦ — استقراء حالات الانعكاس المختلفة

وابن الهيثم على عادته لا يكتفى بدراسة الانعكاس عن المرايا السبع بالاعتبار بضوء الشمس وحده بل يتناول أيضاً الاعتبار بالأضواء العرضية .

فاذا اعتمد المعتبر بيتاً ببابه ثقب « بمقدار الدرهم » وبابه يقابل حائطاً قريباً تشرق عليه الشمس ، ودخل المعتبر البيت وأغلق منافذه واعتبر بالضوء الداخل من الثقب صادراً عن الحائط المستضىء بالشمس ، وجد الأمر كما وجده فى ضوء الشمس لا فرق ، سوى أن الضوء فى حالة الشمس يكون أقوى . واذا كان الثقب فى حائط البيت متسعاً والجدار المقابل له فسيحاً وفتح ثقبين أو أكثر ، وجد أضواء منعكسة بعدد الثقوب المفتوحة على نظائرها المسدودة [٣] . « وإن اعتبر المعتبر الضوء عند إشراق ضوء النهار على الحائط المقابل للباب ، لا صريح ضوء الشمس وجد الضوء ينعكس على الصفة التى تقدمت »[٤] .

وهو يراعى أيضاً الانعكاس من نقاط مختلفة على سطوح المرايا السبع

---

(١) و (٣٦) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) و (٣٧) « « « «

(٣) و (٣٨) « « « «

(٤) و (٣٩) « « « «

التى اتخذها ويقول فى هذا :

« وكل نقطة من سطح كل واحد من المرايا المذكورة وضعها بالقياس إلى سطح المرآة كوضع سائر النقط التى فى سطح تلك المرآة بالقياس الى سطح تلك المرآة . أما المرايا المسطحة فسطوحها متساوية فى جميع أحوالها ، وكذلك المرايا الكرية كل نقطة منها وضعها بالقياس الى كرتها كوضع جميع النقط التى فيها بالقياس اليها »[1] وهو يبين فى أحوال المرايا الاسطوانية المحدبة والمقعرة أن كل نقطة من سطح المرآة الاسطوانية وضعها بالقياس الى طول المرآة المستقيم والى عرضها المستدير والى كل خط يقطع سطح المرآة فيما بين ذاك المستقيم وهذه الدائرة ، والى السطح المماس للمرآة على تلك النقطة ، كوضع نقطة أخرى الى المستقيم والدائرة والى الخط المخرج فيما بينهما الذى ميله عن المستقيم مثل ميل المائل الأول عنه ، وإلى السطح المماس للمرآة على النقطة الأخرى . والمخروطية فان كل نقطة من سطحها وضعها من الخط المستقيم الممتد فى طوله والعرض المستدير والسطح المستوى المماس لسطحه على تلك النقطة كوضع نقطة أخرى بالقياس اليها .

وهو لا يكتفى بالاستدلال فحسب بل يقرر أنه اذا اعتبرت المرايا على غير النقطة الأولى كانت النتائج هى هى لا تتغير . ويتيسر ذلك برفع المساطر التى فيها المرايا بأن يجعل تحتها فى الحفر جسم رقيق مستوى السطوح ، فيكون وضع المسطرة ذلك الوضع ونقطة الانعكاس غير الأولى . كما انه يقرر أن عظم التكور أو صغره فى المرايا الكرية أو عظم الانحناء أو صغره فى الاسطوانية ، أو عظم رأس المخروط أوصغره فى المخروطية لا يبدل ذلك من النتائج المستقرأة . ويقول فى هذا « واذا كان انعكاس الضوء عن هذه المرايا مع اختلاف أشكالها على صفة واحدة فليس الصفة التى تخص الانعكاس إنما كانت كذلك من أجل شكل المرآة » ثم يعقب قائلا « واذا اعتبرت المرايا

(١) و (٥٣) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

التى كانت على غير هذه الأشكال أيضاً كالمرآة التى تتخذ من قطوع المخروطات وجد الضوء ينعكس عنها أيضاً فى السطح القائم على السطح المماس لسطح المرآة على نقطة الانعكاس ، ويوجد الخط الذى ينعكس عليه الضوء والخط الذى عليه يمتد الضوء الى المرآة يحيطان مع العمود الخارج من نقطة الانعكاس بزاويتين متساويتين»[١]. ويختم أقواله فى هذا الشأن قائلا «وهذه الصفة هى كيفية انعكاس جميع الأضواء عن جميع الأجسام الصقيلة»[٢].

وابن الهيثم فى جميع تعليقاته على نتائج هذه التجارب تنطوى أقواله على اعتقاده الراسخ فى أن الأضواء جميعها على اختلافها ، سواء كانت أضواءاً أولى صادرة عن أجسام تضىء بذاتها أو أضواءاً عرضية صادرة عن أجسام تستضىء بغيرها ، وسواء كانت هذه الأضواء العرضية أولى أو ثوانى أو غير ذلك ، وسواء كانت هذه الأضواء قوية أو ضعيفة فانها جميعها تنقاد لهذا القانون العام فى الانعكاس ، وان المعنى الذى يتضمنه هذا القانون هو خاصة طبيعية لازمة لجميع الأضواء . ويبدو لنا اتجاه تفكير ابن الهيثم ومبلغ أخذه بالاستقراء بأجلى صورة من قوله « ان هذا المعنى هو خاصة طبيعية لازمة لجميع الأضواء قليلها وكثيرها ذاتيها وعرضيها قويها وضعيفها . فاذا كان هذا المعنى خاصة لازمة لجميع الأضواء فان أقل القليل من الضوء ما دام حافظاً لصورة الضوء فان هذه الخاصة لازمة له »[٣]. ويقصد ابن الهيثم من ذلك أنه اذا كان الضوء الذى يظهر بالاعتبار عند تضييق الأنبوب هو أقل القليل من الضوء ، فقد ثبت بالاعتبار أنه ينقاد عند الانعكاس الى القانون . أما اذا كان أقل القليل من الضوء ليس هو الذى يظهر عند تضييق الأنبوب ، بل هو أقل منه ، ولا يمكن أن يدركه الحس ، ولا يمكن أن يعتبر أو تجرى

---

(١) و (٥٥) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .
(٢) و (٥٦) « « « «
(٣) و (٤٢) « « « «

عليه تجارب ، فانه لما كان الضوء الذى هو أنفس من أقل القليل من الضوء والذى يدركه الحس قليله وكثيره ينقاد للقانون ، فأقل القليـــل من الضوء ما دام حافظاً لصورة الضوء وجب أن ينقاد أيضاً الى القانون وإن لم يدركه الحس .

ولا يفوت ابن الهيثم فى هذا الصدد أن يستدل بالاعتبار بآلة الانعكاس على انعكاس الألوان على الصفة نفسها التى تنعكس عليهـا الأضواء . وطريقة الاعتبار كما فى الأضواء العرضية مع استعمال مرآة فضية لكى يكون الانعكاس أتم [١] . فتهيأ الآلة أولا قبل أن يثبت عليها مسطرة المرآة بحيث يرى من أحد ثقوبها الجانبية موضع من الحائط الأبيض ، فيلصق على هذا الموضع جسم ذو لون مشرق كالأرجوانى أو الزرعى ، وينظر من ثقب آخر حتى يرى بياض الحائط . ثم تسد الثقوب الباقية وتركب مسطرة المرآة فى موضعها ويتحرى المعتبر أن تهيأ الآلة على الوضع نفسه ، ويتأمل باطن الحلقة الخشبية فيرى على الثقب النظير للأول لون الجسم منعكساً وعلى الثقب النظير للثانى الضوء العرضى منعكساً . ويقول أيضاً « فان كان لون الجسم مظلماً كالكحلى أو الخمرى أو المسكى أو ما شاكل ذلك فانه (أى المعتبر) يجد الضوء المنعكس عنه مظلماً فقط بالقياس الى الضوء النقى إلا أنه لا يتميز له ماهيـة اللون الذى بهذه الصفة » [٢] .

ويقول بعد كلام له « فيتبين من هذا الاعتبار أن كيفية انعكاس صور الألوان هى بعينها كيفية انعكاس الأضواء » [٣] .

---

(١) و (٧٩) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) و (٨٠) « « « « «

(٣) « « « « «

الفصل الثانى

فى

تعيين النظير

٨٧ — بحوث ابن الهيثم عن تعيين النظير

يطلق ابن الهيثم فى بعض المواضع على الشعاعين الساقط والمنعكس اسم النظيرين وأحياناً يسميهما الخطين المتشابهى الوضع . وهو فى صدد بيان رأيه فى أن إدراك صور المبصرات فى المرايا إنما هو بالضوء المنعكس عن سطوحها ، قد تناول بالشرح الأمور الهندسية التى بها يصح تعيين النظير إذ علم نظيره فى أحوال الانعكاس عن سطوح المرايا السبع التى اعتبر بها .

والعجيب أن ابن الهيثم قد أرسل القول فى هذا الموضوع إرسالا ولم يستعن فى توضيح مسألة واحدة من المسائل التى ذكرها برسم أو شكل ، وجاءت مع ذلك أقواله كلها وافية تصور الفكرة الهندسية تصويراً صحيحاً لا عيب فيه . ولا شك عندنا فى أن العناء الذى يتكبده من يرغب منا فى تتبع آرائه والتدرج معه فى خطوات براهينه ناشىء لا عن خطأ فى التفكير أو خلط فى التعبير من ناحية ابن الهيثم ، وإنما عن إغفال الأشكال وعن أخطاء الناسخ وعن عدم إيلافنا على الوجه التام الأسلوب العلمى للغة العربية فى ذلك العصر [١] .

(١) مخطوط المقالة الرابعة من المناظر الموجود فى مكتبة الفاتح ومخطوط مكتبة أيا صوفيا لا سيما ما يتعلق بالجزء الأخير من المقالة يحتويان على أغلاط كثيرة ، ولعلها من الناسخ الذى نسخ مخطوط الفاتح وهو الأقدم الذى نرجح أن مخطوط أيا صوفيا قد نقل عنه ، ففيه تقديم لبعض عبارات مطولة وتأخير للبعض الآخر أديا إلى اختلاط أقوال ابن الهيثم الخاصة بالمرايا الكرية المقعرة بأقواله الخاصة بالمرايا الاسطوانية المقعرة وبالمرايا المخروطية المقعرة . وتكررت =

ولم تنصرف عناية ابن الهيثم فى صدد شروحه التى أوردها فى هـذا الموضوع الى تعيين الشعاع المنعكس اذا علم الشعاع الساقط كما هو الاتجاه فى دراساتنا فى الوقت الحاضر ، بل نجده قد عنى بعكس هذا الأمر . فطريقته تنطوى على الابتداء بفرض المنعكس والبحث عن الشعاع الذى هو بالنسبة اليه الشعاع الساقط .

وغير خاف أن المسألة فى ذاتها لا تتغير بعكس وضعها . ولكن اطراد نظر ابن الهيثم فى كتابه المناظر الى الموضوع بهذه الكيفية يبين أنه كان فى مباحث هذا الكتاب أكثر عناية بالناحية الذاتية منه بالناحية العينية . فهو لا يذكر الانعكاس إلا ويفرض أن هناك بصراً يرد اليه الشعاع المنعكس ، ولا يفصل أمراً من أمور المرايا إلا ويعيّن أولا موضع البصر وأجزاء سطح المرآة التى يصح أن ينعكس الضوء منها إليه . وفى رأينا أن هذا الموقف كان سبباً من الأسباب التى أدت به إلى بعض أحكام ، سنأتى على بيانها فى مواضعها ، اذا أطلقت إطلاقا على الصورة التى قصدها نجدها خاطئة من الناحية الطبيعية .

والفكرة الأساسية فى الطريقة التى سلكها ابن الهيثم فى هذا الموضوع[1]، أن البصر اذا قابل سطحاً عاكساً أو جزءاً منه ، أمكن أن يمتد من كل نقطة منه الى مركز البصر خط مستقيم ، وكل نقطة من نقاط السطح المقابل للبصر تخرج منها خطوط مستقيمة لا نهاية لعددها ، فان كان أحد هـذه الخطوط يصنع مع العمود المقام عند هذه النقطة على المستوى الذى يمس السطح العاكس على النقطة ، زاوية حادة تساوى الزاوية الحادة التى يصنعها معه الخط الواصل من تلك النقطة الى مركز البصر ، وكان الخطان والعمود فى مستو واحد ، فان الخطين المذكورين يكونان من المتشابهة الأوضاع ، أى

= بعض العبارات فى غير مواضعها الصحيحة . وقد استعنا بالتنقيح فى تصحيح هذه الأغلاط واستخلاص المقاصد التى أرادها ابن الهيثم .

(١) و (٩٥) ، و (٩٦) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

نظيرين ، أحدهما وهو الوارد الى تلك النقطة الشعاع الساقط والثانى وهو الوارد منها الى البصر الشعاع المنعكس .

لذلك هو يبتدىء أولا بتعيين الجزء من السطح العاكس الذى يصح أن يقابل البصر ، اذا فرض مركز البصر فى نقطة معينة ، أى تعيين الجزء الذى يصح أن يمتد من كل نقطة منه خط مستقيم الى مركز البصر . ثم يراعى نقطة من هذا الجزء المقابل ، ويبحث عن كيفية تعيين المستوى الذى يقع فيه المستقيم الواصل بينها وبين مركز البصر ويكون عموداً على المستوى الذى يمس السطح العاكس على تلك النقطة . وسنبين بايجاز فيما يلى الأصول التى تبعها فى كل من الموضوعين على حدته مستعينين فى توضيح آرائه بالأشكال .

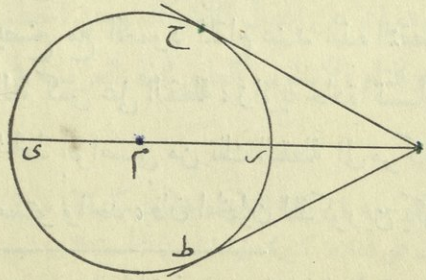
٨٨ — تعيين الجزء المقابل للبصر من سطح كل واحدة من المرايا السبع

(أولا) المرآة المستوية : —

وهذه أمرها واضح . فاذا كان مركز البصر فى نقطة أمام سطحها العاكس . صح أن يمتد من كل نقطة من سطحها خط مستقيم الى مركز البصر . فيكون سطحها جميعه مقابلا للبصر .

(ثانيا) المرآة الكرية : —

لنفرض مركز البصر نقطة ا (شكل ٣٢) ومركز المرآة م . نرسم من ا خطاً مستقيما ا ح مماساً لسطح كرة المرآة . فاذا توهمنا « ذلك الخط متحركا على سطح المرآة على استدارة الى أن يعود إلى موضعه ، ويكون فى حالة حركته مماساً لسطح المرآة ، فان ذلك الخط يرسم بحركته فى سطح المرآة الكرية دائرة » ، ويكون الجزء المقابل للبصر اذا كانت المرآة محدبة هو الجزء الذى يلى البصر من سطح الكرة المحدود



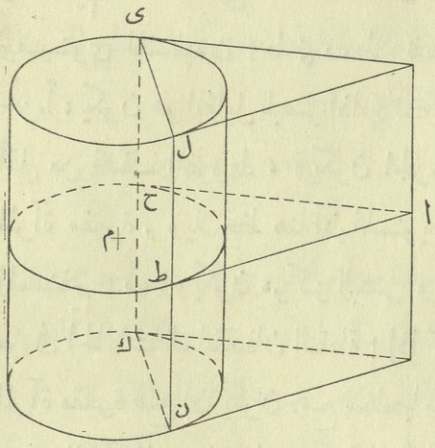
(شكل ٣٢)

بالدائرة التى تخطها نقطة ح فى أثناء دورانها دورة كاملة ، ويكون الجزء الباقى من الكرة مستوراً عن البصر . أما اذا كانت المرآة مقعرة كان هذا الجزء الباقى هو الذى يصح أن يقابل البصر وينعكس عنه ضوء اليه (١) .

ومن الواضح فى حالة المرآة المقعرة أن البصر قد يكون فى نقطة داخل سطح كرة المرآة ، وفى هذه الحالة يصح أن يكون جميع سطحها مقابلا له .

(ثالثا) المرآة الأسطوانية : —

أما فى المرآة الأسطوانية فلنفرض أن البصر فى نقطة مثل ا (شكل ٣٣) ، وليُخرج المستوى المار بها قاطعاً سطح الأسطوانية عموداً على محورها ، فتحدث على سطح الأسطوانة دائرة ، وليكن مركزها م فاذا رسم المماسان ا ح ، ا ط للدائرة ، ورسم من نقطتى ح ، ط المستقيمان الراسمان الممتدان فى طول الأسطوانة موازيين لمحورها وليكونا ل ط ن ، ى ح ك ، فان الأسطوانة ينقسم سطحها قسمين أحدهما واقع بين مستوى المستقيمين ا ط ، ل ط ن وبين مستوى المستقيمين ا ح ، ى ح ك والقسم الثانى بقية سطحها (٢) .



(شكل ٣٣)

فاذا كانت المرآة محدبة كان القسم الأول هو المقابل للبصر وإن كانت مقعرة كان القسم الثانى هو المقابل للبصر .

واذا كانت المرآة مقعرة والنقطة ا داخل سطحها يصح أن يعتبر كل سطحها مقابلا للبصر .

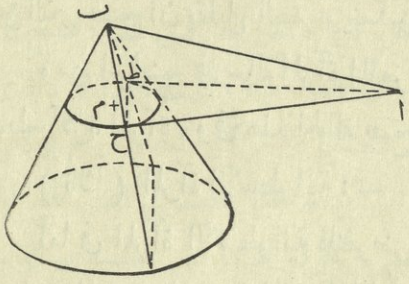
---

(١) و (٩٨) من مخطوط المقالة الرابعة فيما يختص بالكرية المحدبة . أما ما يختص بالمرايا المقعرة على اختلاف أشكالها فالعبارات الواردة بخصوصها جاءت متداخلة مكررة مضطربة وذلك ابتداء من و (١٢٨) من المخطوط .

(٢) و (١٠١) — و (١٠٣) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(رابعا) المرآة المخروطية : —

ويفصل ابن الهيثم حالة المرآة المخروطة تفصيلا[1] فاذا كان مركز البصر ا بين رأس المخروط ب وبين قاعدته (شكل ٣٤) وأخرج المستوى المار بنقطة ا عموداً على محور المخروط حدثت فى سطح المخروط دائرة وليكن مركزها م . فاذا رسم المماسان



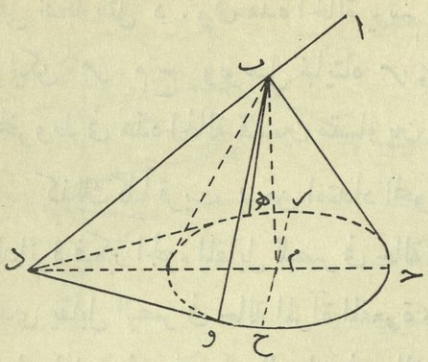
(شكل ٣٤)

ا ح ، ا ط ومد على سطح المخروط المستقيم ب ح (الراسم) على استقامته ، والمستقيم ب ط على استقامته ، فان مستوى المستقيمين ا ح ، ب ح ومستوى المستقيمين ا ط ، ب ط يفصلان فيما بينهما من سطح المخروط جزءاً ، يكون هو المقابل للبصر اذا كانت المرآة محدبة ، وهو فى هذه الحالة أقل من نصف المخروط ، ويكون الجزء الباقى هو المقابل للبصر اذا كانت المرآة مقعرة . ويلاحظ هنا أن المستويين يمسان المخروط ويتقاطعان على المستقيم ا ب ، ويكون مركز البصر واقعاً على مستقيم تقاطعهما . وكما مر فى الحالات السابقة فان النقطة ا إذا كانت داخل سطح المخروط وكانت المرآة مقعرة صح أن يكون جميع سطحها مقابلا للبصر .

وللمرآة المخروطية المحدبة أحكام أخرى . فمركز البصر ا (شكل ٣٥) قد يكون أعلى من رأس المخروط ب ، أو بالأحرى قد يكون بالنسبة الى المستوى المار برأس المخروط موازياً لقاعدته لا بينه وبين القاعدة بل فى الجانب الآخر منه . وتكون الزاوية التى يصنعها ا ب مع المحور أى زاوية ا ب م منفرجة ، فلا يخرج من نقطة ا مستوى يقطع سطح المخروط عموداً على محوره . وليكن امتداد المستقيم ا ب واقعاً خارج سطح المخروط . فابن

(١) و (١١٢) — و (١١٩) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

الهيثم لتحديد الجزء المقابل للبصر فى هذه الحالة يرى أن يخرج أى مستوى يقطع سطح المخروط عموداً على سهمه . فالمقطع يكون دائرة وليكن مركزها م . ثم يخرج المستوى الذى يقع فيه المستقيم الواصل بين مركز البصر ا وبين رأس المخروط ب ، والمحور ب م . وليقطع هذا المستوى مستوى الدائرة على المستقيم م ح .



(شكل ٣٥)

فيكون المستقيمان ا ب ، م ح واقعين فى مستوى واحد . ولما كانت زاوية ا ب م منفرجة فرضاً فالمستقيمان يتقاطعان من وراء سطح المخروط بالنسبة الى نقطة ا ولتكن نقطة التقاطع د .

ثم يرسم من د المماسان د ه ، د و للدائرة ، ويوصل بين نقطتى ب ، ه وبين نقطتى ب ، و .

فالمستقيمان ب ه ، ب و يقسمان سطح المخروط قسمين ، أحدهما الذى تقع فيه نقطة ح وهو الأكبر يكون هو المقابل للبصر فى حالة المرآة المحدبة ، والآخر بقية السطح ويكون هو المقابل للبصر فى حالة المرآة المقعرة .

وفى هذه الحالة يكون مستوى ب ه والمماس ه د ، وكذلك مستوى ب و والمماس و د مستويين يمسان سطح المخروط على ب ه ، ب و على الترتيب ، ويتقاطعان على المستقيم ب د ويكون مركز البصر واقعاً على مستقيم تقاطعهما .

وأيضاً يتناول ابن الهيثم شرح الأوضاع المختلفة لنقطة ا فى هذه الحالة ، فكلما دنت ا من المستوى المار بالرأس ب موازياً لقاعدة المخروط (أى عموداً على محوره) بعدت نقطة د ، حتى اذا انطبقت ا على هذا المستوى

وأجرى العمل نفسه صار المستقيمان ا ب ، ح م متوازيين، فلا يتلاقيان على نقطة مثل د . وفى هذه الحالة يرسم من م القطر العمودى على م ح وليكن ر م ح ويوصل نهايتاه ر ، ح برأس المخروط فينقسم سطح المخروط فى هذه الحالة قسمين متساويين .

كذلك كلما قربت ا من امتداد المحور م ب دنت نقطة د الى محيط الدائرة فكبر الجزء المقابل للبصر فى حالة المرآة المحدبة ، وصغر الجزء الآخر الذى يقابل البصر فى حالة المرآة المقعرة ، حتى اذا قطع امتداد المستقيم ا ب سطح المخروط صار جميع السطح فى حالة المرآة المحدبة مقابلا للبصر وامتنع التقابل فى المرآة المقعرة .

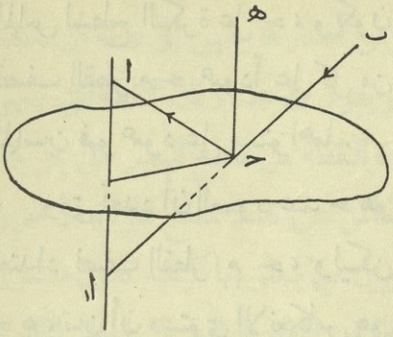
واذا وقع امتداد المستقيم ا ب على سطح المخروط ولم يقطعه أى كان مماساً له كان جميع السطح فى حالة المحدبة إلا هذا المستقيم منه مقابلا للبصر وصار هذا المستثنى هو المقابل للبصر فى حالة المقعرة .

٨٩ — تعيين النظير عند الانعكاس عن المرآة المستوية

ويتناول ابن الهيثم فى كل مرآة بعد تحديد الجزء من سطحها المقابل للبصر شرح كيفية تعيين النظير . وكما أشرنا من قبل ، يبتدىء بفرض الشعاع المنعكس ثم يبيّن كيف يمكن تعيين مستوى الانعكاس ، فيكون العمود من نقطة الانعكاس المقام على السطح العاكس واقعاً فى هذا المستوى ، فاذا ما رسم فى هذا المستوى من نقطة الانعكاس خط مستقيم يصنع مع العمود زاوية تساوى الزاوية التى يصنعها الشعاع المنعكس ، كان هو المطلوب تعيينه .

فاذا روعيت المرآة المستوية وفرضنا أن مركز البصر عند ا (شكل ٣٦) وأخذنا أية نقطة مثل ح على سطح المرآة المقابل للبصر ، ووصلنا ح ا فالمستقيم ح ا يكون هو النظير المعلوم . فلتعيين مستوى الانعكاس نسقط من ا العمود ا د على سطح المرآة ونقيم من ح العمود ح ه عليها فيكون

هو العمود على المستوى المماس لسطح المرآة المعنىّ فى قانون الانعكاس ، لأن المستوى المماس ينطبق فى هذه الحالة على مستوى سطح المرآة .



(شكل ٣٦)

وبما أن حـ ا واقعاً فى مستوى العمودين ا د ، هـ حـ فيكون هذا المستوى هو مستوى الانعكاس ويكون فصل الانعكاس أى تقاطع مستوى الانعكاس وسطح المرآة هو المستقيم الواصل بين د ، حـ وامتداده ، فيكون حتما النظير المراد تعيينه واقعاً فى هذا المستوى .

فاذا رسم فى هذا المستوى من نقطة حـ المستقيم ب حـ بحيث تكون زاوية هـ حـ ب مساوية زاوية ا حـ هـ كان المستقيم ب حـ هو الشعاع الساقط الذى ينعكس من حـ إلى البصر ا على امتداد حـ ا .

هذه هى بالضبط فكرة ابن الهيثم قد وضحناها بشكل هندسى[1] .

٩٠ — تعيين النظير عند الانعكاس عن المرآة الكرية

لتكن المرآة الكرية محدبة ، ولنفرض أن مركز البصر عند ا (شكل ٣٧) ومركز كرة المرآة م ، وان نقطة حـ نقطة على الجزء المقابل للبصر من سطح المرآة ، فابن الهيثم يبين أولا أن العمود المقصود فى قانون الانعكاس فى هذه الحالة هو امتداد نصف قطر الكرة م حـ .

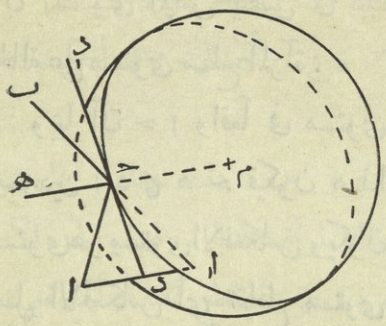
وطريقته فى البرهان على ذلك[2] ، أن يخرج من حـ مستويان يقطعان الكرة مارين بالمركز ، فيكون المقطعان دائرتين عظيمتين ، ويرسم فى مستوى

---

(١) و (٩٦) ، و (٩٨) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) و (٩٩) » » » »

كل واحدة منهما المماس لها عند حـ . فيكون مستوى المماسين هو المستوى المماس لسطح الكرة على حـ ، ويكون نصف القطر م حـ عموداً على كل من المماسين فهو عمود على مستواهما .



(شكل ٣٧)

ومتى تحدد أن العمود عند حـ هو امتداد نصف القطر م حـ ، وليكن حـ هـ ، تبين أن مستوى الانعكاس هو مستوى ا حـ هـ ، فهو إذن المستوى الذى يقع فيه المستقيم ا حـ ، ويمر بمركز الكرة ، ومقطعه على سطح الكرة دائرة عظمى . فاذا رسم فى مستوى هذه الدائرة المستقيم د حـ د، مماساً لها على نقطة حـ ، كان هذا المستقيم هو تقاطع مستوى الانعكاس والمستوى المماس للمرآة عند نقطة الانعكاس حـ .

فاذا رسم فى مستوى الانعكاس الذى يتعين على هذه الصفة ، المستقيم حـ ب بحيث تكون زاوية هـ حـ ب مساوية زاوية ا حـ هـ ، كان ب حـ الشعاع الساقط المطلوب [1] .

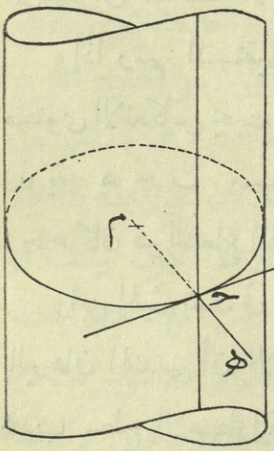
أما المرآة الكرية المقعرة فابن الهيثم يتناول فى صددها حالتين . إحداهما عندما يكون مركز البصر عند مركز كرة المرآة ، والأخرى عند ما يكون مركز البصر خارجا عن مركز كرة المرآة . فى الحالة الأولى يكون الشعاع المنعكس الواصل إلى مركز البصر عموداً على سطح المرآة ويكون النظيران متطابقين . وهو يقول بلفظه « فانه إن كان مركز البصر على مركز الكرة فليس يدرك البصر فى هذه المرآة شيئاً من المبصرات إلا الجزء من سطح البصر فقط الذى يفصله المخروط الذى رأسه مركز البصر وقاعدته سطح

---

(١) و(١٠٠) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

المرآة »[١] . وفى الحالة الأخرى يبين أمرين ، أحدهما إذا كان الواصل بين مركز البصر ومركز المرآة وهو قطر من أقطارها ينتهى إلى نقطة من سطح المرآة ، حيث يتطابق أيضاً النظيران ، ويقول فى هذا « فان النقطة التى ينتهى اليها من سطح المرآة ينعكس منها صورة النقطة من سطح البصر التى يمر بها ذلك القطر »[٢] . والأمر الثانى الانعكاس عن نقاط سطح المرآة الأخرى فيما عدا تلك النقطة المذكورة . وهو يبين فيما يتعلق بها كيفية تعيين مستوى الانعكاس ، ويقول بلفظه « وكل نقطة من النقط الباقية فان القطر الخارج اليها من مركز المرآة يكون مع مركز البصر فى سطح واحد مستوى ، ويكون هذا القطر عموداً على السطح المماس لسطح المرآة على تلك النقطة ... ويكون القطر الخارج من مركز المرآة إلى مركز البصر مع هذا القطر فى سطح واحد »[٣] ، وهو مستوى الانعكاس المطلوب .

٩١ — تعيين النظير عند الانعكاس عن المرآة الاسطوانية



(شكل ٣٨)

لتكن المرآة الاسطوانية محدبة ولنفرض أن نقطة ح (شكل ٣٨) على الجزء من السطح المقابل للبصر .

فلتعيين العمود[٤] يخرج المستوى المار بنقطة ح عموداً على محور الاسطوانة فيقطع سطحها على دائرة وليكن مركزها م ويرسم من ح المماس لهذه الدائرة والمستقيم الممتد على سطح الاسطوانة الموازى لمحورها ، فمستوى

---

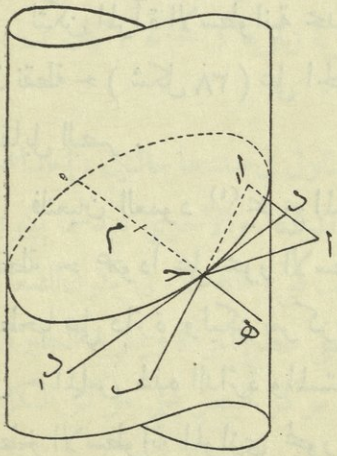
(١) و(١٢٨) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .
(٢) « « « « «
(٣) و(١٢٩) « « « «
(٤) و(١٠٥) « « « «

هـذين المستقيمين هو المستوى المماس للسطح على نقطة حـ .

والمستقيم م حـ عمود على هذين المستقيمين فهو عمود على المستوى المماس ، فليخرج إلى نقطة هـ . وهنا يراعى ابن الهيثم حالات مختلفة فمستوى الانعكاس لا بد أن يقع فيه العمود م حـ هـ ومركز البصر ، فان كان هـذا المستوى يقطع سطح الاسطوانة على المستقيم المرسوم من حـ على سطحها موازياً لمحورها كان الانعكاس شبيهاً بالانعكاس عن المرآة المستوية . وإن قطعه على الدائرة التى مركزها م كان الانعكاس شبيهاً بالانعكاس عن المرآة الكرية [1] .

أما إذا كان القطع بين هذا وذاك كما هو مبين بشكل (٣٩) كان المقطع قطعاً ناقصاً .

فاذا رسم فى هـذا المستوى المماس د حـ د١ للقطع الناقص على حـ فان هذا المماس هو تقاطع مستوى الانعكاس بالمستوى الذى يمس السطح الاسطوانى عند نقطة الانعكاس حـ .



(شكل ٣٩)

وإذا رسم المستقيم حـ ب فى مستوى الانعكاس بحيث تكون زاوية هـ حـ ب مساوية لزاوية ا حـ هـ كان هو الشعاع المطلوب .

وابن الهيثم يثبت فى هذا الصدد بالبرهان الهندسى أن الانعكاس عن محدب سطح الاسطوانة من محيط القطع الناقص الواحد لا يكون إلا من نقطة واحدة . ويورد فى إثبات هذا برهانين [2] نلخصهما فيما يلى :

(١) و(١٠٧) — و (١٠٩) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .
(٢) و(١٠٩) — و (١١٢) « « « « «

أحدهما أن العمود المخرج قائماً على سطح الاسطوانة فانه يلقى السهم (أى محور الاسطوانة) على نقطة ويكون عموداً على السهم. وبما أن مستوى القطع يلقى السهم على نقطة فان العمود القائم على سطح الاسطوانة الممتد فى مستوى القطع يمر بهذه النقطة أيضاً ويكون عموداً على السهم. فاذا أمكن أن يوجد فى مستوى القطع عمود آخر قائم على سطح الاسطوانة مرّ هذا العمود أيضاً بتلك النقطة نفسها وكان هو أيضاً عموداً على السهم وإذن يكون مستوى العمودين وهو مستوى القطع عموداً على السهم وهذا محال لأن السهم ليس عموداً على مستوى القطع.

أما البرهان الثانى فيتلخص فيما يلى: — العمود القائم على سطح الاسطوانة هو قطر من أقطار دائرة مستواها عمود على السهم. وبما أن مستوى القطع يلقى السهم على نقطة وإذا أخرج من تلك النقطة مستوى عمود على السهم لقى سطح الاسطوانة على محيط دائرة مركزها تلك النقطة، وبما أن المستويين لا يلتقيان الا على خط مستقيم واحد، فمستوى القطع لا يلقى مستوى هذه الدائرة الا على خط واحد يكون هو العمود المخرج فى مستوى القطع قائماً على سطح الاسطوانة. وإذا أخرج عمود آخر على سطح الاسطوانة من نقطة أخرى من محيط القطع كان حتما هذا العمود الآخر قطراً من أقطار دائرة أخرى موازية للأولى فلا يكون واقعاً فى مستوى القطع نفسه. وهو يدلل أيضاً على ما ينص عليه قائلا بلفظه «ويكون كل سطح ينعكس فيه صورة نقطة من النقط التى فى المبصرات هو سطح يجتمع فيه مركز البصر والنقطة المبصرة ونقطة الانعكاس والنقطة من السهم التى عليها يلقى العمود الخارج من نقطة الانعكاس ذلك السهم»[1].

---

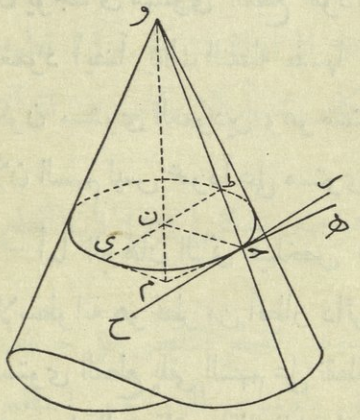
(١) و(١١٢) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر.

ويمكن على هذا قياس أمر المرآة الاسطوانية المقعرة .

٩٢ — تعيين النظير عند الانعطاس عن المرآة المخروطية

لتكن المرآة المخروطية محدبة .

ولنفرض هنا أيضاً أن ح نقطة على الجزء من سطح المرآة المقابل للبصر وان و رأس المخروط . فلتعيين [1] العمود عند ح نخرج المستوى المار بنقطة ح عموداً على المحور ، فهو يقطع سطح المخروط على دائرة وليكن مركزها ن ، ونرسم من نقطة ح المماس للدائرة فى مستواها والمستقيم ح و ، الممتد على سطح المخروط ماراً برأسه ، فيكون مستوى المستقيمين



(شكل ٤٠)

هو المستوى المماس لسطح المخروط على نقطة ح . ثم نقيم من نقطة ح فى مستوى المستقيم و ح والمحور و ن العمود ح ه على المستقيم ح و ، ونمده فى اتجاه ه ح فهو يلقى محور المخروط فى نقطة ولتكن م ويكون هو العمود المطلوب . والبرهان على ذلك يسير .

فاذا رسم فى مستوى الدائرة القطر ط ن ى موازياً للماس ك ح ح ، فانه يكون عموداً على نصف القطر ن ح وعموداً أيضاً على المحور و ن ، فهو عمود على مستوى المستقيمين و ن م ، و ح ، وإذن المماس ك ح ح عمود أيضاً على هذا المستوى وإذن فهو عمود أيضاً على المستقيم م ح ه الواقع فى هذا المستوى .

إذن المستقيم م ح ه عمود على المماس ك ح ح وعمود على

---

(١) و(١٢٠) ، و (١٢١) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

و حـ فهو عمود على مستوى هذين المستقيمين ، الذى هو المستوى المماس للمخروط عند حـ .

والعمود يلقى محور المخروط على نقطة من تحت مركز الدائرة مما يلى قاعدة المخروط [١] .

ومتى تعين العمود المقام عند حـ على المستوى المماس وجب أن يمر مستوى الانعكاس به . ويتضح من هذا أنه من المحال أن يكون المستوى القاطع للمخروط عمـوداً على محوره مستوى انعكاس . وهنا أيضاً يكون للمسألة وجوه عدة [٢] .

فاذا كان مركز البصر على امتداد محور المخروط أى على امتداد المستقيم م و كان مستوى الانعكاس هو مستوى المحور و م ، والمستقيم و حـ (وهو المستقيم الراسم) الممتد على سطح المخروط بين رأسه ونقطة الانعكاس حـ ، ويكون الفصل المشترك أى تقاطع هذا المستوى وسطح المخروط هو المستقيم و حـ نفسه ، ويكون الانعكاس فى هذه الحالة شبيهاً بالانعكاس عن سطح المرآة المستوية . وذلك أياً كان موضع حـ من سطح المخروط .

ويقول ابن الهيثم بلفظه « فاذا كان مركز البصر على سهم المخروط فان الانعكاس يكون على جميع المخروط ويكون جميع الفصول المشتركة خطوطاً مستقيمة » [٢] .

وإذا وقع مركز البصر فى أية نقطة مثل ا (شكل ٤١) خارج المحور فان المستوى الذى يقع فيه المستقيم ا حـ والعمود حـ هـ ، يقطع سطح المخروط على قطع إلا فى حالة واحدة وهى إذا كانت نقطة ا فى مستوى حـ هـ والسهم و م . ويتبين كما سبق فى الاسطوانية أن تقاطع مستوى

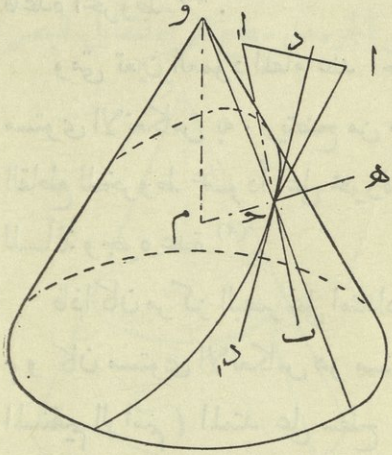
---

(١) و (١٢٢) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

(٢) و (١٢٢) — و (١٢٨) « « « «

(٣) و (١٢٣) « « « «

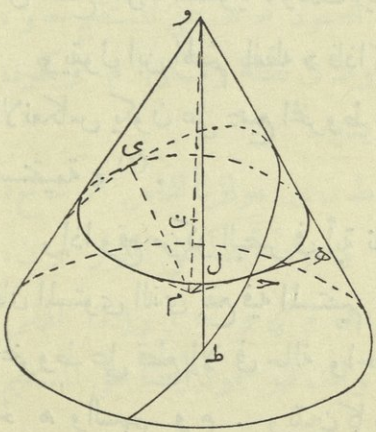
الانعكاس بالمستوى المماس هو المستقيم د حـ د١ ، المرسوم من حـ فى مستوى القطع مماساً له . فاذا رسم فى مستوى الانعكاس المستقيم حـ ب بحيث يصنع مع العمود زاوية هـ حـ ب مساوية لزاوية ا حـ هـ كان هو المطلوب .



(شكل ٤١)

وقد بين ابن الهيثم وهو فى صدد هذا ، أن الانعكاس عن سطح المخروط فى مستوى أحد القطوع لا يصح من أكثر من نقطتين . قال بلفظه « فأما القطوع فان منها ما ليس تنعكس الصور عن محيطه إلا من نقطة واحدة فقط ، ومنها ما ليس تنعكس الصور عن محيطه إلا من نقطتين فقط ، وليس فى القطوع التى تقع فى المرآة المخروطة القائمة المحدبة قطع يصح أن تنعكس الصور عن محيطه من أكثر من نقطتين »[1].

فاذا فرضنا أن حـ (شكل ٤٢) نقطة الانعكاس ، وأن حـ هـ العمود المقصود فى القانون وهو يلقى المحور و م على نقطة ولتكن م ، وتوهمنا أن المستقيم م حـ هـ قد أدير دورة كاملة حول نقطة م ، فان نقطة حـ تخط حول المخروط دائرة وينشأ عن دوران م حـ مخروط قاعدته هذه الدائرة ورأسه نقطة م . والمستوى



(شكل ٤٢)

---

(١) و(١٢٤) ، و(١٢٥) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر .

الذى يمر بالعمود م حـ فى أى وضع من أوضاعه حال مسحه سطح هـذا المخروط المتوهم ، يصح أن يكون مستوى انعكاس من نقطة حـ ، التى هى طرف ذلك العمود فى ذلك الوضع . ومقطع هذا المستوى ونظائره بسطح مخروط المرآة هو بوجه عام قطع . وهذا المستوى ونظائره إما أن يقطع سطح المخروط المتوهم الذى رأسه م وإما أن يمسه . فان قطعه كان ذلك على مستقيمين مثل م حـ ى م ى (شكل ٤٢) فيتقاطع محيط القطع ومحيط الدائرة التى هى قاعدة المخروط المتوهم فى نقطتين هما حـ ى على سطح المخروط . ويكون المستقيمان م حـ ى م ى عمودين قائمين على سطح مخروط المرآة ، ويقعان أيضاً فى مستوى القطع ، فيصح أن تكون كل من نقطتى حـ ى نقطة انعكاس يكون بالنسبة اليها الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود فى مستوى القطع .

ويبرهن ابن الهيثم على أنه من المحال أن تكون نقطة أخرى من محيط القطع نقطة انعكاس فى مستوى القطع .

وذلك بأنه لو أخذت أية نقطة أخرى من محيط القطع مثل ط ووصلت ط برأس مخروط المرآة و ، فان المستقيم و ط يقطع هو أو امتداده محيط الدائرة فى نقطة ولتكن ل تكون خارج مستوى القطع ، فاذا وصلت نقطتا ل ى م كان المستقيم م ل هو العمود عند ل على سطح مخروط المرآة وهو حتما عمود على المستقيم و ط . فاذا أقيم عند ط العمود على سطح مخروط المرآة كان هو أيضاً عموداً على و ط ويوازى م ل . ولكن ل ليست واقعة فى مستوى القطع ، والعمود م ل لا يقع فى مستوى القطع فلا يكون العمود عند ط فى مستوى القطع أيضاً ، وإذن من المحال أن يقام من أية نقطة أخرى من نقاط محيط القطع عموداً على سطح مخروط المرآة يكون واقعاً فى مستوى القطع .

هذا فيما يختص بالمستويات القاطعة للمخروط المتوهم الذى رأسه نقطة م والتى تكون مقاطعها على سطح مخروط المرآة قطوعاً .

أما اذا كان المستوى مماساً للمخروط المتوهم فهو يمسه على المستقيم م ح ، فى أحد أوضاعه حال دورانه وهو يخط سطح المخروط المتوهم ، وإذن محيط القطع وهو مقطع هـذا المستوى بسطح مخروط المرآة ، يمس محيط الدائرة التى هى قاعدة المخروط المتوهم . ونقطة التماس تكون واحدة ، ويتبين بمثل ما سبق أنها تكون نقطة الانعكاس الوحيدة فى مستوى القطع[1].

ويمكن على هذا أيضاً قياس أمر المرآة المخروطية المقعرة .

(١) و(١٢٤) — و(١٢٨) من مخطوط المقالة الرابعة من المناظر . وفى الأصل راعى ابن الهيثم حالة المستوى المماس أولا ، وأثبت بمثل البرهان الذى ذكرناه أن نقطة الانعكاس تكون نقطة واحدة فقط ، واكتفى فى حالة المستوى القاطع ببيان أن الانعكاس يكون من نقطتين .

الفصل الثالث

في

تفصيل الانعكاس عن السطوح الكرية المحدبة

٩٣ — نقطة الانعكاس وأهميتها الطبيعية عند ابن الهيثم

لابن الهيثم فى الانعكاس بحوث مطولة تتكون منها سلسلة مباحث هندسية تتضمن كثيراً من الحقائق والمعانى المرتبطة بموضوع الانعكاس وخصوصاً الانعكاس عن المرايا الكرية . وقد كان رائد ابن الهيثم فى هذه البحوث أو جلها فكرة طبيعية بسيطة نجدها كالقطب الذى تدور حوله تلك البحوث .

فاذا فرضنا نقطتين ولتكونا ا ، ب أمام سطح عاكس ومر باحداهما شعاع وقع على نقطة ولتكن حـ على السطح ثم انعكس منها ماراً بالنقطة الأخرى ، فان النقطتين ا ، ب يسميهما ابن الهيثم فى مواضع كثيرة « نقطتين متعاكستين » ، ونقطة حـ التى يحصل عندها الانعكاس يسميها نقطة الانعكاس ، وأحياناً يعبر عنها بالنقطة التى تنعكس منها إحدى النقطتين المفروضتين الى الأخرى .

وابن الهيثم يعنى بنقطة الانعكاس أشد العناية ، ويجعلها أساساً لبحوثه فى إدراك البصر صورة المبصر بالانعكاس ، ويبنى عليها بحوثه وأقواله فى تعدد خيالات المبصر الواحد التى تدرك بالانعكاس عند المرايا المقعرة . ونظريته فى ذلك بسيطة فاذا كانت إحدى النقطتين المتعاكستين نقطة مضيئة ، وكان مركز البصر فى الأخرى ، فهو يرى أن البصر يدرك على استقامة الشعاع المنعكس الواصل اليه أو على السمت الواصل بينه وبين نقطة

الانعكاس خيالا للنقطة المبصرة . ولا شك أن البصر فى مثل هذه الحالة يحس بشىء من الضوء يصل اليه ، ولكن من الواضح أنه لا يصح أن يقال على الاطلاق أن البصر يدرك خيالا للنقطة المضيئة إلا اذا كان فى موضع خاص تتهيأ فيه أن تمر الأشعة المنعكسة الواصلة اليه هى أو امتداداتها بنقطة أو تكاد تمر بنقطة ، تكون هى الخيال ، أو على حسب اصطلاحنا فى الوقت الحاضر تكون هى الصورة التى تتكون بالانعكاس للنقطة المضيئة ، وهذا لا يتأتى على تصاريف الأحوال ، وسنزيد توضيح هذه الفكرة فى موضع آخر من هذا الكتاب .

ولكن ابن الهيثم أغفل هذا لأنه كما سبق أن بينا يكفى فى نظريته فى الابصار على صورتها الأولى المبسطة شعاع واحد هو الوارد على سمت العمود على سطح الجليدية لكى يدرك البصر صورة النقطة .

فان كانت النقطتان تتعاكسان من نقطة ثانية من السطح فبحسب ما يرى ابن الهيثم يدرك البصر أيضاً على امتداد الشعاع المنعكس الواصل اليه من هذه النقطة خيالا ثانياً . وإن تعاكست النقطتان من نقطة ثالثة ونقطة رابعة فان البصر يدرك أيضاً خيالا ثالثاً وخيالا رابعاً ، وإن تعاكست النقطتان من نقاط على السطح متصلة يتكون منها محيط دائرة مثلا أدرك البصر خيالا للنقطة المضيئة على صورة هذا المحيط وهكذا .

تلك هى فكرة ابن الهيثم ، ولكنها لا تتفق بالتمام والأغراض التى نقصدها فى الوقت الحاضر من دراسة تكون الصور أو الخيالات كما يسميها بواسطة المرايا .

بيد أن ذلك لا يعيب هذه البحوث من حيث أنها تفصيل للأحوال المختلفة التى تتعاكس فيها النقطتان عن سطوح المرايا .

وسنورد فيما يلى أهم ما يتعلق من هذه البحوث بالمرايا الكرية المحدبة والمقعرة بشىء من التفصيل لكى لا تختفى معانيها الأساسية أو يختل سياق

التفكير الهندسى فيها .

٩٤ — أهم أحكام ابن الهيثم فى نقطة الانعكاس عن سطح الكرية المحدبة

وقد عنى ابن الهيثم باثبات أحكام عدة تتعلق بانعكاس النقطتين عن سطح المرآة الكرية المحدبة ، ورد بعضها فى كتاب المناظر فى مواضع مختلفة منه ، وورد بعضها فى مقالته فى ضوء القمر ومنها ما تكرر فى صيغ يختلف بعضها عن الآخر قليلا . وهى أحكام طبقها فى بعض بحوثه .

ونحن نورد أهم هذه الأحكام فيما يلى على نظام يربطها بعضها بالآخر ، نجتنب فيه التكرار ونلم فيه فى الوقت نفسه ، بالأمور التى عنى بتوكيدها ملتزمين وجهة نظره وناهجين على نهجه .

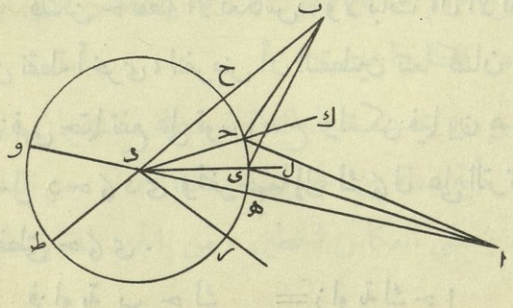
٩٥ — الحكم الأول :

النقطتان لا تتعاكسان عن سطح الكرية المحدبة الا من نقطة واحدة .

أورد ابن الهيثم هذا الحكم فى مواضع مختلفة من كتابه المناظر وأورده أيضاً فى مقالته فى ضوء القمر . وساق له براهين اختلفت قليلا بحسب الأحوال ولم يخل بعضها من تكرار لفكر نجدها واردة فى مواضع وبراهين أخرى .

والبرهان الذى نورده بعد مأخوذ من مقالته فى ضوء القمر [1] . ولعله أبسطها .

فلتكن النقطتان المتعاكستان ا ، ب (شكل ٤٣) ومركز



(شكل ٤٣)

(١) شكل (ب) من مقدمات مقالة ضوء القمر .

المرآة د وليقطع مستوى ا د ب سطح المرآة على الدائرة العظيمة المبينة بالشكل .

فمن الواضح أن مستوى انعكاس ا الى ب إنما هو مستوى هذه العظيمة . فمن المحال انعكاس إحداهما الى الأخرى فى مستوى آخر خلاف مستوى الشكل . نخرج المستقيم الواصل من كل من النقطتين إلى المركز وليكن أحدهما ا هـ و وليلق محيط الدائرة على نقطتى هـ ، و ، وليكن الآخر ب ح ط وليلق المحيط على نقطتى ح ، ط .

فكل واحدة من النقطتين لا تنعكس الى الأخرى من محدب نصف محيط الدائرة الذى فى الجهة المضادة للجهة التى فيها هذه النقطة الأخرى . فنقطة ا مثلا لا تنعكس إلى ب من محيط القوس هـ ط و . وبرهانه على ذلك أنه اذا فرضت نقطة مثل ر على هذه القوس فنصف القطر د ر وامتداده لا يقسم الزاوية المحصورة بين المستقيمين ا ر ، ر ب فمن المحال أن تكون الزاوية المحصورة بين أحدهما ونصف القطر مثل الزاوية المحصورة بين الآخر ونصف القطر . فلا يتحقق أحد شطرى قانون الانعكاس . وإذن اذا جاز انعكاس ا الى ب وجب أن تكون نقطة الانعكاس على قوس هـ ح . أى انه من الواجب أن تكون نقطة الانعكاس على القوس التى يحيزها المستقيمان الخارجان من كل من النقطتين الى المركز .

فلتكن ح نقطة الانعكاس . ولاثبات أن الانعكاس لا يمكن أن يكون من نقطة أخرى ، لنفرض أن النقطتين تتعاكسان أيضاً من نقطة أخرى مثل ى فهى حتما تقع على قوس هـ ح ولتكن فيما بين هـ ، ح كما هو مبين بالشكل . نصل د ح ، د ى ونخرجهما إلى ك ، ل على الترتيب ونصل نقطتى ا ، ب بنقطتى ح ، ى .

فزاوية ب ح ك = زاوية ك ح ا

∴ زاوية ب ح د = زاوية ا ح د

وبالمثل زاوية ب ى د = زاوية ا ى د

ح زاوية ب ى د أصغر من زاوية ب حـ د

∴ زاوية ب ى د أصغر من زاوية ا حـ د

∴ زاوية ا ى د أصغر من زاوية ا حـ د

وهذا خلف لأن زاوية ا ى د أعظم من زاوية ا حـ د .

وبالمثل يثبت الخلف اذا كانت نقطة ى فيما بين حـ ح .

فلا تنعكس إحدى نقطتى ا ح ب الى الأخرى إلا من نقطة واحدة .

وابن الهيثم يبنى على هذا الحكم أحكاماً أخرى ، نجعلها هنا نتائج مترتبة عليه منها :

(أولا) إنه إذا كانت إحدى النقطتين نقطة مضيئة وكان مركز البصر فى النقطة الأخرى ، فبما أنه من المحال أن تنعكس النقطتان من أكثر من نقطة واحدة فمن المحال أن يدرك البصر بالانعكاس عن سطح المرآة الكرية المحدبة أكثر من خيال واحد للنقطة . وهذه النتيجة من أهم أحكام ابن الهيثم ، وهو ينص على هذا الحكم فى كتابه المناظر حيث يقول بلفظه « ان كل نقطة يدركها البصر الواحد فى المرآة الكرية المحدبة وتكون خارجة عن قطر المرآة المار بمركز البصر فليس يكون (لها) إلا خيال واحد فقط »[1] وهو يضيف إلى هذا ، النصّ على الحكم السابق فيقول « وليس تنعكس صورتها عن سطح هذه المرآة إلا من نقطة واحدة » .

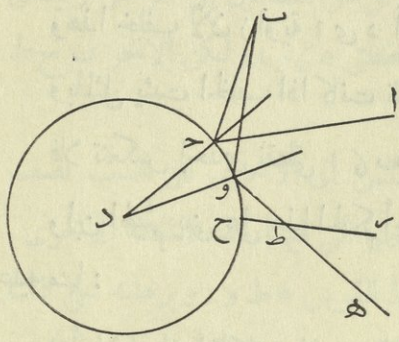
(ثانياً) انه إذا انعكس من محدب محيط الدائرة خطان مستقيمان إلى نقطة واحدة ، فليس تنعكس أية نقطة بين الخطين الى تلك النقطة ، من نقطة على غير القوس المحدودة بنقطتى انعكاس الخطين ، من الجزء المقابل لهما من المحيط .

فليكن الخطان ا حـ ح هـ و (شكل ٤٤) منعكسين من حـ ح و على الترتيب

---

(١) و (١٩٧) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

إلى نقطة ب ، ولتفرض أية نقطة بينهما مثل ر ، فالمقصود أن نقطة ر لا تنعكس الى ب من نقطة ليست على القوس حـ و ، المقابلة لهما . وبرهان ابن الهيثم على ذلك برهان الخلف أيضاً ، فلنفرض أن ر تنعكس من نقطة ليست على هذه القوس ولتكن مثلا ح فيما يلى و من حـ ، فالواصل من ر إلى ح يقطع هـ و على نقطة ولتكن ط ، فنقطة ط إذن تنعكس من و الى ب ، وتنعكس من ح أيضاً إلى ب ، وهذا محال .



(شكل ٤٤)

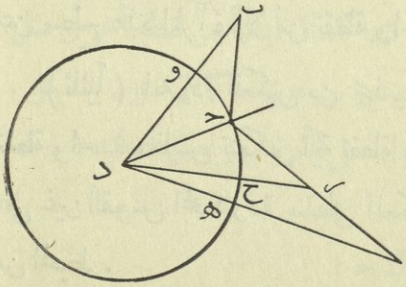
وبالمثل يثبت المحال اذا كانت نقطة ح فيما يلى حـ من و .

وابن الهيثم يورد هذا الحكم فى مقالته فى ضوء القمر[1] ، ويستخدمه فى أغراض نبينها فيما بعد .

٩٦ ـ الحكم الثانى

اذا انعكس من محدب محيط دائرة خط بين نقطتين ، وكان قسما الخط مختلفين ، فان نقطة الانعكاس تقسم القوس التى يفصلها المستقيمان الخارجان من النقطتين إلى المركز ، قسمين أعظمهما مما يلى القسم الأعظم من الخط المنعكس .

فلتكن النقطتان ا ، ب (شكل ٤٥) ونقطة الانعكاس حـ ، فيكون الخط المنعكس بين ا ، ب هو ا حـ ب ، وليكن ا حـ أعظم من حـ ب وليكن مركز



(شكل ٤٥)

(١) شكل (حـ) من المقدمات .

الدائرة د وليلق ا د المحيط على هـ ى ب د على و . نفصل من حـ ا ، حـ ر مثل حـ ب ، ونصل ر د وليلق المحيط على ح ، فمن السهل إثبات أن

زاوية حـ د و = زاوية حـ د ح

وبما أن حـ ا أعظم من حـ ر ، فان

زاوية حـ د ح أصغر من زاوية حـ د هـ

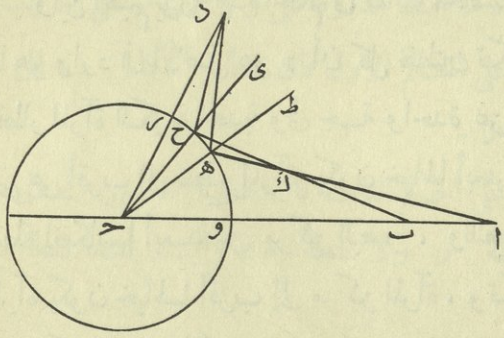
∴ زاوية حـ د هـ أعظم من زاوية حـ د و

∴ قوس حـ هـ أعظم من قوس حـ و

وهو يورد هذا الحكم فى مقالته فى ضوء القمر[1]، ويستخدمه فيما سنبينه بعد . والحكم ينصب أيضاً على انعكاس النقطتين ا ى ب عن سطح الكرية المحدبة التى مركزها د ، حيث تكون الدائرة فصل الانعكاس وهى التى يلقى على محيطها مستوى ا ب د سطح كرة المرآة .

٩٧ ــ الحكم الثالث

كل نقطتين تكونان على قطر واحد وفى جهة واحدة من مركز المرآة وتنعكس كل منهما إلى نقطة ثالثة ، فان نقطة انعكاس أقربهما إلى مركز المرآة أبعد عن النقطة الثالثة .



(شكل ٤٦)

لتكن النقطتان ا ى ب (شكل ٤٦) ومركز المرآة حـ ، وأولاهما أبعد ، ولتكن النقطة الثالثة د وليقطع مستوى ا حـ د سطح المرآة على العظيمة المبينة بالشكل ، ولتكن نقطة التقاء ا حـ بمحيط

(١) شكل (هـ) من المقدمات .

الدائرة نقطة و ، ونقطة التقاء د ح بمحيط الدائرة نقطة ر .

فكما تبين فى البرهان على الحكم الأول تكون نقطة انعكاس كل من ا ح ب الى د واقعة حتما على قوس ر و .

فلتكن نقطة انعكاس ا إلى د نقطة ه .

فنقطة ب ليست تنعكس إلى د من ر ولا من و ولا من ه .

وإلا كانت لاحدى زاويتى السقوط والانعكاس قيمة ، وللأخرى قيمة ليست مثلها . فلنفرض أن نقطة انعكاس ب الى د نقطة مثل ح على قوس ر ه ، نصل ح ه ونخرجه الى ط ح ح ونخرجه إلى ى ، ونصل د ح ح ب ح فهو يقطع ا ه على نقطة ولتكن ك .

فنقطة ك إذن تنعكس الى د من نقطتى ه ح ح وهذا محال .

فليس تنعكس ب الى د من نقطة على قوس ر ه .

وإذن ليس تنعكس ب الى د من نقطة على غير قوس ه و .

فنقطة انعكاس ب الى د أبعد عن د من نقطة انعكاس ا اليها .

وهى أيضاً أبعد عن ر من نقطة انعكاس ا .

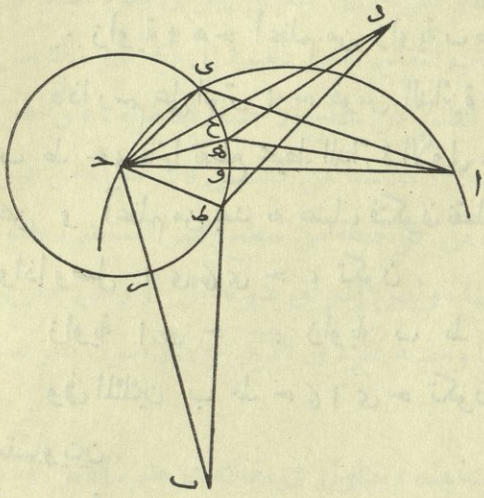
وابن الهيثم يورد هذا الحكم فى مقالته الخامسة من المناظر والحكم بحسب ما هو وارد فى الأصل هو « أن كل نقطتين تكونان على قطر واحد من أقطار المرآة الكرية المحدبة وفى جهة واحدة عن مركز المرآة ، فان النقطة التى هى أقرب الى سطح المرآة يكون خيالها أبعد عن مركز المرآة ، فتكون نقطة انعكاسها أبعد عن مركز البصر ، والنقطة التى هى أبعد عن سطح المرآة يكون خيالها أقرب إلى مركز المرآة ، وتكون نقطة انعكاسها أقرب إلى مركز البصر »[1] ويبرهن عليه ببرهان لا يخرج عن حدود المعانى التى ذكرناها ، وهو يرتب عليه حكماً فى المناظر سنتناوله فى موضعه فيما بعد .

---

(١) و (٢٠٠) ، و (٢٠١) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

٩٨ – الحكم الرابع

كل نقطتين على بعدين متساويين من مركز دائرة وفى مستواها وتنعكسان عن محدب محيطها الى نقطة ثالثة ، فان القوس التى يفصلها الواصلان من النقطتين الى المركز أعظم من التى تفصلها نقطتا الانعكاس .



(شكل ٤٧)

لتكن النقطتان ا ى ب ومركز الدائرة ح والنقطة الثالثة د ، فلكى يتحقق قانون الانعكاس بشطريه يجب أن تكون نقطة د فى مستوى ا ب ح ، ولتكن زاوية ا ح د أصغر من زاوية ب ح د ، ولتنعكس ا من هـ الى د .

وليلق ا ح ى ب ح ى د ح محيط الدائرة على و ى ر ى ح على الترتيب .

فكما تبين فى البرهان على الحكم الأول فان نقطة انعكاس ب الى د تقع حتما على قوس ح و ر .

وكما تبين فى البرهان على الحكم الثالث فان نقطة انعكاس ب الى د ليست نقطة ح ولا نقطة ر ولا نقطة هـ ، وليست أيضاً نقطة فيما بين ح ى هـ .

وإذن فهى نقطة على قوس هـ ر فيما بين نقطتى هـ ى ر ، فلتكن نقطة ط كما هو مبين بالشكل ، ويكون بعدها عن ح أعظم من بعد هـ عنها . نصل ط ح .

فمن الواضح أن زاويتى د هـ حـ ، د ط حـ منفرجتان .

ومن السهل إثبات أن :

زاوية د هـ حـ أعظم من زاوية د ط حـ

∵ زاوية د هـ حـ = زاوية ا هـ حـ

∵ زاوية د ط حـ = زاوية ب ط حـ

∴ زاوية ا هـ حـ أعظم من زاوية ب ط حـ .

فاذا رسم على الوتر ا حـ قوس الدائرة التى تقبل زاوية تساوى زاوية ب ط حـ ، فانها تقطع محيط الدائرة الأولى على نقطة مثل ى يكون بعدها عن و أعظم من بعد هـ عنها ، فتكون نقطة ى فيما يلى هـ من و ، واذا وصل ا ى ، ى حـ ، تكون

زاوية ا ى حـ = زاوية ب ط حـ

وفى المثلثين ب ط حـ ، ا ى حـ تكون زاويتا ط ، ى المنفرجتان متساويتين .

∵ ط حـ = ى حـ ، ب حـ = ا حـ ، فالمثلثان متطابقان .

∴ زاوية ب حـ ط = زاوية ا حـ ى

∵ زاوية ا حـ ى أعظم من زاوية ا حـ هـ

∴ زاوية ب حـ ط « زاوية ا حـ هـ

فاذا زيدت كل منهما أو أنقصت بمقدار زاوية ط حـ ا ثبت أن زاوية ب حـ ا أعظم من زاوية ط حـ هـ

وإذن قوس ر و أعظم من قوس ط هـ .

وابن الهيثم يورد هذا الحكم فى مقالته فى ضوء القمر[1] . ومن الواضح أن نقطتى ا ، ب تنعكسان الى نقطة د عن سطح الكرية اذا كانت النقاط

(١) شكل (ى) من المقدمات . والوارد فى الأصل تنطبق عليه حالة انقاص الزاوية .

الثلاث فى مستوى واحد يمر بمركز المرآة فتكون الدائرة التى تنعكس عن محدب محيطها النقطتان ، هى التى يلقى على محيطها المستوى المذكور سطح المرآة .

٩٩ — بحوث ابن الهيثم عن انعكاس ضوء الشمس عن سطح القمر الى نقطة ما سطح الأرض

بينا فيما سبق أن لابن الهيثم نظرية فى كيفية إشراق ضوء القمر الى الأرض خالف بها نظرية أصحاب التعاليم الذين ذهبوا إلى أنه ضوء الشمس منعكساً عن سطحه كما ينعكس الضوء عن سطح الأجسام الصقيلة . فابن الهيثم رأى أن ضوء القمر وإن كان مكتسباً من الشمس فان ضوأه من قبيل « الأضواء العرضية » ينبعث من كل نقطة من سطح القمر المستضىء بضوء الشمس إلى كل نقطة تقابلها ، وليس إشراق ضوئه الى الأرض بطريق الانعكاس . وقد سبق أن بينا وجهة نظره فى التمييز بين الأضواء العرضية وبين الأضواء المنعكسة .

وابن الهيثم إقراراً لنظريته هذه ، يتناول فى مقالته فى ضوء القمر تقدير أكبر مساحة من سطح القمر يصح أن ينعكس عنها ضوء الشمس الى موضع على سطح الأرض . ويثبت بالبرهان الرياضى أنها جزء صغير من سطح القمر لا يتفق بحال من الأحوال والواقع المشاهد . ويدلل بذلك على أن اعتبار ضوء القمر المشرق على الأرض هو ضوء الشمس منعكساً عن سطح القمر انعكاساً ينقاد لقانون الانعكاس بشطريه خطأ وقع فيه المتقدمون ويجب العدول عنه .

وحل ابن الهيثم هذه المسألة واستخراجه قيمة هذه المساحة ، من أمتع ما اطلعنا عليه من أعماله . وهو يقدم لها بالأحكام التى ضمنها تلك المقالة فى انعكاس النقطتين عن سطح الكرية المحدبة أو عن محدب محيط الدائرة ، مما أدمجناه فى الأحكام التى ذكرناها آنفاً أو فى بعض ما جعلناه من نتائجها .

وتسهيلا لعرض هذا البحث نقسمه هنا أربعة أقسام ، نتناول فى القسم الأول منها بيان وضع القمر من الأرض والشمس ذلك الوضع الذى ينطبق عليه الحل الذى أورده ابن الهيثم للمسألة ، ونتناول فى القسم الثانى تحديد الجزء من سطح القمر الذى يصح أن ينعكس عنه الضوء إلى الأرض ، ونتناول فى القسم الثالث تقدير عرض المساحة التى يصح أن ينعكس عنها ضوء الشمس إلى الأرض ، وفى القسم الرابع تقدير طول هذه المساحة .

١٠٠ — تعيين الأوضاع

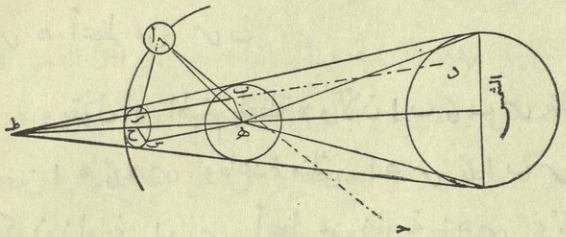
وابن الهيثم يحدد فروضه عند تناول بحثه تحديداً غاية فى الدقة والوضوح . فهو يريد أن يراعى الانعكاس فى الأحوال التى لا يلقى فيها امتدادُ المستقيم الواصل من مركز القمر إلى الموضع المفروض من سطح الأرض جرم الشمس ، ولكنه لا يقنع بهذا الفرض فحسب بل نجده يوضح فى صدر بحثه الشرط اللازم لذلك ، بل هو لا يكتفى بمجرد التوضيح وإنما يثبته بالبرهان الرياضى .

فهو يقدِّم بقضية هندسية فلكية هى بلفظه كما يأتى : —

« كل خط يخرج من مركز القمر إلى نقطة من النقط التى على وجه الأرض وفى ظل الأرض ، اذا كان القمر فوق أفق تلك النقطة أو عليه ، وكان بعد مركزه من النقطة المقابلة لمركز الشمس ، من الدائرة العظيمة التى تمر بمركز الشمس والقمر ، قوساً ليست بأصغر من القوس التى يوترها نصف قطر دائرة الظل وجميع قطر جرم الشمس ، فان ذلك الخط إذا أخرج على استقامته لم يلق شيئاً من جرم الشمس » .

والقضية لا يبدو معناها أول وهلة خلواً من الغموض . ولكن ابن الهيثم يريد بالدائرة العظيمة التى تمر بمركز الشمس والقمر الدائرة التى يلقى عليها المستوى المار بمراكز الشمس والقمر والأرض كرة السماء . وبالبعد بين نقطتين مقيساً بالقوس من محيط هذه الدائرة ، الزاوية التى توترها النقطتان

عند مركز هذه الدائرة . وبدائرة الظل مقطع ظل الأرض بكرة فلك القمر على اعتبار مسير القمر حول الأرض محيط دائرة عظيمة فى كرة مركزها مركز الأرض (أى مركز كرة السماء) ونصف قطرها بعد مركز القمر عن مركز الأرض .



(شكل ٤٨)

فلتكن نقطة ه (شكل ٤٨) مركز الأرض ، ا مركز القمر ومستوى الشكل مستوى مراكز الشمس والأرض والقمر ، ط رأس مخروط ظل الأرض (أى الظل المحض) ، وليكن فلك القمر حول الأرض كرة مركزها ه ونصف قطرها ه ا وهى تقطع مخروط الظل على دائرة مركزها ح على سهم المخروط ، ولتكن س أية نقطة على محيطها فيكون نصف قطرها مساوياً ح س ، وتكون أية نقطة على سهم المخروط كنقطة ح مثلا مقابلة لمركز الشمس .

فهو فى قضيته المذكورة يريد أنه إذا كانت زاوية ا ه ح ليست أصغر من الزاوية التى يوترها قطر الشمس عند ه ، مضافاً اليها زاوية س ه ح وهى التى يوترها عند ه نصف قطر دائرة الظل ، فان المستقيم الواصل من ا إلى أية نقطة مثل ب على سطح الأرض وفى الظل ، أى فى المواضع التى يغشاها الليل ، لا يلقى الشمس إذا مد على استقامته .

ولبيان برهانه على هذه القضية نصل ه ب ، ونفصل من ب ط الجزء ب ر مساوياً ب ا ، ونصل ا ب ، ه ر ، ونخرج ط ب على استقامته فهو يلقى جرم الشمس وليكن على د ، لأنه داخل مخروط الظل .

فمن الواضح أنه اذا كان القمر عند أفق نقطة ب كان ا ب مماساً لكرة الأرض وكانت زاوية ا ب ه قائمة ، أما إذا كان القمر فوق الأفق

فزاوية ا ب هـ منفرجة ، وفى كلتى الحالتين ا هـ أعظم من ا ب . ونقطة ب فرضاً فى الظل فزاوية ر ب هـ ليست أصغر من قائمة فيكون ر هـ أعظم من ر ب .

ويقول ابن الهيثم بلفظه « ولأن ا ب ، ب ر متساويان ، وهما أصغر من ا هـ ، هـ ر وقاعدة مثلثى ا هـ ر ، ا ب ر واحدة وهى ا ر ، يكون زاوية ا ب ر أعظم من زاوية ا هـ ر » .

ولكن زاوية ا هـ ح أعظم من مجموع زاوية س هـ ح والزاوية التى يوترها قطر الشمس عند هـ (فرضاً) .

∴ زاوية ا هـ ح — زاوية س هـ ح

أعظم من الزاوية التى يوترها قطر الشمس عند هـ .

، زاوية ا هـ ر أعظم من زاوية ا هـ ح — زاوية س هـ ح

لأن ب ر يقع داخل مخروط الظل .

∴ زاوية ا ب ر أعظم كثيراً من الزاوية التى يوترها قطر الشمس عند هـ .

فاذا أخرجنا ا ب إلى ح وفرضنا أنه يلقى الشمس على ح

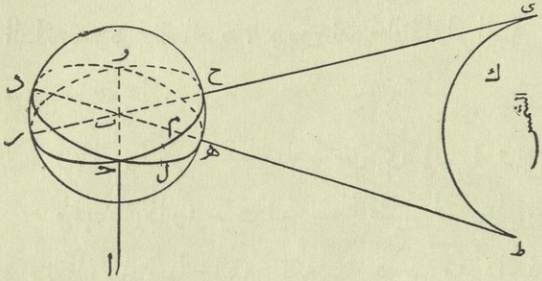
كانت زاوية د ب ح أعظم كثيراً من الزاوية التى يوترها قطر الشمس عند هـ .

وبما أن ب د يلقى جرم الشمس ، إذن يكون البعد د ح أعظم من قطر الشمس وهذا خلف .

وإذن امتداد ا ب لا يلقى جرم الشمس .

١٠١ — تحديد الجزء من سطح القمر الذى يصح أن ينعكس عنه ضوء الشمس الى الأرض

وابن الهيثم بعد عنايته بهذه القضية وباثباتها، يفرض أن القمر فى الوضع المذكور من الشمس والأرض، أى فى الوضع الذى يكون فيه المستقيم الواصل بين مركز القمر والوضع المفروض على سطح الأرض من الجزء الذى يغشاه الليل لا يلقى جرم الشمس.



(شكل ٤٩)

ويتناول تعيين الجزء من سطح القمر الذى يصح أن ينعكس عنه الضوء إلى الأرض.

فلنفرض مركز القمر ب (شكل ٤٩) والوضع المفروض على سطح الأرض ا ولنفرض أن المستقيم ب ا إذا أخرج لا يلقى جرم الشمس، ولنتوهم مستويين يمران بالمستقيم ا ب ويمسان الشمس عن جنبتيها، وليلق أحدهما سطح القمر على دائرة د ح ه و د، وليلق الآخر سطحه على دائرة ر ح ح و ر، وليكن تقاطع محيطى الدائرتين على نقطتى ح ، و، فتكون نقاط ا ح ب و على استقامة واحدة.

فأية نقطة من سطح الشمس يصح أن تنعكس إلى ا يجب (وفقاً لقانون الانعكاس) أن يكون انعكاسها فى مستوى عمود على سطح القمر أى فى المستوى الذى تقع فيه تلك النقطة والمستقيم ا ب، وإذن يتحتم أن تكون المساحة التى يصح أن ينعكس عنها ضوء الشمس إلى ا هى مساحة القطعة من سطح القمر المحدودة بمستوى الدائرتين المذكورتين.

وبما أن الشمس فرضاً فى إحدى جنبتى ا ب فلتكن فى جنبة القطعة حـ و هـ حـ ، ولنخرج من ب المستقيم ب ط فى مستوى دائرة حـ هـ و مماساً للشمس وليلق محيط هذه الدائرة على هـ ، وكذلك لنخرج من ب المستقيم ب ى فى مستوى حـ ح و مماساً للشمس وليلق محيط هذه الدائرة على ح .

فيتبين من المقدمات أن نقطة انعكاس ط إلى ا تقع حتما على قوس هـ حـ ، المحصورة بين نقطة التقاء الواصل من ط إلى المركز بمحيط الدائرة وهى نقطة هـ ، وبين نقطة التقاء الواصل من ا إلى المركز بمحيطها وهى نقطة حـ .

وبالمثل تكون نقطة انعكاس ى إلى ا واقعة حتما على قوس ح حـ .

وأيضاً إذا روعيت أية نقطة مثل ك على سطح الشمس فانها تنعكس من نقطة على سطح القمر تقع على قوس من دائرة عظيمة أحد طرفيها نقطة التقاء الواصل من ك إلى مركز القمر بسطحه ، وطرفها الآخر نقطة التقاء الواصل من ا إلى مركز القمر بسطحه ، ولا يمكن أن تكون نقطة الانعكاس على غير هذه القوس .

وإذن انعكاس ضوء الشمس عن سطح القمر إلى ا من المحال أن يكون من غير مساحة القطعة من سطح القمر الواقعة بين مستويى حـ هـ و ، حـ ح و فى الجنب الذى يلى الشمس .

١٠٢ — تقدير عرض المساحة التى يصح أن ينعكس عنها الضوء

ولتعيين عرض المساحة يراعى ابن الهيثم انعكاس الضوء من نقاط الشمس الموجودة فى مستوى المستقيمين ب ط ، ب ى .

فان كان البعد بين مركزى الشمس والقمر يوتر عند مركز الأرض زاوية ليست بأقل من قائمة ، ومعنى ذلك من الوجهة الفلكية أن القمر فى أوقات الاستقبالات والتربيعات أى أن أكثر من نصف وجهه ممتلىء ضوءاً ،

كانت كل واحدة من الزاويتين اللتين يوترهما ط ب ى ب عند مركز الأرض ليست بأقل من قائمة .

وكان كل من خطى ط ب ى ب « أعظم من الخط الواصل بين أى نقطة فرضت من جرم الشمس وبين مركز الأرض » .

فاذا رمز لنصف قطر القمر بالرمز نه فعلى حسب ما هو وارد فى الأصل ، بنى ابن الهيثم تقديره الحسابى على البيانات الآتية وأحال فيها على ما ذكره بطليموس فى المجسطى .

(أولا) نصف قطر الأرض = ٣ ٢/٥ نه

(ثانياً) بعد الشمس عن الأرض = ١٢٠٠ مثل نصف قطر الأرض

(ثالثاً) قطر الشمس = ١٨ ٤/٥ مثل قطر القمر

فيكون :

بعد الشمس عن الأرض = ١٢٠٠ × ٣ ٢/٥ نه

= أعظم من ٤٠٠٠ نه

وإذن ب ط (شكل ٤٩)

= أعظم من ٤٠٠٠ نه

$$\therefore \quad \frac{\text{نه}}{\text{ب ط}} \quad \text{أصغر من} \quad \frac{١}{٤٠٠٠}$$

$$\text{ولكن} \quad \frac{\text{نه}}{\text{ب ط}} = \frac{\text{هـ ح}}{\text{ط ى}}$$

ى ط ى إن لم يكن يساوى قطر الشمس فليس هو أعظم منه وبما أن قطر الشمس على حسب ما ورد فى (ثالثاً) = ١٨ ٤/٥ مثل قطر القمر

∴ هـ ح يكون حتما

$$\text{أصغر من} \quad \frac{١}{٤٠٠٠} \times ١٨\ \tfrac{٤}{٥} \times ٢ \text{ نه}$$

أى أصغر من ٠,٠٠٩٤ نو بالتقريب

فتكون زاوية ح ب ه

أصغر من ٠,٠٠٩٤ على التقدير الدائرى

أى أصغر من ٣٣ دقيقة بالتقريب .

تلك هى الفكره الأساسية فى الطريقة التى توخاها فى الحساب . فهو بعد أن بيّن أن خط هـ ح « أقل من جزء من أربعة ألف جزء من قطر جرم الشمس » يقول بلفظه « وقطر جرم الشمس ١٨ ضعفاً وأربعة أخماس ضعف لقطر القمر . فبالمقدار الذى به قطر الشمس ٤٠٠٠ ، به قطر القمر أكثر من مايتى وعشرة [١] . فبالمقدار الذى به خط (هـ ح) واحد به قطر القمر أكبر من مايتى وعشرة . فبالمقدار الذى به قطر القمر ١٢٠ به خط (هـ ح) أقل من ٢٤ دقيقة ونصف [٢] . ويكون القوس التى عليه من الدائرة التى تمر بمركز القمر أقل من ٣٤ دقيقة » .

ولا يفوتنا أن نشير مرة أخرى فى هذا المقام الى أن كلا من قيمتى نسبة بعد الشمس عن الأرض الى نصف قطر الأرض ونسبة قطر الشمس الى قطر القمر بحسب ما هو وارد فى المجسطى تكاد تكون جزءاً من عشرين من القيمة المعتمدة فى الوقت الحاضر ، وتكرر الخطأ فى القيمتين بنسبة واحدة ، لا يترتب عليه خطأ فى النتيجة التى حصل عليها ابن الهيثم ، ولما كان التفاوت بين قيمة نسبة قطر الأرض الى قطر القمر التى روعيت فى التقدير وبين قيمتها المعروفة الآن صغيراً ، فان النتيجة التى حصل عليها ابن الهيثم لا تختلف اختلافاً يذكر عن نتيجة التقدير الحديث .

---

(١) من الواضح بحسب النسبة المذكورة أنه يكون أكبر من ٢١٢ وأصغر من ٢١٣ .

(٢) كذا فى الأصل ولعله خطأ من الناسخ ولعل المقصود ٣٣ دقيقة ونصف ، فالمقدار بحسب النسبة المذكورة يكون ٣٣ دقيقة بالتقريب .

فاذا رمزنا لنقطة انعكاس ط الى ا من قوس هـ حـ بالحرف ل ، وبما أن ط أبعد عن مركز السطح الكرى العاكس من ا ، يتبين من الحكم الرابع وقد أورده ابن الهيثم ضمن مقدمات مقالة ضوء القمر ، أن نقطة ل تقسم قوس هـ حـ قسمين أصغرهما مما يلى حـ ، وإذن يكون طول القوس حـ ل أصغر من نصف طول القوس حـ هـ .

وبالمثل اذا رمزنا لنقطة انعكاس ى الى ا من قوس ح حـ بالحرف م ، يكون طول قوس حـ م ، أصغر من نصف طول قوس حـ ح .

وبما أن المثلثين ا ب ط ، ا ب ى متطابقان لأن :

ا ب مشترك ، ب ط = ب ى ، ا ط = ا ى (لأنهما مماسان لكرة الشمس) .

فان زاوية هـ ب حـ = زاوية ح ب حـ

وإذن قوس حـ هـ = قوس حـ ح

وتكون نقطتا ل ، م فى وضعين متماثلين على القوسين . وبما أن حـ ل أصغر من نصف حـ هـ ، حـ م أصغر من نصف حـ ح .

تكون نسبة قوس ل م الى قوس هـ ح أصغر من نصف .

وإذن تكون قوس ل م أصغر من ١٧ دقيقة على حسب تعبيره .

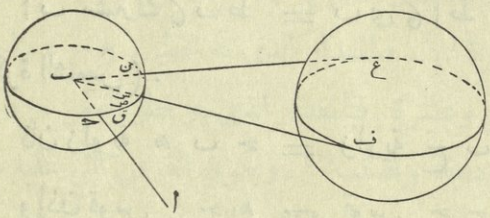
واذا فرضت أية نقطة على الشمس مثل ك فى مستوى الخطين ب ط ، ب ى ، فيما بينهما ، فهى تنعكس الى ا كما ذكر آنفاً من قوس العظيمة المحدودة (أى القوس) بنقطة التقاء الواصل من ك الى ب و بنقطة حـ ، والزاوية التى توترها هذه القوس عند ب تساوى الزاوية التى توترها كل من قوسى حـ هـ ، حـ ح عند ب ، فيكون طول هذه القوس كطول كل منهما ، وتكون نقطة الانعكاس فى وضع شبيه بوضع نقطتى ل ، م من هاتين القوسين ، فتكون إذن على قوس م ل من الدائرة العظيمة على كرة القمر .

وإذن تكون نقاط انعكاس جميع النقط من سطح الشمس الواقعة فى مستوى الخطين ب ط ، ب ى نقاط من قوس ل م لا تتجاوز طرفيها .

فقوس ل م إذن عرض المساحة من سطح القمر التى يصح أن ينعكس عنها ضوء الشمس إلى الموضع ا من الأرض .

١٠٣ — تقدير طول المساحة التى يصح أن ينعكس عنها الضوء

ولاستخراج طول هذه المساحة نخرج المستوى المار بمستقيم ا ب ، ومركز الشمس ، فهو يلقى كرة القمر على محيط العظيمة ن س ح ، ولنخرج فى مستواها ب ع ، ب ف مماسين للشمس على جنبتيها .



(شكل ٥٠)

وليلق الأول محيط الدائرة على ن ، والثانى على س ، فكما تبين فى الحالة السابقة تكون قوس ن س أصغر من ٣٤ دقيقة . فان كانت زاوية ا ب ع أعظم من زاوية ا ب ف ، وبما أن ب ع = ب ف ، يتبين من البرهان على الحكم الرابع أن نقطة انعكاس ع إلى ا ، أبعد من نقطة انعكاس ف إلى ا . فلتكن الأولى ص والثانية ق ، ويتبين أيضاً من الحكم الرابع أن ص ق حتما أصغر من ن س ، وإذن أية نقطة فيما بين خطى ب ع ، ب ف تنعكس إلى ا من نقطة على قوس ص ق ، وإذن تكون نقاط انعكاس جميع النقط من سطح الشمس الواقعة فى مستوى الخطين ب ع ، ب ف ، على قوس ص ق ولا تتجاوز طرفيها .

فقوس ص ق إذن هى الحد الأقصى لطول المساحة التى يصح أن ينعكس عنها ضوء الشمس إلى الموضع ا من الأرض . وطولها لا يتجاوز ٣٤ دقيقة .

بهذه الكيفية بين ابن الهيثم أنه فى أوقات التربيعات والاستقبالات اذا كان المستقيم الواصل من مركز القمر إلى نقطة مثل ا من سطح الأرض

وفى ظلها لا يلقى الشمس تكون المساحة من سطح القمر التى يصح أن ينعكس عنها ضوء الشمس إلى ا ، قطعة صغيرة لا يتجاوز طولها قوساً توتر عند مركز القمر زاوية قدرها ٣٤ دقيقة ، ولا يتجاوز عرضها قوساً توتر عند مركز القمر زاوية قدرها ١٧ دقيقة .

فان كان الضوء الذى يشرق على الأرض يشرق بالانعكاس المنقاد للقانون العام ، لما أدرك عند ا من وجه القمر غير هذه المساحة الصغيرة . فى حين أن الواقع المشاهد ليس كذلك ، إذ يبدو وجه القمر كله عند الاستقبال ونصفه عند التربيعين مضيئاً ، بل ان ما يبدو منه وهو هلال قوس أطول كثيراً من الحد الأقصى لطول تلك المساحة المقدرة .

الفصل الرابع

فى

تفصيل الانعكاس عن السطوح الكرية المقعرة

١٠٤ — بيانه كيفية انعكاس الأشعة المتوازية عن سطح الكرية المقعرة

من بحوث ابن الهيثم فى الانعكاس عن المرايا الكرية المقعرة بحوث ضمنها مقالته فى المرايا المحرقة بالدائرة . وهى فى نظرنا من أجل بحوثه ، لا لأنها تتضمن كما سنبين فيما بعد ذكر الزيغ الكرى الطولى فحسب ، بل لأن ابن الهيثم عنى فيها كما عنى فى مقالته عن المرايا المحرقة بالقطوع ، بدراسة انعكاس الضوء من ناحيته العينية وتجنب الناحية الشخصية المتعلقة بالشخص المبصر التى علق عليها أهمية عظيمة فى كثير من بحوثه الواردة فى المناظر .

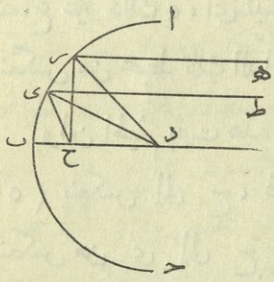
ومقالته فى المرايا المحرقة بالدائرة تتضمن بياناً وافياً مقروناً بالبراهين الهندسية عن كيفية انعكاس الأشعة المتوازية الواردة من الشمس عن سطح المرآة الكرية المقعرة . وهو يتناول هذا الأمر مبتدئاً من المبادىء الأولية ، فيذكر قانونى الانعكاس كما نعلمهما الآن ، ويتدرج خطوة إثر خطوة فى سلسلة من القضايا الهندسية يثبت بها المعانى والحقائق المتعلقة بالموضوع .

وهو يصدر البحث بذكر الحدود . فيراعى مرآة كرية مقعرة لا يتجاوز سطحها نصف كرة . ويعبر عما نطلق عليه الآن « محور المرآة » أو « المحور الرئيسى لها » « بسهم المرآة » ويورد تعريفاً للسهم فيقول « وسهم المرآة هو قطر الكرة الذى يكون قائماً على قطر قاعدة المرآة على زوايا قائمة » .

ويتصور المرآة فى الوضع الذى اذا أخرج منه سهم المرآة على استقامته انتهى إلى جرم الشمس أى فى الوضع الذى تسقط فيه أشعة الشمس على سطح المرآة موازية لسهمها. ويمضى بعد ذلك إلى إثبات خمس قضايا بالبراهين الهندسية، يتكون منها بيان واف عن كيفية انعكاس الأشعة المتوازية عن سطح المرآة، نوردها فيما يلى بترتيب ورودها فى الأصل.

القضية الأولى — «كل مرآة مقعرة تقعيراً كرياً يكون أقل من نصف كرة تُقابل بها الشمس، حتى يكون سهمها إذا أخرج على استقامة انتهى إلى جرم الشمس، فان الشعاعات التى تخرج من جرم الشمس على خطوط متوازية لسهم المرآة تنعكس من سطح المرآة إلى سهمها».

ولاثبات ذلك ليكن هـ ر (شكل ٥١) أحد الشعاعات، وليكن مركز المرآة د، وسهمها امتداد ب د، وليقطع مستوى المستقيمين هـ ر ، د ب المتوازيين سطح المرآة على قوس ا ب ح، وهى قوس من محيط أعظم دائرة فى الكرة، وكثيراً ما يعبر عنها ابن الهيثم بلفظ العظيمة. ولا يتجاوز طول هذه القوس نصف محيط العظيمة، ولنرسم فى هذا المستوى المستقيم ر ح بحيث تكون



(شكل ٥١)

$$\angle\ د\ ر\ ح = \angle\ هـ\ ر\ د$$

فنظراً لأن سطح المرآة أقل من نصف كرة فقوس ا ب أقل من ربع محيط العظيمة وزاوية ر د ب أقل من قائمة.

وبما أن $\angle\ ر\ د\ ب = \angle\ هـ\ ر\ د = \angle\ د\ ر\ ح$

إذن $\angle\ د\ ر\ ح$ أقل من قائمة

فالمستقيم ر ح والمستقيم د ب حتما يلتقيان.

وبالمثل كل شعاع آخر يوازى السهم ينعكس بحيث يلقى السهم .

وإذا رمزنا لنقطة التقاء ر ح ، د ب بالحرف ح ، وتصورنا السهم د ب ثابتاً وأدير الشكل حوله ، فنقطة ر ترسم فى سطح كرة المرآة محيط دائرة ، ويكون وضع كل نقطة عليها بالنسبة إلى ح كوضع نقطة ر بالنسبة اليها ، وبهذه الكيفية يبين ابن الهيثم أن جميع الشعاعات التى تخرج من الشمس موازية للسهم وتنتهى إلى محيط هذه الدائرة تنعكس كلها مارة بنقطة ح على السهم .

القضية الثانية — « كل نقطة على سهم مرآة كرية مقعرة ينعكس اليها شعاع من محيط دائرة فى سطح الكرة فليس ينعكس اليها من سطح الكرة شعاع غير ذلك » ، أى ليس ينعكس اليها شعاع آخر غير الشعاعات التى تنعكس من محيط تلك الدائرة .

وابن الهيثم يثبت هذه القضية ببرهان الخلف . فان كان هـ ر (شكل ٥١) ينعكس إلى ح ، فلنفرض أن شعاعا آخر ط ى موازياً للسهم ينعكس من ى إلى ح أيضاً .

فبما أن

$$\text{ق}(\text{ر د ب}) = \text{ق}(\text{د ر ح}) \text{ فان } \text{ح د} = \text{ح ر}$$

وكذلك يتبين أن ح د = ح ى وهذا خلف .

فمن المحال أن ينعكس من نقطة ليست من محيط الدائرة التى تحدث من دوران ر حول السهم ، شعاع إلى نقطة ح .

ويترتب على هاتين القضيتين أن المرآة الكرية المقعرة لا تلم فى نقطة معينة على سهمها إلا الأشعة التى تسقط موازية لسهمها وتلقى سطح المرآة على محيط دائرة معينة .

القضية الثالثة — « كل نقطة على سهم مرآة مقعرة ينعكس اليها شعاع

فان بعدها من مركز الكرة أكبر من ربع قطرها » .

ولبيان ذلك لنفرض أن هـ ر (شكل ٥١) ينعكس من ر إلى ح فقد تبين فيما سبق أن ح د = ح ر

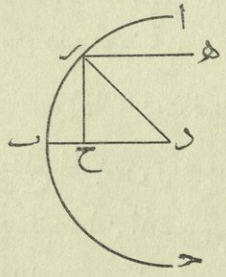
وبما أن ح ر أعظم من ح ب [1]

∴ ح د أعظم من ح ب

وإذن ح د أعظم من نصف د ب فهو أعظم من ربع قطر المرآة .

القضية الرابعة — « الشعاعات التى تنعكس من الدائرة التى بعدها من طرف سهم المرآة مثل ضلع المثمن الذى يقع فى أعظم دائرة فى الكرة ينعكس جميعها إلى مركز الدائرة » .

وابن الهيثم يعنى طبعاً المثمن المنتظم . وواضح أن ضلعه يوتر عند مركز الدائرة نصف قائمة . فان كانت نقطة د (شكل ٥٢) مركز المرآة ، وامتداد ب د سهمها ، وجعلنا زاوية ب د ر نصف قائمة فان ب ر مثل ضلع المثمن المنتظم ، فان أسقط من ر العمود ر ح على السهم وأخرج من ر المستقيم ر هـ موازياً للسهم فمن السهل إثبات أن هـ ر ينعكس إلى ح ، ونقطة ح هى مركز الدائرة التى ترسمها نقطة ر عند دوران الشكل حول السهم .



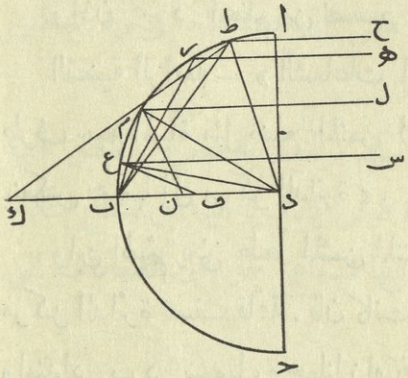
(شكل ٥٢)

القضية الخامسة — « الشعاعات التى تنعكس من محيط الدائرة التى بعدها من طرف السهم مثل ضلع المسدس تنعكس من جميعها إلى طرف السهم ، والتى بعدها من طرف السهم أكثر من ضلع المسدس وأقل من ضلع المربع تنعكس إلى نقطة من السهم خارجة من الكرة ، والتى بعدها أقل من

(١) لم يبين فى الأصل السبب . وواضح فى المثلث ر ح ب أن زاوية ب أعظم من زاوية ر .

ضلع المسدس تنعكس إلى نقطة من السهم داخل الكرة ، وكل دائرة أقرب إلى طرف السهم يكون انعكاس الشعاعات منها إلى نقطة أقرب إلى مركز الكرة » .

وابن الهيثم يعنى بالمسدس والمربع الشكلين المنتظمين الواقعين فى عظيمة فى كرة المرآة .



(شكل ٥٣)

فاذا فرض أن ا ب ح نصف عظيمة مركزها د و ا ح قطرها العمود على السهم الممتد على استقامة د ب ، وركزنا فى ب ، ورسمنا قوساً نصف قطرها ب د تقطع قوس ا ب على ر ، اتضح أن ب ا مثل ضلع المربع المغنى و ب ر مثل ضلع المسدس .

ومن السهل إثبات أن الشعاع ه ر الموازى للسهم الذى يلقى المرآة على ر ، ينعكس فى استقامته ر ب ماراً بنقطة ب ، التى هى طرف السهم والتى نعبر عنها بقطب المرآة . وبمثل هذا يثبت ابن الهيثم الجزء الأول من هذه القضية .

وإذا أخذت نقطة مثل ط على قوس ا ر كان ب ط ، أعظم من ضلع المسدس وأصغر من ضلع المربع ، فهو أعظم من د ب ومن هذا يستنبط ابن الهيثم أن زاوية ط د ب أعظم من زاوية د ط ب فى المثلث ب ط د .

فان أخرج من ط المستقيم ط ح موازياً للمحور اتضح أن

ق ح ط د = ق ط د ب

وإذن ∠ ح ط د أعظم من ∠ د ط ب .

فاذا أخرج ط ك بحيث يكون

∠ د ط ك = ∠ ح ط د

تبين أن ∠ د ط ك أعظم من ∠ د ط ب . وإذن ط ك يلقى السهم على نقطة أبعد عن المركز من ب فهى خارجة عن الكرة .

وعلى هذه الصفة أثبت الجزء الثانى من القضية .

وبالمثل اذا أخذت نقطة مثل م على قوس ب ر كان ب م أصغر من ب د .

وإذن زاوية ب د م أصغر من زاوية د م ب . فاذا أخرج م ل موازياً للسهم وجعلت زاوية د م ن مساوية زاوية ل م د ،

ثبت أن م ن يلقى السهم على نقطة بين د ى ب ولتكن نقطة ن .

وإن أخذت نقطة مثل ع على قوس ب م فنظراً لأن ن ع أصغر من ن م ى ن م يساوى ن د فهو أصغر من ن د ، ومنه تكون

زاوية ع د ن أصغر من زاوية د ع ن .

فان أخرج من ع المستقيم ع س موازياً للسهم وأخرج ع ف بحيث تكون

∠ س ع د = ∠ د ع ف

فان ∠ د ع ف = ∠ ع د ن

وإذن ∠ د ع ف أصغر من ∠ د ع ن

وإذن يلقى ع ف السهم على نقطة تقع بين د ى ن .

وعلى هذا المنوال يتمم ابن الهيثم إثبات الأجزاء الأخرى من القضية .

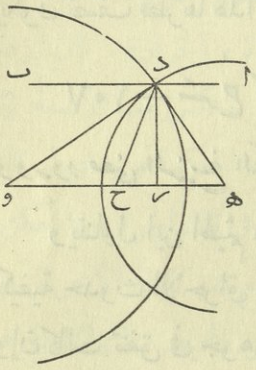
١٠٥ — ورود معنى البؤرة ضمنا فى أقوال ابن الهيثم

وواضح أن هذه القضايا الخمس تتضمن عدة حقائق خاصة بانعكاس الأشعة الموازية لسهم المرآة . منها أن المرآة الكرية المقعرة لا تعكس إلى نقطة واحدة من سهمها إلا الأشعة الموازية لسهمها التى تلقى سطحها على محيط دائرة معينة ، وإن هذه الدائرة إذا كان بعدها عن طرف السهم أكبر من ضلع المسدس كانت تلك النقطة خارج كرة المرآة بعيدة عن المركز ، وإن أخذت هذه الدائرة تقرب إلى طرف السهم قربت النقطة إلى المركز ، حتى إذا صار بعد الدائرة عن طرف السهم مثل ضلع المسدس كانت تلك النقطة عند طرف السهم ، وإن زادت الدائرة قرباً إلى طرف السهم زادت النقطة قرباً إلى مركز الكرة . ولا يقف الأمر عند هذا الحد . فابن الهيثم يعنى فى القضية الثالثة باثبات أن هذه النقطة التى تنعكس اليها الأشعة بعدها عن المركز يكون أكبر من ربع قطر المرآة دائماً . فكأن ابن الهيثم يقرر أن هذه النقطة ، وإن زادت قرباً من المركز كلما زادت الدائرة قرباً من طرف السهم ، فان قرب النقطة من المركز ينتهى إلى حد ، هو ربع قطر الكرة المرآة . وورود هذه المعانى على هذا السياق يفيد أن الأشعة الموازية للسهم التى تنعكس من محيط دائرة فى غاية القرب من طرف السهم ، تجتمع عند نقطة على السهم وإن كانت أبعد عن المركز من منتصف نصف القطر الممتد على السهم ، فهى فى غاية القرب من هذا المنتصف ، وهذا يفيد معنى البؤرة كما نتصوره فى الوقت الحاضر .

١٠٦ — استخراج نصف قطر تكور مرآة حلقية تلم الأشعة الموازية على بعد مفروض من مركزها

وابن الهيثم يتناول فى مقالته مسألة هندسية يعالجها بطريق التحليل الهندسى وطريق التركيب الهندسى ، ويطبقها لغرض عملى خاص سيأتى بيانه

فيما بعد . وهذه المسألة أنه إذا فرضت دائرة ذات قطر معلوم فكيف يعين نصف قطر كرة المرآة التى إذا كانت تلك الدائرة على سطحها انعكست عن محيطها الأشعة الموازية للسهم بحيث تلم فى نقطة على بعد مفروض من مركز الدائرة . وهو يعبر عن ذلك بقوله « كيف نستخرج الدائرة التى يكون إحراقها على بعد مفروض من المركز ويكون قطرها معلوما » . وفكرة ابن الهيثم فى حل هذه المسألة تتضح إذا أوردناها على الأسلوب الآتى : —



(شكل ٥٤)

ليكن نصف قطر الدائرة د ر (شكل ٥٤) وليكن بعد النقطة المفروضة من مركزها ر ح .

نرسم مثلثاً قائم الزاوية فى ر ، وضلعا القائمة فيه ر د ، ر ح ، ونعين وتره د ح .

ونخرج الضلع ر ح من جهتيه إلى ه ، و

ونجعل ح ه = ح و = ح د

فتكون كرة المرآة المطلوب تعيينها أما الكرة التى مركزها ه ونصف قطرها ه د ، أو الكرة التى مركزها و ، ونصف قطرها و د . وذلك لأنه إذا أخرج من د المستقيم ا د ب موازياً للمستقيم ه و فمن السهل إثبات أن ا د ينعكس عن سطح الأولى من نقطة د إلى ح ، وإن ب د ينعكس عن سطح الثانية من نقطة د إلى ح ، وإنه إذا أدير الشكل حول ه و فان الدائرة التى مركزها ر ونصف قطرها ر د سواء أكانت على سطح الكرة الأولى ، أم على سطح الكرة الثانية ، فان الأشعة الموازية للسهم تنعكس من محيطها عن مقعر سطح الكرة فى الحالتين إلى نقطة ح .

غير أن ابن الهيثم يصيغ هذه الطريقة فى صيغة أخرى ، ويستخدم لذلك اصطلاحات ليست مألوفة فى الوقت الحاضر . فتعيين المستقيم الذى تكون

مساحة المربع المنشأ عليه مساوية لمجموع مساحتى المربعين المنشأين على مستقيمين معلومين هو فى اصطلاح ابن الهيثم « استخراج الخط الذى يقوى على خطين معلومين » . ويقول ابن الهيثم فى النص على هذه الطريقة « وعلى جهة التركيب نجد الخط الذى يقوى على نصف قطر (الدائرة) وعلى البعد المفروض ، ونضيف اليه البعد أو ننقص منه البعد ، فما اجتمع أو بقى ، وجدنا الخط الذى يقوى عليه وعلى نصف قطر (الدائرة) [1] فندير دائرة يكون نصف قطرها هذا الخط » .

١٠٧ — شرح كيفية حدوث الاحراق بوساطة المرآة الكرية المقعرة وورود معنى الزيغ الكرى الطولى

ويتناول ابن الهيثم مع توضيح هذه الأمور التى بيناها فيما سبق شرح كيفية حدوث الاحراق بوساطة المرآة الكرية المقعرة . وفكرة ابن الهيثم وإن كانت تتفق فى جوهرها ورأى أصحاب التعاليم فى أن الضوء المشرق من الأجسام المضيئة بذاتها « حرارة نارية » فاننا نجد ابن الهيثم حريصاً على تجنب استعمال لفظ الضوء فى هذا الصدد ويستبدل به لفظ الشعاع أو الشعاعات . فيذكر الشعاع الشمسى وخروجه من الشمس على خطوط مستقيمة وانعكاسه على زوايا متساوية وما إلى ذلك . والأشعة التى تخرج من الشمس ليست كلها ضوءاً إذا أردنا بالضوء أن يكون المؤثر فى البصر . واستخدام لفظ الشعاع الشمسى بدلا من الشعاع الضوئى مثلا أصح وأصوب . ولعل ابن الهيثم قصد بالتعبير بالشعاع شيئاً من التعميم حتى

---

(١) يرد لفظ المرآة بدلا من الدائرة فى الموضعين ، فى مخطوط المقالة . والتعبير بنصف قطر المرآة قد يفيد نصف قطر كرة المرآة ، وليس هو المقصود البتة . فالذى يريده ابن الهيثم نصف قطر الحلقة التى اذا فصلت من كرة المرآة أحدثت الاحراق فى النقطة المعينة . ودفعا للالتباس أبدلنا لفظ الدائرة بلفظ المرآة الوارد فى الأصل . وقد نشر ڤيدمان ترجمة المانية لهذه المقالة ، جاءت مطابقة للأصل .

لا تكون أقواله مقصورة على الضوء بمعنى كونه المؤثر فى البصر بل تنصب أيضاً على ما يصحب ضوء الشمس من إشعاع لا يؤثر فى البصر .

وشرح ابن الهيثم لكيفية حدوث الاحراق بوساطة المرآة الكرية المقعرة سليم فى جملته ، بل إن كثيراً من أقواله التى ذكرها يخيل للمطلع عليها كأنها مأخوذة من كتاب على حديث . فهو يبين أن كل شعاع من أشعة الشمس ينعكس من جسم صقيل إلى نقطة فانه يُحدث عندها حرارة . وإذا اجتمعت شعاعات كثيرة عند نقطة واحدة تضاعفت الحرارة الحادثة عند تلك النقطة . وكلما زادت الشعاعات زادت « قوة » الحرارة . فان أردنا إحراقاً على نقطة كان من اللازم أن نجد الدائرة التى تنعكس منها الأشعة إلى تلك النقطة ، وبما أن الحرارة المجتمعة من الأشعة المنعكسة من محيط تلك الدائرة ربما لا تقوى على الاحراق فيجب أن نزيد فى تلك الحرارة ما أمكن . ويقول بلفظه « والحرارة التى يحدثها الشعاع المجتمع عند نقطة الأحراق هى إسخان الجزء من الهواء المحيط بتلك النقطة ، والجزء المحيط بتلك النقطة هو مقدار له عرض يحتمل نقطاً كثيرة . وكل واحدة من النقط التى تكون فى عرض الهواء المحيط بنقطة الاحراق ينعكس اليها شعاع من محيط دائرة قريبة من الدائرة الأولى ، فمن جنبتى الدائرة الأولى دوائر كثيرة تنعكس شعاعاتها إلى نقطة فى داخل الهواء المحيط بنقطة الاحراق الذى أسخنه الشعاع الأول » [1] . والحرارة عند كل واحدة من هذه النقاط تسخن جزءاً من المحيط بها . فان أردنا أن تتضاعف الحرارة عند نقطة الاحراق وجب أن يتخذ من سطح المرآة حلقة محدودة بدائرتين موازيتين للدائرة الأولى عن جنبتيها . « وليس كلما عظم البعد بين هاتين الدائرتين كانت زيادة الحرارة (فى النقطة التى يراد عندها الاحراق) على قدر زيادة البعد » . وإنما ذلك إلى حد ، « لأن الحرارة إنما تزيد بالشعاعات المنعكسة اذا كان

---

(١) و (٢٣) من مخطوط مقالة المرايا المحرقة بالدائرة .

اجتماعها إلى نقط قريبة من النقطة الأولى فيكون إسخانها كلها للجزء الصغير من الهواء المحيط بالنقطة الأولى » .

بمثل هذه التعبيرات وعلى مثل هذا الأسلوب يعرض ابن الهيثم شرحه . فالاحراق عند نقطة معينة يحدث بانعكاس الأشعة من جزء محدود من سطح الكرية المقعرة وهو على شكل حلقة عرضها يسير محدودة بدائرتين متوازيتين تتوسط بينهما الدائرة التى تنعكس منها الأشعة إلى نقطة الاحراق المفروضة . وهذه النقطة تكون « فيما بين نهايتى العرض الذى ينعكس اليه الشعاع من جميع سطح الحلقة ، وهذا العرض هو خط مستقيم وهو قطعة من سهم المرآة .... ومقدار هذا الخط بحسب مقدار عرض الحلقة » .

وهذا الذى يعبر عنه ابن الهيثم بالعرض الذى تنعكس اليه الأشعة من جميع سطح الحلقة ، هو الذى نعبر عنه الآن بالزيغ الكرى الطولى .

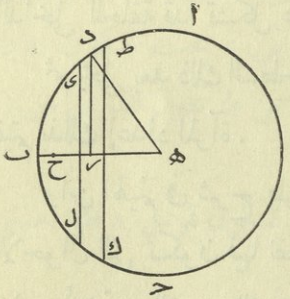
١٠٨ — طريقة ابن الهيثم لصنع مرآة محرقة بسيطة يكون احراقها عند نقطة معينة

ويبنى ابن الهيثم على هذه المعلومات التى يبينها ويعرضها على الوجه الذى ذكرناه طريقة عملية لصنع مرآة محرقة بسيطة يكون إحراقها بالانعكاس عن السطح الكرى المقعر . ويشرح هذه الطريقة ويذكر خطوات العمل المتتالية بالتفصيل .

وقد تبين فيما سبق أنه يُكتفى فى اجتماع الأشعة عند موضع الاحراق بجزء من السطح الكرى على هيئة حلقة يسيرة العرض . فالمرآة المحرقة إذن تكون على هيئة حلقة عرضها صغير وسطحها العاكس هو سطحها الداخلى . ويجب أن يكون جزءاً من سطح كرى . فاذا أريد أن يكون نصف قطر اتساع الحلقة أو بالأحرى نصف قطر الدائرة المتوسطة بين نهايتيها ذا قدر معلوم ، وليكن مثل ر د (شكل ٥٥) ، وأن يكون إحراقها على بعد معلوم

من مركزها ، وليكن مثل ر ح ، فطريقة ابن الهيثم لاعداد المرآة أن يعين أولا نصف قطر الكرة التى تنعكس الأشعة عن سطحها من محيط دائرة نصف قطرها مثل نصف القطر المعلوم ، وتتجمع الأشعة المنعكسة عند النقطة المفروض بعدها من مركز المرآة ، وذلك على الوجه الذى ذكره وبيناه فيما سبق .

فاذا تعين نصف قطر الكرة على تلك الصفة ، يؤتى بصفائح مقتدرة السمك ومستوية السطح من الفولاذ ، ويرسم على سطح كل منها دائرة أو قوساً من دائرة مثل ا ب ح مركزها ه ، ونصف قطرها مثل نصف القطر المذكور المستخرج على الوجه المشار اليه . ويعين على محيطها نقطة د التى ينعكس منها الشعاع الموازى للسهم ه ب ماراً بعد انعكاسه بنقطة ح ، ثم يفصل عن جنبتى نقطة د قوسان صغيرتان د ط ، د ى ، ويسقط من طرفيهما ط ، ى عمودان على السهم ويخرج العمودان حتى يلقيا المحيط على نقطتى ك ، ل بالترتيب ، ثم يقطع من كل واحدة من الصفائح الجزء ط ى ل ك .



(شكل ٥٥)

فمن الواضح أنه إذا ثبت المستقيم ه ب وأدير الجزء المذكور حدث من دوران القوسين ط ى ، ك ل سطح حلقى كرى يعكس الأشعة التى تقع عليه موازية للسهم ه ب ، بحيث تمر بعد انعكاسها بجزء مستقيم من السهم يمتد قليلا عن جنبتى نقطة ح ، وتجمع الأشعة يحدث عند ح إحراقاً .

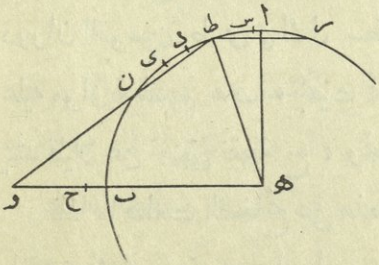
فاذا ما قطعت الصفائح على هذه الصفة تتخذ واحدة منها ويشحذ طرفاها ط ى ، ك ل حتى يصيرا حادين ما أمكن ، دون أن يخل ذلك بحدبتهما ويحتفظ بهذه الصفيحة . أما الصفائح الأخرى فينقش على سمك كل واحدة منها عند طرفيها المقوسين ط ى ، ك ل مبرد ، وتجعل هذه المبارد مختلفة

النقش على ترتيب ، بعضها أخشن من بعض .

وإذا ما تم إعدادها على هذه الصفة تتخذ حلقة من الفولاذ ، قطرها الداخلى مثل ى ل [1] ، والخارجى مثل ط ك ، أو أكبر ، والبعد بين وجهيها المستديرين مثل عرض الواحدة من تلك الصفائح ، وتركب الحلقة فى الشهر (أى المخرطة) ويعتمد على سطحها الداخلى بأخشن المبارد ثم الذى يليه وهكذا ، حتى يتشكل سطحها الداخلى على هيئة السطح الحلقى الكرى الذى يحدث من دوران قوسى ط ى ، ك ل حول السهم هـ ب . ويعتبر بالصفيحة المشحوذة الطرفين فاذا وجد أن طرفيها المشحوذين ينطبقان فى الأوضاع المختلفة على السطح الداخلى للحلقة انطباقاً تاماً ، تبين من ذلك أن السطح الداخلى للحلقة قد تشكل على الصورة المطلوبة .

ثم يجلى بعد ذلك السطح الداخلى للحلقة حتى يصير مصقولا صقلا جيداً فيتم بذلك إعداد المرآة .

وابن الهيثم فى شرح طريقته هذه لصنع المرآة يلفت النظر إلى أنه فى الأحوال التى تكون فيها نقطة الاحراق خارج سطح كرة المرآة ، يجب أن يراعى ألا تمتد القوس التى تؤخذ عن جنبتى نقطة د عند إعداد الصفائح إلا بقدر ، حتى لا تقع الأشعة التى تنعكس من طرفها ط أو من الأجزاء التى تلى هذا الطرف منها ، على أجزاء القوس ط ى القريبة من طرفها الآخر وهو ى ، فتحول هذه الأجزاء دون وصول الأشعة المنعكسة إلى نقطة الاحراق المفروضة .



(شكل ٥٦)

وهو يشترط أن تكون القوس د ط أصغر من القوس المحصورة بين

---

(١) الوارد فى الأصل أن قطر الحلقة مثل قطر الدائرة أى الدائرة التى مركزها ر ونصف قطرها ر د . ولعله سهو .

نقطة ط وبين نقطة ا (شكل ٥٦) التى يلقى عندها قطر العظيمة الذى هو عمود على السهم هـ ب ، محيطها .

وتتضح فكرة ابن الهيثم إذا أخرجنا من ط المستقيم ط ر موازياً للسهم وليلق محيط العظيمة على ر ، ولينعكس ر ط من ط إلى و ، وليقطع ط و محيط العظيمة على ن ، فواضح أن ط ر = ط ن ، ط ن يساوى ضعف ط ا .

فالمنعكس من ط لا يقطع القوس ط ى ، إذا كان طولها أصغر من ط ن ، أى إذا كان طول نصفها وهو ط د أصغر من ط ا .

ولكن إن امتدت القوس المأخوذة عن جنبتى د من أحد الجانبين إلى نقطة ن مثلا ، ومن الجانب الآخر إلى نقطة س ، بحيث تكون د ن = د س ، فالأشعة التى تنعكس من قوس س ط تحول القوس س ن دون وصولها إلى سهم المرآة .

فلكى لا تحدث مثل هذه الحيلولة يجب أن تكون قوس د ط أصغر من ط ا .

١٠٩ — ذكر المرآة الكرية المحرقة المركبة وطريقة صنعها

والمرآة التى أتينا فيما سبق على رأى ابن الهيثم فى شرح كيفية إحراقها وطريقة صنعها أسميناها المرآة المحرقة البسيطة ، لأن ابن الهيثم يورد نوعاً آخر من المرايا الكرية تتضاعف فيها الأشعة المتجمعة فى نقطة الاحراق ، وتزداد تبعاً لذلك الحرارة التى تتولد عندها ، فتكون أشد إحراقاً من السابقة ونميزها هنا بوصف « المركبة » .

والذى دعا ابن الهيثم إلى ذكر هذا النوع أن المرآة المحرقة البسيطة ربما لا تصلح لاحداث الاحراق المطلوب . وهو يرى أن قصورها عن إحداث الاحراق يعرض خصوصاً فى الأحوال التى تكون فيها نقطة الاحراق

بعيدة . ويعلل ذلك بقوله « لأن الشعاع المنعكس كلما بعد تناقصت قوته وضعف ، فلا يكون له من تأثير الحرارة ما يولد الاحراق » . وابن الهيثم فى هذا التعليل عزا الضعف الى البعد ، وقد سبق أن أشرنا الى خطئه فى التمييز بين ضعف الضوء بسبب البعد وبين ضعفه بسبب الانخراط نحو الاتساع (فقرة ٣٩) . وظاهر قوله فى هذا الموضع يرجح أنه لا يزال عند هذا الرأى ، إلاّ ما لعله يحتمل التأويل على أن المقصود أن الأشعة المنعكسة كلما زاد موضع انعكاسها من سطح المرآة بعداً عن قطبها ، كان العرض الذى عليه تمتد على سهم المرآة أكبر ، وكان حيز تجمعها حول نقطة الاحراق أكثر اتساعا . ومن الجائز أن تتناقص القوة بسبب البعد (دون الانخراط) من جراء الامتصاص ، ولكن ذلك لا يتأتى فيما نحن بصدده . لأن شعاع الشمس الواصل إلى الأرض يكاد يكون قد تجرد فى أثناء نفوذه خلال الطبقة الهوائية المحيطة بالأرض من الأشعة التى يمتصها الهواء فلا تتناقص بعد ذلك قوته أو تضعف شدته فى أثناء امتداده من المرآة إلى موضع الاحراق .

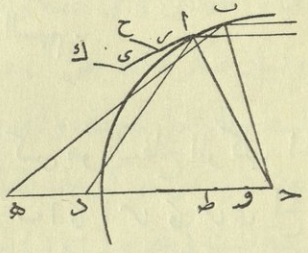
ولكن هذا لا يتعارض والقول بأن الأشعة المتجمعة بوساطة المرآة المحرقة البسيطة التى تقدم ذكرها ، قد لا تقوى على إحداث الاحراق المطلوب . ولذلك كما يقول بلفظه « وجب أن « يحتال »[1] فى تضاعف قوة هذا الشعاع حتى ينتهى إلى الحد الذى يتولد منه الاحراق » ، ويبين كيفية الاحتيال لهذا الأمر . وهو قد راعى فى ذلك حالتين ، الأولى إذا كان العرض من السهم الذى تنعكس إليه الأشعة فى داخل كرة المرآة ، والثانية إذا كان ذلك العرض فى خارج كرتها . ونورد فيما يلى طريقته فى صورة عامة تشمل الحالتين معاً .

لنفرض الدائرة التى مركزها ح (كما فى شكلى ٥٧ ، ٥٨) عظيمة

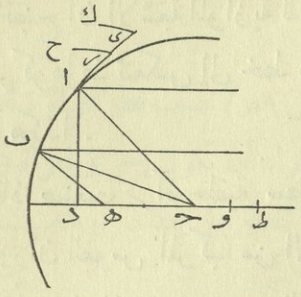
---

(١) جدير بنا أن نشير إلى ما يتضمنه التعبير « بالاحتيال » فى هذا الشأن من المعنى الذى يتفق واتجاه التفكير العلمى الحديث .

فى كرة المرآة ولينعكس الشعاع الموازى لسهمها الممتد على استقامة حـ د من نقطة ا إلى د ومن نقطة ب إلى هـ ، فيكون العرض الممتد على السهم الذى



(شكل ٥٧)



(شكل ٥٨)

تنعكس إليه الأشعة الموازية للسهم من قوس ا ب هو د هـ فيتبين مما سبق أن

د ا = د حـ ، هـ ب = هـ حـ

نفصل من هـ حـ (شكل ٥٧) ، أو امتداده من جهة حـ (شكل ٥٨) ، البعد هـ و = هـ ا ،

ونركز فى و ، ونرسم قوسا ا ر نصف قطرها و ا ،

ثم نركز فى د ، ونرسم قوسا ر ح نصف قطرها د و ، ولتقطع الأولى على ر ، فتكون قوس ا ر من دائرة مركزها و ونصف قطرها و ا .

ولما كان هـ و = هـ ا ، د و = د ر

اتضح مما سبق أن الأشعة الموازية للسهم التى تقع على قوس ا ر من الدائرة التى مركزها و ، تنعكس إلى خط د هـ من السهم .

وأيضاً إذا فصلنا من هـ و ، أو امتداده من جهة و ،

البعد هـ ط = هـ ر ،

ثم ركزنا فى ط ورسمنا قوسا ر ى نصف قطرها ط ر ، ثم ركزنا

فى د ، ورسمنا قوسا ى ك نصف قطرها د ط ، ولتقطع قوس ر ى على ى ،

اتضح أن الأشعة الموازية للسهم التى تقع على قوس ر ى من الدائرة التى مركزها ط تنعكس إلى خط د هـ من السهم .

وهكذا .

فاذا صنعت مرآة حلقية سطحها العاكس هو السطح المركب الحادث من دوران القوس المركبة من الأقواس ب ا ى ا ر ى ر ى الخ ، من دورانها حول المستقيم حـ د ، فان الأشعة الموازية للسهم التى تقع على جميع سطحها تنعكس جميعها إلى خط د هـ من السهم ، فتتضاعف بذلك الأشعة المتجمعة عند هذا الخط ، ويكون الاحراق الحادث فى النقطة المتوسطة بين نقطتى د ى هـ ، أشد مما لو كان السطح العاكس بسيطاً كما فى المرآة البسيطة السابقة .

هذه هى فكرة ابن الهيثم عن المرآة المحرقة المركبة . وهى لا شك تدل على أنه عرف كيف يمكن الاهتداء بالبحوث النظرية إلى الاحتيال فى تحقيق الأغراض العملية .

أما الطريقة التى يصفها لصنع مرآة مركبة على النحو المذكور فهى عين الطريقة التى شرحناها فى البسيطة . فتتخذ صفائح من الفولاذ مقتدرة السمك وترسم على كل منها الأقواس ب ا ى ا ر ى ر ى الخ .. وتسقط من أطرافها أعمدة على السهم حـ د وتخرج الأعمدة حتى تلقى محيطات دوائر هذه الأقواس على نقاط نظيرة لنقاط ب ى ا ى ر ى ى الخ . ثم تقطع هذه الصفائح ويحتفظ بواحدة منها ، وتجعل الحروف المقوسة للباقية مبارد يقور بها السطح الداخلى لحلقة من الصلب إلى آخر ما سبق ذكره فى البسيطة [1] .

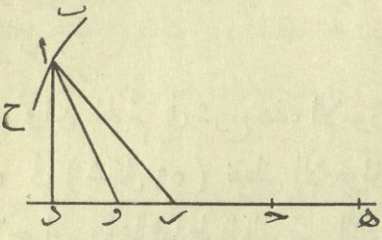
---

(١) قد ورد فى هذا الوصف أيضاً التعبير بنصف قطر المرآة عن نصف قطر الحلقة .

١١٠ — ذكر المرآة المحرقة فى نقطتين

وبيَّن ابن الهيثم أيضاً كيف يمكن الحصول على مرآة حلقية يكون إحراقها فى نقطتين لا فى نقطة واحدة .

ولبيان فكرته لنفرض أن د ا (شكل ٥٩) نصف قطر الدائرة الوسطى من السطح الداخلى للحلقة ، ولنفرض أنه يراد أن يكون إحراق المرآة فى نقطة على بعد د و من مركز هذه الدائرة وفى نقطة على بعد د ر منه . نستخرج بالطريقة المبينة فى فقرة (١٠٦) الكرة التى إذا رسمت تلك الدائرة على سطحها انعكست الأشعة الموازية للسهم من محيطها إلى نقطة الاحراق الأولى و ، وليكن مركزها ح ، ونصف قطرها ح ا . ونركز فى ح ونرسم قوساً صغيرة ا ب نصف قطرها ح ا .



(شكل ٥٩)

وبالمثل نستخرج الكرة التى إذا رسمت تلك الدائرة على سطحها انعكست تلك الأشعة من محيطها إلى نقطة الاحراق الثانية ر . وليكن مركزها ه ، ونصف قطرها ه ا . ثم نركز فى ه ، ونرسم قوساً صغيرة ا ح فى الجانب الآخر من ا نصف قطرها ه ا .

فيتضح مما سبق أن الأشعة الموازية للسهم ح ر الواقعة على قوس ا ب الصغيرة تنعكس مارة بجزء يسير العرض من السهم أقرب طرفيه إلى المركز ح هو نقطة و .

كما أن الأشعة الموازية للسهم الواقعة على قوس ا ح الصغيرة تنعكس مارة بجزء يسير العرض من السهم أبعد طرفيه من المركز ه هو نقطة ر .

ومنه يتضح أن السطح الحادث من دوران القوس ب ا ح المركبة ، حول السهم ه ح د ، يحدث إحراقاً عند نقطة قريبة جداً من و فى الجانب

الآخر منها بالنسبة إلى المركز حـ ، ويحدث أيضاً إحراقاً عند نقطة قريبة جداً من ر ، وفى الجانب نفسه منها بالنسبة إلى المركز هـ .

ومن الواضح أنه اذا رسم القوسان ا ب ، ا ح كل منهما فى الجهة المضادة لما هو مبين بشكل (٥٩) ، فان نقطة و تكون الطرف الأبعد عن المركز حـ لعرض الامتداد الأول حيث تكون نقطة الاحراق الأولى أقرب قليلا الى المركز ، كما ان نقطة ر تكون الطرف الأقرب الى المركز هـ لعرض الامتداد الثانى حيث تكون نقطة الاحراق الثانى أبعد قليلا عن المركز .

وابن الهيثم فى شرح هذه الأمور يعد النقطتين النظيرتين لنقطتى و ، ر فى (شكل ٥٩) نقطتى الاحراق ، وواضح أنهما ليستا بالضبط نقطتى الاحراق وإنما هما طرفا العرض الذى تنعكس اليه الأشعة . وهو يذكر أن قوسى ا ب ، ا ح ترسمان عن جنبتى ا ويذكر انه من الممكن إضافة أقواس أخرى على النحو الذى سبق فى المرآة المركبة على كل منهما لكى تكون المرآة أشد إحراقاً .

أما طريقته لصنع هذه المرآة فهى لا تختلف عن طرق صنع المرايا السابقة .

١١١ — بحوث ابن الهيثم عن تعاكس النقطتين من سطح الكرية المقعرة

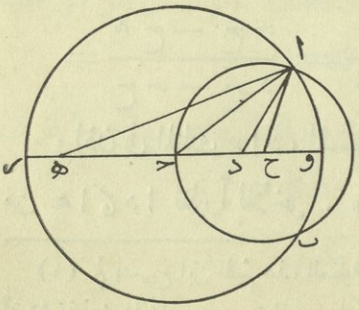
أفاض ابن الهيثم فى بحث هذا الموضوع أيضاً وتوسع فلم يذر أمراً جديراً بالذكر إلا وأورده وبينه . ونحن فى تناول هذه البحوث نرى أن ننحو نحوه فى تقسيم الموضوع قسمين أساسيين ، فنفصل فى أحدهما الأحوال التى تكون فيها النقطتان المتعاكستان على قطر واحد من أقطار المرآة أو على امتداده ، ونفصل فى القسم الثانى ما ليس كذلك . ونقسم البحث فى

القسم الثانى قسمين فرعيين ، نتناول فى الأول ما هو خاص بالنقطتين اللتين على بعد واحد من مركز المرآة ، ونتدرج منه إلى ما هو خاص بالنقطتين اللتين تكونان على بعدين مختلفين من المركز .

وقد التزمنا فى عرض هذه البحوث فيما يلى طريقته فى البراهين الهندسية ولم نتجاوز حدود الآراء التى تنطوى عليها أقواله فى حال من الأحوال . ولكنا رأينا لتشعب البحوث من الناحية الهندسية ولتعقد بعض البراهين التى أوردها ، ألا نتقيد كثيراً بترتيب ورود هذه المباحث فى الأصل ، وأن نعدل بعض البراهين فى مواضع قليلة تعديلا طفيفاً ، لا يتجاوز تقديم بعض عناصر البرهان وتأخير البعض الآخر ، بحيث تكون فكرته الأساسية فى البراهين أكثر وضوحاً وأقرب منالا .

وبحوث ابن الهيثم فى هذا الموضوع لها ارتباط وثيق ببحوثه المشهورة عن نقطة الانعكاس عن سطح المرآة الكرية المقعرة . ولكنا توخينا فيما يلى أن نجعل فيما نتناوله فى هذا الموضع من الكتاب وحدة مستقلة مترابطة الأجزاء على قدر الامكان تكون بمنزلة تمهيد أو تقدمة إلى شرح طريقته العامة لايجاد نقطة الانعكاس عن سطح الكرية المقعرة مما يأتى ذكره فى الجزء الثانى من هذا الكتاب .

١١٢ — تعاكس النقطتين الواقعتين على أحد أقطار كرة المرآة أو على امتداده (١)



(شكل ٦٠)

لنفرض أن النقطتين ه ، د (شكل ٦٠) ومركز كرة المرآة ح ، ه ح أكبر من د ح ، وليكن مستوى الشكل أحد المستويات المارة بالقطر وليقطع سطح كرة المرآة على محيط الدائرة التى مركزها ح .

(١) و (٢٦٧) — و (٢٧٠) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

نمد هـ د على استقامة ونأخذ عليه نقطة مثل ح بحيث يكون

$\overline{\text{هـ ح}} \cdot \overline{\text{ح د}} = \overline{\text{ح ح}}^{٢}$ (١)

ثم نرسم الدائرة التى مركزها ح ونصف قطرها ح ح ، ولتقطع محيط الدائرة الأولى فى نقطتى ا ، ب ، فتكون كل منهما نقطة انعكاس فى مستوى الشكل .

البرهان :—

نصل ا ح ، ا د ، ا ح ، ا هـ ، فيكون

$\overline{\text{هـ ح}} \cdot \overline{\text{ح د}} = \overline{\text{ح ح}}^{٢} = \overline{\text{ح ا}}^{٢}$

$\therefore \quad \frac{\text{هـ ح}}{\text{ح ا}} = \frac{\text{ح ا}}{\text{ح د}}$

وبما أن زاوية ح فى المثلثين ح ا هـ ، ح د ا مشتركة فيكون المثلثان متشابهين .

$\therefore \quad \frac{\text{هـ ا}}{\text{ا د}} = \frac{\text{هـ ح}}{\text{ح ا}}$

$\therefore \quad \frac{\text{هـ ا}}{\text{ا د}} = \frac{\text{هـ ح}}{\text{ح ح}} = \frac{\text{ح ح}}{\text{ح د}}$ (لأن $\overline{\text{هـ ح}} \cdot \overline{\text{ح د}} = \overline{\text{ح ح}}^{٢}$)

$= \frac{\text{هـ ح} - \text{ح ح}}{\text{ح ح} - \text{ح د}} = \frac{\text{هـ ح}}{\text{ح د}}$

وإذن فى المثلث هـ ا د ، المستقيم ا ح ينصف زاوية هـ ا د ، فيكون كل من هـ ا ، ا د نظيراً للآخر . وبالمثل يكون كل من هـ ب ، ب د نظيراً

(١) لم يشرح ابن الهيثم هذه العملية الهندسية وقد شرحها الفارسى فى التنقيح . وطريقته أن تؤخذ على المستقيم ح هـ نقطة ، ولتكن س بحيث يكون ح س = ح د ثم يستخرج البعد د ح بحيث يكون $\frac{\text{هـ س}}{\text{س د}} = \frac{\text{ح د}}{\text{د ح}}$ ، ومن السهل اثبات أن ح ح هو البعد المطلوب .

للآخر . فتكون كل من نقطتى ا ، ب نقطة انعكاس النقطتين هـ ، د ، إحداهما إلى الأخرى .

وإذا أدير الشكل حول قطر المرآة الواقع عليه النقطتان هـ ، د تكوّن من دوران محيط الدائرة سطح المرآة ، وتكوّن من دوران نقطتا ا ، ب محيط دائرة مرسومة على كرة المرآة ، وإذن تكون نقطتا هـ ، د متعاكستين من كل نقطة من نقاط محيط هذه الدائرة .

ومعنى هذا أنه إذا كانت إحدى نقطتى هـ ، د نقطة مضيئة فان جميع الأشعة التى نقط انعكاسها محيط هذه الدائرة ، التى تخطها نقطة ا عند إدارة الشكل حول القطر ، تنعكس ملمومة فى النقطة الثانية . وابن الهيثم يبين أيضاً أن تعاكس هـ ، د عن سطح المرآة الكرية المقعرة لا يكون إلا من نقاط محيط هذه الدائرة .

ويلاحظ فيما سبق أن نقطة ح الواقعة على امتداد هـ د بحيث تكون

$$\text{هـ ح} \cdot \text{ح د} = \overline{\text{ح ح}}^{2}$$

نقطة يمكن تعيينها فى جميع أوضاع النقطتين هـ ، د . ولكن الدائرة التى مركزها ح ونصف قطرها ح ح لا تقطع على تصاريف الأحوال محيط الدائرة الأولى . ومآل هذا أن النقطتين هـ ، د يشترط فيهما لامكان تعاكسهما من نقطة مثل ا شرط معين ، فنسبة بعدى النقطتين هـ ، د من المركز يجب لكى يجوز التعاكس أن يكون لها حد لا تتجاوزه .

فاذا رمزنا لنقطة تقاطع قطر المرآة ومحيط الدائرة من جهة د بالحرف و ، ولنقطة التقاطع من جهة هـ بالحرف ر (شكل ٦٠) ،

فان الانعكاس من نقطة ا يتطلب أن يكون

$$\frac{\text{ا د}}{\text{ا هـ}} = \frac{\text{د ح}}{\text{ح هـ}}$$

وبما أن

ا د أعظم من و د

ولكن ا هـ أصغر من هـ و

أيا كان موضع ا على القوس و ا ر

فان نسبة $\frac{\text{ا د}}{\text{ا هـ}}$ حتما تكون أكبر من $\frac{\text{و د}}{\text{و هـ}}$.

وإذن يشترط أن تكون نسبة د ح الى ح هـ أكبر من و د الى و هـ لكى يصح الانعكاس من نقطة من محيط الدائرة . وقد أدرك ابن الهيثم هذا الأمر ولم يفته ذكره[1].

ومن الواضح أن هذا الموضوع الذى عالجه ابن الهيثم على هذه الصفة ، يمكن معالجته على أساس الفكرة الهندسية التى تنطوى عليها الدائرة التى تعرف الآن بدائرة أپولونيوس . فاذا قسم المستقيم هـ د من الخارج بنسبة د ح الى ح هـ ، فان البعد بين نقطة التقسيم من الخارج وبين نقطة ح هو قطر دائرة أپولونيوس ، ومركزها هو نقطة ح التى يتوافر فيها الشرط الذى يريده ابن الهيثم وهو أن يكون

$$\overline{\text{هـ ح}} \cdot \overline{\text{ح د}} = \overline{\text{ح ح}}^{2}$$

ومنه يتبين أنه اذا كانت نقطة التقسيم من الخارج تقع فيما يلى و من ح تقاطعت دائرة أپولونيوس وعظيمة المرآة ، وأمكن تعاكس النقطتين هـ ، د . أما إذا وقعت نقطة التقسيم من الخارج فيما دون و من ح امتنع التعاكس ، وفى هذه الحالة تكون نسبة

و د الى و هـ أكبر من د ح الى ح هـ .

(١) و (٢٧٢) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر . وقد زاد الفارسى فى التنقيح (ص ٥٢٢ من الجزء الأول من النسخة المطبوعة) هذه المسألة توضيحا وفصّل الأحوال التى يصح فيها الانعكاس ولكنه أورد هذه الزيادة على سبيل الاستدراك ، فى حين أن ابن الهيثم لم يفته هذا الأمر والفارسى نفسه ذكر أقوال ابن الهيثم فى هذا الصدد .

١١٣ — نظرية ابن الهيثم فى قوس قزح

وقد يكون من المناسب ونحن فى صدد عرض بحوث ابن الهيثم عن تعاكس النقطتين عن السطح الكرى المقعر اذا كانتا على قطر واحد ، أن نلحق بها تبيان نظريته فى قوس قزح ، لأنه يعزى حدوث قوس قزح إلى مثل هذا الانعكاس . والنظرية أوردها ابن الهيثم فى مقالة له فى الأثرين ولم تأت ضمن بحوثه فى كتاب المناظر . وقد يكون من المناسب أيضاً أن نعيد فى هذا الموضع ما سبقت الاشارة اليه ، وهو أن هذه النظرية ليست صحيحة ولا تمت بصلة ما إلى النظرية الحديثة فى هذه الظاهرة ، وانها تختلف فى أساسها وجوهرها اختلافاً تاماً عنها . ونحن فى بيانها هنا نضرب صفحاً عن رأى ابن الهيثم فى حدوث التقازيح فقد بيناه فيما قبل .

وفى نظرنا أن ابن الهيثم اهتدى إلى فكرته الأساسية فى هذه النظرية من البحث المتقدم . فانعكاس الضوء الصادر من مصدر هـ (شكل ٦٠) إلى نقطة معينة مثل د يحدث من محيط دائرة ، اذا كان الانعكاس عن سطح كرى مقعر وتوافر الشرط الذى تبين . فهل مقتضيات الأحوال التى ترى فيها قوس قزح تتفق وحصول مثل هذا الانعكاس ؟

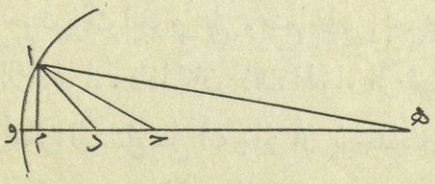
ذكرنا فيما سبق أن ابن الهيثم يرى أن قوس قزح تحدث إذا وجد « هواء غليظ رطب » كما يقول ، ووجد مع ذلك الهواء جرم مضىء ، وكان وجود ذلك الجرم على وضع خاص بحيث يكون البصر متوسطاً بينه وبين ذلك الهواء . فاذا كان ذلك الهواء الرطب جائزاً أن ينعكس عنه الضوء ، وأمكن التدليل على أنه جائز أن يوجد سطحه على شكل كرى مقعر ، وجائز أن يكون وضع الجرم المضىء والبصر منه شبيه بوضع نقطتى هـ ، د من السطح الكرى العاكس ، أمكن اعتبار حدوث القوس ناشئة عن الانعكاس ، وأمكن ربط حدوثها بشرائط معينة يجب توافرها حتى إذا عدم بعضها أو

كلها بطلت رؤيتها ، واتضح مع ذلك السبب فى كونها قوساً من دائرة .

والجسم العاكس كما يقول بلفظه « هو الذى يكون سطحه أملس أو مؤلفاً من أجزاء ملس ليست فى غاية الصغر ، وكلما كان أشد التئاماً أو الأجزاء التى منها يتألف أعظم قدراً كان ما يظهر (أى بالانعكاس) فيه أصدق رؤية وأبين لوناً » . والهواء الرطب يكون متهيئاً بهيئة يمكن أن ينعكس منه الضوء ، اذا كان له « التئام إما فى سطحه الأدنى أو فيما يليه » ، وكلما كان أشد التئاماً كان الانعكاس عنه أقوى .

وابن الهيثم يذكر الأسباب التى يترجح من أجلها أن يكون الهواء الرطب متشكلا بشكل الكرة وسطحه العاكس مقعراً ، ويقول « وأنواع التقعير الذى يمكن توهم الدوائر وقطعها فيه تختلف ، إلا أن أشدها انتظاماً وأشبهها بالموجود من أجزاء العالم ، وأولاها بأن يكون هذا الجسم (أى الهواء الرطب) متشكلا به ، هو شكل الكرة ، إذ كان ذلك شكل الهواء والماء وشكل أجزاء العالم المحيطة بالهواء . ولأن البخار أيضاً إنما يرتقى من سطح كرى إلى سطح كرى وعلى وضع واحد من جميع الجهات وجب أن يكون كرياً مركزه مركز العالم ، وكل قطعة منه متهيئة هذه الهيئة أو قريباً منها . فالأشبه أن يكون تقعير الهواء الرطب المذكور تقعيراً كرياً » .

فاذا كان الأمر كذلك فلنفرض أن الهواء الغليظ الرطب أو جزءاً منه سطحه كرى مقعر مركزه ح (شكل ٦١) ، ولنفرض أنه قد احتفظ بكرية سطحه ومكانه ، بحيث كان المركز ح على المستقيم الواصل من مركز الجرم المضىء وليكن ه ، إلى مركز البصر وليكن د ، أى كان المركز ح متوسطاً بين ه ، د .



(شكل ٦١)

ولنخرج هـ حـ د حتى يلقى سطح الكرة على و فمن بحوث ابن الهيثم السابقة يتضح أنه إذا كان

$$\frac{\text{هـ و}}{\text{و د}} \text{ أعظم من } \frac{\text{هـ حـ}}{\text{حـ د}}$$

أمكن أن تتعاكس نقطتا هـ ، د من نقطة مثل ا من السطح الكرى المقعر . فاذا توافر هذا الشرط وحدث الانعكاس فهو يحدث أيضاً من نقاط محيط الدائرة التى تحدثها نقطة ا إذا دار الشكل حول المستقيم هـ و ، وهى الدائرة التى يكون نصف قطرها العمود ا م ، الواقع من ا على المستقيم هـ و ، ومركزها نقطة م وهى نقطة التقاء ذاك العمود بالمستقيم هـ و .

وإذا كان الأمر على هذه الصفة فابن الهيثم يرى أن البصر د يدرك مواضع الانعكاس على هيئة قوس من دائرة مضيئة . ونظراً لأن السطح العاكس ليس فى غاية الملاسة والجسم العاكس فى الوقت نفسه فيه شىء من الشفيف ، فان الضوء المدرك وهو المنعكس ليس شديداً كضوء الجرم المضىء نفسه . وأيضاً نظراً لأن الجرم المضىء ذو عرض فان موضع الانعكاس ذو عرض أيضاً فلا تدرك القوس كخط لا عرض له وإنما تدرك ذات عرض مقتدر .

وابن الهيثم فى هذه النظرية لا يحتم أن يكون السحاب كرة تامة بل يكفى أن يكون قطعة من كرة ، ولا يحتم أن يكون مركز الكرة مركز العالم أى مركز الأرض ، وإلا تطلب حدوث القوس أن يكون المضى تحت الأفق . وإن كان الأولى بادىء ذى بدء أن يكون مركز كرة السحاب أو كرة ذلك الهواء الغليظ الرطب مركز الأرض ، فان هذا الهواء كما يقول ابن الهيثم « ليس بثابت بل قد يتزاحم وينتقل من جهة إلى جهة إما بجملته أو ببعض أجزائه » . فاذا اتفق أن وقع مركزه على الواصل بين مركز

الجرم المضيء ومركز البصر ، واتفق أيضاً أن توافر شرط الانعكاس أدرك البصر القوس وإلا بطل حدوثها .

وابن الهيثم يبين على أساس نظريته أن القوس قد تكون نصف دائرة أو بالأحرى قد يكون أعظم ما يمكن أن يدركه البصر منها نصف دائرة ، وقد يكون أعظم وقد يكون أصغر . وهو يتناول فى هذا البيان حالات نظرية بحتة لا يتأتى حدوثها فى الطبيعة ولكنها تتصور « وذلك بحسب النظر التعليمى » . وقد لخص كمال الدين الفارسى فى تحريره مقالة ابن الهيثم فى الأثرين أقوال ابن الهيثم فى هذا الصدد . قال :

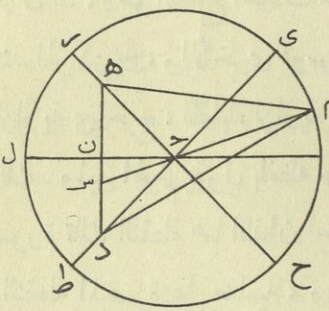
« فإما أن يكون قطب القوس (وهو نقطة و شكل ٦١) على الأفق المرئى أو فوق أو تحت ، ومركز القوس (وهو نقطة م فى الشكل) إما بين البصر والسحاب (أى بين البصر و بين القطب) (كما هو مبين بالشكل) أو عند البصر أو من ورائه . وهذه تسعة أقسام . فان كان القطب على الأفق فالقوس نصف (أى نصف دائرة) وإن كان فوق والمركز (أى مركز القوس) قدام فأعظم من النصف ، أو عند البصر فنصف ، أو من ورائه فأصغر . وإن كان القطب تحت والمركز قدام فأصغر من النصف ، أو عند البصر فنصف ، أو من ورائه فأعظم » .

والانعكاس المستدير الذى من هذا القبيل لا يتأتى إلا عن سطح الكرة الواحدة ، ولكن قد يتكون سطح كرى آخر فى الوقت نفسه وتتوافر الشرائط اللازمة للانعكاس المستدير عنه فتحدث قوس ثانية . وابن الهيثم يشير فعلا إلى ذلك حيث يقول « ويلزم أيضاً ألا ينعكس الشعاع عن هذه الكرة إلا من دائرة واحدة ، فأما من سطح آخر كرى فانه لا يمتنع » .

تلك هى نظرية ابن الهيثم فى قوس قزح . وهى فى نظرنا محاولة لشرح الظاهرة على أساس علمى ، إن لم تكن مجدية فقد كان ابن الهيثم صادقاً فيها لأنه استقصى كثيراً من النتائج التى تؤدى اليها . وقد كان أيضاً أميناً على

الحقيقة لأن إقرار مثل الاحتمالات التسعة التى ذكرناها آنفاً، مع أن الواقع المشاهد يخالف كثيراً منها، يكشف مواضع الضعف فى النظرية. وبروز مواضع النقص والضعف فى نظرية ما، أقوى ما يحض على مواصلة الدرس والبحث ابتغاء إتمام ذلك النقص ومعالجة ذلك الضعف فيها. لذلك لم تعمر نظريته طويلا، فقد جاء من بعده قطب الدين الشيرازى وتلميذه كمال الدين الفارسى ووضعا الأساس الذى تقوم عليه النظرية الحديثة. وكمال الدين الفارسى فى ذيل كتابه تنقيح المناظر يمهد إلى النظرية الحديثة بنقد نظرية ابن الهيثم، وضمن نقده وجوهاً لا ضرورة لذكرها هنا تخالف بها النظرية المحسوس المشاهد من أمر القوس. فليس من المغالاة أن نقول ان نظرية ابن الهيثم قد أدت رسالتها، وانها كانت من أسباب بداية اتجاه العلم نحو الغاية التى وصل إليها الآن.

١١٤ — تعاكس النقطتين المتشابهتين ليستا على قطر واحد اذا كانت بعدهما عن المركز واحداً



(شكل ٦٢)

ليكن فى هذه الحالة أيضاً مستوى الشكل هو مستوى الانعكاس وليقطع كرة المرآة حول محيط الدائرة التى مركزها ح.

ولتكن النقطتان المتعاكستان إحداهما ه على القطر ر ح، والأخرى د على القطر ط ى.

فابن الهيثم يبين أولا [١] أن انعكاس الضوء من إحدى النقطتين إلى الأخرى لا يصح من أية نقطة من القوس ى ر، ولا من أية نقطة من القوس ح ط، لأن المستقيمين الواصلين بين النقطتين ه ، د وأية نقطة

(١) و(٢٦١) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر.

على إحدى هاتين القوسين يكونان معاً على أحد جنبي نصف القطر الخارج من المركز حـ ، إلى تلك النقطة ، فلا يقسم نصف القطر هـذا الزاوية المحصورة بينهما ، فلا يتأتى أن يكون أحد هذين المستقيمين بمثابة شعاع ساقط والآخر بمثابة شعاع منعكس ، وهما ليسا على جنبي العمود المقـام من نقطة الانعكاس .

ثم يبين إمكان حدوث الانعكاس من قوس ى ك ح ، لأن المستقيمين الواصلين بين النقطتين هـ ، د وأية نقطة على هـذه القوس يكون وضعهما بالنسبـة إلى نصف القطر الخارج من المركز حـ إلى تلك النقطة ، عن جنبيه . وكذلك يبين إمكان الانعكاس من القوس ر ل ط إذا كانت النقطتان هـ ، د مقابلتين لتقعير هذه القوس للسبب نفسه .

ومن هذا استنبط ابن الهيثم أن انعكاس الضـوء من إحدى النقطتين هـ ، د إلى الأخرى لا يجوز حدوثه إلا من قوسين ، إحداهما قوس القطاع ر ل ط ، وهو القطاع الحادث من الزاوية هـ حـ د التى توترها النقطتان هـ ، د عند المركز حـ ، والأخرى قوس القطاع ى ك ح ، وهو القطاع الحادث من الزاوية ى حـ ح ، المقابلة لزاوية القطاع الأول فى الرأس . ولا يجوز من غير ذلك . وابن الهيثم يقول بلفظه « والقسمان اللذان يصح أن ينعكس (منهما) صورة تلك النقطة هما اللذان أحدهما قاعدة القطاع الذى هو مركز البصر والنقطة المبصرة على ضلعيه ، والقسم الآخر هو قاعدة القطاع المقابل لهذا القطاع . وأى جزء كان من هذين القسمين فى سطح المرآة فانه يصح أن ينعكس منه صورة تلك النقطة إلى ذلك البصر . والقسمان الباقيان لا يصح أن ينعكس منهما صورة تلك النقطة إلى ذلك البصر »[1] . والقطاعان اللذان يصح الانعكاس من قوسيهما يسميهما الفارسى على الترتيب القطاع الأول والقطاع المقابل .

(١) و (٢٦٤) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

ويراعى ابن الهيثم الانعكاس من قوس كل واحد من هذين القطاعين على حدته .

١١٥ — تعاكس النقطتين المتساويتى البعد من قوس القطاع المقابل

ففيما يختص بالانعكاس من القطاع المقابل [١] فانه إذا أخرج القطر ك حـ ل (شكل ٦٢) بحيث ينصف زاوية القطاع ، فان نقطة ك تكون نقطة الانعكاس . والبرهان على ذلك تطابق المثلثين حـ هـ ك ، حـ د ك ، والمثلثان متطابقان سواء كانت النقطتان هـ ، د داخل الدائرة أو خارجها ، ما دام بعداهما عن المركز متساويين .

وابن الهيثم يعنى علاوة على هذا باثبات أن نقطة ك هى نقطة الانعكاس الوحيدة من قوس القطاع المقابل ، وبرهانه على ذلك برهان الخلف [٢] .

وذلك أن نفرض حدوث الانعكاس من نقطة أخرى مثل م ، ولتكن على قوس ك ى ، ولنصل هـ د ، وليقطع ك ل على ن حيث تكون ن منتصف هـ د .

ولنصل م حـ ، ونمده حتى يقطع هـ د على نقطة مثل س ، فمن الواضح أنه إذا كانت م على قوس ك ى تكون نقطة س بين ن ، د ، فيكون هـ س أكبر من س د .

ومن السهل إثبات أن هـ م أصغر من هـ ك

، م د أكبر من ك د ، ك د = هـ ك

فيكون هـ م أصغر من م د .

فاذا كانت م نقطة انعكاس كان م س منصفاً لزاوية هـ م د ،

وإذن $\frac{\text{هـ م}}{\text{م د}} = \frac{\text{هـ س}}{\text{س د}}$ وهذا خلف

---

(١) و (٢٧٢) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

(٢) و (٢٧٣) « « « «

لأن هـ م أصغر من م د

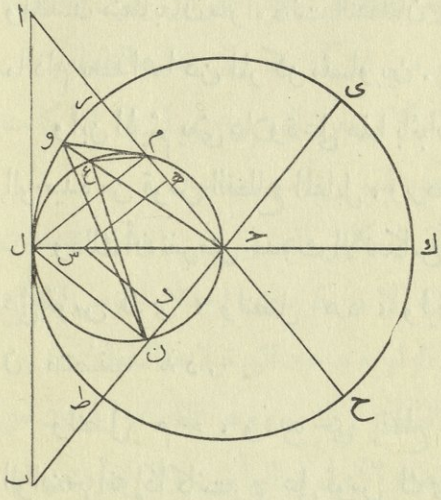
و هـ س أكبر من س د

وبالمثل إذا فرضت م واقعة على قوس ك ح ، فانه يمكن البرهان على أنه محال أن تكون م نقطة انعكاس .

١١٦ — تعاكس النقطتين المتساويتي البعد عن قوس القطاع الأول

أما فيما يختص بالانعكاس من قوس القطاع الأول فأمره أكثر تعقداً .

لنفرض أن ر و ط (شكل ٦٣) هي زاوية القطاع الأول ، وأن و ل نصف القطر المنصف لها . ولنخرج من ل العمودين ل م ، ل ن على و ر ، و ط على الترتيب ، ولنرسم المماس ا ب الذي يمس الدائرة على ل .



(شكل ٦٣)

فابن الهيثم يفصل الحالات المختلفة التي تكون فيها النقطتان المتعاكستان في مواضع مختلفة على نصفي القطرين و ر ، و ط أو امتداديهما .

(١) لتكن النقطتان المتعاكستان عند مسقطي العمودين ل م ، ل ن[1] .

في هذه الحالة يتضح من تطابق المثلثين م ل و ، ن ل و أن

∠ م ل و = ∠ ن ل و

وإذن تكون نقطة ل نقطة انعكاس .

وفي هذه الحالة يبرهن ابن الهيثم ببرهان الخلف على أن نقطة ل تكون نقطة الانعكاس الوحيدة .

---

(١) و (٢٧٤) ، و (٢٧٥) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

والبرهان على ذلك كما يأتى : —

لنفرض أن نقطة و هى نقطة انعكاس أخرى ، ولنرسم الدائرة التى تمر بالنقاط حـ ، م ، ل ، ن . فالمستقيم حـ ل يكون قطراً لها وتكون هذه الدائرة ماسة للدائرة الأولى على نقطة ل ، ولا يقطع محيطها محيط هذه الدائرة . فاذا وصلنا المستقيم حـ و فانه يقطع محيط تلك الدائرة على نقطة ولتكن ع ، ونصل م و ، ن و ، م ع ، ن ع

فبما أن حـ م = حـ ن

∴ ∠ م ع حـ = ∠ حـ ع ن

∴ ∠ م ع و = ∠ ن ع و

وبما أن ∠ م و ع = ∠ ن و ع فرضاً

، و ع مشترك ،

∴ المثلثان م و ع ، ن و ع متطابقان

∴ م و = و ن

وهـذا محال ، لأن م و أصغر من م ل ، ن و أعظم من ن ل ، م ل = ن ل .

وإذن لا يصح الانعكاس إلا من نقطة ل وحدها .

(٢) لتكن النقطتان المتعاكستان بين المركز ومسقط العمود من ل [1] .

ولتكن النقطتان فى هذه الحالة هـ ، د (شكل ٦٣) .

فمن تطابق المثلثين حـ هـ ل ، حـ د ل ينتج أن نقطة ل هى نقطة انعكاس .

وهنا أيضاً يثبت ابن الهيثم أن نقطة ل هى نقطة الانعكاس الوحيدة .

فاذا أقيم من هـ العمود هـ س على حـ ر ، وقطع حـ ل على س ، فمن السهل بيان أن النقاط حـ هـ س د تقع على محيط دائرة قطرها حـ س

---

(١) و (٢٧٥) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

أصغر من حـ ل ، وبمثل البرهان السابق يمكن إثبات أنه من المحال أن تكون أية نقطة أخرى سوى ل من قوس ر ل ط نقطة انعكاس .

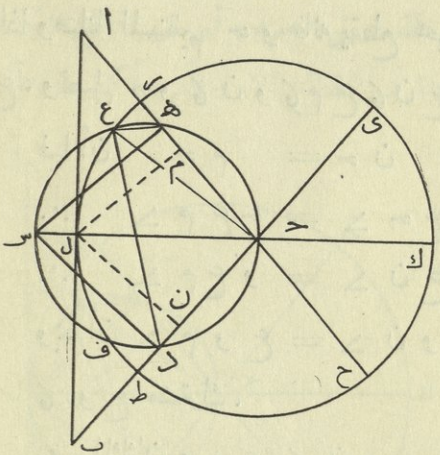
(٣) ليكن بعد النقطتين المتعاكستين عن المركز أكبر من بعد مسقطى العمودين وأصغر من نصف القطر [١] .

لتكن النقطتان فى هذه الحالة .

هـ ، د (شكل ٦٤) وليكن مسقط العمود من ل على حـ ر نقطة م وعلى حـ ط نقطة ن .

نرسم من هـ العمود هـ س على حـ ر وليقطع امتداد حـ ل على س .

فمن السهل بيان أن النقاط حـ ، هـ ، س ، د على محيط دائرة قطرها حـ س أكبر من حـ ل .



(شكل ٦٤)

وإذن يقطع محيط هذه الدائرة محيط الدائرة الأولى على نقطتين ع ، ف .

فمن تطابق المثلثين حـ هـ ل ، حـ د ل ينتج أن نقطة ل هى نقطة انعكاس ، وأيضاً نظراً لأن القوس حـ هـ من دائرة حـ هـ س د تساوى القوس حـ د منها ،

فان ∠ هـ ع حـ = ∠ د ع حـ .

∴ تكون نقطة ع نقطة انعكاس أيضاً .

وبالمثل تكون نقطة ف نقطة انعكاس أخرى .

وإذن يتبين أن فى هذه الحالة ثلاث نقاط انعكاس هى ع ، ل ، ف .

ويعنى [٢] ابن الهيثم باثبات أنه لا توجد بين طرفى قوس ر ل نقطة

(١) و (٢٧٦) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

(٢) و (٢٧٧) « « « «

انعكاس أخرى سوى ع ولا بين طرفى قوس ل ط نقطة انعكاس أخرى سوى ف .

وبرهانه على ذلك برهان الخلف وهو مثل البرهان الذى أوردناه آنفا .

(٤) لتكن النقطتان المتعاكستان بين محيط الدائرة والمماس ا ب [١] .

فى هذه الحالة أيضاً يمكن بسهولة بيان أن الزاوية التى يصنعها المستقيم الواصل بين إحدى النقطتين ونقطة ل، مع نصف القطر حـ ل تساوى الزاوية التى يصنعها الآخر ، وإذن يصح الانعكاس من ل إذا لم يكن السطح العاكس، أى سطح المرآة متصلا يقطع أحد هذين المستقيمين ، ويحول دون وصول الضوء من إحدى النقطتين إلى ل ، أو من ل إلى الأخرى .

ومن الواضح كما أشار ابن الهيثم نفسه ، أنه يمكن بتطبيق برهان الخلف المذكور إثبات أن نقطة ل هى نقطة الانعكاس الوحيدة فى هذه الحالة أيضاً .

(٥) ولتكن النقطتان المتعاكستان على المماس ا ل ب أو من ورائه [٢] .

فى هذه الحالة لا تكون النقطتان مقابلتين لتقعير القوس ر ل ط ، فلا يحدث الانعكاس من أية نقطة من هذه القوس .

* * *

وقد أجمل ابن الهيثم أحوال التعاكس المتقدمة من قوسى القطاعين الأول والمقابل ، قال « والنقط الخارجة عن محيط الدائرة ومن وراء الخط المماس والتى على الخط المماس ، المتساوية البعد عن مركز المرآة ، تنعكس صورها من نقطة واحدة فقط . والنقط الخارجة عن الدائرة ودون الخط المماس والنقط التى على محيط الدائرة تنعكس صورها من نقطتين فقط . والنقط التى بين مسقط العمود وبين مركز الدائرة تنعكس من نقطتين فقط . والنقط بين

---

(١) و (٢٧٨) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

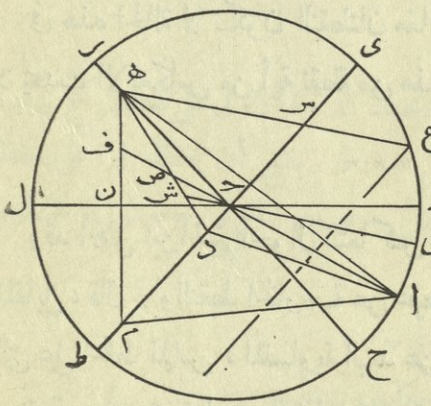
(٢) و(٢٧٣) ، و (٢٧٤) « « « «

مسقط العمود وبين محيط الدائرة تنعكس صورها من اربع نقط فقط » ثم يجمل النتيجة العامة حيث يقول « وكل نقطتين يكون بعداهما عن مركز المرآة الكرية المقعرة متساويين ولا يكونان على قطر واحد إذا كانت إحداهما فى مبصر من المبصرات ، وكان مركز البصر عند النقطة الأخرى ، فان تلك النقطة المبصرة تنعكس صورتها إلى ذلك البصر عن سطح تلك المرآة إما من نقطة واحدة وإما من نقطتين وإما من أربع نقط ، وليس ينعكس صورتها من أكثر من أربع نقط »[1] .

* * *

١١٧ — تعاكس النقطتين اللتين ليستا على قطر واحد اذا كان بعداهما عن المركز مختلفين

ليكن مستوى الشكل مستوى الانعكاس والدائرة الفصل المشترك أى تقاطع مستوى الانعكاس والسطح الكرى للمرآة المقعرة ، وليكن مركزها ح ولتكن إحدى النقطتين المتعاكستين ه على القطر ر ح ، ولتكن الأخرى على القطر ط ى . فالانعكاس فى هذه الحالة أيضاً لا يتأتى إلا من القوسين ، قوس القطاع المقابل وهى ى ح وقوس القطاع الأول وهى ر ط . وابن الهيثم يبين إمكان حدوثه من نقطة على قوس القطاع المقابل وإمكان حدوثه من نقطة أو أكثر



(شكل ٦٥)

---

(١) و (٢٧٨) ، و (٢٧٩) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

من قوس القطاع الأول . ونفصل فيما يلى كلا من هاتين الحالتين على حدتها .

١١٨ — امكان تعاكس النقطتين المختلفتى البعد من قوس القطاع المقابل (١)

ففيما يختص بقوس القطاع المقابل لنأخذ نقطة م على نصف القطر حـ ط بحيث تكون حـ هـ = حـ م سواء كانت نقطتا هـ ، م داخل الدائرة أو خارجها أو كما يقول ابن الهيثم بلفظه « إن نشأ داخل الدائرة وإن نشأ خارج الدائرة وإن نشأ على محيطها » .

ولنرسم القطر ك حـ ل المنصف لزاويتى القطاعين المتقابلين ولنصل م هـ فهو يقطع نصف القطر حـ ل على نقطة ولتكن ن هى منتصف هـ م .

ولنفرض نقطة مثل ا على قوس القطاع المقابل ولتكن بين ك ، حـ ، ولنصل هـ ا ، ا حـ ، فاذا مد ا حـ فهو يقطع هـ م على نقطة مثل ف تقع بين هـ ، ن فيكون حتما هـ ف أصغر من ف م .

وفى المثلثين هـ حـ ا ، م حـ ا ،

حـ هـ = حـ م ، ا حـ مشترك

∠ هـ حـ ا أكبر من ∠ م حـ ا

∴ ا هـ أكبر من ا م .

وبما أن هـ ف أصغر من م ف فزاوية هـ ا ف أصغر من زاوية م ا ف ، وذلك « لأن الخط الذى يقسم زاوية (هـ ا م) بنصفين يقع فيما بين نقطتى (ن ، م) » .

فاذا رسم المستقيم ا د قاطعاً حـ م على د ، بحيث تكون

∠ هـ ا حـ تساوى ∠ حـ ا د

فان نقطة د تقع حتما بين حـ ، م

---

(١) و (٢٨٢) ، و (٢٨٣) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

وتكون نقطتا هـ ، د المختلفتى البعد عن المركز حـ متعاكستين من نقطة ا على قوس القطاع المقابل .

وهذه الطريقة التى بين بها أن النقطتين هـ ، د تتعاكسان من نقطة ا طريفة وهى تتضمن معانى وإن لم يعن ابن الهيثم بتفصيلها فهى جديرة بالذكر .

إذ يتضح أنه لو أخذت نقطة ا على قوس ك ى فان نقطة د تقع على بعد من المركز أكبر من حـ م .

فاذا فرضنا أن نقطة هـ ثابتة وكانت نقطة د متغيرة الموضع على حـ ط وامتداده ، وابتدأنا ونقطة د عند المركز حـ ، كانت نقطة الانعكاس هى نقطة حـ ، فاذا أخذت د تبعد أخذت نقطة الانعكاس تتحرك على القوس حـ ك مقتربة إلى ك ، حتى إذا وصلت نقطة د إلى م كانت نقطة الانعكاس هى نقطة ك نفسها ، فاذا تجاوزت نقطة د نقطة م متحركة على امتداد حـ م ، فان نقطة الانعكاس تتجاوز ك متحركة نحو ى .

وإذا أخرج من هـ المستقيم هـ س ع قاطعاً القطر ى ط على س والمحيط على ع بحيث يكون س ع = س حـ [1] ، فانه يتضح أن نقطة الانعكاس إذا وصلت إلى ع كان المستقيم النظير للمستقيم هـ ع موازياً للقطر ى ط فتكون نقطة د ، التى تنعكس اليها نقطة هـ فى ما لا نهاية .

ومن هذا يتبين أن نقطة انعكاس هـ من قوس القطاع المقابل إلى نقاط حـ ط وامتداده ، لا تتجاوز نقطة ع قرباً من نقطة ى .

ويعنى ابن الهيثم باثبات أن نقطة الانعكاس من قوس القطاع المقابل التى تتعاكس منها النقطتان هـ ، د المختلفتى البعد من المركز هى نقطة واحدة لا يوجد غيرها ، وبرهانه على ذلك برهان الخلف [2] .

فاذا فرضنا أنه توجد نقطة انعكاس أخرى فلتكن ق على قوس ا ع .

---

(١) سيأتى بيان ذلك فى الباب التالى : الجزء الثانى .

(٢) و (٢٨٣) ، و (٢٨٤) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

نصل هـ د، وليقطع ا ف على ص، وليقطع امتداد ق حـ على ش.
فمن الواضح أنه إذا كانت ق على قوس ا ع فان نقطة ش تقع بين د ، ص.
فيكون هـ ش أكبر من هـ ص
، ش د أصغر من ص د
ومن السهل بيان أن
هـ ق أصغر من هـ ا
، د ق أعظم من د ا

$$\therefore \frac{\text{هـ ق}}{\text{ق د}} \text{ أصغر من } \frac{\text{هـ ا}}{\text{ا د}}$$

$$\text{أى أصغر من } \frac{\text{هـ ص}}{\text{ص د}}$$

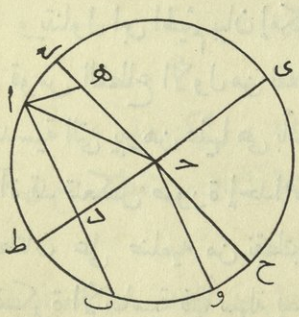
فان كانت ق نقطة انعكاس ينتج أن

$$\frac{\text{هـ ق}}{\text{ق د}} = \frac{\text{هـ ش}}{\text{ش د}}$$

$$\therefore \frac{\text{هـ ش}}{\text{ش د}} \text{ أصغر من } \frac{\text{هـ ص}}{\text{ص د}}$$. وهذا خلف .

وبالمثل إذا كانت نقطة ق على قوس ا حـ .

١١٩ — امكان تعاكس النقطتين المختلفتى البعد من قوس القطاع الأول من نقطة[1]



(شكل ٦٦)

لتكن هـ (شكل ٦٦) فى هذه الحالة أيضاً إحدى النقطتين المتعاكستين ، ولتكن على القطر ر حـ . نأخذ أية نقطة مثل ا على محيط الدائرة ونصل هـ ا ، ى حـ ا ، ونرسم ا ب بحيث تكون

∠ هـ ا حـ = ∠ حـ ا ب

(١) و (٢٨٤) ، و (٢٨٥) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

فمن الواضح أن أية نقطة على المستقيم ا ب تنعكس من ا إلى نقطة هـ .

فاذا رسم أى قطر من أقطار الدائرة التى لا توازى ا ب كالقطر ى ط بحيث كان هو أو امتداده يقطع ا ب أو امتداده من جهة ب ، فى نقطة مثل د ، اتضح إمكان تعاكس د ، هـ من نقطة ا التى هى على قوس القطاع الأول .

والنقاط التى هى مثل د التى تتقاطع عليها الأقطار المذكورة والمستقيم ا ب ، قد تكون أبعادها جميعاً عن المركز أكبر من بعد هـ عنه ، وقد يكون من بينها نقطة واحدة بعدها عن المركز كبعد هـ عنه ، فتكون الأخرى جميعاً بعدها أكبر ، وقد يكون من بينها نقطتان بعدهما عن المركز كبعد هـ عنه فيكون فى هذه الحالة أبعاد النقاط المحصورة بينهما عن المركز أصغر من بعد هـ عنه وأبعاد النقاط الأخرى أكبر .

ولا يتنافى كل هذا وإمكان تعاكس النقطة هـ ، ونقطة أخرى مثل د بعدها عن المركز لا يساوى بعد هـ عنه من قوس القطاع الأول .

وقد بين ابن الهيثم أيضاً إمكان هذا التعاكس حتى اذا كانت هـ خارج الدائرة [1] .

١٢٠ — امكان تعاكس النقطتين المختلفتى البعد عن قوس القطاع الأول عن نقطتين

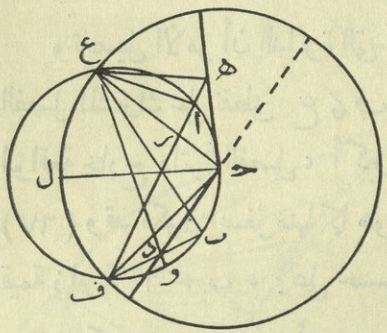
ويتناول ابن الهيثم بيان إمكان تعاكس النقطتين المختلفتى البعد عن المركز من قوس القطاع الأول من نقطتين ببرهان هندسى طويل [2] . والقضية الهندسية التى يبرهن عليها هى بألفاظه « إن النقطتين المختلفتى البعد عن مركز المرآة قد تنعكس صورة إحداهما الى الأخرى عن قوس القطاع الذى تانك النقطتان على ضلعيه من نقطتين » . وطريقته التى يتبعها فى ذلك طريفة والفكرة الأساسية فيها سهلة بسيطة .

---

(١) و (٢٨٥) ، و (٢٨٦) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

(٢) و (٢٩١) — و (٢٩٥) « « « «

فقد اتضح فيما سبق أنه إذا أخذت نقطتان داخل الدائرة متساويتا البعد عن المركز، وكان بعداهما عن المركز أكبر من بعد مسقط العمود المخرج من نقطة تقاطع منصف زاوية القطاع والمحيط قائماً على أحد القطرين، فانهما تنعكسان من نقطتين.



(شكل ٦٧)

فاذا فرضنا فى شكل (٦٧) أن ا ى ب نقطتان داخل الدائرة على بعدين متساويين من المركز ح، وليستا على قطر واحد وكان ح ل منصفاً زاوية القطاع ا ح ب والعمود الواقع من ل على ح ا يقطع ح ا فى نقطة بين ح ى ا،

فان النقطتين ا ى ب تتعاكسان من قوس القطاع الأول من نقطتين ع ى ف، فضلا عن نقطة ل، وتكون تلكما النقطتان نقطتى تقاطع محيط الدائرة المحيطة بالمثلث ا ح ب ومحيط الدائرة الأصلية التى هى الفصل المشترك.

فاذا أخذنا نقطة مثل و على القوس ب ف، ووصلنا و ع ورمزنا لنقطة تقاطع و ع ى ب ف بالحرف د، ووصلنا ح ع ى ح ف ثم رسمنا من ع، المستقيم ع ه بحيث تكون

∠ ا ع ه = ∠ ب ع و،

ووصلنا ف ا، ومددناه حتى يقطع ع ه، وليكن على ه،

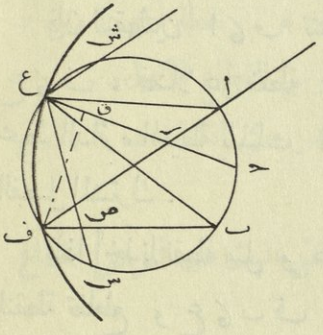
فانه يتبين بسهولة أن نقطتى ه ى د تتعاكسان من نقطتى ع ى ف وبعداهما عن المركز بوجه عام غير متساويين.

لولا أن هذا العمل الهندسى لا يتحقق على هذه الصفة على تصاريف الأحوال، ولذلك يتقيد ابن الهيثم فى البرهان بقيود تبدو بادىء ذى بدء أنها حشو ولا ضرورة لها، ولكنها فى الحقيقة تكفل تحقيق الشرائط الهندسية

التى يتم بها المطلوب . وهذا البحث من بحوث ابن الهيثم التى اعتورتها الشكوك وتشابهت على الكثيرين ، ولا نغالى اذا قلنا ولم تفهم على حقيقتها ، فى حين أن البرهان الذى أورده ابن الهيثم على ما هو عليه كاف فى نظرنا لبيان الغرض المطلوب .

وتفصيل الأمر أن الدائرة التى تحيط بالمثلث ا ح ب وتقطع دائرة الفصل المشترك على نقطتى ع ، ف قد تكون القوس ع ف منها ، وهى الواقعة خارج دائرة الفصل ، أكبر من قوس ب ف كما هو مبين بشكل (٦٧) وقد تكون أصغر منها كما هو مبين بشكل (٦٨) ، وذلك على حسب قيمة زاوية ا ح ب ، وعلى حسب بعد نقطتى ا ، ب عن المركز .

فلتكن قوس ع ف أصغر من قوس ب ف كما هو مبين فى شكل (٦٨) ولنأخذ نقطة مثل س على قوس ب ف بحيث يكون ب س = ع ف ، ولنرمز لتقاطع ع س ، ب ف بالحرف ص ، ولنرسم ع ش بحيث تكون زاوية ا ع ش مساوية لزاوية ب ع س . فنظراً لتساوى قوسى ا ش ، ب س ، وتساوى قوسى ب س ، ع ف فان



(شكل ٦٨)

∠ ا ع ش = ∠ ع ا ف

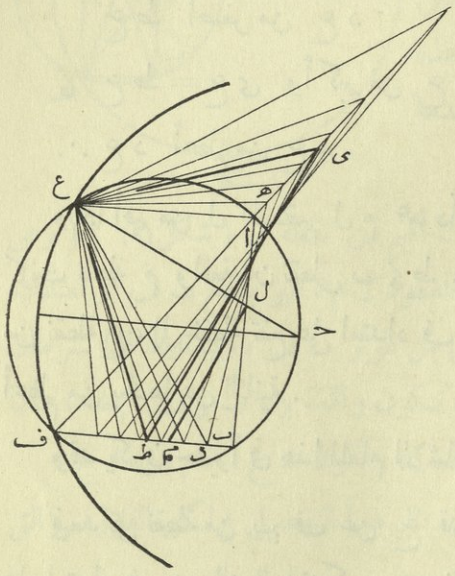
∴ ع ش يوازى ف ا .

فاذا أخذت نقطة و على قوس س ف وأجرى العمل المذكور أى أخرج من ع المستقيم ع ه بحيث تكون ∠ ا ع ه = ∠ ب ع و (كما بشكل ٦٧) ، فان المستقيم ع ه لا يقطع امتداد ف ا فى مقابلة تقعير القوس من دائرة الفصل المشترك . فلا يتأتى أن تكون نقطة تقاطع ع و

والمستقيم ب ف ، ونقطة التقاء ع هـ (المخرج) ، ف ا ، نقطتين متعاكستين عن مقعر القوس من نقطتى ع ، ف .

فلكى يتأتى حدوث الانعكاس على الصفة المذكورة يجب أن تكون و على قوس ب س ، وبحيث لا يتجاوز طول القوس ب و طول القوس ف ع من الدائرة المحيطة بمثلث ا ح ب .

وأيضاً إذا وصل ا ب (شكل ٦٩) فهو حتما يقطع ع ح على نقطة ولتكن ل والواصل من أية نقطة على ب ف إلى النقطة المناظرة على امتداد ف ا يقطع ع ح على نقطة تقع حتما بين نقطتى ل ، ع ، فاذا أخذت نقطة د على المستقيم ب ف وكانت قريبة جداً من نقطة ب ،



(شكل ٦٩)

ثم رسم ع هـ قاطعاً امتداد ف ا على هـ بحيث تكون

∠ ا ع هـ = ∠ ب ع د ،

فالواصل بين نقطتى د ، هـ يقطع ع ح على نقطة تقع بين ل ، ع ، وتكون زاوية ميله على ع ح أكبر من زاوية ميل ا ب عليه . وكلما بعدت د عن نقطة ب وبعدت تبعاً لذلك هـ على امتداد ف ا عن نقطة ا ، أخذت النقطة التى يقطع الواصل بينهما ع ح ، تبعد عن ل وأخذت زاوية ميله على ع ح تزداد ، حتى إذا وصلت د إلى نقطة مثل ط ووصلت هـ إلى نقطة مثل ى بحيث كان الواصل بينهما ط ى عموداً على

ع حـ ، فمن الميسور إثبات أن ع ط ، ع ى متساويان . فتكون نقطتا ط ، ى على بعدين متساويين من نقطة ع وأيضاً تكونان على بعدين متساويين من المركز حـ .

وإذن كل نقطة مثل د على ب ف تقع بين نقطتى ب ، ط تنعكس إلى نقطة مثل هـ تقع حتما بين ا ، ى ، وعلى الأوضاع المبينة بالشكل يكون

ع ط أصغر من ع د

، ع ط = ع ى وأكبر من ع هـ

∴ ع د أعظم من ع هـ .

وإذا أقيم من ل المستقيم ل م عموداً على ع حـ قاطعاً ب ف على م ، كانت نقطة م واقعة بين نقطتى ب ، ط ، فكل نقطة بين ب ، م تنعكس من نقطة ع ، إلى نقطة تقع على امتداد ف ا ، ويكون بعد ع عن الأولى أعظم من بعدها عن الثانية .

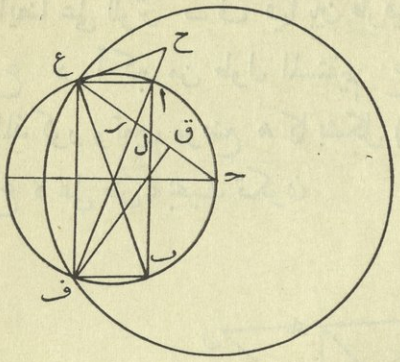
وقد يكون جديراً فى هذا المقام الاشارة إلى الاحتمالات المختلفة .

فبعد كل نقطة من ب ف عن ع قد يكون أعظم من بعد النقطة التى على امتداد ف ا والتى اليها تنعكس ، عن نقطة ع . ولكن يجوز أن يكون بعض نقاط ب ف بعدها أعظم من ذلك البعد ، وبعضها بعدها أصغر وواحدة منها بعدها مساويه .

وإجمال الأمر أنه اذا أسقط من نقطة ف عمود على ع حـ فهو حتما يلقاه ، أو يلقى امتداده من جهة حـ ، على نقطة ولتكن ق ، وإذا وصل ف ا فهو حتما يلقى ع حـ على نقطة ولتكن ر . فان كانت هذه النقطة واقعة بين حـ ، ق كما هو الحاصل فى شكلى (٦٨ ، ٦٩) جاز ما أشرنا اليه . وإذا وقعت نقطة ر بين ق ، ع كما هو مبين بشكل (٧٠) مثلا ، ورسمنا ع ح قاطعاً امتداد ف ا على ح ، بحيث تكون زاوية ا ع ح = زواية ب ع ف ،

يتبين أن كل نقطة من ب ف تنعكس إلى نقطة تقع بين ا ى ح ويكون بعد الأولى عن ع أعظم من بعد الثانية عنها .

أما إذا لقى الواصل بين ف ى ا المستقيم ع ح على نقطة ق نفسها ، كانت كل نقطة من ب ف بعدها عن ع أعظم من بعد النقطة التى تنعكس اليها إلا نقطة ف نفسها ، فهى فى هذه الحالة تنعكس إلى نقطة يكون بعدها عن ع يساوى بعد ف عنها .



(شكل ٧٠)

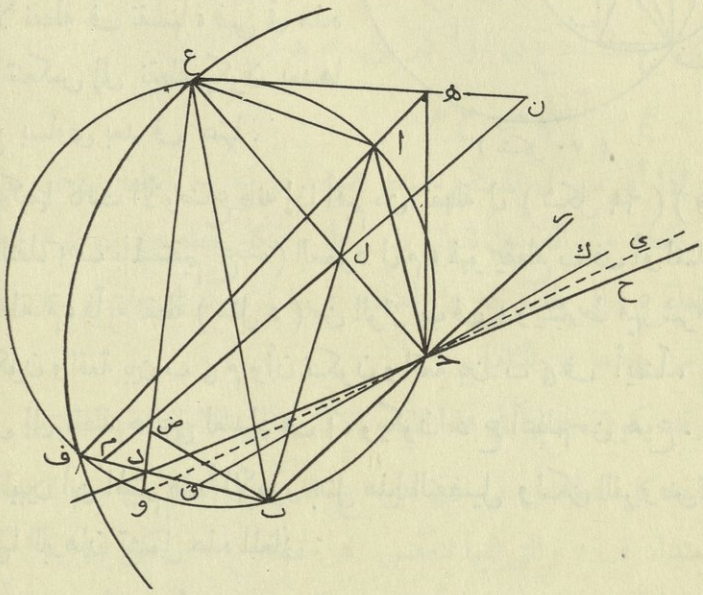
وكيفما كانت الأوضاع فانه إذا أقيم من نقطة ل (شكل ٦٩) (وهى نقطة التقاء ا ب بالمستقيم ع ح) العمود ل م ، فهو يقطع ب ف أو امتداده على نقطة م ، فأية نقطة (مثل د) من الوتر ب ف ، ويشترط فيها شرطان أن تكون واقعة بين ب ى م وأن تكون واقعة بين ب ى ف أيضاً ، فانها تنعكس إلى نقطة ه على امتداد ف ا ، ويكون د ع أعظم من ه ع .

لم يبين ابن الهيثم هذه الأمور بمثل هذا التفصيل ولكن الفروض التى بنى عليها البرهان تشمل هذه المعانى .

فى البرهان الذى أورده على الصورة التى ورد بها ، يقيم ابن الهيثم من نقطة تقاطع ح ع ى ا ب ولتكن نقطة ل (شكل ٧١) المستقيم ل م عموداً على ح ع ، فهو يقطع حتما ع ب ، ويقطع حتما محيط الدائرة المحيطة بمثلث ا ب ح ، ويقطع ب ف (أو امتداده) على نقطة ولتكن م .

وابن الهيثم يشترط فى وضع نقطة و ، على قوس ب ف (شكل ٦٧) لا أن يكون طول القوس ب و أصغر من طول القوس ف ع فحسب ، بل أن تكون زاوية ب ع و أصغر من زاوية ب ع م أيضاً كالمبين بشكل (٧١) ، بحيث تكون نقطة (د) بحسب تعبيره تحت (ل م) وهو العمود

المخرج من نقطة تقاطع حـ ع ، ا ب قائماً على حـ ع . وغرضه من ذلك كما يتضح من تتبع البرهان أن تكون نقطة د واقعة بين ب ، م وأن تكون أيضاً على الوتر ب ف فيما بين طرفيه ب ، ف ، فيكون طول المستقيم ع د أكبر من طول المستقيم ع هـ . فاذا روعى هذا وأجرى العمل المذكور وتعين موضع هـ كما بشكل (٧١) ورسم المستقيم ب ض قاطعاً ع د على ض ، بحيث تكون



(شكل ٧١)

∠ د ب ض = ∠ ب ع د

اتضح أن المثلثين ب د ع ، ب د ض متشابهان

$$\therefore \quad \frac{\text{ب ع}}{\text{ب ض}} = \frac{\text{ع د}}{\text{ب د}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١)$$

، فى المثلثين ب ع ض ، هـ ع ا

∠ ب ع ض = ∠ هـ ع ا

وبما أن ∠ ع ب ف = ∠ ع ا ف

و ∠ ض ب د = ∠ ه ع ا

∴ ∠ ع ب ض = ∠ ع ه ا

∴ المثلثان متشابهان .

$$\therefore \quad \frac{\text{ب ع}}{\text{ب ض}} = \frac{\text{ع ه}}{\text{ه ا}} \quad \ldots\ldots\ldots\

وإذن نقطتا د ، هـ المختلفتا البعد عن المركز حـ تنعكسان من مقعر قوس القطاع الأول من نقطتى ع ، ف وهو المطلوب .

ويجدر بنا أن نذكر هنا أن ابن الهيثم اشترط فى هذا البرهان أن تكون نقطة د تحت العمود ل م ، فكان ما برهن عليه أن حـ د أعظم من حـ هـ ، والبرهان مع توافر هذا الشرط سليم ولكنه لا يلزم العكس ، بمعنى أنه اذا كانت نقطة د فوق العمود (أى كانت واقعة بين نقطتى م ، ف) فليس يكون حـ د على تصاريف الأحوال أصغر من حـ هـ . وابن الهيثم لم يذكر هذا المعنى البتة ، ولكن ليس فى أقواله أية إشارة تفيد أنه ظن أن عدم توافر الشرط الذى ذكره يؤدى حتما إلى عكس النتيجة . ومن الواضح من شكل (٦٩) أن نقطة د ما دامت دون نقطة ط من ب ، فان حـ د يكون أعظم من حـ هـ ، أما إذا تجاوزت نقطة ط فعندئذ يقع العكس .

وابن الهيثم فى صدد هذا البرهان يبين أيضاً أنه إذا أخرج قطرا دائرة الفصل اللذان تقع عليهما نقطتا د ، هـ ، فان مكملة زاوية القطاع الأول من قائمتين تكون أكبر من زاوية هـ ف د ، وأصغر من زاوية هـ ع د .

وبرهانه على الأمر الأول يتضح بالرجوع الى شكل (٧١) ، حيث يتبين أن

∠ ب حـ د أعظم من ∠ ب حـ ق

∴ ∠ ب حـ د أعظم من ∠ ا حـ هـ .

وبحسب تعبيره اذا أخذنا ∠ د حـ ا مشتركة ، كانت ∠ ب حـ ا أعظم من ∠ د حـ هـ .

فتكون مكملة ∠ ب حـ ا من قائمتين ، التى هى تساوى ∠ ا ف ب أى ∠ هـ ف د ، أصغر من مكملة ∠ د حـ هـ من قائمتين .

وهو المطلوب إثباته .

أمّا البرهان على الأمر الثانى فهو يحيل فيه الى بحثه الذى نورده فيما بعد بعنوان « الحكم الثانى فى ضعف الانعكاسية »[١] .

١٢١ – تعاكس النقطتين الخارجتين عن سطح كرة المرآة من قوس القطاع الأول

لا تتعاكس النقطتان الخارجتان عن سطح كرة المرآة المقعرة من أكثر من نقطة واحدة عن قوس القطاع الأول[٢] .

وقد اتضح مما سبق أنه من الممكن أن تتعاكس النقطتان المختلفتا البعد عن المركز من قوس القطاع الأول من نقطتين والشرح الوارد يتضمن أن تكون إحدى النقطتين على الأقل وهى د شكل (٧١) داخل كرة المرآة .

وابن الهيثم يدلل ببرهان الخلف على أنه إذا كانت النقطتان المتعاكستان خارجتين عن سطح كرة المرآة فانهما لا تتعاكسان من قوس القطاع الأول إلا من نقطة واحدة . فاذا كانت النقطتان المتعاكستان هما هـ د (شكل ٧٢) ، وكانت نقطة حـ مركز دائرة الفصل المشترك ونقطة ع هى نقطة انعكاس ، فلنفرض أنه توجد نقطة انعكاس أخرى ولتكن ط .

نصل هـ ع وليقطع القوس على نقطة ولتكن ى ، ونصل د ع ، وليقطعها

---

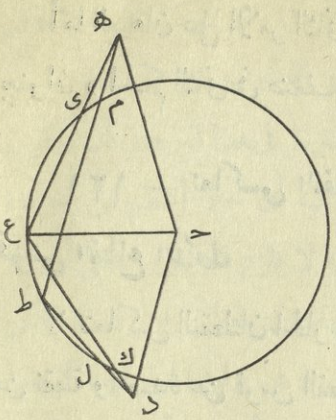
(١) انظر فقرة (١٢٤) من هذا الكتاب . هذا ومن الواضح فى شكل (٧١) أن

∠ هـ ع و أعظم من ∠ ا ع و .

واذا أخرج ب حـ الى ر ، ق حـ الى ك ، و حـ الى ى ، د حـ الى ح ، فمن الممكن على الأوضاع المبينة بالشكل اثبات أن

∠ هـ حـ ح أصغر من ∠ ا ع و .

(٢) و (٢٩٩) ، و (٣٠٠) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .



(شكل ٧٢)

على نقطة ولتكن ك ، ونصل ح ع .

فان كانت نقطة ط على قوس الزاوية ع ح د كما هو مبين بالشكل ووصل هـ ط ، قطع هـذا المستقيم القوس فى نقطة مثل م تكون فيما يلى نقطة ى من ع ، وقطع المستقيم د ط القوس فى نقطة مثل ل ، تكون فيما دون ك من ع .

وبما أن $\angle$ هـ ع ح = $\angle$ د ع ح (فرضاً)

فان القوس ع ى = القوس ع ك

كذلك بما أن $\angle$ هـ ط ح = $\angle$ د ط ح (فرضاً)

فان القوس م ط = القوس ط ل

وبما أن م ط أكبر من ع ى ،

يكون ط ل أكبر من ع ك .

وهذا خلف .

وبالمثل إذا كانت ط على قوس الزاوية ع ح هـ .

فلا يمكن أن تتعاكس النقطتان هـ ، د من قوس القطاع الأول من أكثر من نقطة واحدة .

وبمثل هذا البرهان يتبين أيضاً أنه إذا كانت إحدى النقطتين هـ ، د خارج محيط دائرة الفصل والأخرى على المحيط فان التعاكس من قوس القطاع الأول لا يكون من أكثر من نقطة واحدة أيضاً [1] .

---

(١) و (٣٠٠) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

ويلاحظ فى هـذه الحالة أن الزاوية التى يحيط بها الشعاع الساقط والمنعكس تكون أكبر من الزاوية المكملة لزاوية القطاع من قائمتين (كما سيرد).

١٢٢ – ضعف الانعطافية وأحكام ابن الهيثم بشأنها

إذا تعاكست نقطتان مختلفتا البعد عن مركز المرآة، من نقطة على قوس القطاع الأول، فلابن الهيثم أحكام تتعلق بقدر الزاوية التى توترها النقطتان عند نقطة الانعكاس، وهى الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط وبين الشعاع المنعكس، بالنسبة إلى قدر الزاوية المكملة لزاوية القطاع من قائمتين. وهو بحسب ما هو وارد فى الأصول المخطوطة يسمى الزاوية المحصورة بين الشعاعين الساقط والمنعكس « زاوية الانعكاس »[1].

والفارسى فى التنقيح يعبر عن هذه الزاوية بقوله « ضعف الانعكاسية »، وهو أنسب وأكثر ملاءمة إذ به يمتنع الالتباس بمعنى زاوية الانعكاس على حسب الاصطلاح المتبع فى الوقت الحاضر. وقد تبعنا فى هذا الكتاب اصطلاح الفارسى. أما الزاوية المكملة لزاوية القطاع من قائمتين، فابن الهيثم يعبر عنها « بالتالية » وكذلك الفارسى.

وأحكام ابن الهيثم بشأن ضعف الانعكاسية يتحدد بها مقادير هذه الزاوية من حيث كونها أعظم أو أصغر من الزاوية التالية. وهى تتلخص فى ثلاثة أحكام نوردها فيما يلى: —

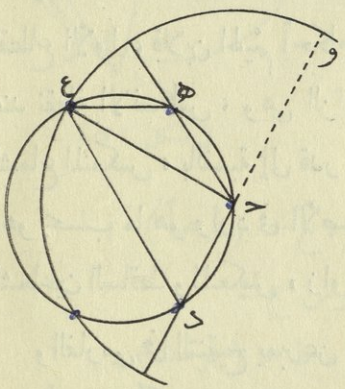
١٢٣ – الحكم الأول فى ضعف الانعطافية

إذا تعاكست نقطتان ليستا على قطر واحد وليستا على بعد واحد عن المركز، من قوس القطاع الأول فان ضعف الانعكاسية لا يساوى التالية.

---

(١) و (٢٨٧) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر.

والنص الوارد فى الأصل بحسب ألفاظ ابن الهيثم « أن كل نقطة تنعكس صورتها عن قوس القطاع (الذى مركز البصر وتلك النقطة) على ضلعيه ، ويكون بعد تلك النقطة عن مركز المرآة (غير) مساو لبعد مركز البصر عن مركز المرآة ، فان زاوية الانعكاس إما أن تكون أصغر من الزاوية التى تلى الزاوية التى يحيط بها القطران ، المار أحدهما بتلك النقطة والآخر بمركز البصر ، وإما أن تكون أعظم منها ، وليس تكون مساوية لها » (١) .



(شكل ٧٣)

لتكن النقطتان المتعاكستان ه ، د ، ومركز دائرة الفصل نقطة ح ، ولتكن ع نقطة الانعكاس من قوس القطاع الأول . فتكون زاوية ه ع د هى ضعف الانعكاسية . ولنخرج د ح إلى و فتكون زاوية ه ح و هى التالية . وبرهان ابن الهيثم على أن ضعف الانعكاسية لا يساوى التالية هو برهان الخلف .

فلنفرض أنهما متساويان .

ولنرسم الدائرة التى تحيط بمثلث ه د ع ، فسواء كانت النقطتان ه ، د داخل محيط دائرة الفصل أو خارجها ، أو إحداهما فى الداخل والأخرى فى الخارج ، ففى الشكل الرباعى ه ع د ح ، زاوية ه ح و الخارجة تساوى فرضا زاوية ه ع د .

وإذن يكون الشكل الرباعى دائرياً .

---

(١) و (٢٨٧) ، و (٢٨٨) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر . والبرهان على الحكم وارد فى الورقات و (٢٨٦) — و (٢٨٨) والرموز فيه أشكلت .

إذن يقع المركز حـ على محيط هذه الدائرة المحيطة بمثلث هـ د ع .

وبما أن ∠ هـ ع حـ = ∠ حـ ع د (فرضاً)

∴ القوس هـ حـ = القوس حـ د

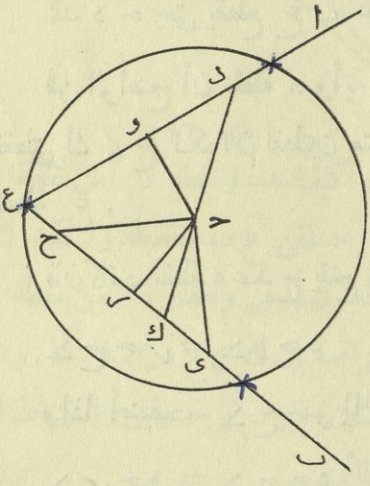
∴ $\overline{\text{هـ حـ}} = \overline{\text{حـ د}}$.

وهذا خلف .

والبرهان يثبت أن تساوى ضعف الانعكاسية والتالية لا يتأتى ما لم يكن بعد النقطتين المتعاكستين عن المركز متساويين .

وابن الهيثم يشرح فضلا عن هذا كيف يمكن عند عدم تساوى بعدى النقطتين المتعاكستين عن المركز أن يكون ضعف الانعكاسية أكبر من التالية ، وكيف يمكن أن يكون أقل . وهو يكتفى بمجرد إيضاح هذا الأمر . ولكن الشرح الوارد يتضمن بيان أن عكس القضية المذكورة غير صحيح .

فلو أن تساوى ضعف الانعكاسية والتالية يحتم أن يكون بعدا النقطتين عن المركز متساويين ، فان تساوى بعديهما عن المركز لا يحتم تساوى ضعف الانعكاسية والتالية .



(شكل ٧٤)

وسنعنى فيما يلى بتوضيح هذه المعانى بشىء من التفصيل بما لا يخرج عن المعانى التى تتضمنها أقواله هو نفسه[1] .

فلنفرض نقطة مثل ع (شكل ٧٤) على محيط دائرة الفصل المشترك وليكن مركزها حـ ، ولنرسم المستقيمين ع ا ، ع ب بحيث تكون

(١) و (٢٨٧) ، و (٢٨٨) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

∠ حـ ع ا = ∠ حـ ع ب .

فتكون جميع نقاط أحد المستقيمين متعاكسة وأية نقطة على الآخر .

نسقط من حـ العمود حـ و على ع ا ، والعمود حـ ر على ع ب .

(أولا) لنأخذ نقطة على المستقيم ع ا فيما يلى نقطة و من ع

ولنرمز لها بالحرف د .

ولنأخذ على المستقيم ع ب النقطتين ى ، ح بحيث يكون

ر ى = ر ح = و د .

فمن السهل إثبات أن

حـ و = حـ ر

، حـ د = حـ ى = حـ ح .

نمد د حـ حتى يقطع ع ب على ك .

فمن الواضح أن نقطة د وأية نقطة هـ على المستقيم ع ب تقع بين نقطتى ك ، ع تكونان نقطتين متعاكستين من قوس القطاع الأول من نقطة ع .

فان كانت نقطة هـ عند ح ينتج من تطابق المثلثين حـ ر ح ، حـ و د ، أن

∠ ح حـ ر = ∠ و حـ د

وإذا أضيفت ∠ ح حـ و إلى كل منهما ، ينتج أن

∠ ر حـ و = ∠ ح حـ د

وبما أن ∠ ر حـ و + ∠ ب ع د = قائمتين .

∴ ∠ ح حـ د + ∠ ب ع د = قائمتين .

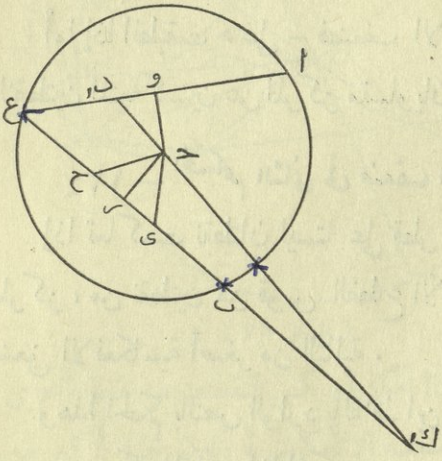
فيكون ضعف الانعكاسية مساوياً التالية .

ويكون بعد النقطتين المتعاكستين عن المركز متساويين .

ويتضح من ذلك أنه إن كانت نقطة ه بين ح ، ع كان ضعف الانعكاسية أصغر من التالية وكان البعد ح د أصغر من ح ه .

وإن كانت نقطة ه بين ح ، ك ،

كان ضعف الانعكاسية أكبر من التاليـــة . وكان البعد ح د ، أكبر من ح ه .



(شكل ٧٥)

(ثانيا) لنأخذ نقطة على المستقيم ع ا (شكل ٧٥) فيما دون نقطة و من ع ، ولنرمز لها بالرمز د١ ، ولنأخذ هنا أيضاً البعدين ر ى = ر ح = و د١ .

ولنمد المستقيم د١ ح إلى ك١ .

فان كان المستقيم د١ ح موازياً للمستقيم ع ب أو يلقاه من جهة ع ، أمكن تعاكس أية نقطة من ع ب كيفما مد ، ونقطة د١ من نقطة ع عن قوس القطاع الأول ، أما إن كان د١ ح يلقى ع ب فى نقطة ولتكن ك١ كما فى الشكل ، كانت النقاط التى يصح تعاكسها هى ونقطة د١ من نقطة ع عن قوس القطاع الأول ، هى النقاط الواقعة بين ك١ ، ع دون غيرها . ومن السهل فى هذه الحالة أيضاً من تطابق المثلثين ح و د١ ، ح ر ى ، استنباط أن

∠ ى ح د١ + ∠ ى ع د١ = قائمتين .

∴ ∠ ى ع د١ = ى ح ك١

فان كانت نقطة ه عند ى ، كان ضعف الانعكاسية مساوياً التالية وكان بعدا النقطتين المتعاكستين عن المركز متساويين .

وإن كانت نقطة هـ فيما يلى ى ،

كان ضعف الانعكاسية أكبر من التالية وكان البعد حـ د١ أصغر من حـ هـ .

وإن كانت نقطة هـ فيما دون ى من ع ،

كان ضعف الانعكاسية أصغر من التالية ، حيث لو وقعت هـ فيما بين ى ، ح كان البعد حـ د١ أكبر من حـ هـ ولو وقعت فيما دون ح كان البعد حـ د١ أصغر من حـ هـ .

أما إذا انطبقت هـ على ح فضعف الانعكاسية أصغر من التالية وبعدا النقطتين المتعاكستين عن المركز متساويان .

١٢٤ — الحكم الثانى فى ضعف الانعكاسية

إذا تعاكست نقطتان ليستا على قطر واحد وليستا على بعد واحد عن المركز ، من نقطتين من قوس القطاع الأول ، فلا يمكن أن تكون كلتا ضعفى الانعكاسية أصغر من التالية .

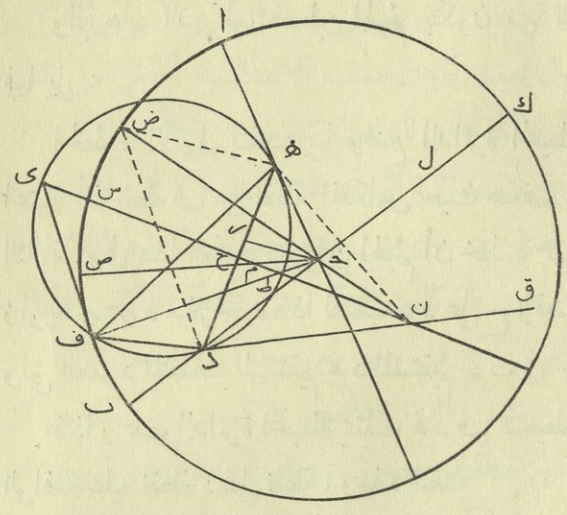
وهذا الحكم بالنص الوارد بألفاظ ابن الهيثم هو « ان كل نقطتين مختلفتى البعد عن مركز المرآة ، إذا انعكست صورة إحداهما إلى الأخرى عن قوس القطاع الذى يكون النقطتان على ضلعيه ، من نقطتين ، فليس يكون كل واحد من زاويتى الانعكاس أصغر من الزاوية التى تلى الزاوية التى يحيط بها القطران المساران بتيك النقطتين »[1] .

ويكون معنى هذا الحكم بعد التوضيح الذى أوردناه آنفاً أنه إذا كانت ضعف الانعكاسية لاحدى نقطتى الانعكاس أصغر من التالية وجب حتما أن يكون ضعف الانعكاسية للأخرى أكبر من التالية إذ لا يمكن وفقاً للحكم الأول أن تساويها .

---

(١) و (٢٨٨) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر . ويلاحظ أن ما يعنيه ابن الهيثم بزاوية الانعكاس انما هو ضعف الانعكاسية . والبرهان وارد فى الورقات (٢٨٨) — و (٢٩١) ورموزه هى أيضا أشكلت .

وبرهانه على هذا هو أيضاً برهان الخلف ولتوضيحه نفرض أن مركز المرآة حـ وإن نقطتين هـ ، د ليستا على قطر واحد وليس بعداهما عن المركز حـ متساويين ، متعاكستان من نقطة مثل ف على قوس القطاع الأول بحيث يكون ضعف الانعكاسية أى زاوية هـ ف د أصغر من التالية . ولنفرض أن حـ د أكبر من حـ هـ .



(شكل ٧٦)

والغرض الذى يرمى اليه أنه إذا أمكن تعاكس النقطتين من نقطة أخرى على قوس القطاع الأول ، فان ضعف الانعكاسية يكون حتما أكبر من التالية . وفى البرهان الذى يورده يفرض أن البعد حـ د أكبر من حـ هـ .

والتحليل الذى أوردناه آنفاً خير وسيلة لتوضيح كيف يمكن تعيين مواضع النقاط هـ ، د ، ف بالنسبة إلى المركز حـ لكى يكون ضعف الانعكاسية أصغر من التالية ، ولكى يكون البعد حـ د أكبر من حـ هـ . وذلك أن تؤخذ نقطة ف على محيط دائرة الفصل المشترك ويرسم ف د ، ف هـ نظيرين ، ويعين موضعا د ، هـ بحيث تكون نقطة د أقرب إلى ف من مسقط العمود الواقع من حـ على ف د ، ويكون بعد د من هذا المسقط أكبر من بعد هـ من مسقط العمود الواقع من حـ على ف هـ .

نصل حـ هـ ، ونمده على استقامته حتى يقطع محيط الدائرة على ا ، ونصل حـ د ونمده حتى يقطع محيط الدائرة من جهة د على ب ، ومن الجهة الأخرى على ك .

ولنرسم حـ ر المنصف لزاوية القطاع الأول ونصل هـ د ولنرمز لنقطة تقاطعهما بالحرف ر .

والبرهان الذى أورده ابن الهيثم يتكون من ثلاث خطوات نفصلها فيما يلى :

الخطوة الأولى يتحدد بها وضع الدائرة المحيطة بمثلث هـ د ف ، على اعتبار أن نقطة ف هى نقطة انعكاس حيث ضعف الانعكاسية أصغر من التالية . وفى هذا الصدد يبين ابن الهيثم أن خط د ر أعظم من ر هـ ، وأن زاوية حـ ر د منفرجة . فاذا نصف هـ د على ح وقعت نقطة ح على ر د ، ولقى العمود المنصف للمستقيم هـ د المستقيم حـ ب فى جهة ب .

فاذا رسمت الدائرة المحيطة بمثلث هـ د ف فمحيطها يقطع القطر ب ك الواقعة عليه نقطة د على نقطة ، وهذه النقطة

(١) لا يمكن أن تكون نقطة المركز حـ ، وإلا كانت

∠ هـ ف د = ∠ هـ حـ ك

أى ضعف الانعكاسية يساوى التالية وهذا محال فرضاً .

(٢) لا يمكن أن تكون نقطة مثل ل على امتداد ب حـ وإلا كانت

∠ هـ ف د = ∠ هـ ل ك

و ∠ هـ ل ك أكبر من ∠ هـ حـ ك

فيكون ضعف الانعكاسية أكبر من التالية وهذا محال فرضاً .

إذن كان حتما أن يقطع محيط الدائرة التى تحيط بمثلث هـ د ف القطر ب ك على نقطة بين حـ و د .

وإذن كان حتما أيضاً أن يقطع محيط هذه الدائرة المستقيم حـ ف على نقطة مثل ط تقع بين المركز حـ ، وبين المستقيم هـ د .

وبما أن ∠ هـ ف ط = ∠ ط ف د

فنقطة ط تنصف القوس هـ د من الدائرة المحيطة بمثلث هـ د ف .

فاذا وصل المستقيم ح ط كان ح ط عموداً على ه د ، ومماراً بمنتصفه ، وكان ح ط بحسب تعبير ابن الهيثم يلقى ح ب من جهة ب .

والخطوة الثانية فى البرهان ، أن تفرض نقطة انعكاس أخرى أياً كانت على قوس القطاع الأول بحيث يكون ضعف الانعكاسية أصغر من التالية ولتكن ض مثلا . وهذه الخطوة من البرهان تتضمن :

(أولا) البرهان على أن الدائرة التى تحيط بمثلث ه د ف لا تمر بهذه النقطة . وذلك أن الواصل بين ح ، ض يقطع حتما محيط هذه الدائرة على نقطة ليست هى نقطة ط . فان كانت نقطة ض نقطة انعكاس ، كانت نقطة التقاطع منتصف قوس ه د ، وهى غير نقطة ط ، وهذا محال .

و (ثانيا) أنه اذا رسمت الدائرة المحيطة بمثلث د ه ض فقوسها التى توتر ه د تقطع ح ب على نقطة من جهة ب ، ويلقى ح ض هذه القوس على نقطة بحسب تعبيره « دون خط » ه د ، أى فيما بين ح ، وبين خط ه د . وواضح أن البرهان على ذلك كما مر فى حالة الدائرة المحيطة بمثلث ه د ف ، لأن المفروض لا يزال أن ضعف الانعكاسية أصغر من التالية .

فنقطة التقاء ح ض بقوس الدائرة المحيطة بمثلث د ه ض والتى ه د وترها هى منتصف القوس ، وبما أن ح ط هو العمود المنصف للوتر ، وجب أن يلقى ح ض المستقيم ح ط بحسب تعبيره « تحت » خط ه د ، أى على نقطة من الجانب الذى يلى ح من خط ه د ، وذلك كما يقول « لأن خط (ح ط) ليس يلقى (م ح) » .

ومن هذا يستنبط ابن الهيثم أن نقطة الانعكاس الثانى لا تكون واقعة بين منتصف قوس القطاع الأول وبين طرفها ا ، إن كانت ضعف الانعكاسية أصغر من التالية [1] .

(١) أشكلت كما أشرنا من قبل الرموز الواردة فى المخطوط ، ولكن من المؤكد أن هذا هو المقصود ، لأنه يشير فى هذا الموضع الى منصف زاوية القطاع الأول ، والوارد فى التنقيح صريح فى الدلالة على هذا . والقول صحيح فى ذاته ولو أن نقطة المنتصف ليست هى النهاية كما سيتضح فيما يلى .

والخطوة الثالثة فى البرهان أن تفرض نقطة الانعكاس بحيث يقطع الواصل منها إلى المركز حـ، خط ح ط فيما بين طرفيه ح ى ط أو الجزء الذى يلى طرفه ط المحصور بين هذه النقطة وبين النقطة التى يلقى عليها امتداد ح ط نصف القطر حـ ب ، حيث تكون نقطة الانعكاس المفروضة على القوس ب ف .

فلتكن النقطة (أولا) مثل ص بحيث يلقى حـ ص المستقيم ح ط بين نقطتى ح ى ط ، ولتكن نقطة الالتقاء م .

فبما أن مثلث حـ ف ص متساوى الساقين فزاوية حـ ف ص حادة . فاذا رسم العمود ف ى على حـ ف ، فانه يلقى امتداد ط ح من جهة ح ، وليكن على ى . ويكون ط ى قطر الدائرة المحيطة بمثلث هـ د ف .

وبما أن ف ى مماس لدائرة الفصل ى ف ص وتر فيها ، فهو حتما واقع داخل الدائرة المحيطة بمثلث هـ د ف .

فاذا توهمت الدائرة المحيطة بمثلث هـ د ص ، فنظراً لأن منتصف قوسها التى توتر هـ د فيها هو نقطة م ، فالدائرة تمر بالنقاط هـ ى م ى د ى ص . فهى تقطع الدائرة المحيطة بمثلث هـ د ف على نقطتى هـ ى د ، مارة بنقطة م ، ثم بعد مجاوزتها هذه الدائرة من جهة د تمر بنقطة ص ، فتقطعها مرة ثالثة . وإذن الدائرة المحيطة بمثلث هـ د ص تلقى المحيطة بمثلث هـ د ف على ثلاث نقاط . وهذا محال .

وبالمثل يقع المحال إذا فرضت نقطة الانعكاس على القوس ب ف من دائرة الفصل .

هذه هى بالضبط خطوات البرهان الذى أورده ابن الهيثم .

وعلى ذلك يثبت الحكم الذى نص عليه . فنقطتا هـ ى د إذا تعاكستا من نقطتين على قوس القطاع الأول وكان ضعف الانعكاسية عند إحداهما أصغر

من التالية فمن المحال أن يكون ضعف الانعكاسية عند الأخرى أصغر أيضاً من التالية .

والبرهان على الصورة التى ورد بها سليم ، لولا أن ثمة ما يدعو إلى التفصيل أو يتطلب شيئاً قليلا من التعديل .

وبيان ذلك أنه اذا فرض أن نقطة ف هى نقطة انعكاس يكون عندها ضعف الانعكاسية أصغر من التالية ، وأخرجت الدائرة المحيطة بمثلث ه د ف وأخرج قطرها ط ى على المنوال الذى ذكره ابن الهيثم ، ثم نصفت زاوية القطاع الأول بالمستقيم ح ر ، فكما أثبت ابن الهيثم يشترط فى الدائرة المحيطة بنقطتى ه ، د ونقطة الانعكاس الأخرى المفروضة ، أن يكون منتصف قوسها التى توتر ه د فيها ، تلك النقطة التى يتقاطع عليها المستقيم الخارج من المركز الى نقطة الانعكاس المفروضة والمستقيم ح ط ، أو امتداده من أحد الجانبين ، أو من الآخر . وعلى هذا الأساس تنحصر احتمالات المسألة فى أربعة احتمالات .

الأول : أن يكون الخارج من المركز ح إلى نقطة الانعكاس الأخرى المفروضة يلقى امتداد ط ح من جهة ح .

الثانى : أن يكون الخارج من المركز ح إلى نقطة الانعكاس الأخرى المفروضة يلقى ط ح بين نقطتى ط ، ح .

الثالث : أن يكون الخارج من المركز ح إلى نقطة الانعكاس الأخرى المفروضة يلقى امتداد ح ط من جهة ط ، فيما دون نقطة التقائه بنصف قطر دائرة الفصل الذى تقع عليه نقطة د ، التى هى أبعد النقطتين المتعاكستين عن المركز .

الرابع : أن يكون الخارج من المركز ح إلى نقطة الانعكاس الأخرى المفروضة يلقى امتداد ح ط من جهة ط فيما يلى ذلك .

والاحتمال الأول يتأتى إذا فرضت نقطة الانعكاس على الجزء من قوس

القطاع الأول يتحدد طرفاه بنقطتين معينتين . إحداهما النقطة التى يتقاطع عليها امتداد حـ ح وقوس القطاع الأول ، وهى وفقاً للأوضاع المفروضة تكون من منتصف قوس القطاع عن جنبته التى تلى نقطة ب فى الشكل أى التى تلى تلك النقطة من النقطتين المتعاكستين التى بعدها عن المركز أكبر . والأخرى هى النقطة التى يلقى عليها قوسَ القطاع العمودُ الخارج من المركز حـ قائماً على هـ د ، وهذه من منتصف قوس القطاع عن جنبته التى تلى النقطة المتعاكسة الأخرى التى بعدها عن المركز أصغر .

وبرهان ابن الهيثم الذى بناه على استحالة تقاطع الدائرتين على أكثر من نقطتين ينطبق إذا فرضت نقطة الانعكاس نقطه حيثما اتفق من هذا الجزء من قوس القطاع ، فضلا عن أن هذا الفرض يتطلب أن تكون الدائرة المحيطة بالنقطتين هـ ، د المتعاكستين ونقطة الانعكاس المفروضة ، كلتا قوسيها اللتين توتران الوتر هـ د فيها على جانب واحد من هـ د ، هو المضاد للذى يقع فيه المركز حـ . فلا يتأتى الانعكاس البتة سواء مع وجود الشرط المطلوب فى ضعف الانعكاسية أو عدمه .

فاذا انتفى الانعكاس من أية نقطة من هذا الجزء من قوس القطاع الأول تبقى من هذه القوس فضلتان . إحداهما تلى النقطة المتعاكسة التى بعدها عن المركز أكبر وهى نقطة د فى الشكل ، والفضلة الأخرى تلى الأخرى .

والاحتمالان الثانى والثالث معاً يتأتيان إذا فرضت نقطة الانعكاس على الفضلة الأولى . وقد أثبت ابن الهيثم أن الانعكاس من أية نقطة من هذه الفضلة سوى نقطة ف بحيث يكون ضعف الانعكاسية أصغر من التالية محال .

وإذن يبقى الاحتمال الرابع . وهو الذى يتأتى إذا فرضت نقطة الانعكاس الأخرى على الفضلة الأخرى من قوس القطاع ، وهو الاحتمال الوحيد الذى ينتفى فيه تقاطع الدائرة المحيطة بالنقطتين المتعاكستين مع نقطة

الانعكاس الأخرى المفروضة ، والدائرة المحيطة بمثلث هـ د ف ، ينتفى فيه تقاطع هاتين الدائرتين على أكثر من نقطتين . ومثال هذا الاحتمال نقطة ض المبينة بالشكل ، حيث يلقى امتداد ض ح امتداد ح ط على نقطة مثل ن ، تلى نقطة التقاء ح ط بنصف القطر ح ب . حيث الدائرة المحيطة بالنقطتين المتعاكستين ونقطة الانعكاس الأخرى المفروضة تمر بنقاط هـ ن ، د ، ض .

ولكن فى هذه الحالة إذا أخرج د ن إلى ق ، كانت زاوية هـ ن ق مساوية ضعف الانعكاسية . ومن السهل فى هذه الحالة إثبات أنها أعظم من زاوية هـ ح ك وهى التالية .

ويتبين من هذا التفصيل أنه على فرض أن مقدمة القياس فى البرهان هى أن الدائرتين لا تتقاطعان على أكثر من نقطتين ، فان الانعكاس من أية نقطة على قوس القطاع الأول إلا الفضلة التى تلى النقطة المتعاكسة الأقرب إلى المركز ، من المحال حدوثه من نقطة أخرى سوى نقطة ف وهى التى يكون فيها ضعف الانعكاسية أصغر من التالية . أما الانعكاس من الفضلة المتبقية من قوس القطاع الأول وهى التى تلى النقطة الأقرب إلى المركز ، فجائز لأنه لا يتطلب المحال من تقاطع الدائرتين على أكثر من نقطتين ، ولكنه يحتم أن يكون ضعف الانعكاسية أعظم من التالية .

ذلك هو تفصيل ما يحتاج الى التفصيل من برهان ابن الهيثم بحسب ما هو وارد ، دون أن نتجاوز فيه حدود المعانى التى التزمها هو نفسه فى برهانه .

١٢٥ — الحكم الثالث فى ضعف الانعكاسية

لا تتعاكس نقطتان ليستا على قطر واحد وليستا متساويتى البعد من المركز ، عن قوس القطاع الأول بحيث يكون ضعف الانعكاسية أكبر من التالية من أكثر من نقطتين . وهذا الحكم بالنص الوارد بألفاظ ابن الهيثم هو « أن النقطتين المختلفتى البعد عن مركز المرآة ليس تنعكس صورة

إحداهما إلى الأخرى عن قوس القطاع الذى تانك النقطتان على ضلعيه من أكثر من نقطتين فقط »[١].

وإن لم يرد فى النص الوارد فى الأصل أن المقصود هنا أن يكون ضعف الانعكاسية أكبر من التالية . فهو يتبين من البرهان نفسه .

وقد لاحظ الفارسى هذا النقص فى النص على هذا الحكم فأضاف اليه « (أقول) يعنى على أن يكون ضعف الانعكاسية أعظم من التالية »[٢] وهو المقصود فعلا فى البرهان .

وبرهان ابن الهيثم على هذا الحكم أن يبين أن الحالة التى يكون فيها ضعف الانعكاسية أكبر من التالية تنطبق عليها فروض عملية هندسية ، ذكرها وذكر حلها مع البرهان عليها وسيأتى بيانها فيما بعد ، هى إحدى المقدمات التى بنى عليها حلوله فى تعيين نقطة الانعكاس[٣] .

ولنفرض أن النقطتين المتعاكستين هما هـ ، د (شكل ٧٧) ، وأن نقطة الانعكاس ع على قوس القطاع الأول من دائرة الفصل المشترك التى مركزها ح ، وليكن ضعف الانعكاسية هـ ع د أكبر من التالية . ويمكن تعيين مواضع هـ ، د ، ع بالنسبة إلى ح فى الحالات المختلفة بالرجوع الى فقرة (١٢٣) . وليكن د ح أعظم من هـ ح . نصل ح هـ ونمده حتى يقطع محيط الدائرة على ا ، ونصل د ح ونمده إلى ك .

نرسم المستقيم ع ط بحيث تكون زاوية هـ ع ط تساوى التالية هـ ح ك وليقطع ع ط ، القطر الواقع عليه نقطة د على ط . ولما كان ضعف الانعكاسية أكبر من التالية فالمستقيم ع ط يقسم ضعف الانعكاسية هـ ع د .

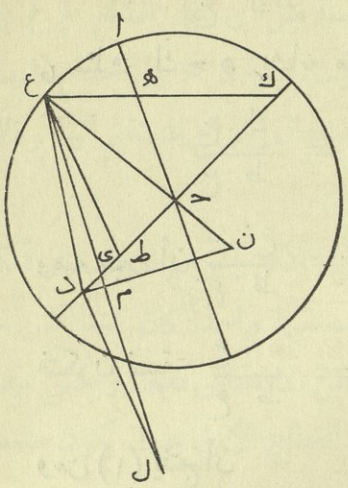
---

(١) و (٢٩٥) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر . وورد البرهان فى الورقات و (٢٩٥) — و (٢٩٨) .

(٢) ص (٥٤٦) من الجزء الأول من التنقيح (النسخة المطبوعة) .

(٣) الباب التالى : الجزء الثانى من هذا الكتاب .

نرسم ع ى منصفاً لزاوية ط ع د وهى زيادة ضعف الانعكاسية على التالية ، وليقطع ع ى المستقيم حـ د على ى .



(شكل ٧٧)

نمد ع ى على استقامته إلى ل ، ونرسم من د المستقيم د ل موازياً ع ط قاطعاً امتداد ع ى على ل .

ثم نسقط من د المستقيم د م عموداً على ع ل ، ونمده على استقامة حتى يقطع امتداد ع حـ على ن .

فيكون د ل = ع د

$$\text{و} \quad \frac{\text{ع د}}{\text{ع ط}} = \frac{\text{د ل}}{\text{ع ط}} = \frac{\text{ل ى}}{\text{ى ع}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (١)$$

وابن الهيثم يفصل أحوال المستقيم د حـ . فهو إما أن يكون موازياً للمستقيم ع هـ لا يلقاه .

وفى هذه الحالة يمكن بسهولة إثبات أن

ع د = د حـ

و ع ط = حـ هـ

$$\therefore \quad \frac{\text{ع د}}{\text{ع ط}} = \frac{\text{د حـ}}{\text{حـ هـ}}$$

وإما أن يلقاه على نقطة مثل ك من جهة هـ كالمبين بشكل (٧٨) أو من جهة ع ، وفى كلتى الحالتين يكون

$$\frac{\text{د ع}}{\text{ع ط}} = \frac{\text{د ع}}{\text{ع ك}} \times \frac{\text{ع ك}}{\text{ع ط}}$$

$$\text{و} \quad \frac{\text{د ع}}{\text{ع ك}} = \frac{\text{د حـ}}{\text{حـ ك}}$$

و مثلث ك حـ هـ يشابه مثلث ك ع ط

$$\therefore \quad \frac{\text{ع ك}}{\text{ع ط}} = \frac{\text{حـ ك}}{\text{حـ هـ}}$$

$$\text{ومنه يتبين أن} \quad \frac{\text{د ع}}{\text{ع ط}} = \frac{\text{د حـ}}{\text{حـ هـ}}$$

$$\text{فتكون نسبة} \quad \frac{\text{ع د}}{\text{ع ط}} = \frac{\text{د حـ}}{\text{حـ هـ}} \text{ على تصاريف الأحوال .}$$

ومن (١) ينتج أن

$$\frac{\text{ل ى}}{\text{ى ع}} = \frac{\text{د حـ}}{\text{حـ هـ}} .$$

وعلى اعتبار أن د حـ مخرج من جهة حـ الى نقطة مرموز لها بالحرف ك ، يكون على تصاريف تلك الأحوال

$$\angle \text{ن ع م} = \angle \text{حـ ع ط} + \angle \text{ط ع ى}$$

$$\text{و} \quad \angle \text{حـ ع ط} = \angle \text{هـ حـ ك} - \tfrac{1}{2} \angle \text{هـ ع د}$$

$$\text{و} \quad \angle \text{ط ع ى} = \tfrac{1}{2} (\angle \text{هـ ع د} - \angle \text{هـ حـ ك})$$

$$\therefore \quad \angle \text{ن ع م} = \tfrac{1}{2} \angle \text{هـ حـ ك} \text{ ، أى نصف التالية .}$$

ومن هذا يتبين أن المثلث ن م ع قائم الزاوية فى م ، وزاوية ن ع م منه زاوية معلومة (نصف التالية) والمستقيم د حـ يمر بنقطة ى على الضلع م ع (وهى نقطة معينة تقسم ع ل بنسبة بعدى النقطتين المتعاكستين) ويقطع امتداد الضلع الآخر ن م على د ، ويقطع الوتر ن ع على حـ ،

ونسبة $\frac{\text{د حـ}}{\text{حـ ع}}$ وهى نسبة بعد إحدى النقطتين المتعاكستين عن المركز إلى

نصف قطر كرة المرآة ، نسبة ثانية . وقد بيَّن ابن الهيثم فى حل العملية الهندسية التى أشرنا اليها أنه يمكن من نقطة مثل ى على الضلع م ع إما إخراج مستقيمين مثل د ح بحيث تكون نسبة د ح إلى ح ع نسبة معلومة ، أو إخراج مستقيم واحد ، وإلا استحال إخراج المستقيم البتة وذلك على حسب قيمة تلك النسبة .

وابن الهيثم يستدل من هذا على أنه إن أمكن إخراج المستقيمين أمكن التعاكس من نقطتين ، وإن كان الخارج مستقيما واحداً كان التعاكس من نقطة واحدة ، وإن لم يكن هذا ولا ذاك بطل الانعكاس كلية . ويكتفى بهذا ، لبيان أنه لا تتعاكس النقطتان من قوس القطاع الأول بحيث يكون ضعف الانعكاسية أكبر من التالية من أكثر من نقطتين .

والفكرة فى ذاتها سليمة ، وسنعود الى هذا الموضوع فى الباب التالى من هذا الكتاب[1] وسنستوفيه مع جميع المسائل المرتبطة به شرحا وتفصيلا .

١٢٦ — دفع الشكوك التى اعترض بها على أحكام ابن الهيثم فى تعاكس النقطتين عند سطح الكرية المقعرة

يتبين مما سبق أن ابن الهيثم فى بحوثه عن الانعكاس من قوس القطاع الأول أثبت انه من الممكن أن تتعاكس النقطتان اللتان بعداهما عن مركز المرآة مختلفان من قوس القطاع الأول من نقطتين ، وأورد ما سميناه آنفاً الأحكام الثلاثة عن ضعف الانعكاسية وهى لا شك منصبة على الانعكاس من قوس القطاع الأول . فأثبت أنه إذا كان بعدا النقطتين المتعاكستين عن مركز المرآة غير متساويين فان ضعف الانعكاسية ليس يساوى التالية بل يكون إما أصغر من التالية وإما أكبر . ثم أثبت أن ضعف الانعكاسية إذا

---

(١) الجزء الثانى .

كان أصغر من التالية عند إحدى نقطتى الانعكاس الممكنتين ، فلا يكون ضعف الانعكاسية عند الأخرى أيضاً أصغر من التالية ، فلا يمكن عند حدوث الانعكاس من قوس القطاع الأول من نقطتين أن يكون ضعف الانعكاسية عند كل منهما أصغر من التالية . ومؤدى هذا الحكم أن ضعف الانعكاسية لا يمكن أن يكون أصغر من التالية إلا عند نقطة انعكاس واحدة . ثم أثبت بعد ذلك أنه من الجائز أن يكون ضعف الانعكاسية عند كل من نقطتى انعكاس من قوس القطاع الأول كلاهما أكبر من التالية ولا يمكن أن يكون ضعف الانعكاسية أكبر من التالية فى أكثر من انعكاسين اثنين .

ويجمل هذه البحوث أن تعاكس النقطتين المختلفتى البعدين عن المركز من قوس القطاع الأول ممكن من نقطتين يكون ضعف الانعكاسية عند إحداهما أصغر من التالية . ويمكن أيضاً من نقطتين تكون ضعف الانعكاسية عندهما معاً أكبر من التالية . فتعاكسهما من قوس القطاع الأول بوجه عام ممكن من ثلاث نقاط ، يكون ضعف الانعكاسية عند واحدة منها أصغر من التالية وعند الأخريين معاً أكبر من التالية . وبما أن النقطتين تتعاكسان أيضاً من قوس القطاع المقابل ولكن من نقطة واحدة فقط ، كانت خلاصة هذه البحوث جميعاً أن النقطتين المختلفتى البعد عن مركز المرآة من الممكن بوجه عام أن يتعاكسا عن المرآة الكرية المقعرة من أربع نقاط على الصفة المذكورة وليس من الممكن أن يتعاكسا من أكثر من أربع نقاط .

غير أن هذه الأحكام قد اعترتها شكوك ولم تفهم على حقيقتها عند علماء الغرب الذين اعتمدوا فى مراجعهم على النسخة اللاتينية لكتاب المناظر . فقد ذكر « بودا » [1] أن القضايا الهندسية التى أوردها ابن الهيثم وبرهن عليها لا تخلو من تناقض فضلا عن أن البراهين فى بعض المواضع غامضة من المتعذر تتبعها وفى بعض المواضع خاطئة والبيان بوجه عام معقد

(١) Dr. Paul Bode : Die Alhazensche Spiegel-Aufgabe

غاية التعقيد .

ويمثل « بودا » إلى ذلك بذكر نظريات مرقومة فى النسخة اللاتينية . فنظرية (٧٥) بحسب قوله مؤداها أن الانعكاس من قوسى القطاعين الأول والمقابل لا يكون إلا من نقطة واحدة . ونظرية (٨١) مؤداها أن الانعكاس من قوس القطاع الأول يمكن من نقطتين . والمقصود من نظرية (٨٢) بحسب قوله إثبات أن الانعكاس من قوس القطاع الأول لا يمكن من أكثر من نقطتين[١] . ويرى « بودا » أن مؤدى نظريتى (٧٥) و (٨٢) أن الانعكاس من الكرية المقعرة لا يكون من أكثر من ثلاث نقاط ، فضلا عن أن نظرية (٧٥) خطأ من أساسها . وقد راجع « بودا » كما ذكر فى رسالته هذه النظريات فى كتاب « ثقلو » فوجد أن « ثقلو » نفسه لم يدرك مقصد ابن الهيثم من نظرية (٨٢) ولا مقصده من النظرية التى تليها .

ولا شك لدينا أن مثل هذا التناقض لم يقع فيه ابن الهيثم . وقد تبين لنا بتتبع النظريات[٢] أن نظرية (٧٥) التى يشير اليها يقابلها فى النسخ العربية النص الآتى :

« فكل نقطتين يكونان متساويتى البعد عن مركز المرآة الكرية المقعرة ويكونان خارجين من سطح المرآة ولا يكونان على قطر واحد ويكونان من وراء الخط المماس للدائرة المار سطحها بتينك النقطتين وبمركز المرآة الذى يماسها على طرف القطر الذى يقسم الزاوية التى يحيط بها القطران المارات بتينك النقطتين بنصفين ، أو على طرف الخط المماس ، فليس تنعكس صورة إحداهما إلى الأخرى عن سطح تلك المرآة إلا من نقطة واحدة »[٣] .

---

(١) وهو فى هذا الصدد يقول ان البرهان غير مفهوم ويناقض نظرية (٨٦) .

(٢) استرشدنا فى ذلك بقول « بودا » ان بحوث ابن الهيثم فى المرايا المقعرة تبدأ فى كتاب الذخيرة اللاتينى من نظرية (٦٠) ، لأن النسخة العربية من المناظر غير مرقومة وترقيم مقاصد التنقيح لا يتفق والترقيم التى يشير اليه بودا .

(٣) و (٢٧٤) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر .

فالنظرية المذكورة خاصة باحدى الحالات التى راعاها ابن الهيثم ، وهى حالة ما تكون النقطتان المتعاكستان متساويتى البعد عن مركز المرآة وهى الحالة الخامسة التى ذكرناها بفقرة (١١٦) من هذا الكتاب ولا اعتراض عليها البتة .

أما نظرية (٨١) التى أشار اليها « بودا » فالأرجح لدينا أنه يقابلها فى النص العربى بحثان لابن الهيثم وهما بحثان متتاليان راعى فى أولهما بحسب الترتيب الوارد فى الأصل ما سميناه فى هذا الكتاب الحكم الثانى من أحكامه فى ضعف الانعكاسية ، وقد سبق أن أوردنا نصه اللفظى ، وفيه يثبت ابن الهيثم كما بينا أنه إذا حصل الانعكاس من نقطتين وكان ضعف الانعكاسية عند إحدى النقطتين أصغر من التالية كان حتما أن يكون ضعف الانعكاسية عند الأخرى أكبر من التالية . أما البحث الثانى ففيه يثبت ابن الهيثم انه من الممكن أن تتعاكس النقطتان من قوس القطاع الأول من نقطتين وهو البحث الذى أوردناه آنفاً فى فقرة (١٢٠) ، وبرهان ابن الهيثم على ذلك فى ذاته صحيح ، وفروضه التى بنى عليها البرهان والعمل الهندسى الذى يتضمنه كل ذلك أيضاً صحيح يكفى للغرض الذى يريده كما اتضح من التفسير الذى أوردناه . ونص ابن الهيثم على القضية الهندسية التى أثبتها واستنبطها من البرهان الهندسى قد ذكرناه فى موضعه ولا اعتراض عليه .

أما نظرية (٨٢) التى أشار إليها « بودا » فهى تقابل الحكم الثالث من أحكام ابن الهيثم فى ضعف الانعكاسية ومؤداها كما يتبين أن الانعكاس من قوس القطاع الأول بحيث يكون ضعف الانعكاسية أكبر من التالية لا يمكن من أكثر من نقطتين ولا اعتراض عليه أيضاً .

ويتبين من ذلك أن القضايا الهندسية التى تتضمنها هذه البحوث ليست كما يقال متضاربة ، وليست كما يقال ينقض بعضها الآخر ، وليست كما يقال لا تؤدى إلى بيان أن الانعكاس بوجه عام ممكن من أربع نقاط وهو الذى يريد ابن الهيثم بيانه . وإن صح أن يكون فى هذه البحوث عيب فعيبها أن

ابن الهيثم قد استطاع أن يستنبط قضايا هندسية متشابكة بعضها بالآخر، ويبرهن عليها ببراهين هندسية لا يتجاوز فيها حدود القضايا الأولية الواردة فى أصول أوقليدس، ويستخرج منها مايريده من الأمور المتعلقة بالانعكاس. وإن كانت براهينه على هذه القضايا تتطلب غير قليل من الامعان والترويء فانما ذلك لتعقد هذه القضايا فى ذواتها.

وقد أجمل ابن الهيثم خلاصة هذه البحوث وعرضها بطريقة هندسية طريفة يسهل بها الالمام بنواحيها المختلفة، نوجزها فيما يلى:

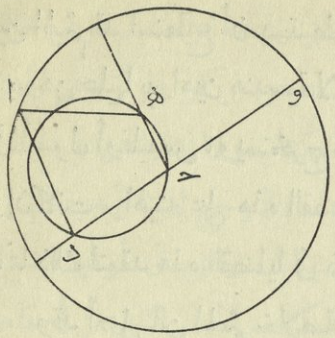
١٢٧ — البيان العام الذى يوضح به ابن الهيثم تعاكس النقطتين المختلفتى البعد من المركز عن سطح الكرية المقعرة

إذا فرضت النقطتان المتعاكستان حيثما اتفق ووصل المستقيم الواصل بينهما وأخرج المستوى الذى يجتمع فيه النقطتان ومركز المرآة بحيث يلقى كرة المرآة على محيط دائرة، فالمستقيم الواصل بين النقطتين إما أن يقع خارج محيط هذه الدائرة، وإما أن يمسها على نقطة، وإما أن يقطع محيطها على نقطتين. وابن الهيثم يتخذ أوضاع هذا المستقيم بالاضافة إلى محيط الدائرة أساساً يعرض على حسبه مجمل الآراء التى تنطوى عليها بحوثه السابقة عن تعاكس النقطتين عن سطح الكرية المقعرة[1]. فهو يبين أنه على الوجهين الأول والثانى يمتنع الانعكاس من قوس القطاع الأول فلا تتعاكس النقطتان إلا من نقطة واحدة فقط وتكون هذه النقطة على قوس القطاع المقابل.

أما إذا كان الواصل بين النقطتين المتعاكستين يقطع محيط دائرة الفصل على نقطتين، فهو يقسم هذه الحالة أقساماً بحسب وضع الدائرة المحيطة بالمثلث الذى يتكون من مركز دائرة الفصل ومن النقطتين المتعاكستين، ولنسمها الدائرة المحيطة، بحسب وضع هذه الدائرة بالنسبة إلى دائرة الفصل.

---

(١) و (٣٠٠) — و (٣٠٣) من مخطوط المقالة الخامسة من المناظر.

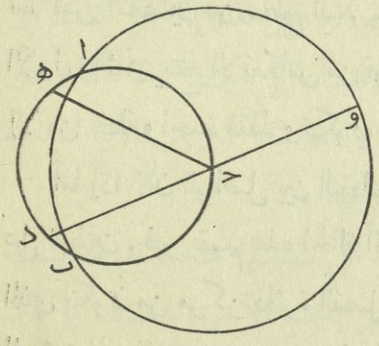


(شكل ٧٨)

فان كانت النقطتان المتعاكستان ه ، د ومركز دائرة الفصل ح فالدائرة المحيطة بمثلث ح ه د إما أن تقع داخل دائرة الفصل كما هو مبين بشكل (٧٨) أو تماسها من داخل أو تقطعها على نقطتين كما هو مبين بشكل (٧٩) .

(أولا) فان كانت المحيطة داخل دائرة الفصل وأخرجنا د ح (شكل ٧٨) إلى و ، وأخذنا أية نقطة على قوس القطاع الأول ولتكن ا ، فمن السهل إثبات أن زاوية ه ا د أصغر من التالية ه ح و ، وإذن كان حتما أن يكون ضعف الانعكاسية من قوس القطاع الأول أصغر من التالية . وقد تبين أن هذا لا يكون إلا من نقطة انعكاس واحدة . وإذن فلا تتعاكس النقطتان فى هذه الحالة إلا من نقطة واحدة من قوس القطاع الأول . وهما تتعاكسان من نقطة واحدة أيضاً من قوس القطاع المقابل . فلا يكون الانعكاس فى هذه الحالة إلا من نقطتين فقط .

(ثانياً) وإن كانت المحيطة تمس دائرة الفصل من الداخل ، فمن السهل بيان أن الأمر كما سبق ، ولا يصح أن تكون نقطة التماس نقطة انعكاس .



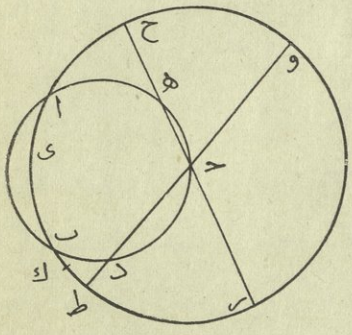
(شكل ٧٩)

(ثالثاً) وإن كانت المحيطة تقطع دائرة الفصل على نقطتين ، فلتكن نقطتا التقاطع ا ، ب (شكل ٧٩) .

وابن الهيثم يقسم هذه الحالة أقساماً فرعية ، وذلك أن النقطتين المتعاكستين ه ، د قد تكونان معاً خارج دائرة الفصل كما هو مبين بشكل (٧٩) ، أو قد تكون إحداهما خارجها والأخرى على محيطها . وعلى الوجهين المذكورين

لا تتعاكس النقطتان من قوس القطاع الأول إلا من نقطة واحدة . وهما تتعاكسان أيضاً من قوس القطاع المقابل من نقطة واحدة فقط . فلا يصح الانعكاس إلا من نقطتين فقط .

وأيضاً فان النقطتين المتعاكستين قد تكونان معاً داخل دائرة الفصل كما هو مبين بشكل (٨٠) ، أو قد تكون إحداهما داخلها والأخرى على محيطها . وعلى الوجهين فان قوس القطاع الأول ينقسم قسمين ، قسم مثل ا ب (شكل ٨٠) وآخر يقع خارج المحيطة . وإذا كانت النقطتان هـ ، د معاً داخل دائرة الفصل ، كان هذا القسم الآخر جزئين ا ح ، ب ط كما هو مبين بشكل (٨٠) . وإذا كانت إحدى النقطتين هـ ، د على محيط دائرة الفصل كان هذا القسم جزءاً واحداً مما يلى النقطة الواقعة داخل دائرة الفصل .



(شكل ٨٠)

وعلى الوجهين إذا أخذت نقطة حيثما اتفق مثل ى على قوس القطاع الأول فيما بين نقطتى تقاطع الدائرتين أى بين ا ، ب ، فمن السهل إثبات أن زاوية هـ ى د تكون أعظم من زاوية هـ ح و ، وهى التالية ، وإذن يتطلب الانعكاس من قوس ا ب أن يكون ضعف الانعكاسية أعظم من التالية وقد تبين أن هذا ممكن من نقطتين فقط . أما إذا أخذت نقطة حيثما اتفق مثل ك على قوس القطاع الأول خارج الدائرة المحيطة بمثلث ح هـ د ، فمن السهل إثبات أن زاوية هـ ك د تكون أصغر من زاوية هـ ح و ، وهى التالية ، فلا يصح الانعكاس من نقطة من تلك القوس حيث تكون ضعف الانعكاسية أصغر من التالية إلا من نقطة واحدة . كما ان نقطتى التقاطع ا ، ب كلتيهما لا يصح أن تكونا نقطة انعكاس . وإذن يجوز على الوجه العام الانعكاس فى هذه

الحالة من ثلاث نقاط من قوس القطاع الأول على أن يكون ضعف الانعكاسية فى اثنتين منهما أعظم من التالية وفى الباقية أصغر من التالية . والنقطتان هـ ، د تتعاكسان أيضاً من قوس القطاع المقابل من نقطة واحدة . فتكون نقاط الانعكاس فى هذه الحالة أربعاً .

على هذه الصفة و بمثل هذا البيان أجمل ابن الهيثم آراءه فى عدد نقاط الانعكاس الممكنة ، عند تعاكس النقطتين عن المرآة الكرية المقعرة .

الفصل الخامس

في

الانعكاس عن تقعير سطح مدور القطع المكافىء

---

١٢٨ — بحوث ابن الهيثم عن انعكاس الضوء عن تقعير سطح مدور القطع المكافىء

وتمتد بحوث ابن الهيثم فى انعكاس الضوء إلى الانعكاس عن سطح مدور القطع المكافىء ، وهو يضمن مقالته فى المرايا المحرقة بالقطوع بحوثه عن هذا الأمر . وابن الهيثم يشير فى صدر مقالته هذه إلى أعمال من سبقه من المتقدمين . ويلخص ما علموه عن انعكاس أشعة الشمس عن المرايا المستوية وعن المرايا الكرية . ويذكر أنهم قد علموا أن شعاع الشمس ينعكس عن المرايا المستوية من نقطة واحدة إلى نقطة واحدة ولكنه ينعكس عن المرايا الكرية المقعرة من محيط دائرة إلى نقطة واحدة . ويجمل أيضاً مذاهب المتقدمين المختلفة فى اتخاذ المرايا المحرقة ، فقوم ذهبوا إلى اتخاذ مرايا مستوية كثيرة العدد يضاف بعضها إلى بعض بحيث تنعكس أشعة الشمس عنها جميعاً إلى نقطة واحدة ، وقوم اتخذوا المرايا الكرية المقعرة ، ومنهم من اتخذ مرايا كرية كثيرة تنعكس شعاعاتها إلى نقطة واحدة لكى يكون الاحراق أقوى ، وهو نفسه قد فصل ذلك كما قد بينا من قبل .

وابن الهيثم يقرر أيضاً أن المتقدمين قد وجدوا أن السطح المقعر من مدور القطع المكافىء تنعكس الشعاعات عن جميع بسيطه إلى نقطة واحدة بعينها . ولكنه يعقب على ذلك بقوله «انهم لم يشرحوا البرهان على هذا المعنى

ولا الطريق الذى به استنبطوا ذلك شرحاً مقنعاً » . وهو يخص بالذكر من هؤلاء المتقدمين اثنين ارشميدس وانثيميوس [١].

ولعله اطلع على كتاب انثيميوس فى المرايا المحرقة ولعله يقصده بالذات من بين من اتخذ المرايا المستوية الكثيرة العدد لاحداث الاحراق . ولكن أقواله تفيد أن انعكاس الأشعة المتوازية من سطح مدور القطع المكافىء إلى نقطة واحدة لم يجده ابن الهيثم مشروحاً شرحاً وافياً أو مبرهناً عليه ببرهان هندسى تام ، ولذلك أراد فى مقالته فى المرايا المحرقة بالقطوع أن يشرح هذا الأمر ويوضحه ويورد البرهان عليه ويذكر طريق العمل فى اتخاذ المرايا ، فيستكمل بذلك بحث الموضوع ويستوفيه .

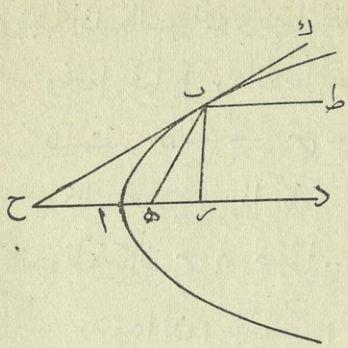
١٢٩ — البرهان على أن الشعاع الموازى لسهم القطع المكافىء ينعكس من محيطه الى بؤرته

وأهم ما يعنى به ابن الهيثم فى هذه المقالة إثبات القضية الهندسية التى تتلخص فى أنه إذا أخرج فى داخل القطع المكافىء مستقيم من نقطة على محيطه موازياً لسهمه ، وآخر إلى بؤرته ، فانهما يصنعان مع المماس للقطع عند تلك النقطة زاويتين متساويتين . والقضية من المسائل الهندسية المألوفة لدينا الآن ، وابن الهيثم ينص عليها بقوله بلفظه « كل قطع مكافىء نخرج سهمه ونفصل من طرف السهم مثل ربع ضلعه القائم [٢] فان كل خط يخرج فى داخل القطع موازياً للسهم وينتهى الى القطع و(ينعكس) إلى النقطة التى تفصل الربع ، فان الخطين يحيطان مع الخط المماس للقطع على تلك النقطة ، بزاويتين متساويتين » . وابن الهيثم بنى برهانه على هذه القضية الهندسية ، على نظريتين هندسيتين فى المخروطات .

---

(١) أنظر الفصل الثانى من الباب الأول .

(٢) الضلع القائم هو « Latus Rectum » .



(شكل ٨١)

الأولى انه إذا أخرج من أية نقطة مثل ب (شكل ٨١) من محيط القطع المكافىء العمود ب ر على السهم د ا ، ورمزنا لطول الضلع القائم بالحرف ل فان $\overline{ب ر}^{٢} = ل . \overline{ا ر}$ والنظرية قد أثبتها ، كما يقول ابن الهيثم ، أپولونيوس فى كتابه فى المخروطات وبرهن عليها .

فان فُصل من السهم ا د البعد ا هـ مساوياً ربع الضلع القائم يكون

$$\overline{ب ر}^{٢} = ٤ \overline{ا هـ} . \overline{ا ر}$$

ويتبين هنا أن نقطة هـ هى التى نسميها الآن « بؤرة » القطع . ولكن ابن الهيثم لا يستعمل هذا الاصطلاح . وإن كان من المعروف أن التعبير بالبؤرة قد استعمله أپولونيوس فى كتابه فيما يتعلق بالقطع الناقص والقطع الزائد ، فانه اجتنب لأمر ما استعماله فيما يتعلق بالقطع المكافىء .

والنظرية الثانية أنه إذا رسم من نقطة ب المماس ك ب ح للقطع ولقى السهم على نقطة ح ، فان $\overline{ا ح} = \overline{ا ر}$.

والنظريتان من النظريات أو القضايا الهندسية المألوفة ، ومن السهل البرهان عليهما .

فان أخرج ب ط موازياً للسهم فيكون ما يريد ابن الهيثم البرهان عليه أن

$$\angle ك ب ط = \angle هـ ب ح .$$

وهو فى البرهان على ذلك يراعى ثلاثة أحوال بحسب نوع الزاوية التى يصنعها ب هـ مع السهم . فيثبت القضية إذا كانت $\angle ب هـ ا$ حادة

ويثبتها إذا كانت قائمة ويثبتها إذا كانت منفرجة ، كل حالة على حدتها .

ونجمل فيما يلى برهانه على صورة تشمل الأحوال الثلاثة معاً .

فالمستقيم $\overline{هـ ح} = \overline{ر ح} \mp \overline{ر هـ}$

وذلك بحسب ما إذا كانت زاوية $ب هـ ح$ منفرجة أو حادة ، وإن كانت قائمة كان $\overline{ر هـ}$ صفراً .

وبما أن $\overline{ا ح} = \overline{ا ر}$

$\therefore \quad \overline{ر ح} = \overline{ا ر} - \overline{ا ح}$

$\therefore \quad \overline{هـ ح}^{٢} = \overline{ا ر}^{٢} + \overline{ر هـ}^{٢} \mp ١٤ \overline{ا ر} . \overline{ر هـ}$

$= \overline{ر هـ}^{٢} + ١٤ \overline{ا ر} (\overline{ا ر} \mp \overline{ر هـ})$

$= \overline{ر هـ}^{٢} + ١٤ \overline{ا ر} . ١٠ \overline{هـ}$

$= \overline{ر هـ}^{٢} + \overline{ب ر}^{٢}$

$= \overline{ب هـ}^{٢}$

$\therefore \quad \overline{هـ ح} = \overline{ب هـ}$

$\therefore \quad \angle هـ ب ح = \angle هـ ح ب$

ولكن $\angle ط ب ك = \angle هـ ح ب$

$\therefore \quad \angle ط ب ك = \angle هـ ب ح$

فيكون المستقيمان $ب ط$ ، $ب هـ$ يحيطان مع المماس على $ب$ بزاويتين متساويتين .

وهو المطلوب إثباته فى القضية الهندسية .

ومنه يثبت أنه إذا كان $ط ب$ شعاعاً موازياً للسهم يقع على محيط القطع عند $ب$ فانه ينعكس ماراً بنقطة $هـ$ التى على السهم وعلى بعد ثابت من طرفه $ا$.

١٣٠ — خاصة مقعر سطح مدور القطع المكافىء فى عكس الأشعة المتوازية

وإذن فجميع الأشعة التى تقع على محيط القطع موازية لسهمه تمر بعد الانعكاس بنقطة هـ . وإن ثُبت السهم د ا وأدير الشكل حوله حدث من دوران محيط القطع سطح المجسم المكافىء الدورانى ، ويتبين أن جميع الأشعة الموازية لسهمه الواقعة على سطحه المقعر تنعكس مارة بنقطة هـ .

على هذا المنوال يشرح ابن الهيثم انعكاس أشعة الشمس عن السطح المقعر لمدور القطع المكافىء . ويمضى بعد ذلك الى وصف كيفية صنع المرايا المحرقة التى يكون إحراقها على هذا النحو . وطريقته لا تختلف عن طريقته التى سبق أن بيناها لصنع المرايا المحرقة بالدوائر . ويتناول بالذكر من أشكال المرايا المحرقة بالقطوع ما يكون شكله بيضياً وحلقياً .

والذى يجدر بالذكر فى هذا الصدد إشارة ابن الهيثم إلى مقالة له بيَّن فيها استخراج جميع القطوع « بطريق الآلة » ، ولعله وصف فيها كيفية رسم أنواع القطوع المختلفة الناقصة والزائدة والمكافئة رسماً يبلغ من الدقة والضبط ما لم تبلغه طرق من تقدمه من المهندسين . ونحن نكتفى هنا بنقل أقواله فى هذا الصدد بألفاظه فهى جديرة حقاً بأن يعنى بها ، فهو يقول

« أما كيف يستخرج القطع المكافىء وغيره من القطوع بطريق الآلة فقد ذكره جماعة من المهندسين وإن كانوا لم يستخرجوه على حقيقته . وقد بينا نحن فى مقالة نذكر فيها استخراج جميع القطوع بطريق الآلة ، كيف نستخرج أى قطع شئنا على حقيقته التى لا يمكن أن تخرج إلى المادة أصح منها ، كوجود الدائرة بالبركار ، وإن كان ذلك بفضل مشقة ، وعلى أى قطر أردنا ، ويكون زاوية ترتيبه أى زاوية شئنا ، وضلعه القائم أى خط شئنا ، وأى قطعة شئنا من القطع ، إن أحببنا مما يلى رأسه ، وإن أحببنا من وسطه ، ويكون بعدها من رأسه أى بعد شئنا » .

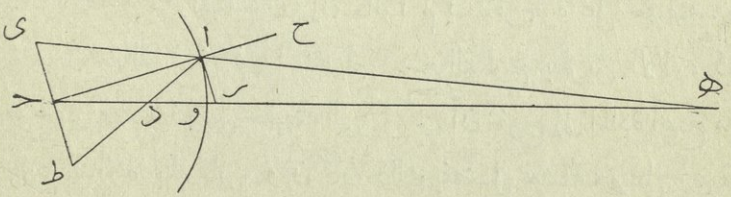
تذييـــل

١٣١ — نظرية ابن الهيثم فى الهالة

ولابن الهيثم نظرية فى كيفية حدوث الهالة يجدر ذكرها فى هذا الموضع من الكتاب لأنه يحاول بها شرح هـذه الظاهرة بطريق الانعكاس . وقد أورد نظريته هذه فى مقالته فى الأثرين مع نظريته فى قوس قزح التى سبق أن بيناها فى موضع آخر من هذا الباب .

وابن الهيثم يشترط لحدوث هذه الظاهرة وجود الهواء الغليظ الرطب كالسحاب أو ما يقوم مقامه ويفرضه فى هذه الحالة متوسطاً بين الجرم المضىء وبين البصر بحيث يتيسر للبصر أن يدرك الجرم المضىء من ورائه . وهو يفرض شكل ذلك الهواء كرياً ويفرض مركز البصر على المستقيم الواصل بين مركز الجرم المضىء ومركز كرة ذلك الهواء ، ولكنه لا يعزى حدوث الهالة إلى انعكاس ضوء الجرم المضىء عن سطح كرة ذلك الهواء كما قال فى القوس ، بل عزا الهالة إلى انعكاس ضوء الجرم المضىء عن أجزاء صغار ملساء تعكس الضوء ، تلتئم منهـا خطوط مستقيمة على سموت أنصاف أقطار كرة الهواء .

ولبيان نظريته لتكن نقطة ه (شكل ٨٢) مركز المضىء ، ح مركز



(شكل ٨٢)

كرة الهواء الغليظ الرطب أو السحاب ، د مركز البصر ، وليقطع ه ح سطح كرة الهواء على و ، ولتكن نسبة

$\frac{\text{ه و}}{\text{و د}}$ أعظم من $\frac{\text{ه ح}}{\text{ح د}}$

وابن الهيثم يدلل على أنه من الجائز تحقق ذلك خصوصاً إذا كان السحاب قريباً من البصر حيث يكون و د أصغر من د ح ، ونظراً لأن الجرم المضىء بعيد جداً يكون الفرق بين البعدين ه و ، ه ح صغيراً للغاية .

فان تحقق ذلك نقسم ه د عند ر بحيث يكون

$$\frac{\text{ه ر}}{\text{ر د}} = \frac{\text{ه ح}}{\text{ح د}}$$

ونخرج ر ا مماساً لسطح الكرة على ا . ونصل ه ا ، د ا ، ح ا ونخرجه إلى ح .

فيمكن إثبات أن الشعاع ه ا ينعكس عن المستقيم ح ح من نقطة ا إلى د . ويبرهن ابن الهيثم على هذا بأن يخرج من ح المستقيم ح ط موازياً ا ر ، ويخرج ا د حتى يلقاه وليكن على ط ، ويخرج ه ا حتى يلتقى امتداد ط ح ، وليكن على ى .

فمن تشابه المثلثين د ا ر ، د ط ح ينتج أن

$$\frac{\text{د ر}}{\text{ح د}} = \frac{\text{ا ر}}{\text{ح ط}}$$

وبما أن $\frac{\text{ه ر}}{\text{ر د}} = \frac{\text{ه ح}}{\text{ح د}}$

$$\therefore \quad \frac{\text{د ر}}{\text{ح د}} = \frac{\text{ه ر}}{\text{ه ح}}$$

وبما أن ا ر ، ى ح متوازيان

فان $\frac{\text{ه ر}}{\text{ه ح}} = \frac{\text{ا ر}}{\text{ى ح}}$

وإذن $\frac{\text{ا ك}}{\text{ح ط}} = \frac{\text{ا ك}}{\text{ى ح}}$. وإذن ح ط = ى ح

فمن السهل إثبات أن ∠ ط ا ح = ∠ ى ا ح = ∠ ه ا ح

ومنه يثبت أن

ه ا ينعكس عن المستقيم ح ح من نقطة ا ، إلى د .

وإذا أدير الشكل حول ه ح حدث من دوران ا محيط دائرة وكل شعاع يخرج من ه إلى نقطة من محيط هذه الدائرة فانه ينعكس عن المستقيم الواصل من هذه النقطة إلى المركز ح ، وينعكس من تلك النقطة إلى د .

فان كانت كرة الهواء الغليظ الرطب أجزاء ملساء صغار تلتئم منها خطوط على سموت أنصاف الأقطار تمتد قليلا عن جنبتى محيط الدائرة التى تحدث من دوران نقطة ا حول ه ح ، فان الضوء ينعكس عن هذه الخطوط من محيط الدائرة إلى البصر د فيدرك البصر مواضع الانعكاس هالة مستديرة ، ونظراً لأن المضىء ذو عرض فان الهالة تدرك كحلقة ذات عرض مقتدر .

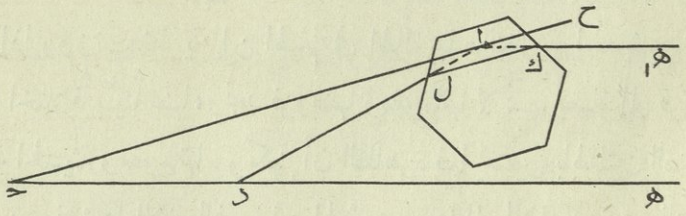
تلك هى نظرية ابن الهيثم فى الهالة . والنظرية فكرتها الأساسية متكلفة ، ووضعها من النظرية الحديثة كوضع نظريته فى قوس قزح من نظيرتها الحديثة ، فهى أيضاً لا تمت بصلة ما إلى النظرية المعتمدة فى الوقت الحاضر ، وهى أيضاً محاولة تصور تصويراً ما ، وإن كان فطرياً ناقصاً ، جانباً من الحقيقة . ولعل من المناسب توضيح وجهة نظرنا فى هذا الأمر بشىء من الايجاز فيما يلى .

فمن المعلوم أن الهالة التى لا تحدث عن الحيود هالتان ، إحداهما صغيرة نصف قطرها حوالى ٢٢ درجة والأخرى أكبر نصف قطرها حوالى ٤٦ درجة ، ومرجعهما جميعاً بحسب النظر الحديث بلورات ثلجية فى الطبقات العليا من الجو . وهى على هيئة المنشور السداسى ، يحيط كل سطحين متجاورين من سطوحها الجانبية بزاوية قدرها ١٢٠ درجة ، وتنتهى عند طرفيها بقاعدتين

قائمتين بزوايا قائمة على سطوحها الجانبية .

ولما كان كل سطحين متبادلين من السطوح الجانبية يحيط امتدادهما بزاوية قدرها ٦٠ درجة ، فان هذه البلورات الثلجية تعمل من حيث انعطاف الضوء فيها كعمل المنشورات الثلاثية . وأيضا فهى تعمل عمل المنشورات القائمة الزاوية . ولانحراف الضوء فى المنشور حد أصغر ، والنهاية الصغرى لزاوية انحراف الضوء فى المنشور الثلاثى من الثلج حوالى ٢٢ درجة ، وهى فى المنشور القائم الزاوية من الثلج حوالى ٤٦ درجة . ومن المعلوم أن الأشعة التى يكون انحرافها هذا الحد الأصغر من الانحراف هى أعظم الأشعة النافذة من المنشور شدة .

فان اتفق أن كان وضع إحدى البلورات الثلجية الوضع الذى يجعل شعاعاً من الأشعة المتوازية الصادرة من الجرم المضىء البعيد يقع على أحد سطوحها الجانبية وينفذ خارجاً من السطح الذى يلى الذى يجاوره منحرفاً عن مسيره الأول بزاوية قدرها ٢٢ درجة ، ووصل على هذه الصفة إلى العين ، أدرك البصر هذا الشعاع متميزاً بشدته . وشكل (٨٣) يمثل بطريقة تخطيطية هذه الحالة ، فالشعاع هـ ك يخرج من البلورة على سمت



(شكل ٨٣)

ل د منحرفاً بزاوية قدرها ٢٢ درجة عن مسيره الأول . فاذا كان البصر عند د أدركه متميزاً بشدة ضوئه .

ومن البلورات الثلجية ما يتفق أن يكون وضعه بالنسبة إلى البصر والجرم المضىء الوضع المذكور . والأشعة التى تصل إلى البصر بعد نفوذها

فى هذه البلورات على الصفة المذكورة يتكون منها سطح المخروط الذى يحدث من دوران المستقيم د ل حول المستقيم الواصل من البصر د ، إلى مركز الجرم المضىء . ووصول هذه الأشعة إلى البصر يجعله يدرك حول الجرم المضىء هالة مركزها مركز الجرم المضىء ونصف قطرها يوتر عند البصر زاوية قدرها ٢٢ درجة بالتقريب .

وبمثل هذا يعلل أيضاً حدوث الهالة الكبرى ، حيث يقع الشعاع على إحدى قاعدتى البلورة ، ويخرج من أحد سطوحها الجانبية منحرفاً عن مسيره الأول بزاوية قدرها ٤٦ درجة ، وهى النهاية الصغرى للانحراف فى هذه الحالة .

والناحية اللونية منشؤها التشتت الذى يحدث فى الضوء عند نفوذه على الصفة المذكورة خلال تلك البلورات .

وقد بدأت هذه النظرية فى النشوء فى القرن السابع عشر ومن أسبق من اتجه هذه الوجهة «مريوط»[١] و«نيوتن» و«ينج»[٢] ثم نشر عنها «برافيه»[٣] سنة ١٨٤٧ بحثاً لا يزال على الرغم مما فيه من بعض الهنات ، من المراجع الهامة لدراسة هذا الموضوع فى الوقت الحاضر .

وإذا ووزنت نظرية ابن الهيثم فى الهالة بهذه النظرية الحديثة نجدها تختلف اختلافاً بيّناً عنها ، ونجد فروضها ومقوماتها لا تمت بصلة إلى فروض النظرية الحديثة ومقوماتها . ويكفى أن الظاهرة فيما يختص بالهالتين الصغرى والكبرى منشؤها الانعطاف وابن الهيثم يعزوها إلى الانعكاس ، والنظرية

---

(١) Edme Mariotte العالم الفرنسى (١٦٢٠ — ١٦٨٤) .

(٢) Thomas Young العالم الانكليزى (١٧٧٣ — ١٨٢٩) .

(٣) Auguste Bravais وعنوان بحثه :

« Sur les halos et les phénomènes optiques qui les accompagnent. » Journ. Ecole Polytechnique Vol. XVIII 1847.

الحديثة تعلل الظاهرة تعليلا كمياً ونظرية ابن الهيثم لا تقوى على تصويرها تصويراً صحيحاً حتى من ناحيتها الكيفية .

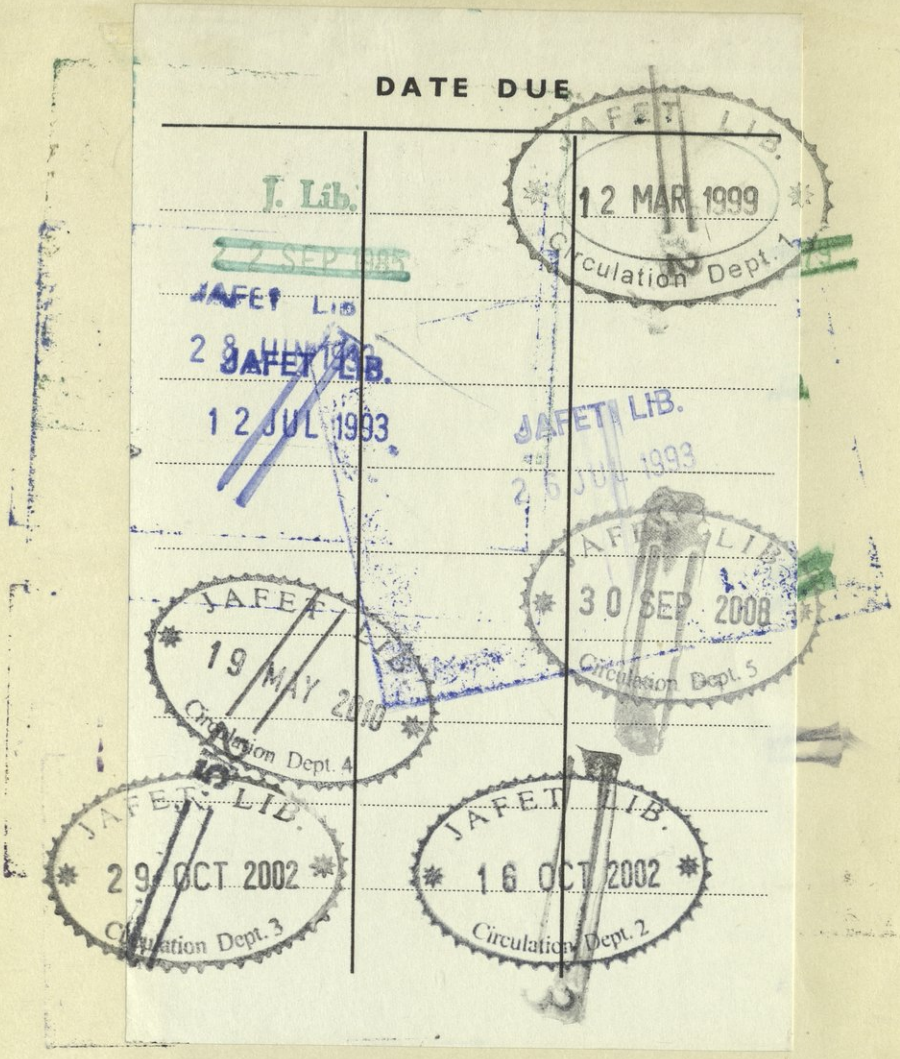
ولكن من الانصاف أن نقول ان ابن الهيثم حاول أن يعلل الظاهرة بما بين يديه من المعلومات . وليس له على ما نعلم بحث فى انعطاف الضوء خلال المنشور ، فلا نخطىء إذا قلنا انه لم يكن له علم بالنهاية الصغرى لزاوية الانحراف ولا بما يترتب عليها من نتائج . فسبيله الطبيعى لتعليل إدراك البصر للشعاع الذى ينحرف عن مسيره الأول ، إنما هو الانعكاس ، وأبسط ما يكون عنه هذا الانعكاس فى هذه الحالة أجزاء صغار ملساء يلتئم منها خط صغير عند نقطة مثل ا (شكل ٨٣) التى يمكن أن نعدها الموضع الذى يتغير عنده اتجاه مسير الشعاع ، ويكون هذا الخط الصغير على سمت المستقيم ح حـ الذى يصنع مع هـ ك ، زاوية تساوى الزاوية التى يصنعها مع ل د ، والذى يكون هو وهذان المستقيمان فى مستوى واحد . والمستقيم ح ا حـ يلقى امتداد هـ د وليكن على حـ ونقطة حـ هذه هى التى يعدها ابن الهيثم مركز كرة السحاب أو كرة الهواء الغليظ الرطب فى نظريته . والخطوط الأخرى التى يحدث عنها الانعكاس فى زعمه تكون على سموت أنصاف أقطار هذه الكرة .

على هذا النحو يبدو بين النظريتين على الرغم من اتساع الخلف بينهما شىء من التشابه ونوع من الاتفاق .

انتهى الجزء الأول ويليه بمشيئة الله الجزء الثانى

استدراك

صفحة	سطر	الوارد	الصواب
٤٥	٢	مستدير	نصف مستدير
٤٩	٢٣	صقيل	صقال
١٠٧	١٢	على الثوب	بالثوب
١١٢	٩	صقيله	صقاله
١٦٨	١٧	غرض	غرضا
١٩١	١	حدى	احدى
٢٠٨	١٨	والزجاجية	الزجاجية
٣٩٩	٣	لرابع	الثانى
٤٠٨	١٤	الكرة	كرة
٤٤٠	٧	أكبر	أصغر
٤٤٥	٢٢	يكول	يكون


DATE DUE
J. Lib.
12 MAR 1999
Circulation Dept. 1
12 JUL 1993
JAFET LIB.
30 SEP 2000
Circulation Dept. 5
19 MAY 2010
Circulation Dept. 4
29 OCT 2002
Circulation Dept. 3
16 OCT 2002
Circulation Dept. 2

535:N33hA:v.1:c.1
نظيف، مصطفى
الحسين بن الهيثم. بحوثه وكشوفه البصر
AMERICAN UNIVERSITY OF BEIRUT LIBRARIES
01026040

535
N33hA
v.1