

## البحث في ظاهرة انكسار الضوء في القرن العاشر بين النظري والتجريبي

يوسف عوادة<sup>1</sup>

### مقدمة

سوف أسلط الضوء في هذا المقال على منهجية البحث لشخصيتين رائدتين في علم البصريّات، أولاهما هي شخصيّة أبي سعد العلاء ابن سهل (1000-940م) الذي بادر في إضافة العدسات كآلة مُحرقّة تركّز الأشعّة المتوازية المازة بها في بؤرة إحراق. سوف نرى لديه قانون انكسار مغايرًا بصيغته للقانون الذي اقترحه عالم الفلك كلاوديوس بطليموس (100م-170م) والذي يعتبر طليعة الباحثين التجريبيين في هذه الظاهرة. سنتحقّق أيضًا من أنّ قانون انكسار الضوء لدى ابن سهل مطابقٌ للقانون المألوف لنا والذي اقترحه سنيليوس Willebrord Snellius (1580-1626) في القرن السابع عشر، ممّا يجعل من ابن سهل سبقًا في طرح هذا القانون. هذا الإنجاز الهامّ يشهد على تطوّر واستقلاليّة الرياضيات النظرية البحتة والرياضيات التطبيقية في تلك الحقبة من الزمن.

الشخصيّة الثانية هي شخصيّة الحسن ابن الهيثم (965-1040)، الفيلسوف والباحث في الطبيعيات وعالم الرياضيات.<sup>2</sup> هذا الفيلسوف الذي آمن أنّ الطريق إلى معرفة الخالق والقرب منه هو بالبحث والتأمّل في خليقته. لقد اعتقد أنّ المعرفة تأتينا من مادّة الحواسّ، تلمها تأملات العقل بها، لكنّه يعلم أيضًا أنّ حواسّنا غير مأمونة الغلط؛ فيُقدّم على مشروعه

<sup>1</sup> باحث في جامعة تل أبيب.

<sup>2</sup> يخبرنا القفطي (2005) عن ابن الهيثم: "كان عالمًا بهذا الشأن (علم الهندسة) متقنًا له متفننًا فيه بغوامضه ومعانيه مشاركًا في علوم الأوائل، أخذ الناس عنه واستفادوا منه." (ص.128). يخبرنا أيضًا ابن أبي أصيبعة أنّ ابن الهيثم "كان فاضل النفس قويّ الذكاء متفننًا في العلوم. لم يماثله أحد من أهل زمانه في العلم الرياضي، ولا يقرب منه. وكان دائم الاشتغال، كثير التصنيف، وافر الترهّد، محبًا للخير." (ص.550).

في البصريّات، هذا المشروع الذي غير بنتائج منظورنا لحاسة البصر. سوف نرى أنّه حاكى بمشروعه هذا منظومة بطليموس في كيفة حاسة البصر. سوف نرى أنّه حين بحث بطليموس ظاهرة الانكسار لضرورتها في رؤية الكواكب في الفضاء، بحثها ابن الهيثم لأهمّيّتها في تفسير حاسة البصر لديه. سوف نرى أنّ مشروعه العلميّ يشهد لنا على تطوّر المنحى التجريبيّ الجديد والدور الطلائعيّ للتجربة في منهجه العلميّ.

حين نقارن بينهما نشهد نقاشاً علمياً ثرياً دار في تلك الفترة، فالسرد الكلاسيكيّ ومفاده أنّ العرب والإسلام اقتصر دورهما على الترجمة والحفاظ على الموروث الثقافيّ اليونانيّ خاصّة دون تعديل، لا يتناسب مع زخم الإنتاج الفكريّ الذي وصلنا من تلك الفترة. علماً بأنّه وصلنا القلّة من هذا الإنتاج، فالعديد، للأسف، قد فُقد. فشأن الحضارة الإسلاميّة شأن باقي الحضارات التي ساهمت في تطوّر الفكر البشريّ عامّةً وفي شأن البصريّات، وهو موضوع هذا المقال، خاصّةً.

### مذهب الرياضيين في حاسة البصر:

يفرز صلاح الدين بن يوسف الكحلّ الحموي (توفي عام 1296م) في مقالته الثانية من كتابه **نور العيون وجامع الفنون** فقرة مطوّلة بعنوان "مذاهب الحكماء في كيفة إدراك المبصرات"، فيصنّفهم إلى ثلاثة مذاهب: الرياضيّ، الأرسطيّ والطبيعيّ.<sup>3</sup> يطيل الكحلّ الشرح

<sup>3</sup> يعدّد لنا الكحلّ المذاهب اليونانيّة في كيفة إدراك المبصرات. رغم تفاوت النظريّات اليونانيّة العدّة واختلافها، إلّا أنّها تشترك فيما بينها بافتراضيّة أساسيّة تنصّ على أنّ لا رؤية سوى عن طريق تواصل فعليّ بين العين والجسم المرئيّ. والاختلاف بينهما في كيفة حدوث هذا التواصل. فالمجموعة الأولى اعتمدت مبدأ التدفّق إلى داخل العين (intromissionist)، منهم الذريّون الذين آمنوا أنّ ذرات سطح الجسم المرئيّ تنتقل محافظةً على شكل الجسم الأصليّ نحو العين لتنتطبع فيها. أرسطو اختلف معهم وادّعى أنّ الجسم يترك انطباعه على الوسط الشفاف المتواجد بين الجسم والعين فتراه. المجموعة الثانية آمنت بالتدفّق من العين نحو الخارج (extramissionist) كالفيثاغوريّين الذين آمنوا بتدفّق قوّة نارئة تخرج من العين نحو الأجسام فتراها. يمثّلهم إقليدس فأضاف عليها صبغة هندسيّة.

في مذهب الرياضيين، خاصةً نظرية إقليدس الإسكندري (ولد في القرن الرابع قبل الميلاد) فيقول:

"وأما إقليدس وغيره<sup>4</sup> في كتاب المناظر فقالوا: "إنَّ العين ينبث من ناظرها قوّة نارية في الهواء المُضيء أجمع ضياءً شكله صنوبريّ كالزُّج، مخروطيّ أسطوانيّ مستحدّه عند الناظر، وقاعدته عند المبصر، فما وقع عليه ذلك الشعاع رآه البصر، وما لم يقع عليه لم يره، ومستحدّه يخرج على زاوية، فإن كانت الزاوية عظيمة رأى الجسم عظيمًا، وإن كانت صغيرة رُئي صغيرًا."<sup>5</sup>

يُعتبر كتاب إقليدس في البصريّات امتدادًا لكتابه العناصر في الهندسة المستوية؛ ففي كليهما يستهلّ إقليدس نظامه بمجموعة من المسلّمات والبدهيّات، ويرتقي منها بمنطق محكم إلى برهنة النظريّات. هكذا فعل في المناظر وفيه يعرفنا على سبع افتراضيّات أساسيّة، يقسمها لنا ليندبرغ (Lindberg D. 1976) إلى ثلاثة أجزاء<sup>6</sup>. الثلاثة الأولى تعرّف عمليّة الرؤية بقالب رياضيّ، وهي:

1. أشعة البصر الخارجة من العين على امتداد خطوط مستقيمة تتباعد إلى ما لا نهاية له.
2. أشعة البصر الخارجة من العين تكوّن معًا شكلًا مخروطيًا رأسه في مركز العين وقاعدته لدى سطح الأجسام المرئيّة.

<sup>4</sup> يتساءل محقق هذا العمل محمّد ظافر الوفايّي إن كان صلاح الدين الحمويّ قد قصد هنا أبا عليّ محمّد بن الحسن بن الهيثم الملقّب ببطليموس الثاني. أنا لا أرى ذلك صحيحًا. لابن الهيثم عمله الهامّ المناظر، لكنّه ينفي فيه فكرة أنّ الرؤية ناتجة عن خروج قوّة نورية من العين. أنا أعتقد أنّ صلاح الدين الحمويّ يقصد هنا ببطليموس الذي تبنّى نظرية إقليدس الرياضيّة وله، كما ذكر، كتابه المناظر. لكن من الملفت للنظر أنّ صلاح الدين الحمويّ المشتغل في الكحالة لا يذكر في كتابه هذا نظرية ابن الهيثم في الرؤية ولا حتّى ببطليموس، بل يعتمد كثيرًا على إقليدس.

<sup>5</sup> صلاح الدين الحمويّ، 2015. ص. 55.

<sup>6</sup> انظر Lindberg D. (1976) ص. 12.

3. الأجسام المرئية هي تلك التي تسقط عليها أشعة البصر، وغير المرئية هي التي لا تسقط عليها هذه الأشعة.

الثلاثة التالية تصف المظهر الخارجي للأجسام المرئية كما يراها المشاهد، وذلك لتواصل الطرفين بينهما من خلال أشعة البصر هذه:

4. الأجسام التي تبدو أكبر ترى بزوايا أكبر، والتي تبدو أصغر ترى بزوايا أصغر، والتي تبدو متساوية ترى بزوايا متساوية.

5. الأجسام التي ترى بأشعة البصر العليا تبدو أعلى، والتي ترى بأشعة البصر المنخفضة تبدو أوطأ.

6. كذلك الأمر في شأن اليمين واليسار.

آخر افتراضية تأتي لتفسر وضوح رؤية الأجسام:

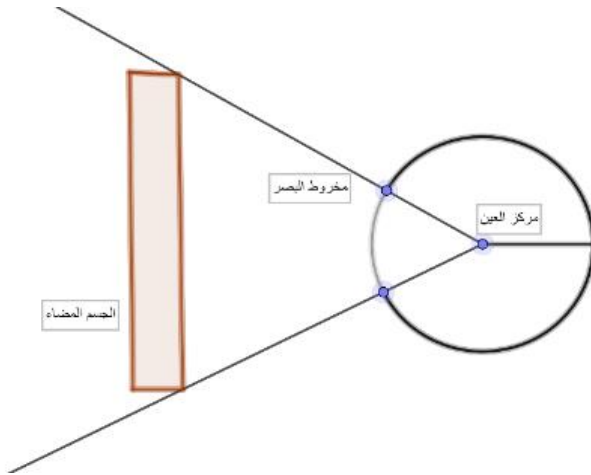
7. الأجسام التي ترى بزوايا أكثر تبدو أوضح.

يدرج إقليدس نظريته هذه في الرؤية في مجال الرياضيات، فهو لا يتطرق لماهية أشعة البصر هذه. ولا يتطرق أيضاً للمبنى الفيزيولوجي للعين؛ فليس لها دور لديه في عملية الإبصار سوى أنها تحمل في طياتها هذه القوة النارية فهي قادرة بالحركة على توجيه مخروط الأشعة نحو الأجسام. فنظريته رياضية بحتة فسّر من خلالها العديد من واقع كيفية إبصارنا للعالم من حولنا. باعتقادي فإنّ هذه القدرة على تفسير كيف نرى الأمور من حولنا بطريقة رياضية هندسية دعت العديد من المفكرين إلى اعتمادها.

**بطليموس:**

تمرّ أكثر من أربعمائة سنة ليتبنّى الرياضي وعالم الفلك كلاوديوس بطليموس (100م-170م) نظرية إقليدس الرياضية في الرؤية ليضيف عليها النواحي التي كانت تنقصها ألا وهي ماهية الأشعة ومبنى العين والبعد الذهني في عملية الرؤية ممّا ينقلها من نظرية رؤية إلى نظرية إدراك بصريّ. لا يوافق بطليموس الرأي بوجود أشعة بصرية منفردة مكوّنة معاً مخروط البصر، إنّما يعتقد أنّه مخروط متكامل لا يتفكك إلى أشعة منفردة. أمّا الأشعة فهي تقرب

رياضي غير حقيقيّ جاء فقط ليسهل علينا وصف عمليّة البصر هندسيّاً. حين لا يذكر لنا إقليدس مصدر أشعة البصر، يعتقد بطليموس أنّ هذا التدفق البصريّ مصدره الدماغ مراراً بقنوات الأعصاب نحو مركز العين. منها ينبثق عبر البؤبؤ والقرنيّة نحو الخارج مكوّناً مخروط البصر. حين يسقط هذا المخروط على الجسم المضاء ينطبع في كلّ نقطة فيه لون هذا الجسم في تلك النقطة لتعاود متّجهة نحو القرنيّة فهناك يتمّ إدراك هذا الجسم.<sup>7</sup>

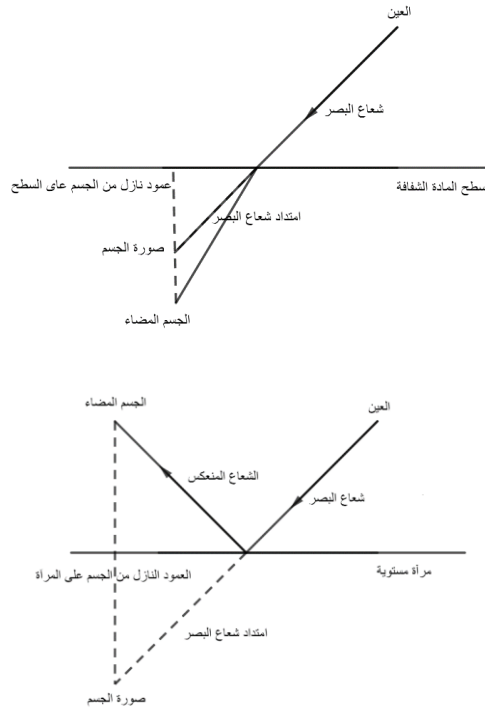


يخصّص بطليموس جزأه الخامس في كتابه المناظر لانكسار شعاع البصر وكيفية تكوين صور الأجسام التي تكون خلف الموادّ الشفّافة. فهو يعتقد أنّ أشعة البصر المنبعثة نحو الكواكب تنكسر حين انتقالها إلى أثير فلك الفضاء. هذا الانكسار يخدع المشاهد بشأن موقع الكواكب الحقيقيّ. لذلك، ولكي يتمّ بطليموس نظريّته في علم الفلك فقد احتاج أن يفهم مليّاً هذه الظاهرة. يعتبر بطليموس ظاهرة الانعكاس وظاهرة الانكسار، حالتين لظاهرة انكسار أشعة البصر. فالانعكاس عمليّة ارتداد أشعة البصر حين تمنع الأجسام المصمتة استمرار مسارها، كما يتجلّى ذلك في انعكاسها عن المرايا. أمّا انكسار مسار أشعة البصر فذلك لمروها من خلال الأجسام الشفّافة التي لم تُعق، كاملة، مسارها. انكسار الضوء غير

<sup>7</sup> يصف سميث (Mark S. 1996) نظريّة بطليموس في الإدراك البصريّ بتوسّع في مقدّمته لترجمته كتابه المناظر.

متماثل في جميع المواد الشفافة. مدى انعطاف الشعاع يتعلّق فقط بكيفيّة سماح المادّة الشفافة له باختراقها. شعاع البصر يتحرّك على امتداد خطوط مستقيمة وتنكسر فقط في حالة إعاقة مسارها بعملها السطح الفاصل بين المادّ المتباينة الكثافة. انكسار الضوء لا يحدث فقط في حالة الانتقال من الكثافة القليلة إلى الكثافة العالية كما في حالة الانعكاس، إنّما أيضا في حالة الانتقال من المادّ الكثيفة إلى الأقلّ كثافة وهذا الانكسار لا يحدث بزوايا متساوية.

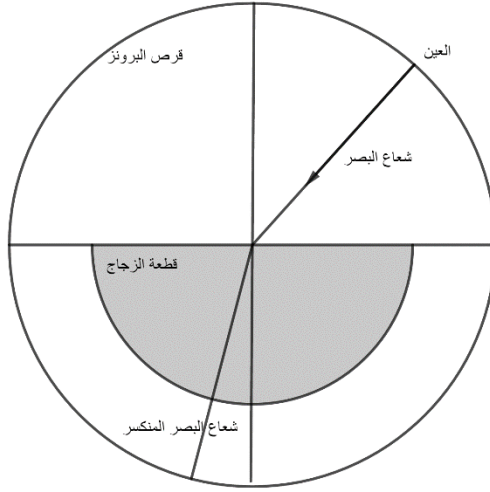
تتشترك الظاهرتان (الانعكاس والانكسار) في موقع بيان الجسم المضاء للمشاهد، فيشرح لنا بطليموس أنّه في كلا الحالتين تبيان الأجسام المضاء لنا في موقع التقاء امتداد شعاع البصر الصادر من أعيننا نحو السطح الذي ينكسر عنده والعموديّ النازل من الجسم المضاء على السطح حيث يحدث الانكسار لديه. بالإضافة يتواجد شعاع البصر والشعاع المنعكس أو المنكسر والعمود النازل من الجسم المضاء في مستوى واحد.



بحث بطليموس في ظاهرة الانكسار بمنهاج تجريبي. فقد بنى لهذه التجارب جهاز قياس على شكل قرص من البرونز مخطّط عليه قطران متعامدان يقسمانه إلى أربعة أرباع متساوية. كل ربع مقسّم إلى تسعين زاوية متساوية لكي يسنح له قياس الزوايا التي تمتدّ عليها أشعة البصر قبل وبعد مرورها الموادّ الشفّافة. قام بطليموس بعدّة تجارب تبحث في انكسار أشعة البصر حين مرورها بين الموادّ الشفّافة والتي هي: الهواء، والزجاج، والماء.

بما أنّ الإدراك البصريّ لدى بطليموس يعتمد على أشعة البصر الخارجة من العين، فالمُشاهد بطبيعة الحال هو في مركز تجاربه. ففي حالة انتقال الأشعة بين الهواء والزجاج، اعتمد بطليموس قطعة من الزجاج على شكل نصف قرص يثبته في مركز قرص البرونز بحيث يتطابق الوجه المستوي من الزجاج مع قطر القرص. عيّن على القرص خطّاً مستقيماً من محيطه إلى مركز القطعة الزجاجيّة بحيث تشكل زاوية سقوط معيّنة. يثبت المشاهد بصره على مستوى القرص وعلى امتداد القطعة المستقيمة، يضع إشارةً من الطرف الثاني القطعة الزجاجيّة والتي تبدوله أنّها امتداد أشعة بصره. بهذه قاس بطليموس زاوية الانكسار حينها. كرّر بطليموس هذه العمليّة عدّة مرّات مع تغيير زاوية السقوط، وقد زوّدنا بجدول يصف نتائج تجربته.

زاوية الانكسار	زاوية السقوط
7	10
13.5	20
19.5	30
25.0	40
30.0	50
34.5	60
38.5	70
42	80



عيدو يعفيتس (Yavetz I., 2010) يعتقد أنّ هذه النتائج ليست النتائج الفعلية التي حصل عليها بطليموس في تجربته، إنّما هي نتائج مقرّبة تشكّل اقتراحًا للعلاقة بين زاوية السقوط لزاوية الانكسار والتي تعتمد على فوارق ثابتة من الدرجة الثانية لزاويا الانكسار:

زاوية السقوط	زاوية الانكسار	فرق من درجة أولى	فرق من درجة ثانية
10	7		
20	13.5	6.5	
30	19.5	6	0.5
40	25.0	5.5	0.5
50	30.0	5	0.5
60	34.5	4.5	0.5
70	38.5	4	0.5
80	42	3.5	0.5

يرى عيدو في تجارب بطليموس دحضًا للدّعاء أنّ اليونانيين اعتمدوا التفلسف فقط دون القيام بتجاربٍ منهجية، فالعلاقة بين الافتراضيات النظرية والتجربة الملائمة لها كما بانّت لنا في بحوث بطليموس في البصريّات، لا تختلف عن منهجية البحث العلمي المعاصر؛ ممّا



يؤكد تشرش هذه المنهجية في الحضارة اليونانية القديمة.<sup>8</sup> لقد حاول بطليموس من خلال منظومة الإدراك البصري المعتمد على انبعاث أشعة البصر من العين تجاه الأجسام المرئية واكتشاف قانون كمي لانكسارها حين تمر إلى أثير الفضاء، أن يفسر ظواهر الكون، منها رؤية الأجرام السماوية في مواقع مغالطة لموقعها الفعلي.

أبو سعد العلاء ابن سهل (940-1000):

تمرّ قرابة السبعمئة عام لا تصلنا منها أي دراسة جادة لظاهرة الانكسار. رسالتان من القرن العاشر لأبي سعد ابن سهل -المقيم في بغداد- تشهد لنا عودة الاهتمام بهذا الموروث الذي تركه بطليموس. الرسالة الأولى بعنوان "البرهان على أنّ الفلك ليس هو في غاية الصفاء" يحاكي فيها برهان بطليموس في مقالته الخامسة من كتابه المناظر، يبرهن فيها أنّ الفلك ليس هو في غاية الصفاء كما ادعى بطليموس. رسالة ابن سهل الثانية بعنوان "كتاب الحراقات" والذي كتبه سنة 980 ميلاديّ يحوي ولأول مرة في تاريخ هذا الموضوع اقتراح بناء آلة مُحرقّة تعتمد على انحراف أشعة الشمس حين مرورها بمادّتها الشفّافة. حين مرور الأشعة المتوازية بهذه الآلة، وهي العدسة المستوية في وجهها الأوّل والمحدّبة على شكل قطع زائد بالوجه المقابل، تنحرف نحو بؤرة واحدة. نقرأ في مستهلّ هذا الجزء فقرة تبين لنا مفهوم ابن سهل لظاهرة الانكسار، فيكتب:

"وإن كان الإحراق بضوء ينفذ في آلةٍ فإننا نعلم إلى قطعةٍ من بلّور تنتهي إلى سطح مستوي، وليكن ج. وينبغي أن تكون بقدر الحاجة، وأجزاؤها في الصفاء متشابهة. ونستخرج خطين ينفذ الضوء على أحدهما في البلّور، وليكن ج د وينعطف على الآخر في الهواء. وليكن ج ه. ونخرج سطح ج د ه، وليكن

<sup>8</sup> انظر Yavetz I. (2010)، الفصل التاسع صفحات 265-283. كذلك سميت (Smith M.A., 2015)

يعتقد أنّ نتائج بطليموس هي محاولة تقرب النتائج الحقيقيّة نحو قانونيّة رياضيّة.

الفاصل المشترك بينه وبين سطح ج خطّ و ج ز ، فزاويتا د ج و ه ج ز  
حادثان، واصغرهما زاوية ه ج ز.<sup>9</sup>

نلاحظ هنا أنّ ابن سهل مدرك جيداً سلوك الأشعة حين خروجها من البلور إلى الهواء. لا  
نعرف لشحة أعماله التي وصلتنا، هل اعتمد على جداول بطليموس فقط أم هل قام بفحص  
ذلك فعلياً. تطوي هذه الفقرة في طياتها أيضاً تواجد الشعاع الساقط والشعاع المنكسر  
والعمود في مستوى واحد فتقاطع هذا المستوى ج د ه مع السطح الفاصل بين البلور  
والهواء هو المستقيم و ج ز. هذه كانت من مسلّمات بطليموس، وتبدو كذلك لدى ابن سهل.  
لكننا سنرى أنّ مجمل المسلّمات التي بنى عليها بطليموس منظومته البصريّة توضع في محكّ  
الفحص تجريبياً لدى ابن الهيثم.

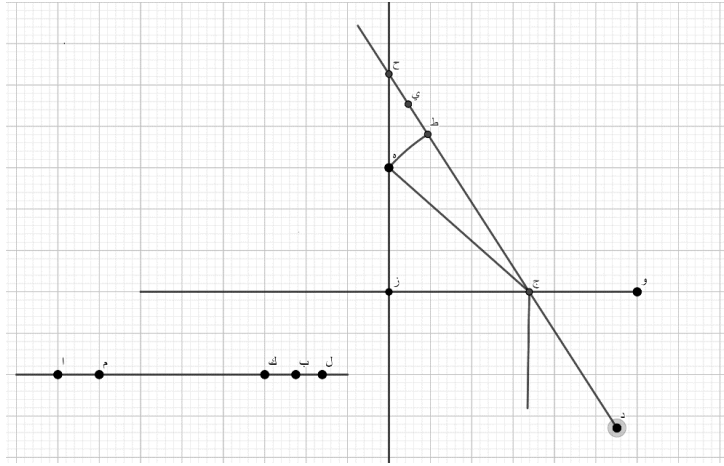
الفقرة التالية لدى ابن سهل تعتبر من أهمّ الفقرات لأنها توضح قانون انكسار الضوء  
بصيغته المغايرة عن صيغة مصدره بطليموس.

يكتب ابن سهل في هذه الفقرة:

"ونخرج خط ج ح على استقامة خطّ ج د ونزل على خطّ ج ح نقطة ح  
ونخرج خطّ ز ح قائماً على خطّ ج ز، وليلق خطّ ج ه على النقطة ه، فخطّ  
ج ه أصغر من خطّ ج ح. ونفصل من خطّ ج ح خطّ ج ط مثل خطّ ج ه،  
ونقسم ح ط نصفين على نقطة ي، ونجعل نسبة خطّ ا ك إلى ا ب كنسبة  
خطّ ج ط إلى خطّ ج ي ونخرج خطّ ب ل على استقامة خطّ ا ب ونجعله مثل  
خطّ ب ك.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> انظر راشد رشدي (2001) ص. 210.

<sup>10</sup> انظر راشد رشدي (2001) ص. 210.



نلاحظ هنا انتقال قانون الانكسار من صيغة فروقات ثابتة من الدرجة الثانية بين زوايا الانكسار كما تبيننا سابقاً، إلى صيغة نسب ثابتة فابن سهل يعتمد على نسبة الخطَّ ج هـ إلى الخطَّ ج ح على أنَّها ثابتة لبناء قطعة مستقيمة تحمل نفس النسب يعتمد عليها في بناء عدسته. هذه النسبة تطابق النسبة التي يبني عليها سنيلوس قانونه: وذلك لأننا إذا اعتمدنا الخطَّ ج ز المشترك في المثلثين ج ز هـ و ج ز ح لنعدّل نسبة ابن سهل لنحصل على:

$$\frac{\text{ج هـ}}{\text{ج ح}} = \frac{\text{ج ز هـ}}{\text{ج ز ح}} = \frac{\sin(\text{ز ج ح})}{\sin(\text{ز ج هـ})} = \frac{1}{n}$$

وهي مقلوب معامل انكسار البلّور. بهذا يكون ابن سهل قد تقدّم على سنيلليوس باكتشاف قانون الانكسار بصيغته النسبيّة.<sup>11</sup> لا يتطرق ابن سهل إلى علاقة هذه النسبة بزواوية السقوط، لكننا نستطيع الاستنتاج أنه مدرك ثبات هذه النسبة لكلّ زاويا السقوط. نستنتج ذلك حين نتمعّن في شرحه حول مبنى العدسة. هناك يستخدم نفس النسبة لجميع الأشعة المتوازية التي تسقط عليها والتي تخرج بزوايا متغايرة من سطحها المحدّب. علينا طرح السؤال

<sup>11</sup> هذه المعلومة أصبحت حقيقة تاريخية يردّها الباحثون في مجال البصريّات في تلك الحقبة. انظر: رشدي

كيف تمّت تلك النقلة لدى ابن سهل؟ هل استقرّاً ذلك من جداول بطليموس؟ هل علم قيمة هذه النسبة الثابتة؟

أعمال العلاء بن سهل التي وصفها تَوْأ في البصريّات الهندسيّة تشهد على تطوّر وطلائعيّة البحث النظريّ الرياضيّ لظاهرة انكسار الضوء.

**الحسن بن الهيثم (965-1040):**

عندما كتب العلاء بن سهل كتاب المحرقات بين السنوات 983 و985 ميلاديّ كان ابن الهيثم في العشرين من العمر، أي أنّه كان في بدايات انشغاله بالعلوم. فتكون أعمال العلاء بن سهل من أحدث المصادر التي اطّلع عليها ابن الهيثم مقارنة بالمصادر اليونانيّة القديمة كأرسطوطاليس وبتليموس وغيرهما من الفلاسفة الذين كانت لديهم آراؤهم المنفردة في الرؤية والبصريّات.

دعونا أولاً نتعرّف عن كُتّب على سيرة ابن الهيثم الثقافيّة والعلميّة، وذلك من خلال التمعّن في رسالة كتبها عندما كان في السّتين من العمر، وقد كان وقتها قد مضى عليه الوقت الطويل مقيماً في القاهرة بعدما استدعاه الحاكم بأمر الله إلى مصر. أورد ابن أبي أصيبعة هذه الرسالة وهي بخطّ يد ابن الهيثم في كتابه طبقات الأطباء، ويقول:

"نقلت من خطّ ابن الهيثم في مقالة له فيما صنعه وصنّفه من علوم الأوائل إلى آخر سنة سبع عشرة وأربعمائة لهجرة النبي صلعم الواقع في شهور سنة ثلاث وستين الهلاليّة من عمره ما هذا نصّه: إنّي لم أزل منذ عهد الصبا مروياً في اعتقادات الناس المختلفة وتمسّك كلّ فرقة منهم بما تعتقده من الرأى فكنت متشكّكاً في جميعه موقناً بأنّ الحقّ واحد زوان الاختلاف فيه إنّما هو من جهة السلوك إليه فلمّا كملت لإدراك الأمور العقليّة انقطعت إلى طلب معدن الحقّ ووجّهت رغبتى وحرصى إلى إدراك ما به تنكشف تموهيات الظنون وتنشع غيابات المتشكّك المفتون وبعثت عزيمتي إلى تحصيل الرأى المقرب إلى الله جلّ

تناؤه المؤدّي إلى رضاه الهادي لطاعته وتقواه.<sup>12</sup> فكانت كما قال جالينوس في المقالة السابعة من كتابه في حيلة البرء يخاطب تلميذه لست أعلم كيف تهياً لي منذ صباي إن شئت قلت باتّفاق عجيب وإن شئت قلت بالهام من الله وإن شئت قلت بالجنون أو كيف شئت أن تنسب ذلك أنّي ازدريت عوام الناس واستخففت بهم ولم ألتفت إليهم واشتهيت إيثار الحقّ وطلب العلم واستقرّ عندي أنّه ليس ينال الناس من الدنيا شيئاً أجود ولا أشدّ قربة إلى الله من هذين الأمرين.<sup>13</sup> قال [محمّد بن الحسن] فخضت لذلك في ضروب الآراء والاعتقادات وأنواع علوم الديانات فلم أحظّ من شيء منها بطائل ولا عرفت منه للحقّ منهجاً ولا إلى الرأي اليقينيّ مسلّكاً، جدداً فرأيت أنّي لا أصل إلى الحقّ إلّا من آراء يكون عنصرها الأمور الحسيّة وصورتها الأمور العقليّة فلم أجد ذلك إلّا فيما قرره أرسطوطاليس من علوم المنطق والطبيعيّات والإلهيات التي هي ذلت الفلسفة وطبيعتها.<sup>14</sup>

<sup>12</sup> مرحلة الشكّ في مذاهب الفرق المتعدّدة التي مرّ بها ابن الهيثم في ريعان شبابه وبدايات فكره المستقلّ، يمرّ بها أيضاً الغزالي في بداياته فقد بدأ كتابه المنقذ من الضلال في هذه المرحلة: " فقد سألتني أيّها الأخ في الدين، أن أثبّ إليك غاية العلوم وأسرارها، وغائلة المذاهب وأغوارها، وأحكي لك ما قاسيته في استخلاص الحقّ من بين اضطراب الفرق، مع تباين المسالك والطرق، وما استجرت عليه من الارتفاع عن حضيض التقليد إلى بفاع الاستفسار." (الغزالي 1994 ص. 23)

<sup>13</sup> نتعلّم من سيرة حياة ابن الهيثم مدى عمق إيمانه بهذا المبدأ. نتذكّر أنّه كان في السّنين من حياته حين وصف لنا أنّه أثر الحقّ وطلب العلم. لقد اصطنع الخيال حتّى يعفوه عن منصب وزاريّ. وعاد الكرة في مصر لكي يعفيه الحاكم بأمر الله عن مهامّه لكي يتسّى له البحث في العلوم المتعدّدة.

<sup>14</sup> انظر ابن أبي أصيبعة ص. 552. بالمقارنة بين ابن الهيثم والغزالي، عندما يقف ابن الهيثم لدى الأمور الحسيّة التي تليها تصوّراتها العقليّة كالطريق الأمثل للوصول إلى الحقّ مدرّكاً مشاقّ هذا الطلب، كما ستراه في مقدّمته لكتاب الشكوك على بطليموس، يشكّ بها الغزالي في حوارها معها في المنقذ من الضلال: "من أين الثقة بالمحسوسات، وأقواها حاسة البصر؟ وهي تنظر إلى الظلّ فتراه واقفاً غير متحرك وتحمك بنفي الحركة، ثمّ بالتجربة والمشاهدة، بعد ساعة، تعرف أنّه متحرك وأنّه لم يتحرّك دفعة واحدة بفتة،

لقد أدرك ابن الهيثم مدى صعوبة الوصول إلى الحقّ ففي مقدّمة كتابه الشكوك على بطليموس يشرح لنا خطر الانصياع لطبيعتنا الإنسانيّة والتي من شأنها أن تبعدنا عن الطريق الصواب والعودة إلى عادة التقليد. فلا فارق بين تقليد رجال الدين وتقليد رجال الفلسفة. فيكتب:

"الحقّ مطلوب لذاته، وكلّ مطلوب لذاته فليس يعنى طالبه غير وجوده، ووجود الحقّ صعب، والطريق إليه وعر، والحقائق منغمسة في الشبهات، وحسن الظنّ بالعلماء في طباع جميع الناس، فالناظر في كتب العلماء إذا استرسل مع طبعه، وجعل غرضه فهم ما ذكره، وغاية ما أوردوه. حصلت الحقائق عنده هي المعاني التي قصدوها لها، والغايات التي أشاروا إليها.<sup>15</sup> وما عصم الله من الزلل، ولا حصى علمهم من التقصير والخلل. ولو كان ذلك كذلك لما اختلف العلماء في شيء من العلوم، ولا تفرقت آراؤهم في شيء من حقائق الأمور، والوجود بخلاف ذلك."<sup>16</sup>

بل بالتدرج ذرة ذرة، حتّى لم يكن له حالة وقوف. ... وهذا وأمثاله من المحسوسات يحكم فيها حاكم الحسن بأحكامه، ويكذّبه حاكم العقل ويخوّنه تكذيباً لا سبيل إلى مدافعته." (الغزالي 1994 ص. 27) حينها يبدأ الغزالي حواراً مع الحواسّ فتسألّه كيف تثق بحكم العقل فكنت تثق بي قبل تدخّل العقل، فما أدراك بعدم وجود حاكم أعلى من العقل يضعّض لديك أحكام العقل؟ باعتقادي، وخلافاً عن الغزالي الذي أدّى تشكّكه في معطيات الحواسّ إلى التفاضلي عنها، فإنّ ابن الهيثم الذي مرّ بنفس التخبّطات، قرّر أن يبحث في حاسّة البصر ليدرك كيفيّة عملها، وكيفيّة مغالطتها لنا حتّى يتخطّى مثل هذه المغالطات ليصل بالحسن والعقل إلى مكان الحقيقة فينجلي عنها ضباب الشكّ.

<sup>15</sup> نذكر هنا وهم المسرح من فكرة الأوهام لدى فرانسيس بيكون والتي تفسّر الأخطاء الناجمة عن المذاهب والمدارس الفكرية، التي تنشأ نتيجة التآثر بالقيادات أو الأشخاص ذوي التأثير العميق على بعض الأفراد، التي يرى فيها بيكون هيمنة أفكار ونظريّات القدماء على الأذهان لفترة طويلة، وتقبلها دون إثارة أيّ تساؤل حولها، من حيث صحّتها أو جدواها في الواقع الذي لم تظهر فيه.

<sup>16</sup> انظر ابن الهيثم (1996) ص.3.

يوصي ابن الهيثم على طالبي الحق والمتطلّعين على كتب المتقدمين ألا يستروا في طبعهم في حسن الظنّ بهم؛ فطالب الحق: "هو المهتم لظنه فهم، المتوقّف فيما يفهمه عنهم، المتبع الحجة والبرهان"<sup>17</sup>. يشدّد ابن الهيثم ويوصي:

"الواجب على الناظر في كتب العلوم، إذا كان غرضه معرفة الحقائق، أن يجعل نفسه خصمًا لكلّ ما ينظر فيه، ويجعل فكره في متنه وفي جميع حواشيه، ويخصمه من جميع جهاته ونواحيه."<sup>18</sup> ينادينا ابن الهيثم إلى نقد الفكر وليس نقد المفكر. فليست هذه دعوة من ابن الهيثم لازدراء العلماء المتقدمين، إنّما وضع الشكّ حول أفكارهم؛ فليس من البشر من لا يزلّ ولا يخطئ.

إضافة لذلك يحذّرنا ابن الهيثم عن التلّف من أفكارنا، بل على طالب العلم أن: "يجعل نفسه خصمًا لكل ما ينظر فيه، ويجعل فكره في متنه وفي جميع حواشيه، ويخصمه من جميع نواحيه، ويهتم أيضًا نفسه عند خصامه فلا يتحامل عليه ولا يتسمح فيه."<sup>19</sup> يُنهي ابن الهيثم مقدّمته بنظرة إيجابية: "فإنّ من سلك هذه الطريقة انكشفت له الحقائق، وظهر ما عساه وقع في كلام من تقدّمه من التقصير والشُّبه."<sup>20</sup>

#### منهجية ابن الهيثم في البحث العلمي:

كثرت الأبحاث حول المنهجية العلمية التي بحث ابن الهيثم بها موضوع البصريّات سواءً في معنى الإدراك البصريّ أو المرايا أو العدسات اللاّمة؛ ذلك لأنّ هنالك مساحة للمقارنة بين منهجه العلميّ والمنهج العلميّ الحديث.

<sup>17</sup> ذات المصدر ص.3.

<sup>18</sup> ذات المصدر ص.4.

<sup>19</sup> ذات المصدر ص.4.

<sup>20</sup> ذات المصدر ص.4.

## التركيب:

من سمات منهجية البحث لدى ابن الهيثم في البصريات، التركيب بين العلوم الطبيعية والرياضية. يميز ابن الهيثم بين توجهين لدراسة حاسة البصر: توجه الفلاسفة الطبيعيين وتوجه الرياضيين.<sup>21</sup> يفسر ابن الهيثم ذلك في صدر كتابه المناظر فيكتب:

"والبحث عن هذا المعنى<sup>22</sup> مع غموضه وصعوبة الطريق إلى معرفة حقيقته مركّب من العلوم الطبيعية والعلوم التعليمية. أمّا تعلّقه بالعلم الطبيعي فلأنّ الإبصار أحد الحواسّ، والحواسّ من الأمور الطبيعية. وأمّا تعلّقه بالعلوم التعليمية فلأنّ البصر يدرك الشكل والوضع والعظم والحركة والسكون، وله مع ذلك تخصّص بالسموت المستقيمة، والبحث عن هذه المعاني إنّما يكون بالعلوم التعليمية. فبحقّ صار البحث في هذا المعنى مركّباً من العلوم الطبيعية والعلوم التعليمية."<sup>23</sup>

يتابع ابن الهيثم ليصنّف المذاهب التي سبقته في تفسير حاسة البصر إلى الطبيعية منها والتعليمية. بالرغم من عدم ذكر أسماء حاملها إلا أنّها واضحة تعود إلى اليونانية فتغطّي طيف هذه المذاهب. كذلك الأمر في رسالة ابن الهيثم الفلسفية في الضوء، فيبدأها بتوضيح الحاجة لهذا التركيب بين الطبيعي التعليمي في بحث الضوء، وسلوك انتشاره في الموادّ الشفافة وانتقاله فيما بينها:

"الكلام في ماهية الضوء من العلوم الطبيعية، والكلام في كيفية إشراق الضوء محتاج إلى العلوم التعليمية من أجل الخطوط التي يمتدّ عليها الأضواء، وكذلك الكلام في ماهية الشعاع هو من العلوم الطبيعية، والكلام في شكله وهيئته هو من العلوم التعليمية، وكذلك الأجسام المشقّة التي ينفذ

<sup>21</sup> انظر صبرا (1989) ص. Liv.

<sup>22</sup> المقصد هنا كيفية إحساس البصر.

<sup>23</sup> انظر ابن الهيثم (1983) ص. 60.



الأضواء فيها، الكلام في ماهية شفيفها هو من العلوم الطبيعية، والكلام في كيفية امتداد الضوء فيها هو من العلوم التعليمية، فالكلام في الضوء وفي الشعاع وفي الشفيف يجب أن يكون مركبًا من العلوم الطبيعية والعلوم التعليمية.<sup>24</sup>

في هذا الصدد نرى ابن الهيثم ينتقد برهان بن سهل في شفيف الفلك، فكتب في رسالته رسالة في الضوء:

"فأما شفيف الفلك فرأى صاحب المنطق (أي أرسطو) أنّ شفيفه أصفى من شفيف جميع الأجسام المشقّة، وأنّه غاية الشفيف، وأنّه لا يمكن أن يكون جسمٌ أشدّ شفيفًا من الفلك، فأما أصحاب التعاليم فيرون أنّ الشفيف ليس له غاية، وأنّ كلّ جسمٍ مُشَفِّ فإنّه يمكن أن يكون جسمٌ أشدّ شفيفًا منه، وقد بيّن هذا المعنى بعض أصحاب التعاليم المتأخّرين وهو أبو سعد العلاء بن سهيل، فإنّ له مقالة بيّن ذلك فيها ببرهانٍ هندسيّ، ونحن نذكر البرهان على هذا المعنى ونلخصه تلخيصًا أكثر من تلخيص أبي العلاء بن سهيل له ونشرحه شرحًا أوضح من شرحه."<sup>25</sup>

يشرح ابن الهيثم أنّ ابن سهل قد أخفق حين بحث في شفيف الفلك من خلال العلوم التعليمية (الرياضية) فقط ولم يدرج في ذلك العلوم الطبيعية:

"فهذا الذي ذكرناه هو رأي أصحاب التعاليم؛ أعني أنّ الشفيف الذي في الأجسام المشقّة يمكن أن يزداد لطفًا وصفاءً إلى غير النهاية. أعني أنّ كلّ شفيف في جسمٍ مُشَفِّ فيمكن أن يُتخيّل شفيفٌ أصفى منه، فأما أصحاب العلم الطبيعيّ فإنّهم يقولون إنّ كلّ معنى في الأجسام الطبيعية فإنّه إنّما

<sup>24</sup> انظر ابن الهيثم (2020) ص. 21.

<sup>25</sup> انظر ابن الهيثم (2020) ص. 30-31.

يكون إلى حدٍّ ونهايةٍ، وليس يكون إلى غير نهاية، وإنّ الزوايا التي تنقسم إلى غير نهاية إنّما هي الزوايا المتخيّلة التي تحيط بها خطوط متخيّلة، فأما الزوايا التي تكون في الأجسام الطبيعيّة والتي تُتخيل في الأجسام الطبيعيّة فليس تنقسم إلى ما لا نهاية له، والجسم الذي هي فيه هو على ما هو عليه؛ لأنّ الجسم الذي يُتخيل فيه الزاوية لا يمكن أن ينقسم إلى غير نهاية؛ لأنّ كلّ جسم طبيعيّ فإنّه ينقسم إلى حدٍّ ما وهو على ما هو عليه من صورته، ثمّ إذا انقسم بعد ذلك خلع الصورة التي كانت له ولبس صورة أخرى، ومثال ذلك قطرة الماء إذا قُسمت إلى أبعد أجزائها فإنّها تنتهي إلى حدٍّ هو أصغر أجزاء الماء، فإذا انقسمت بعد ذلك خلعت صورة الماء ولبست صورة الهواء. ثمّ الهواء ينقسم إلى أصغر الصغير من أجزاء الهواء، ثمّ إذا انقسم بعد ذلك خلع صورة الهواء ولبس صورة النار. ثمّ إنّ النار تنقسم إلى أصغر الصغير من أجزاء النار ثمّ لا يمكن أن تنقسم بعد ذلك؛ لأنّه ليس في الوجود أطف من صورة النار، فإن كانت صورة الفلك أطف من صورة النار، وكان ممكناً أن يصير النار من جنس الفلك، انقسم أصغر الصغير من أجزاء النار وصار من جوهر الفلك. ثمّ إنّ جسم الفلك لا ينقسم، ولو يُتخيل منقسماً لكان ينتهي إلى أصغر الصغير من أجزائه ثمّ لا ينقسم بعد ذلك؛ لأنّه ليس في الوجود صورة أطف من صورة الفلك.<sup>26</sup>

يميّز ابن الهيثم بين الجسم الطبيعيّ والجسم التعليميّ فحين يتحمل الجسم الرياضيّ القسمة إلى ما لا نهاية لها، لا يتحمل الجسم الطبيعيّ ذلك فالموادّ الأساسيّة لمبنى المادّة هي خمسة لا غير تنتهي بمادّة الفلك وهي أطفها.

<sup>26</sup> انظر ابن الهيثم (2020)، 34.

## الاعتبار:

القراءة والتحليل النقدي للتجارب التي قام بها ابن الهيثم يؤكدان أنّ التجربة تلعب دور فحص صدق المبادئ الأولى والتي استنبطت أو استقرت من مشاهدات الطبيعة، مما يحول التجربة لتصبح آلية ضرورية في بحوثه العلمية.<sup>27</sup> يلفت صبرا (Sabra, 1989) نظرنا إلى استخدام ابن الهيثم وللمرة الأولى مصطلحات "اعتبار"، "اعتبر" و "معتبر" وليس مصطلح "تجربة" والذي كان مألوفاً في زمنه والمأخوذ من منظومة أرسطو والذي عني حكماً ما إثر مشاهدات مترددة لطواهر الطبيعة. هذا الاستخدام لمصطلح "اعتبار" والدور الحيوي له في المنهجية العلمية لدى ابن الهيثم يشهد على توسع نظرية المعرفة لديه عن تلك التي لدى أرسطو. لعل ذلك نتيجة معرفته لمشروع بطليموس العلمي.

يضيف النظيف (2008) أنّ منهجية ابن الهيثم العلمية تتميز أيضاً باستخدام آلات خاصة به للقيام بالتجارب المخططة. لا يقتصر دور ابن الهيثم على القيام بالتجربة فقط، بل يتعداها إلى تخطيط وبناء الآلات المستخدمة في هذه التجارب، كذلك تخضيع الظروف لتناسب إجراء التجارب على الوجه الأنجع. وقد اعتمد ابن الهيثم الوصف الدقيق لهذه الآلات؛ مما يسمح لكل قارئ إعادة بنائها.

يعلم ماكغيتيس (McGinnis J. 2017) أنّ كتاب المناظر، والذي يدرج به ابن الهيثم عدداً كبيراً من التجارب، يشهد على منهجية ابن الهيثم التجريبية. ويتفق الباحث أيضاً على دور الآلات والتجارب في تصديق فعليّ لعدّة مبادئ في البصريّات. لكنّه يعتقد أنّ بعض الآلات الدقيقة التي يصفها ابن الهيثم بدقة فائقة، تبدو وكأنّها مثالية لم يتمّ بناؤها واستخدامها

---

<sup>27</sup> ماسيك (Masic , 2008) يشدّد على البعد التجريبيّ (empirical) في العمل العلميّ لدى ابن الهيثم، فيضع النظريات التي وصلته من السابقين والتي أبداعها هو بذاته في محكّ صدقها تجريبياً من خلال تخطيط وتنفيذ تجارب من شأنها فحص مدى صدق هذه النظريات. كذلك، يصف جوريني (Gorini, 2008) أنّ البعد التجريبيّ لدى ابن الهيثم يكون آلية يبرهن بها صدق كلّ ادعاء استنتجه من مشاهداته المتكررة للطبيعة.

بالفعل، ويعتقد أنّ بعض تجارب ابن الهيثم ليست سوى تجارب ذهنيّة ( thought experiments)، ويعطي في ذلك مثالاً مأخوذاً من بحث ابن الهيثم في انكسار الضوء (صلب موضوع هذا المحاضرة)، يوظّف فيه ابن الهيثم الآلة التي سبق ذكرها. في حالة مرور أشعة الضوء بين الهواء والزجاج يستخدم قطعة زجاجيّة متجانسة على شكل ربع كرة. يدعي ماكغيتيس على أنّه من الاستحالة بظروف الصناعة اليدوية للزجاج حينها - والبعيدة عن دقة الماكينات التكنولوجيّة الحديثة - تشكيل قطعة الزجاج المذكورة دون شوائب كفقاعات الهواء داخلها. هذه الشوائب تقيد ابن الهيثم في الحصول على نتائج رياضيّة دقيقة ادعى الحصول عليها.<sup>28</sup> لكنّ هذا المأخذ على ابن الهيثم، بشأن حقيقة قيامه بمثل هذه التجارب، ينطبق أيضاً على التجارب التي وصفها لنا بطليموس وبأقلّ دقة. يزودنا بطليموس بنتائج دقيقة ثلاثم قياساتنا الحديثة: هل هذا لأنّه استطاع الوصول لمثل هذه الدقة فعلياً؟ سبق وعرضت آراء بعض الباحثين الذين يعتقدون تقريب بطليموس نتائجه حتّى ثلاثم قانونيّة رياضيّة معيّنّة. ومن يقرأ الجزء السابع لكتاب المناظر يرأ أنّ ابن الهيثم لا يزودنا بنتائج دقيقة لتجاربه في ظاهرة انكسار الضوء، بل يلخّص نتائجه بأحكام تصف علاقات بين الزوايا في انكسار الضوء، أضف إلى ذلك أنّه يستخدم نتائج بطليموس في عدّة براهين. هل يتأتّى ذلك لأنّه لم يستطع تقريب نتائجه لصيغة قانون فاعتمد على نتائج بطليموس؟ تبقى هذه الأسئلة قيد البحث، ومجالاً مفتوحاً لدراسات مستقبليّة.

<sup>28</sup> انظر (2017) McGinnis J. ص. 23-25.

## ثبت المصادر والمراجع

### باللغة العربيّة

#### المصادر:

ابن الهيثم، الحسن. الشكوك على بطليموس. تحقيق عبد الحميد صبرا ونبيل الشهابي. القاهرة: دار الكتب المصريّة، 1996.

ابن الهيثم، الحسن. فلسفة الضوء. تحقيق علي يوسف. المملكة المتّحدة: مؤسّسة هنداوي، 2020.

ابن الهيثم، الحسن. كتاب المناظر المقالات 1-2-3. مراجعة علميّة عبد الحميد صبره. السلسلة التراثيّة. الكويت: دن، 1983.

أصيبيعة، ابن أبي. عيون الأنباء في طبقات الأطباء. تحقيق نزار رضا. بيروت: دار مكتبة الحياة، (د.ت.).

الحموي، صلاح الدين. نور العيون وجامع الفنون. تحقيق محمد ظافر الوفايي. الرياض: مركز الملك فيصل للبحوث والدراسات الإسلاميّة، 2015.

الغزالي، أبو حامد. المنقذ من الضلال في مجموعة رسائل الإمام الغزالي. المجموعة السابعة. د.م.: دار الكتب العالميّة، 1994.

القفطي، جمال الدين. إخبار العلماء بأخبار الحكماء. بيروت: دار الكتب العلميّة، 2005.

#### المراجع

راشد، رشدي. علم الهندسة والمناظر في القرن الرابع الهجريّ (ابن سهل، القوهي، ابن الهيثم). بيروت: مركز دراسات الوحدة العربيّة، 2001.

النظيف، مصطفى. الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصريّة. بيروت: مركز دراسات الوحدة العربيّة، 2008.

## باللغة الإنجليزية

- Giorini, R. "Al-Haytham the Man of Experience. First Step in the Science of Vision." *JISHIM*, Italy (2008): 53-55.
- Kheirandish, E. "Footprints of "Experiment" in Early Arabic Optics." *Early Science and Medicine*. vol. 14, no. 1/3 (2009).
- Lindberg, D.C. *Theories of Vision from Al-Kindi to Kepler*. Chicago and London: The University of Chicago Press, 1976.
- Masic I. Ibn Al-Haytham- Father of Optics Describer of Vision Theory. *IZ Historije Medicine*. Sarajevo, (2008): 183-188.
- McGinnis J. *Experimental Thoughts on Thought Experiments in Medieval Islam*. in *The Routledge Companion to Thought Experiments*, London: Routledge, 2017.
- Rushdi R. Ibn al-Haytham's Scientific Research Programme in *Optics in Our Time*. Springer, editors: Mohammad D. Al-Amri, Mohamed M. El-Gomati and M. Suhail Zubairy, Springer, Switzerland, 2016.
- Sabra A.I. *The Optics of Ibn-Alhaytham book I-III on Direct Vision*. The Warburg Institute University of London, 1989.
- Smith M.A. *Ptolemy's Theory of Perception: An English Translation of the "Optics" with Introduction and Commentary*. Philadelphia: American Philosophical Society, 1996.
- Smith M.A. *From Sight to Light, the Passage from Ancient to Modern Optics*. Chicago and London: The University of Chicago Press, 2015.
- Zemplen A. G. *The History of Vision, Color & Light Theories*. Bern Studies in the History and Philosophy of Science, 2005.
- Yavetz I. *Wandering Stars and Ethereal Spheres, Landmarks in the History of Greek Astronomy*. (Hebrew Language). Israel: Magnes press, 2010.

## البحث في ظاهرة انكسار الضوء في القرن العاشر بين النظري والتجريبي

### Abstract:

The following article sheds the light on both theoretical and empirical methodology of two pioneer personas of the 10<sup>th</sup> century in optics: the first is Abi Sa'id al-Alaa b. Sahil (940-1000) who pioneered in adding lenses as a burning instrument that concentrates parallel passing ray in a burning epicenter introducing the law of refraction. The other persona is Al-Hasan b. al-Haytham (965-1040), who believed that knowledge stems from our senses, followed by contemplations, which introduces his optics project. This project changed our perception of sight. His scientific project is an indication of the development of the new pioneering approach and the pioneering role of experimentation in his scientific approach.

