من خلال عدسة الإسلام: تاريخ ما قبل اكتشاف النظارات، على ضوء المصادر العربية (3)

فريد بن فغول
باحث حرّ حاليا، ومساعد بمعهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية
في إطار جامعة ي. جوته سابقا
benfeghoul@em.uni-frankfurt.de

1. الدور الرائد للبصريات العربية

في بداية هذا البحث عثرت وأنا طالب على كتيب عن تاريخ النظارات، يذكر فيه المؤلف أنّ "ابن الهيثم أول من أشار إلى إمكانية مساعدة العين بعدسة بصرية مصقولة بشكل مناسب /.../ وبذلك تدين له الأجيال اللاحقة بفضل إيجاد هذه آلة، رغم أنّ ابن الهيثم نفسه لم يقم بصناعة حجر القراءة بشكل مباشر." [28] فكان هذا الكلام أول حافز لي للاهتمام بالعدسات البصرية ودارستها في البيئة الثقافية العربية الإسلامية.

أثناء عملية ترجمة العلوم اليونانية وتمثُّلها، نُقلت البصريات من اليونانية إلى العربية ابتداءً من القرن 3هـ/9م، وعُرفت بمصطلح "(علم أو صنعة أو صناعة) المناظر"، باليونانية hè optikè technē أو optika. فأصبحت جميع تصانيف العلماء الهلنستيين، وفي مقدّمتهم إقليدس الصوري (300 ق.م.) وَبطليموس (بطلميوس) القلوذي (نحو 100م -180م)، وغيرهما، متوفّرة بالعربية. وتأسّس هذا العلم الجديد بمصطلحاته ومناهجه ونظرياته وكل المسائل العلمية التي عالجها العلماء اليونانيون، كالإبصار والضوء واللون وقوس قزح والمرايا والانعكاس والهندسة وغير ذلك كثير.

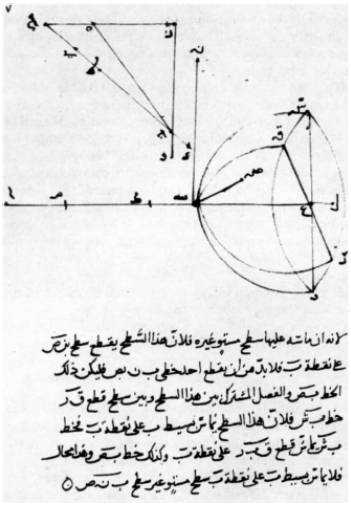
ولعلم البصريات في البيئة الثقافية العربية الإسلامية تاريخ طويل ومثير للإعجاب بتطورات مادّية ونظرية ومنهجية، بالعربية والفارسية [16] والعثمانية [13] واللاتينية، وامتداد متواضع بالعبرية [18]. وقام بالخطوات الأولى العالم الموسوعي الشهير أبو يوسف يعقوب بن إسحق الكندي (185هـ/801م-256هـ/873م) وأتباعه، كقسطا بن لوقا (القرن 3هـ/9م)، وأحمد بن عيسى (القرن 4هـ/10م) الذي كتابه في البصريات يبيّن التطور المبكّر لمفهومي الاستدلال والاعتبار [التجربة]. عقبتها مرحلة متوسطة خلاّقة مع ابن سهل (القرن 4هـ/10م)، ثمّ مرحلة النضوج التي توّجها ابن الهيثم (القرن 4هـ/10-11م)، ومرحلة الختام مع كمال الدين الفارسي (القرن 7هـ/13م) التي يمكن اعتبارها "أغنية البجعة". وقد أضاف هؤلاء العلماء أثناء هذه المراحل المتعاقبة إلى الموضوعات الموروثة من البصريات الهلنستية، مسائل وأساليب وأدوات واصطلاحات جديدة. لذا كان الأولى أن نبدأ بالبصريات، لأنها تبدو المادّة العلمية الأكثر وعدًا بالنسبة لموضوعنا، وسنقتصر منها على مسألة التكبير.

1.1. العدسات في البصريات العربية: ابن سهل

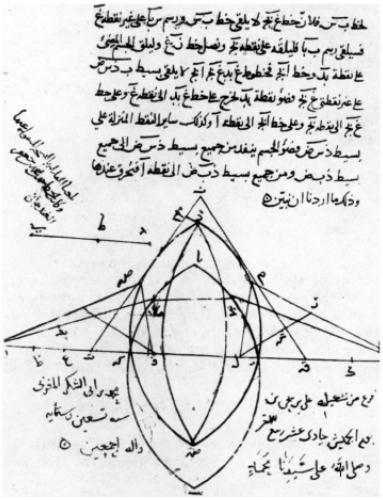
للعدسات في علم البصريات أهمية بالغة، إذ هي إنجاز تقني فائق له وقع حاسم في تاريخ البصريات وتطويراتها النظرية والتطبيقية. وقد ذكرنا في القسم الأول من هذا المقال أنها كانت معروفة من أقدم العصور إلى العصور الوسطى، وعُرفت كذلك في الحضارة العربية الإسلامية منذ زمن طويل، إلاّ أنها تنتظر بحثًا شاملًا. دُرست مسألة الانعكاس في البصريات العربية منذ الكندي. أما دراسة الانعطاف (أي الانكسار) والعدسات في مجال البصريات ظهرت مع الرياضي والفيزيائي البغدادي أبو سعد العلاء بن سهل (329هـ-940م/399هـ-1000م)، الذي له دور رائد في الدراسة

الهندسية للعدسات البلورية المسطحة المحدّبة والمحدّبة الوجهين، في "كتاب الحرّاقات" (عن أدوات الاحتراق) -أُلّف في عام 984م.

وإذا كان تأليف ابن سهل مبنيًّا على كتاب "المناظر" لإقليدس وما استمدّه من التصانيف اليونانية كصنعة المرايا المحرقة، والمخروطات، فإنه يمثّل دراسة راقية للانعكاس في المرايا المكافئة، ودراسة مبدعة للانكسار في العدسات المحدّبة. فتوصّل إلى قانون الانكسار المضاهي لما هو معروف اليوم بـ "قانون سنيليوس" (Snellius' law). ورسم لأول مرّة عدسة مسطّحة محدّبة (الشكل 1) وعدسة محدّبة الوجهين (الشكل 2) رسمًا هندسيًا دقيقا. ولرشدي راشد بحث مستفيض لإنجازات ابن سهل منها هذان الرسمان المبتكَران [19] [20] [23].



الشكل 1. عدسة مسطّحة محدّبة، من "كتاب الحراقات" لابن سهل. مخطوط 867، الورقة 7ظ؛ مكتبة ملي، طهران.



الشكل 2. عدسة محدّبة الوجهين، من "كتاب الحراقات" لابن سهل. مخطوط 867، الورقة 26ظ؛ مكتبة ملي، طهران.

إنّ اشتغال ابن سهل بالدراسة الهندسية للعدسات كان حريًّا بأن يؤدّيه إلى التوسع فيها إذ هي الكفيلة بفهم مسألة التكبير، علمًا بأنّ العدسات كانت قيد الاستخدام في زمنه (كما سنرى فيما بعد)، ولكنّ مدار أبحاثه كان دائمًا مسألة الإحراق (أو الإشعال) بالانعكاس (في المرايا) والانكسار (في العدسات). ويتضح موقف ابن سهل من عنوان كتابه ("كتاب الحرّاقات") ومقدّمته:

"وقد غَبرتُ دهرًا أبحث عن حقيقة ما يُنْحَل أصحابُ التعاليم من القدرة على إحراق جسم بضوءٍ على مسافة بعيدة، ويُضاف إلى أرشميدس من إحراقه سُفُنَ الأعداء بهذا الضرب من الحيل، حتى عرفت جملة الحال فيه، وتَعقَّبتُها بالتفصيل، فاسْتعنتُ عليه بما وجدتُه من كتب القدماء وانتزعت منها ما تضمَّنت منه، وهو وصف الإحراق بضوء الشمس المنعكس عن مرآة على مسافة قريبة، ونوع من الإحراق بضوء جسم قريب ينعكس عن مرآة. وواصلت النظر فيما لم يتضمن منه، حتى استخرجتُه وهو وصف الإحراق بضوء الشمس <الذي ينفذ في آلة وينعطف في الهواء>" [21].

فمن الواضح، والحالة هذه، أنّ مسعاه دارسة الإحراق فقط لا التكبير، فانحصر موضوعه في ذلك. ومهما يكن من الأمر فقد مهّد ابن سهل والعلماء السابقون الطريق للعالِم الذي افتتح عهد البصريات الحديثة.

2.1. فترة النضوج: ابن الهيثم وموسوعته

بلغت البصريات العربية أوجها مع العالم العراقي الموسوعي اللامع أبو علي الحسن بن الحسن ابن الهيثم البصري المصري (354هـ/965م-430هـ/1040م). ولد ونشأ في البصرة، ثم انتقل إلى مصر الفاطمية، في عهد الحاكم

بأمر الله الفاطمي (393هـ/996م-411هـ/1021م)، وفيها توفي. تأسست شهرة ابن الهيثم على إنجازاته في "العلوم الدقيقة" (كالفلك والرياضيات والفيزياء، وفي الفلسفة والطبّ) المستودعة في مؤلفاته العديدة [2]، إلاّ أنّ أهمّ أعماله هو كتابه الموسوعي الرائد في البصريات الموسوم بـ "المناظر" الذي ألّفه في القاهرة بين1011-1021. والذي ينبغي التنبيه عليه هو: إن كان هدف البصريات اليونانية تفسير الإبصار، لا فيزياء الضوء، وكان "الشعاع البصري" هو المسؤول عن الإبصار لا الضوء، قام ابن الهيثم بضربة عبقرية إذ وضع الضوء في وسط عملية الإبصار كعنصر فيزيائي الذي تنبني عليه البصريات. أمّا إنجازاته الأخرى فلا يتسع المجال لسردها [10].

وقد أطرى مؤرّخو العلوم في فضله، ولعلّ أفصح شاهد على مكانته التاريخية ما قال عنه الرياضي الأمريكي جون د. سميث John Smith: "إنّ إنجازات العالم العربي الهيثم [!] في العلوم التجريبية والنظرية تجعله شخصية من القرنين السادس عشر والسابع عشر بقدر ما تجعله شخصية زمنه، القرنين العاشر والحادي عشر" [29]. هذا ولم يبخل في تبجيله، وبدقة وإنصاف، عالمنا الكبير مصطفى نظيف في ختم دراسته المستفيضة التي نشرها سنة 1361هـ/1942م، والتي تعتبر إلى يومنا هذا أحسن دراسة عن ابن الهيثم بأي لغة كانت [5].

إن لم يكن لكتاب المناظر إلاّ تأثير محدود في وطنه وعصره، كما نلاحظه من قلّة المخطوطات المحفوظة [14]، وظلّ ابن الهيثم كالغريب بين معاصريه، فقد أعيد اكتشافه مرارًا، بترجمة كتابه إلى اللاتينية في القرن 13م، ثمّ إلى اللغة الإيطالية القديمة في القرن 14م، ثم نشْره مرّة أخرى في القرن 16 بعنوان Opticae Thesaurus [15] "ذخيرة البصريات". وقد أثّرت هذه الترجمات في أوساط علماء أكسفورد، أمثال جروسيتيت Grosseteste وَبيكون Bacon وَبيكهام Peckham، تأثيرًا عظيمًا، كما أنها انتشرت في إيطاليا حيث كان لها أثر بليغ في أوساط علماء وفنّاني عصر النهضة. فاقتحمت شهرته آفاق الغرب وأصبح اسم Alhacen و Alhazen عندهم نارًا على علم و أصبح كتاب "المناظر" نبراسًا ما فتئ يُستضاء به في علم البصريات حتى القرن17. والحقّ أنّ تأثير ابن الهيثم امتدّ من العلوم الطبيعية إلى الأدب والفن. كما أنّ إنجازاته العلمية [2][10] ونفوذه العميق في الثقافة الأوروبية يفسّر لنا كذلك ما نُسب إليه من اختراع العدسات المكبّرة، أو توسّطه في اختراع حجر القراءة، حيث يكون له حتمًا الفضل في تطوير عدسات النظارات، أو على الأقل في إلهامه آخرين للقيام بذلك الإنجاز. وقد بيّنّا في القسم الثاني من هذا المقال ما في هذه الادّعاءات غير الموثّقة من التعسف المضرّ [3].

1.2.1. ابن الهيثم و روجر بيكون

وكان من بين هؤلاء المتأثرين به الراهب الفرنسيسكاني الإنجليزي روجر بيكون Roger Bacon (1214-1294)، وهو من أبرز علماء العصور الوسطى وأكثرهم شهرة، فنُسبت إليه اختراعات كثيرة، منها النظارات، غير أنها قصة كذّبها المؤرخ الأمريكي روزين Rosen. لكن من المحقّق أنّ حوالي عام 1265م وصف بيكون بكل وضوح استخدام عدسة مكبّرة للمساعدة على القراءة (خاصّة للمسنين) والعمل الدقيق، إذ قال:

"إذا نظر شخص إلى الحروف والأشياء الدقيقة الأخرى من خلال البلور أو الزجاج أو بعض الأجسام الشفافة الأخرى الموضوعة فوق الحروف، وإذا كان حجم البلور أو الزجاج أقل من نصف كرة، مع تحدّبه تجاه العين، والعين موجودة في الهواء، تظهر الحروف أوضح بكثير وبصورة مكبَّرة ... وبالتالي، فإنّ هذه الأداة مفيدة للمسنين وذوي العيون الضعيفة، لأنها تمنح الحروف مهما كانت صغيرة تكبيرًا كافيًا لرؤيتها" [17].

وكلام بيكون هذا البالغ الأهمية -والذي لا ندري أهو يصف تجربة حقيقية أم هو مجرد اعتبار نظري، والذي لا نجد ما يضاهيه عند الفيزيائيين المسلمين- نوّه به روزين أيّما تنويه إذ قال: "لم يقتصر [بيكون] على وصف عجوز يعاني من محنة قصو النظر، بل فكّر في مساعدته، وعلى حد علمي، كان أول من عبّر عن هذه الفكرة على الورق" [25].

ومن جهة أخرى كان ابن الهيثم يدرك تكبير الماء للأشياء الغائصة فيه، وتكبير العدسات لما يُرى من وراءها، تمام الإدراك، ويذكر منها عمومًا "الأجسام المُشِفّة"، وبالتحديد الزجاج الشفّاف الجيد والبلّور و"الأحجار [الكريمة] أو "الأحجار المشفّة"، إذ أنه أشار غير مرّة إلى ذلك.

فهل ألهمَت كلمات ابن الهيثم تعليقات بيكون حول العدسات المكبّرة؟ وإذا كان الأمر هكذا فكيف يُفسَّر أنّ ابن الهيثم عجز عن إدراك ما أدركه بيكون؟ هذا ما يمكن أن نسمّيه لغز ابن الهيثم الذي سنحاول فكّه.

يقول ابن الهيثم: "إنّ الذي يغلط فيه البصر دائمًا مما يدركه من وراء الأجسام المشفّة المخالفة الشفيف لشفيف الهواء من بُعد أوضاع هذه المُبصَرات وأبعادها وألوانها وأضواءها هو إعظام هذه المبصرات وأشكال بعضها. وذلك أنّ ما يُرى في الماء ومن وراء الزجاج والأحجار المشفّة يُرى أعظم مما هو" [1].

2.2.1. محاولة فكّ "لغز" ابن الهيثم

1) يتضح من كلام ابن الهيثم أنه كان عُرضة لتثبيط معرفي، إذ يعتبر تكبير المبصَرات المرئية من وراء الأجسام المشفّة من أغلاط البصر بالانكسار. وقد خصص الفصل السابع من المقالة السابعة لـ "الأغلاط البصرية التي تعرض من أجل الانعطاف" [1]. ومصطفى نظيف أول من نبّه على ذلك إذ قال: "لم يتوسع ابن الهيثم كثيرًا في بحوثه عن الخيالات التي ترى بالانعطاف عند السطوح الكرية ..." [9] [11]
2) يخالف ابن الهيثم مبدأه القائل: "إذا كان هدف العالِم هو تعلّم الحقيقة، فلا بد له أن يجعل نفسه عدوًا لكل ما يقرأه" (نقلًا عن ابن أبي أصيبعة "عيون الأنباء في طبقات الأطباء"). لكنه سلّم برأي سائد في وقته دون الاعتماد على التحرّي والاختبار. لكنّ الواضح أنّ التكبير لم يكن مطلبه ولا في حوزة أفكاره ومفاهيمه.
3) إنّ ابن الهيثم، على إلمامه بتشريح العين، كان يظنّ خطأً -كما ظنّ جالينوس قبله- أنّ عدسة العين (المادّة الجليدية آنذاك) هي التي تتلقّى المعلومات الضوئية المرسلة إلى الدماغ عن طريق العصب البصري لإنشاء الإدراك البصري. فلو أدرك أنّ الشبكيّة هي العضو الذي تقع عليه تلك المعلومات، عساه أن يتضح له ارتباط العدسة الفسيولوجية بالعدسة المعدنية وتشابه شكلهما وظيفتهما. لذلك على الرغم من إلمامه بعناصر الإبصار بقيت مسألة التكبير خارجة عن فهمه لعجزه عن التصور أنّ مسألة فيزيولوجية طبّيّة في داخل العين قد يكون لها حلّ فيزيائي خارج عن العين (انظر أدناه).

لعلّ هذه الملاحظات، كما أظنّ، مفتاح لفهم زهد ابن الهيثم عن الاشتغال بتلك "الخيالات"(أي الصور) التي تُرى خلف العدسات. والملاحظ أنّ التعبيرات "خلف أو وراء، أو من خلال الزجاج والأحجار الشفافة" يستخدمها جميع العلماء الذين ذكروا عدسات البلور لخصائصها البصرية، وهذا يدلّ على أنّ هذه العدسات كان لها تقليد طويل قبل وحتى بعد ظهور النظارات في بلاد الإسلام حوالي عام 1355م (انظر أدناه). وهذا، مع كل الاحترام، عكس ما ذهب إليه مصطفى نظيف من أنّ "العدسات لم يكن أمرها معروفا في عصر ابن الهيثم" [11]. إنّ عدم استعداد ابن الهيثم الواضح في الخوض في ظواهر بصرية غير مألوفة كالتي تُرى خلف العدسات، كما عبَّر عنها تعبيرًا صريحًا، وَجلب له انتقادات لاذعة وغير منصفة من روزين [25]، على الرغم من أنه ليس هو المسؤول عن ذلك حقًا، بل عقلية القرون الوسطى التي توسعت سلطتها إلى العلوم في ذلك الزمن. هذا، بالمناسبة، هو رأي فاسكو رونكي Vasco Ronchi، الذي تحدث حتى عن مؤامرة الصمت على العدسات [24] التي استمرت في الدوائر الغربية حتى عصر النهضة، ممّا أعاق التطور المبكّر للتلسكوب. إن الرأي القائل بأنّ العدسات تنتج أوهامًا وأنها لا يوثق بها لم يكن مقصورًا على ابن الهيثم، بل كان سائدًا فترة طويلة حتى بعد ظهور النظارات في أوروبا في العصور الوسطى:

"/.../ على الرغم من أنّ النظارات كانت شائعة الاستخدام نسبيًا خلال القرون التالية [أي بعد القرن 13م]، لا يرد ذكر هذه الوسائل المساعدة للرؤية في المجالات العلمية حتى القرن السادس عشر. ويبدو أنّ السبب الرئيسي لهذا

الصمت هو إدانة استخدامها على أسس نظرية. نظرًا لأن العدسات تشوّه مظهر الأشياء، فيمكن اعتبارها تحدث الأوهام. وهذا يعني أنّ استخدام النظارات لا يمكن أن يؤدي إلاّ إلى الخَدع" [12].

ولعلّ هذه النتيجة المُخلِفة للظنون لا تتسع للإقناع وتستدعي السؤال إلى أي مدى كان المحيط الفكري هو سبب من أسباب عجز ابن الهيثم (وأتباعه) عن تصوّر العدسات كآلات مكبّرة. وبالفعل نلاحظ هذا التحيز عند المتكلّمين الذين يشترطون أن تكون الحواس سليمة لخدمة الأحكام السليمة، فمن منهجيتهم تحديد العوامل التي قد تعيق الإدراك الحسي السليم كالبصر والسمع، فيعتبرون النظر من خلال العدسة سببًا من أسباب الغلط. وكان أبو حامد محمد الغزالي، وهو من أكثر العلماء أثرًا في التاريخ الفكري الإسلامي (1055 أو 1056م-1111م)، أول متكلّم عثرنا عليه أعلن أن ما يُرى خلف عدسة غلط بصري. ففي الفصل الخاص بالإدراك من كتابه في المنطق، أدلى بهذا البيان الكاشِف:

"وأسباب الغلط في الإبصار الذي على الاستقامة ثمانية، والإبصار الذي بالانعكاس كما في المرآة، والذي بالانعطاف كما يرى ما وراء البلور والزجاج تتضاعف فيه أسباب الغلط ومداخل الغلط في هذه الحالة على الخصوص لا يمكن استقصاؤه في مجلدات، ولا يمكن أن يجعل علاوة على هذه العجالة" [6].

إنّ النبرة الواقعية لهذه العبارة، التي تشير إلى معرفة بالعدسة البلورية والظاهرة المرتبطة بها، في زمن الغزالي، تدعم أيضًا فكرة عدم الثقة في كلّ ما يُرى خلف العدسة. كما عبّر عنها صراحة ابن الهيثم، ومن المرجّح أنّ هذا الرأي كان منتشرًا في أوساط المتكلّمين قبل الغزالي.

وخلاصة القول: إذا كان لابن الهيثم بلا شك دور فعال في وضع البصريات على طريق الحداثة، بالنظر إلى هذا التثبيط المعرفي، لم يكن بوسعه أن يعتبر العدسات كأدوات مساعدة على الرؤية، وبالتالي لا يمكن أن يكون هو العقل المدبّر وراء ذلك الاكتشاف. فلذلك، أيّ ادعاء بأنّ ابن الهيثم صاحب الفكرة الرائدة لاستخدام عدسة بصرية كأداة مساعدة للرؤية، على خلابتها وإغرائها، وتفهّمنا لها، يجب إقصاؤها من البحث الرصين، لأنها فكرة غريبة عن ذلك العالم الفذ وعن همّه الأعلى وهو إصلاح علم البصريات.

3.2.1. "أغنية البجعة": كمال الدين الفارسي وإرث ابن الهيثم

بعدما وقفنا على الأسباب الممكنة لفهم موقف ابن الهيثم من الرؤية بالانكسار، وأنه نشأ فعلًا في بيئة شجّعته على ذلك، فإنّ الحجج التي وجدناها تشير بوضوح إلى أنّ عدسات البلور تبدو شيئًا مألوفًا عند العلماء، ومن جملتهم كمال الدين أبو الحسن بن علي الفارسي (634هـ/1236م-710هـ/1311م) [22]، أول شارح بارز لكتاب ابن الهيثم وخلفه المتميز في متابعة دراسة البصريات. ففي تقريره عن ظروف تأليف كتابه الموسوم "تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر"، يقدّم لنا الفارسي ملاحظة مثيرة للاهتمام لما يبدو عليه من الاهتمام بالصور الغريبة التي تُرى خلف العدسات كموضوع للبصريات، ولكن دون استخلاص أي عواقب عملية أو منفعة، لأنه من الأرجح أنّه كان لديه نفس التثبيط الذي عانى منه سلفه اللامع.

"ثم إني كنت برهة من الزمان مهتم النظر بتحقيق أمر المناظر، مشغوفًا بتبيين كيفية إدراك البصر للصور وخصوصًا بالانعطاف لمّا كنت أرى المبصَرات في الماء ومن وراء البلور على أشكال عجيبة تخالف مرآها بالاستقامة في الهواء، وقصور كتاب المناظر لأوقليدس عن بغيتي" [7].

ويصف لنا الفارسي تجربة مثيرة للاهتمام، يتناول فيها النظر من خلال كرة من البلور إلى نقطة مرسومة على جزازة من الورق لمتابعة حركتها بحسب تحريكه لكرة البلور:[31]

"/.../ فإنّ المعتبر [أي المختبر] إذا عمد إلى كرة بلور نقي ورسم نقطة مقتدرة الحجم على جزازة من القرطاس أبيض بلون مشرق ثم يلصق القرطاس بالكرة ثم يقابل بالكرة ضوءا يصل إلى النقطة ويتأملها حتى يدركها من وسط القطعة المقابلة فإذا أدركها حرك الكرة يمنة أو يسرة أو علوا أو سفلا برفق فيرى النقطة متحركة بحسب ذلك /.../"

من الجليّ أنّ هذه التجربة البصرية لا صلة لها بإثبات التكبير (لتسهيل القراءة)، وإن كانت عناصره متوفّرة. وليس لدينا، حتى الآن، أي دليل على أنّ الفارسي استخدم هذه الآلة أو آلة مشابهة لمساعدة العين. ويبدو لنا أنّ الفارسي كان قريبًا جدًّا من إدراك الفائدة العملية التي كان بإمكانه استخلاصها، إلاّ أنّ المسألة المطروحة أمامه غير ذات الصلة أثنته عن إدراك ذلك المطلب البعيد.

2. خلاصة مؤقتة

لقد انطلقنا في بحثنا من الافتراض أنّ علم البصريات، لصلته بموضوعنا، حريّ بأن تتمخض عن مصادره (التي لم نتناول منها إلى الآن إلاّ نزرًا قليلًا) ما يدلّ على دراسة للآلات المساعدة على الرؤية والقراءة. ولكن على الرغم من أنّ البصريات العربية توفّر لنا مشاهد رائعة حول تطوّرات هذا الحقل المعرفي، لم نعثر فيه إلى الآن على ذكر مثل هذه الآلات. بل وجدنا بالعكس أنّ كل الفيزيائيين الذين تعرّفنا عليهم كانوا على قاب قوسين من هذا الإنجاز، ولكنهم وقفوا عند هذا الحدّ. ومع ذلك ليس هذا نهاية المطاف، إذ لا يمكن استبعاد وجود بعض الأدلة في مصادر لم ننظر فيها أو لا نعرفها بعد.

(للبحث صلة)

نُشر الجزء الأول من المقال في مجلة بشائر العلوم، العدد 7، جويلية 2023.
https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n7/article7-6.pdf
نُشر الجزء الثاني من المقال في مجلة بشائر العلوم، العدد 8، أكتوبر 2023.
https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n8/article8-6.pdf

المراجع

[1] ابن الهيثم، الحسن، كتاب المناظر، مخطوط، إستانبول، مجموعة فاضل أحمد 952، 83 و.
https://archive.org/details/M-00080/FAZILAHMEDPS952/page/n3/mode/2up?view=theater
[2] بصمه جي، سائر، الحسن بن الهيثم، دليل ببليوجرافي (رسائل وبحوث)، معهد المخطوطات العربية، القاهرة، 2020.
[3] بن فغول، فريد، من خلال عدسة الإسلام: تاريخ ما قبل اكتشاف النظارات، على ضوء المصادر العربية (2)، مجلة بشائر العلوم، المدرسة العليا للأساتذة، القبة، العدد 8، أكتوبر 2022.
https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n8/article8-6.pdf
[4] راشد، رشدي، علم الهندسة والمناظر في القرن الرابع الهجري / ابن سهل، القوهي، ابن الهيثم، بيروت، ط. 2، 2001.
[5] سعد الله، أبو بكر خالد، مصطفى نظيف (1893-1971) المعجب بابن الهيثم.
https://sites.google.com/site/sadallahtribune/-3-4
[6] الغزالي، أبو حامد محمد، محك النظر (في فنّ المنطق)، تحقيق رفيق العجم، بيروت، 1994.
[7] الفارسي، كمال الدين الحسن بن علي بن الحسن، تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر. حيدر آباد 1347هـ/ 1930م، ج. 1.

[8] الفارسي، كمال الدين الحسن بن علي بن الحسن، تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر. حيدر آباد 1348هـ/ 1930م، ج. 2.

[9] قاري، لطف الله، نشأة النظارات الطبية بين الشرق والغرب، الفيصل العلمية، المجلد 1، العدد 2 (2003/1414)، 4-13.

[10] قاري، لطف الله، الإنجازات العلمية للعرب والمسلمين في القرون المتأخرة، بيروت، 2006.

[11] نظيف، مصطفى، الحسن بن الهيثم، بحوثه وكشوفه البصرية، جزءان، القاهرة، 1361هـ/1942م.

[12] Coren, Stanley, Sensation and Perception, Handbook of Psychology, 2nd ed. by Irving B. Weiner, 2013, 100-128.
[13] Fazlıoğlu, İhsan, İlm-i menâzir (Optik): Osmanlılar'da ilm-i menâzir", T.C. Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi, XXII, İstanbul, 2000.
[14] Hogendijk, Jan P., The works of Ibn al-Haytham (ca. 965-1041) https://www.jphogendijk.nl/ih/ibnalhaytham.html
[15] Ibn al-Haytham, Opticae thesaurus. Alhazeni Arabis libri septem, nunc primum editi Friedrich Risner, Basel, 1572.
[16] Kheirandish, Elaheh, Optics in the Islamic World, Encyclopedia of the History of Science, Technology and Medicine in Non-Western Cultures, 3rd ed., by Helaine Selin (Dordrecht, 2016), 3447-3453.
[17] Lindberg, D. C., The Western Reception of Arabic Optics, in Rashed, ed., Encyclopedia of the History of Arabic Science, 2, Routledge, London, 1996.
[18] Meiron, Eyal Mathematical and Physical Optics in Medieval Jewish Scientific Thought, in Gad Freudenthal, ed., Science in Medieval Jewish Cultures, Cambridge, 2011.
[19] Rashed, Roshdi, A Pioneer in Anaclastics: Ibn Sahl on Burning Mirrors and Lenses, Isis 81 (1990): 464–91.
[20] Rashed, Roshdi, Geometrical Optics, in: R. Rashed, ed., Encyclopedia of the History of Arabic Science, 2, Routledge, London, 1996.
[21] Rashed ،Roshdi, Geometry and Dioptrics in Classical Islam, London 1426/2005, 77.
[22] Rashed, Roshdi, Kamāladdīn al-Fārisī, in: Dictionary of Scientific Biography 7, 212-219.
[23] Rashed ،Roshdi, Mathématiques et optique, Paris, 2023.
[24] Ronchi, Vasco, Optics: The Science of Vision, trans. Edward Rosen, New York, 1991.
[25] Rosen, Edward, Did Roger Bacon Invent Eyeglasses? Archives internationales d'histoire des sciences 7 (1954) 3–15.
[26] Rosenfeld, B. A, Ihsanoglu, Ekmeleddin, Mathematicians, Astronomers, and Other Scholars of Islamic Civilization and Their Works (7th-19th c.), Istanbul, 2003.
[27] Sabra, A. I., in Dictionary of Scientific Biography 6 (1972) pp. 189-210 (online version, plus update).
[28] Schmitz, E.-H., Die Sehhilfe im Wandel der Jahrhunderte, Stuttgart, 1961.
[29] Smith, John D., The Remarkable Ibn al-Haytham, The Mathematical Gazette, Vol. 76, No. 475, The Use of the History of Mathematics in the Teaching of Mathematics (Mar., 1992), pp. 189-198.
[31] Wiedemann, E., Über das Sehen durch eine Kugel bei den Arabern, Annalen der Physik und Chemie 275 (1890) 565-576.