

Dirassat & Abhath
The Arabic Journal of Human
and Social Sciences



مجلة دراسات وأبحاث
المجلة العربية في العلوم الإنسانية
والاجتماعية

EISSN: 2253-0363
ISSN : 1112-9751

الإبداع العلمي في البصريات عند ابن الهيثم بين النظر والعمل Optics scientific creativity of Ibn Al-Haitham between theory and practice

عبد العزيز خيرة ABDELAZIZ KHEIRA

أستاذة محاضرة قسم أ، جامعة الشلف، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، قسم العلوم الاجتماعية
University of Chlef, Faculty of Humanities and Social Sciences, Departement of Social Sciences
k.abdelaziz@univ-chlef-dz

تاريخ القبول : 2022-12-28

تاريخ الاستلام: 2022-09-15

ملخص:

إنَّ الهدف من هذا البحث هو الكشف عن الجوانب الإبداعية في علم البصريات عند "ابن الهيثم" الذي استطاع الارتقاء بهذا العلم من مجرد دراسات فلسفية ميتافيزيقية إلى دراسة علمية تستند على منهج علمي قوامه الاستنباط والاستقراء في مزاجية بين النظر والعمل، مما أتاح معرفة الكثير من أسرار الضوء في تلك المرحلة ، وعليه يمكن التوصل إلى نتيجة هامة وهي محاولة تثمين وتبيان قيمة نظرية الضوء عند "ابن الهيثم" التي أصبحت مرجعية علمية أسهمت مبدئيا في التأسيس لعلم الضوء الذي تطور لاحقا عند الغرب.

الكلمات المفتاحية: الإبداع، البصريات، المنهج الاستنباطي، المنهج الاستقرائي، التراث العلمي.

Abstract:

The current research aims at figuring out the Optics creative aspects of the "Ibn Al-Haitham", who succeeded in evolving this science and advancing it from a purely philosophical and metaphysical concepts into scientific study founded on a scientific approach leaning on the deductions and deductions in a combination of theory and practice. Hence, this revealed lot of light secrets at that stage, and therefore, we can reach the following significant conclusion: light theory value of "Ibn Al Haitham", which turned into a scientific reference that principally participated at the foundation of light science that was later evolved by the western reserchers.

Key words: Creativity, Optics, deductive approach, inductive approach, scientific patrimony.

غريبة عن الإغريق لطغيان التفكير النظري التجريدي في مقارنة القضايا المعرفية عامة.

مقدمة:

وفي هذا السياق نحاول البحث عن مستوى التجاوز الذي أحدثه نمط التفكير العلمي عند المسلمين، وذلك بالبحث في نموذج من نماذج العلوم العربية الذي أحدث ثورة على مستوى الموضوع والمنهج وهو علم البصريات من خلال جهود "ابن الهيثم" (965-1040م)، الذي اهتم بالبحث في مجال الضوء وكيفية الإبصار، وربط ذلك بعلوم أخرى كالرياضيات والفيزياء، ممّا يدفعنا إلى التساؤل حول ما هي إنجازات ابن الهيثم في هذا المجال؟ وما هو المنهج الذي اعتمده في هذه البحوث العلمية؟ وهل يمكن القول أنّ ابن الهيثم حقّق علامة فارقة في بحوث البصريات مقارنة بسابقيه؟ وهل استطاع تجاوز التصورات الميتافيزيقية في تفسير ظاهرة الرؤية وعلاقتها بالضوء؟ إلى أي حدّ استطاع التوفيق بين تصوراته النظرية في البصريات وإنجازاته العملية؟

إنّ الدّارس لتاريخ التراث العلمي إبان الحضارة العربية الإسلامية يكتشف مدى غزارة هذا الإنتاج في جميع الميادين سواء ما تعلق بعلم الطبيعية أو بالدراسات الإنسانية، إذ لم يكتف علماء الإسلام بالنقل والترجمة لتراث الشرق واليونان بل أمعنوا فيه النّظر، وقاموا بتنقيحه وإعادة قراءته، حيث استخدموه كأرضية بحث انطلقوا منها، وذلك بتسليط آلية النقد للأسس الإبستمولوجية التي تأسست عليها علوم وبحوث فلاسفة وعلماء اليونان في الفلك والفيزياء والبصريات وغيرها، من أمثال "أرسطو" (ت 322ق.م) و"جالينوس" (ت 216م) و"بطليموس" (ت 170م) ...، وإن كان هؤلاء قد قاموا بدور كبير ومهم في وضع النظريات وتنظيمها وتعميمها، إلّا أنّ طريقة البحث العلمي والمنهجية الاستقرائية كانت نوعاً ما

وأيضاً تطور هذا العلم عند علماء الغرب حديثاً ومعاصراً محققاً تطوراً مذهلاً نظرياً ورياضياً وتقنياً، حيث بقي المنهج الرياضي ملازماً لبحوث الضوء، بالرغم من أنه أحد فروع الفيزياء، أو ما يسمى بالبصريات الفيزيائية.

وبقي التحليل الهندسي والتفسير الكمي لغة تعبير عن قضايا المعقولة والمجردة بواسطة منهج الطبيعة الرياضية الذي يمزج بين ما هو رياضي وتجريبي "فهو رياضي من حيث أنه يستبدل بالواقعة المشاهدة واقعة ذات صورة رياضية ويدخل هذه الواقعة في صيغة رياضية هي الدالة، وهو تجريبي من حيث إنه يبدأ بمشاهدة أمر ما، أي بادراك حسي تدخل فيه الذهن على نطاق واسع حقاً، ولكنه إدراك حسي على أية حال"²، وهذا ما يميز علم البصريات في مزواجه بين الدراسة الرياضية والتجريبية من أجل توخي الموضوعية واليقين في صياغة معارفها وتصوراتها بتكميم نتائجها، وتمثيل ظواهرها تمثيلاً عقلياً هندسياً.

2-1 علاقة الضوء بالرؤية عند فلاسفة اليونان:

لقد اهتم فلاسفة اليونان وعلماءها بعلم البصريات، وذلك من خلال إثارة إشكالية دراسة كيفية الرؤية وعلاقتها بانعكاس وانكسار الضوء، مما نتج عن ذلك نظريات مختلفة في مجال علم البصريات والتي تتمحور في معظمها حول "البحث في العلاقة بين الفاعل والمنفعل وكيفية تحقيق التوافق بينهما"³

ولعل أول محاولة كانت مع المدرسة الفيثاغورية التي حاولت إعطاء تفسير لكيفية حدوث الرؤية من خلال تصور "فيثاغورس" (ت 495 ق.م) الذي اعتقد بأن الضوء يخرج ذرات أو دقائق تُبعث من البصر أي الجسم المراد إبصاره، فإذا وردت إلى البصر حدث عن وقوعها على الإبصار وبالتالي يحدث الضوء"⁴.

أما أفلاطون (427- 347 ق.م) فنجد في محاوره "طيماوس" يفسر عملية الرؤية بتطابق البصر والمُبصر وذلك بخروج شعاع من العين مجانس للشعاع الصادر من الجسم المُبصر، ويتم هذا خارج العين أي التقاء المماثل بالمماثل⁵، ونظراً لهذا التجانس فالشعاع الصادر من العين يشبه العضو الحاس الذي يتجاوز

يهدف هذا البحث إلى الوقوف على الإنجازات العلمية إبان الحضارة العربية الإسلامية، وذلك باستدعاء نموذج علمي ناجح يتمثل في الكشوفات العلمية في علم البصريات "لابن الهيثم" وتبيان المنهجية العلمية التي مكنته من الإبداع في هذا المجال نظرياً وعملياً.

وقد حاولنا في هذا البحث إتباع منهجية خاصة بالتعرض بداية للنظريات السابقة في مجال علم البصريات عند اليونان ثم عند المسلمين، والتركيز على اكتشافات ابن الهيثم وإبداعاته في نظرية الضوء.

وانطلاقاً من ذلك سنتعرض للتصورات السابقة في مجال علم البصريات عند اليونان لأن أي إنتاج جديد لا يمكن فصله عن جذوره الفكرية والعلمية للكشف عن مستويات الإبداع والتجديد في النموذج الجديد.

1- علم البصريات عند اليونان:

1-1 التعريف بعلم البصريات:

يعد علم البصريات Optique فرع من العلوم الفيزيائية موضوع بحثه هو دراسة الضوء وخواصه وظواهره وتطبيقاته، وقيمة هذا العلم تبرز من خلال علاقته الوثيقة بعلوم أخرى كعلم الفلك والطب والميكانيك، لأن تطورها مرهون بتطوره، كما سُمي أيضاً بعلم المناظر نسبة إلى النظر وتداول هذه التسمية خاصة مع مفكري الإسلام، إذ يعرفه "التهنأوي" بأنه "علم نتعرف منه أحوال المبصرات في كميتها وكيفيةها، باعتبار قربها وبعدها عن المناظر واختلاف أشكالها وأوضاعها وما يتوسط بين المناظر والمبصرات وعلل ذلك ومنفعته معرفة ما يُغلط فيه عن أحوال المبصرات ويستعان به على مساحة الأجرام البعيدة والمرايا المحرقة"¹.

والبحث في البصريات أو المناظر هو بحث قديم كون أن الضوء كظاهرة حيوية كان محل اهتمام القدماء من فلاسفة وعلماء لما له من جاذبية وإثارة لإدراكه المباشر في الطبيعة. وبذلك فقد وردت تفسيرات عدة لهذه الظاهرة ضمن نظريات فلسفية عامة اعتنت بالبحث في ظاهرة الإبصار خاصة كما هو الحال عند علماء اليونان خاصة.

وتطور البحث في البصريات تدريجياً إلى تناول خصائص ظاهرة الضوء في ذاتها بمعزل عن الرؤية خاصة عند علماء المسلمين أمثال "ابن الهيثم" الذي هو موضوع بحثنا هذا

لانعكاس الضوء كالتقازيح"¹¹ التي هي مجرد انعكاس للشعاع الذي يصدر من العين على الغيوم، وهذا ما يبتعد عن التحقق التجريبي لاستناده "إلى الصناعة الرياضية في الفيزياء وجعل البصريات علما خاضعا لعلم الهندسة"¹²، نتيجة اعتماد "أرسطو" على ملاحظات عامة من خلال تركيزه على إدراك الكليات وإهمال الجزئيات لأهمية ومنزلة الكلي في نسقه .

وهكذا بالنسبة لنظريات الضوء عند اليونان وتفسيرها لكيفية الرؤية يبقى مرتبط بالتحليل الهندسي من خلال نظريتي إقليدس وبطليموس، حيث يعتبر إقليدس أن الإبصار "يكون بشعاع مصدره العين وهو آلة الإبصار وهو يمتد حسب خطوط مستقيمة وما يُبصر هو ما يقع تحت المخروط الشعاعي تكون المبصرات عظيمة والعكس بالعكس ... وما أبصر من زاوية متساوية ظهر متساويا، وإذا اختلفت جهات الشعاعات علواً وسفلا ويمينا وشمالا رُؤيت المبصرات مختلفة الجهات بحسب ذلك، وما يقع عليه أكثر فهو أصدق رؤية مما يقع عليه الشعاع أقل"¹³، أما بطليموس فقد اتفق مع إقليدس على هذا التصور إلا أنه أضاف في بحوثه حول الإبصار أهمية اللون في رؤية الأشياء .

وعلى هذا الأساس فإن هذه الدراسات في مستوى نظريات الضوء لم ترق إلى البحث التجريبي الاستقرائي بل بقيت متأثرة بنمط التفكير الفلسفي اليوناني الذي طغى عليه الطابع العقلي التأملي والتحليل الهندسي، وأحيانا التفسير الأسطوري لبعض الظواهر الطبيعية، لكن وبالرغم من ذلك فإن لهذه الدراسات أهميتها كونها أصبحت مرجعية ونقطة ارتكاز لكثير من البحوث في مجال البصريات لاحقا بإعادة قراءتها ونقدها وخاصة من طرف علماء المسلمين.

2- علم البصريات عند علماء المسلمين:

حدود العين"، حيث أنّ هذا الشعاع الذي يبعثه البصر هو عبارة عن " نار إلهية أو ما يسميها هو القوة النورية فإذا خرجت النار الإلهية أو القوة النورية من البصر في ضوء النهار اتصلت بذلك النور الذي من نوعها"⁶، وهذا ما يضي الطابع الأسطوري والمثالي على تفسير أفلاطون وابتعد به عن الدراسة التجريبية للإبصار.

أما أرسطو (384- 322 ق.م) فيفسر عملية الإبصار في كتاب "النفس" بإرجاعها إلى "حركة المشف الذي ينتقل من القوة إلى الفعل فالمحسوس الذي يختص به الإبصار هو اللون، أما المعاني الأخرى مثل الشكل والبعد والعظم...فهي من المحسوسات المشتركة يفترض الإبصار في نظر "أرسطو" ثلاثة شروط : اللون والمجال والمشف والضوء"⁷، معنى ذلك أن العين تنفعل بظهور الألوان بسبب انتشار الضوء الذي يُحرّك المشف.

وبالتالي فاللون هو "غاية المشف المحدود"، وبما أنّ كل الأجسام تتضمن جانبا من الشفافية فإنّ ألوان الأجسام المختلفة راجعة إلى درجة شفافيةها"⁸، ومن هذا المنطلق فالضوء بالنسبة لأرسطو ليس ماديًا، وسبب الإبصار هو حركة المشف من القوة إلى الفعل وليس الشعاع الذي يخرج من العين بشكل مخروطي، إذ أنه لو كان كذلك لتمكنت العين من رؤية الأشياء في الظلام "فالرؤية انفعال وانفعال العين ناتج عن أنّها مكونة من عنصر مماثل للشفاف وهو الماء، فالمماثل يدرك المماثل"⁹.

بالإضافة إلى ذلك "فأرسطو" يعتبر أنّ الضوء ليس شعاعا وبالتالي "يكون قد أنكر أن يكون للضوء وجودا في ذاته، كما أنه لا يقبل الحركة ولا يكون شيئا يرد من البصر"¹⁰، فهو قد ميّز بين وجود الضوء ووجود اللون "الذي سيكون سبب التمييز بين الألوان ككيفيات جوهرية وبين الألوان كنتيجة

873م) الذي ارتبط باسمه "أربعة مؤلفات في علم المناظر والانعكاس، وثلاثة مؤلفات تعالج المرايا المحرقة وطرق إنشائها وثلاثة أخرى في علم المناظر الفيزيائي"¹⁷.

وبذلك تعتبر هذه المحاولات بمثابة الخطوات الأولى للبحث في البصرييات وانعكاس الضوء عند العرب، حيث توالى الكشوفات وتراكمت البحوث في هذا المجال، ممّا مهّد الطريق أمام "الحسن بن الهيثم" لتطوير علم المناظر الذي أخذ معه متجّاً جديداً خاصة على مستوى الموضوع والمنهج.

3- ابن الهيثم ومنهجه العلمي:

لقد استطاع علماء الحضارة العربية الإسلامية تجاوز نمط البحوث اليونانية في العلوم الطبيعية التي كان يطغى عليها الطابع الفلسفي والميتافيزيقي باعتماد المنهج العقلي الاستنباطي إلى اكتشاف المنهج العلمي " فقد عرفوا العناصر الأساسية لهذا المنهج وهي الاستقراء والتجربة والملاحظة وأورثوا الأجيال اللاحقة أصول البحث العلمي التي ثبت أنها أعظم ما وهبه العرب للفكر الحديث، فالحضارة العربية في عنفوانها بل حتى في فترات ضعفها، كانت مشرّبة بروح المنهج العلمي ... في بحوث علمائها وأطبائها وفلاسفتها ورجال الفكر فيها"¹⁸، ومن بين هؤلاء "الحسن بن الهيثم" الملقب ببطليموس الثاني الذي استطاع بعبقريته الجمع ما بين العقل التجريدي والعقل التجريبي في مزاجية قليل مثلاً.

وعلى هذا الأساس فإنّ المنهج الذي اعتمده "ابن الهيثم" في دراسته للعلوم بصورة عامة أساسه التحقق التجريبي وفقاً لخطوات مهمة وهي الاستقراء حيث يتم فيه الانتقال من دراسة الجزء إلى الكل، والقياس وينتقل فيه الحكم من عام إلى خاص، ونعني به "الاستنباط وهو محاولة استخلاص الحالات الفرعية الواحدة تلو الأخرى من الفكرة أو القاعدة العامة، وتعتبر المراقبة والمقارنة والمعاينة والتأمل من السبل التي كان يستعين بها ابن الهيثم في كل بحث غرضه الاستنباط

لقد شهدت حركة الترجمة والنقل منذ نهاية القرن الثاني الهجري حتى نهاية القرن الرابع، نشاطاً كبيراً إبان الخلافة العباسية، حيث اهتم المترجمون بنقل وترجمة التراث الفلسفي والعلمي الشرقي واليوناني خاصة إلى العربية وتكييفه بما يتناسب ومقتضيات الحضارة العربية الإسلامية كالعلوم المختلفة التي اعتبرها العرب ذات قيمة وفائدة كالفلك والكيمياء والطب والفيزياء وغيرها، ثم ألحقت الفلسفة بهذه العلوم.

وفي هذا الصدد لم يكتف المسلمون بمجرد النقل والترجمة الحرفية وحسب كما يردّد بعض المستشرقين بل أخضعوا هذا التراث للفحص والتمحيص إذ "ناقشوا مبادئ هذا العلم فطرحوا زائفه وأضافوا مبتكرات جديدة يمكن اعتبارها أساساً قوياً في دعم هذا العلم"¹⁴، ومن بين هذه العلوم التي اهتم بها العرب علم المناظر (البصرييات) التي اشتغل بها العلماء العرب الأوائل متأثرين بأقطاب الفكر الهلنستي أمثال "إقليدس" و"هيرون" و"بطليموس".

لذلك نرى أنّ علم المناظر تميز عن بقية قطاعات العلوم الرياضية العربية، كعلم الفلك مثلاً، لكونه لم يتلقّ أي إرث غير هلينستي، مهما كان ضئيلاً، من شأنه أن يؤثر ولو قليلاً في تطور هذا العلم، لكنّ هذه التبعية القوية لم تحلّ دون بروز مبكر نسبياً لبحث مبدع خلّاق¹⁵. حيث تمّ مراجعة كل البحوث في هذا الشأن، بمناقشتها ونقدها نقداً بناءً غايتها الكشف عن الحقيقة، وكانت المحاولات الأولى في هذا الاتجاه ترتبط بالقرن الثامن ميلادي" فقد كُتبت في البداية أعمال تتعلق بطب العيون حيث حرّز بعضها قبل ظهور أي إسهام في بقية فصول علم المناظر"¹⁶

ولعلّ أبرز من أسهم في هذه البحوث هما "قسطنطين لوقا" (ت 912م) مؤلف "كتاب في علل ما يعرض في المرايا المحرقة من اختلاف المناظر"، و"أبو إسحاق الكندي" (805م -

قوام منهجها ذات طبيعة دقيقة، فإنها حين تتكامل مع الخبرة المعتمدة على الاستقرار تشكّل بعداً يقترب بنتائجها من اليقين بدرجة عالية، أي لا يصبح اليقين متعديراً، ومن ثم لا يلتبس الحق²².

وهذا ما تنبه له في الاعتماد على العلوم التعليمية في بحوث الضوء بتطبيق الهندسة في دراسة الظواهر وتكميمها رياضياً كونه أن الصورة الحسية من منظوره يمكن تحليلها هندسياً إذ يرى مثلاً بأنّ الشعاع "هو الضوء الممتد من الجسم المضيء في الجسم المشفّ على سُموت خطوط مستقيمة والخطوط المستقيمة التي يمتد عليها الضوء هي خطوط متوهمة لا محسوسة، والخطوط المتوهمة مع الضوء الممتد عليها بمجموعها هو الذي يسمى الشعاع، فالشعاع هو صورة جوهرية ممتدة على خطوط مستقيمة"²³.

وانطلاقاً من ذلك فالتجربة عاجزة عن إدراك مثل هذه المفاهيم والتصورات، لذا "فابن الهيثم" اهتم بالتفسير العقلي القائم على النظر والقياس حيث بعد "أن يُثبت المبادئ الأولية بالاعتبار، يتخذ تلك المبادئ قضايا يستنبط منها بالقياس النتائج التي تفضي إليها، ويشرح على هذا النمط كثير من الظواهر الهامة في الضوء"²⁴. كتفسير ظاهرة انعكاس وانعطاف الضوء وتحديد زوايا السقوط والانعطاف حسب طبيعة السطوح العاكسة، وانتشار الضوء في سموت مستقيمة، واستنتاج القوانين العامة للمرايا والعدسات وما إلى ذلك ومقاربة وتمثيل ذلك برسومات تخطيطية عن طريق البرهان الهندسي، وهذا ما يدخل في نطاق البصريات الهندسية.

ب- الجانب العملي الاستقرائي: لقد اعتمد ابن الهيثم على المنهج التجريبي بخطواته المعروفة من ملاحظة وتجربة التي سماها "بالاعتبار" والفرض، مؤكداً على دور التحقق التجريبي من خلال التجارب المختبرية واستعمال الآلات التي من صنعها كالغرفة المظلمة كما سنرى لاحقاً في تفسير الرؤية، وكذلك آلة الانعكاس والانعطاف بهدف الوصول لقوانين تفسر هذه

والوصول إلى النتائج الصحيحة والصائبة¹⁹، وبذلك فلقد تميّز "ابن الهيثم" بعقلانية تركيبية أساسها التجربة التي من منظوره هي جمع بين الحسّ والعقل، وهو ما يُطلق عليه بمصطلح "الاعتبار" الذي يعطي للمعرفة مشروعيتها والاعتبار يجمع ما بين المحسوس والقياس، وينظّم المعطيات المتفرقة للتجربة الحسية²⁰.

والغاية من ذلك هي تحري الدقة والموضوعية في البحث العلمي، وهذا دليل على الروح العلمية التي تميز بها، وذلك بتفسير الظواهر الطبيعية انطلاقاً من عللها وأسبابها الوضعية.

4- البصريات عند ابن الهيثم: تساوق بين العقل والتجربة

لقد أدرج "ابن الهيثم" علم المناظر في تصنيفه للعلوم ضمن العلوم التعليمية، والعلوم الطبيعية، وهذا لأنّ "الكلام في ماهية الضوء من العلوم الطبيعية، والكلام في كيفية إشراق الضوء محتاج إلى العلوم التعليمية من أجل الخطوط التي تمتد عليها الأضواء، وكذلك الكلام في ماهية الشعاع هو من العلوم الطبيعية، والكلام في شكله وهيئته وهو من العلوم التعليمية... فالكلام في الضوء وفي الشعاع وفي الشّفيف يجب أن يكون مركّباً من العلوم الطبيعية والعلوم التعليمية"²¹.

وانطلاقاً من هذا الطرح ندرك أنّ "ابن الهيثم" قد تجاوز التفسيرات الأنطولوجية والميتافيزيقية التأملية سواء في بحث كيفية الإبصار وما تعلق به من خصائص أو في دراسة نظرية الضوء كما كان شائعاً عند فلاسفة اليونان "كأرسطو" مثلاً أو بعض من علماء الإسلام، مبتعداً عن استعمال بعض المفاهيم الأنطولوجية "كالوجود بالقوة" والوجود بالفعل"، متجهاً إلى اعتماد منهجية علمية نظر فيها لبحوث البصريات من جانبين:

أ- الجانب النظري الرياضي: يعدّ "ابن الهيثم" من أبرز العلماء الذين اهتموا بالرياضيات "التي يمثل الاستنباط

إنّ هذه التفسيرات تركز بالأساس على الفهم اليوناني للرؤية وعلاقتها بالمحسوس حيث لا يوجد في منظورهم فرق بين العين واللمس، فالعين هي التي تتحسّس الأشياء كما تتحسّسها اليد، وهنا نجد "ابن الهيثم" يؤكد على أنّ "العلّة التي دعت أصحاب الشعاع إلى القول بالشعاع، هي أنّهم وجدوا البصر يدرك المبصر وبينه بُعد والمتعارف من الإحساس أنّه لا يكون إلّا باللماسة، وكذلك ظنّوا أنّ الإبصار ليس يكون بشيء إلّا بشيء يخرج من البصر إلى المبصر ليكون ذلك الشيء إما يحس بالمبصر في موضعه وإما أن يأخذ من المبصر ويؤديه إلى البصر فيحس به البصر عند وصوله إليه"²⁸.

ومن هذا المنظور وضع كتابه في "المناظر" حاول من خلاله أن يضع أساس علمي لعلم الضوء يبطل فيه الأسس التي قام عليها علم الضوء القديم، وهذا ما عبّر عنه بقوله: "والواجب على الناظر في كتب العلوم، إذا كان غرضه معرفة الحقائق أن يجعل نفسه خصماً لكل ما ينظر فيه، ويجعل فكره في متنه وفي جميع حواشيه، ويخصمه من جميع جهاته ونواحيه ويتهم أيضاً نفسه عند خصامه فلا يتحامل عليه ولا يتسامح فيه، فإنّه إذا سلك هذه الطريقة انكشفت له الحقائق، وظهر ما عساه وقع في كلام من تقدّمه من التّفصير والشُّبه"²⁹.

فقد كان حريصاً على توخي الموضوعية في بحوثه العلمية فحتى عندما أطلع على علوم السابقين كانت غايته إنصاف الحقّ وليس مجرد تقليد فقط، ودلالة ذلك انتقاداته لبطليموس إذ وقف على ما له وما عليه بقوله: "ولمّا نظرنا في كتب الرجل المشهور بالفضيلة، المتفنن في المعاني الرياضية المشار إليه في العلوم الحقيقية، أعني بطليموس القلوذي وجدنا فيها علوماً كثيرة، ومعاني غزيرة، كثيرة الفوائد، عظيمة المنافع، ولمّا خاصمناها وميزناها، وتحرينا إنصافه وإنصاف الحقّ منه، وجدنا فيها مواضع مشبهة وألفاظاً بشعة، ومعاني متناقضة، إلّا أنّها يسيرة في جنب ما أصاب فيه من المعاني

الظواهر، وهذا ما أدرجه في كتابه "المناظر" بقوله: "ونبتدئ في البحث باستقراء الموجودات وتصفح أحوال المبصرات، ونميز خواص الجزئيات، ونلتقط بالاستقراء ما يخصّ البصر في حال الإبصار، وهو مطرد لا يتغير وظاهر لا يشتبه من كيفية الإحساس، ثم نترقى في البحث والمقاييس على التدرّج والترتيب، مع انتقاد المقدمات والتحفظ في النتائج، ونجعل غرضنا في جميع ما نستقرئه ونتصفحه استعمال العدل لا إتباع الهوى"²⁵، ويبدو هنا أنّ "ابن الهيثم" قد أدرك أنه لا يمكن تحصيل الموضوعية والدقة في نتائج البحوث البصرية إلّا من خلال الاعتبار والإثبات بالاعتبار الذي يتفاعل فيه كل من التجربة والعقل.

5- ابن الهيثم وانجازات علم المناظر:

تميز ابن الهيثم بثقافته الموسوعية فقد كان مطلعاً على مؤلفات من سبقه من علوم الشرق واليونان كون أنّه "قد ولد في أواسط القرن الرابع الهجري أي العاشر ميلادي، الذي يعتبر من أزهى العصور العباسية في الآداب والعلوم... فحركة العلم كانت نشطة في جميع حواضر المملكة الإسلامية بما فيها بغداد والكوفة والبصرة والقاهرة"²⁶، هذا ما جعله مطلعاً ومكبّاً على محاولات السابقين في جميع مجالات العلوم وخاصة في علم البصريات، ممّا دفعه إلى مراجعة نظريات الإبصار اليونانية "من فيثاغورس" إلى "أفلاطون" إلى "أرسطو" فلم يجد سوى آراء مفككة يطفئ عليها التفسير الميتافيزيقي.

لكن ما أثاره هو ما بلغه علم المناظر في العصر الهلنستي مع إقليدس وبطليموس في تصورهما لقانون "انعكاس" و"انعطاف" الضوء فكشف في مقالة "الشكوك على بطليموس" على خطأ هذه الرؤية التي ترى أنّ الإبصار إنّما يتم بخروج شعاع من العين إلى الجسم المُبصّر "وعلى أنّ هذا الشعاع يمتد على سموت خطوط مستقيمة أطرافها مجتمعة عند مركز البصر، وعلى أنّ شعاع يُدرك به مبصّر من المُبصرات فشكل جملة شكل مخروط رأسه مركز البصر وقاعدته سطح البصر"²⁷.

بطريقة الإبصار وانعكاس الضوء، ويمكننا أن نذكر بعض أجزاء العين التي لا تزال مصطلحاتها واردة حتى عصرنا الحالي كما هو مبين في الجدول لاحقاً في آخر المقال.

2-5 شروط الرؤية:

لم يكتف "ابن الهيثم" بالتحليل الهندسي والتحليل الفيزيولوجي لعملية الإبصار بل بحث في كتابه "المناظر" عن شروط إمكانية الرؤية وإمكانية الضوء وانتشاره معتمداً على التجريب باستعمال الملاحظة المنظمة والاختبار المراقب حيث أحصى ستة شروط للرؤية وهي:

- أ- يجب أن يكون الجسم المرئي مضيئاً بنفسه.
- ب- مضاء بمصدر ضوئي آخر.
- ت- يجب أن يكون مواجهاً للعين، أي أننا نستطيع وصل كل نقطة منه بالعين بواسطة مستقيم.
- ث- أن يكون الوسط الفاصل بينه وبين العين شفافاً من دون أن يعترضه أي عائق أكمد.
- ج- يجب أن يكون الجسم المرئي أكثر كمدية من هذا الوسط.
- ح- يجب أن يكون ذا حجم مناسب لدرجة الإبصار³² وبدون هذه الشروط لا تتحقق الرؤية من منظوره.

3-5 عوامل الرؤية:

لقد بحث في العوامل المساعدة على الرؤية وميزها إلى نوعين منها: -الرؤية الطبيعية وتتمثل في الاتصال بالأجسام المرئية وهناك الرؤية النفسية التي تقوم على دور العقل في التمييز بين الأشكال والأبعاد والمقارنة بينها، حيث أنّ إدراك الأشياء يختلف وذلك باختلاف وتباين هذه العوامل ذات التأثير في تكوين هذا الإدراك "فجمال الأجسام المرئية أو قبحها وبعدها وقربها وعظمتها وتفاهتها، فالرؤية ليست خالصة في طبيعتها مادامت الثقافة والخبرة والذوق تؤثر فيها وتربطها بمجالات نفسية عديدة"³³، وبالتالي فهذا التصور أشار إلى أهمية الإدراك النفسي وهذا ما يتقاطع مع مفاهيم سيكولوجيا الإدراك المعاصرة.

الصحيحة، فرأينا أنّ في الإمساك عنها هضماً للحقّ، وتعدّياً عليه، وظلماً لمن ينظر بعدنا في كتبه في سترنا ذلك عنه"³⁰.

وهذه هي المنهجية التي اعتمدها ابن الهيثم في نقد وتمحيص آراء سابقيه من العلماء ولم يكتف بمجرد نقل وتقليد لتصوراتهم فحسب، بل تجاوزها إلى حدّ الإبداع، وهذا باعتراف هيئة المعارف البريطانية التي اعتقدت أنّه بعد بطليموس لا يوجد من أضاف لبحوث البصريّات إلّا "ابن الهيثم" فقد تجاوز مجرد إضافات كمية إلى تحقيق تحوّل نوعي كفيّ مكنه من بناء أسس ومفاهيم علمية لعلم المناظر تقترب من مفاهيم علم البصريّات الحديث.

وفي هذا الصّدّد نحاول الوقوف على أساسيات ما أبدعه ابن الهيثم في مجال علم الضوء نظراً وعملاً، ولا يمكننا إلاّ ما بجميع جوانبه ومردّد ذلك إلى دقّة بحوثه وتفرّعاتها وعلاقتها بعلوم أخرى كالرياضيات والفلك وغيرها، ومن بين هذه الإنجازات ما يلي:

1-5 تفسير الرؤية:

لقد دحض ابن الهيثم نظريات الرؤية القديمة للإبصار التي تبناها علماء الإغريق الذين سمّاهم بـ "أصحاب الشعاع" أمثال "إقليدس" و"بطليموس" والتي مفادها أنّ الرؤية تكون نتيجة خروج أشعة من العين على الجسم المُبصّر وأثبت أنّه على العكس من ذلك، فلو كان هذا التصور صحيحاً لأمكننا الرؤية في الظلام، وذلك لأنّ الإبصار يتم من خلال انبعاث أشعة من الجسم المُبصّر إلى العين، وهذا ما ينسجم مع التصور الحديث للرؤية لارتسام الأشياء على الشبكية مقلوبة ثم ينتقل الأثر من الشبكية إلى الدماغ بواسطة عصب الرؤية فتتكون الصورة المرئية للجسم، وذلك لاعتباره "أنّ العين آلة تستقبل صور المرئيات وأنّها تنفعل بالضوء وتتأثر به، ولكّنها لا تولّد الضوء أو الشعاع"³¹.

وباعتبار أنّ العين آلة فلم يكتف بتفسير كيفية الإبصار وحسب بل أعطى تشريحا للعين وإن لم يتعمق فيه لاهتمامه

إنَّ الباحث في علم المناظر "للحسن بن الهيثم" يجعله يُدرك مدى تفوقه عن سابقه من خلال الإصلاحات التي أدخلها على هذا العلم والدليل على ذلك كثرة تفرعاته التي تعالج بدقة كل مباحث علم الضوء وهذا ما ورد في كتبه ومقالاته المختلفة منها مقالة في الضوء، الكرة المحرقة، ضوء الكواكب ضوء القمر... وغيرها، وهذا مرَّده إلى إمامه بعلوم أخرى كالفلك والرياضيات والطب والفلسفة.

إنَّ مستوى التجاوز الذي حقَّقه ولأول مرة في تاريخ علم البصريات هو ذلك الفصل "بين شروط انتشار الضوء وشروط رؤية الأجسام، لقد أوصل هذا الإصلاح من جهة، إلى إعطاء مرتكز فيزيائي لقواعد انتشار الضوء - المقصود هنا هو مقارنة أرقامها رياضياً بين نموذج ميكانيكي لحركة كرة صلبة تُرمى على حاجز وبين حركة الضوء- كما أوصل من ناحية أخرى إلى العمل هندسياً في جميع الحالات وبواسطة الملاحظة الإخبارية"³⁶، وبالتالي فالدراسات في مجال البصريات لم تعد تقتصر على علم هندسة الإدراك البصري بل تعدى الأمر إلى البحث في فيزيولوجيا العين وسيكولوجيا الإدراك من جهة ونظرية للضوء يرتبط بها علم المناظر الهندسي وعلم المناظر الفيزيائي.

إنَّ هذا الاهتمام بنظرية الضوء جعلته يخصَّص لها فصولاً كاملة يتطرق فيها لانتشار الضوء، حيث استطاع إبراز مسائل جديدة لم تطرح أبداً من قبل كمسألة (Alhazen) (الاسم اللاتيني لابن الهيثم) الشهيرة في الانعكاس وتفحص العدسة الكروية، والكاثر الكروي، ليس كحراقات، بل كأجهزة بصرية في علم انكسار الضوء، كما توصل الإصلاح إلى المراقبة التجريبية ليس كتطبيق للتقني فحسب، بل كميّار للبرهان في علم البصريات أيضاً، وبشكل أعم الفيزياء"³⁷.

لذا نحاول أن نعرض بعض آراء ابن الهيثم في الضوء على كثرتها، حيث برهن على وجوده الذاتي المستقل عن وجود العين، وهنا نجد تجاوزاً للتصور الإغريقي الذي يربط الضوء بالإبصار، وبذلك خصّه بمجموعة من الخصائص منها:

بالإضافة إلى ذلك فلا ين الهيثم أيضاً بحوث في العدسات وإصلاح الرؤية إذ يرى أنَّ العدسات المحدبة ترى الأشياء أكبر مما هي عليه، وهذا ما مهد لاستعمال العدسات في إصلاح عيوب العين.

4-5 البيت المظلم:

نظراً لاهتمام ابن الهيثم بعلم الضوء، قام بدراسة الأشعة الضوئية، اعتماداً على دراسة ميدانية وذلك بصناعة صندوق غير نافذ للضوء، به ثقب صغير على مركز أحد أوجهه والوجه المقابل للثقب يكون مختلف عن بقية الأوجه الأخرى من حيث " كونه عبارة عن لوح من الزجاج المصنفر أو حائل من القماش المشدود نصف الشفاف أو غير ذلك، وحين يواجه الثقب منظراً ما كشمعة أو ما شابه ذلك تمر الأشعة من الثقب بحيث يظل كل منها على استقامة وترتسم صورة المشاهد على الحائل بحيث يراها الواقف وراء الصندوق"³⁴.

إنَّ مثل هذه التجارب التي قام بها "ابن الهيثم" مكنته من اكتشاف "البيت المظلم" الذي اعتمد لاحقاً في تركيب آلة التصوير حيث أطلق عليه اسم "القمرة" والتي ترجمت إلى اللاتينية بمصطلح "الكاميرا Camera" والذي لا يزال مستعملاً لحدّ اليوم في جميع اللغات.

وبالرغم من أنَّه لم يتوصل إلى هذا الاختراع كاملاً، وذلك لأنَّ بحوثه كانت تحتاج إلى ربطها بالكيمياء أيضاً، وهذا ما تمَّ لاحقاً كون أنَّه في آلات التصوير الحديثة "يكون اللوح الحساس عبارة عن الفيلم الذي يتأثر بالضوء بكيفية تجعل الصورة السلبية (النيجاتييف) تنطبع عليه لتستخدم بعد التحميض والتثبيت في طبع الصورة الموجبة المماثلة الأصل"³⁵

وفي هذا الصدد يبقى ما قام به ابن الهيثم من تجارب يعدّ سبقاً علمياً كان أساس بحوث الضوء في العصر الحديث واختراع آلات التصوير المختلفة.

5-5 تصور ابن الهيثم للضوء :

أولاً- الانعكاس الضوئي Réflexion:

انعكاس الضوء وانعطافه هندسياً حسب نموذج ميكانيكي بتحديد زوايا السقوط والانعطاف بحسب طبيعة السطح العاكس.

ثانياً- الانكسار الضوئي: Réfraction: توصل ابن الهيثم من خلال الملاحظة والتجربة إلى وجود اختلاف في الكثافة الضوئية باختلاف الوسط مثل الزجاج، الماء، والهواء... وبالتالي فدرجة انكسار الضوء وسرعته فيها تكون مختلفة أيضاً لذا فهو يعتقد بأن "سرعته في المشف الألف، أعظم من سرعته في المشف الأغلف"⁴⁰.

بالإضافة إلى أنه استفاد من علم الفلك والعلوم الرياضية لوضع جداول دقيقة للانكسار الفلكي من خلال " تعيين سمك الغلاف الجوي للأرض مستخدماً نتائج بحوثه على انكسار الضوء بين طبقات الجو المختلفة وقياسات للشفق سجلها عند الفجر والغروب"⁴¹، كما أنه استطاع عن طريق بحوثه في الضوء تفسير كثير من الظواهر الفلكية كالسوف والخسوف ومولد الهلال وغيرها.

توصل إلى أن الضوء جسم مادي وليس مجموعة من الخطوط أو الأضواء المتضامة، لكن وعلى الرغم من اتصاله فهو يمتد على شكل خطوط مستقيمة، وهذا ما بينه بقوله: "إن امتداد الضوء على سموت خطوط مستقيمة يظهر ظهوراً بيناً من الأضواء التي تدخل من الثقوب في البيوت المظلمة. فإن ضوء الشمس وضوء القمر وضوء النار إذا دخل من ثقب مقتدر إلى بيت مظلم، كان في البيت غبار أو أثر في البيت غبار، فإن الضوء الداخل من الثقب يظهر في الغبار الممازج للهواء ظهوراً بيناً، ويظهر على وجه الأرض، أو على حائط البيت المقابل للثقب، على سموت مستقيمة"⁴²، وحتى يمكن للعين أن ترى جسماً مضيئاً كالشمعة مثلاً من خلال ثقب في الجدار يجب أن تكون هي والجسم المضيء من الشمعة والثقب على استقامة واحدة.

ميّز بين نوعين من الضوء: ضوء ذاتي يصدر عن الأجسام المضيئة بنفسها مثل الشمس الشمعة السراج وضوء عرضي

لقد علّل ابن الهيثم ظاهرة الانكسار إلى طبيعة الضوء ذاته من حيث هو جسم مادي، ودليله في ذلك أنه يرتطم بالأجسام الصلبة (الخشنة) كاصطدام الكرة بالأجسام الصلبة أو بجدار، وبالرغم من أنه مادي، إلا أنه يختلف عن باقي الأجسام في كونه لا يتأثر بالجاذبية كما تتأثر الأجسام الأخرى.

كما أنه "عكف على دراسة الانعكاس بواسطة المرايا المستوية والمقعرة وتوصل إلى استنباط القوانين الخاصة بذلك، وحدّد موضع وتأثير تلاقي الأشعة وكيفية تكبير الصور واستعان في ذلك بالهندسة التي توسع في استخدامها في بحوث علم الضوء"³⁸.

وقد ربط ابن الهيثم بين سرعة الضوء وطبيعة الأجسام غليظة أو شفافة من خلال قانون انعطاف الضوء، مؤكداً ذلك بقوله: "والأضواء تمتد في الأجسام المشفة بحركة سريعة تخفي عن الحس لسرعتها، ومع ذلك فإن حركتها في الأجسام اللطيفة، أعني الشديدة الشفيف، أسرع من حركتها في الأجسام الغليظة، أعني الأضعف شفيفاً، وذلك أن كل جسم مشف إذا نفذ فيه الضوء فإن الجسم المشف يمانع الضوء ممانعة بحسب ما فيه من الغلف، لأن كل جسم طبيعي لا بد أن يكون فيه غلف ما، لأن الصفاء والشفيف ليس له غاية في التخيل... والأجسام المشفة الطبيعية ليست تخلو من غلف ما، فالأضواء إذا نفذت في الأجسام المشفة فهي تنفذ فيها بحسب الشفيف الذي فيها، وتمانع الأجسام المشفة الأضواء بحسب الغلف الذي فيها"³⁹.

إن اكتشافات الضوء هذه كانت نتيجة المنهجية التي اعتمدها ابن الهيثم في استقراء الموجودات بدراسة جزئياتها للوصول لمعرفة القوانين العامة التي تحكمها، كما اعتمد الاستدلال الرياضي الاستنباطي في عملية التعميم بتأكيد صدق قضية جزئية على جميع الحالات التي من نفس النوع وذلك بوضع فروض عقلية يتم التحقق منها عن طريق ما يسمى بـ "الإثبات بالاعتبار"، كما هو الحال في تفسيره لكيفية

خاتمة:

بعد استعراضنا لبعض من إبداعات ابن الهيثم في علم البصريات، يمكننا القول أنّ كل اكتشاف من اكتشافاته في هذا المجال يحتاج منّا أفراد مساحة واسعة له من البحث لدقة بحوثه وتفرعاتها، لذا فقد اكتفينا بأهم إنجازاته التي استفادت منها البحوث الحديثة في تطوير نظريات الضوء كونه تميز عن سابقه من فلاسفة وعلماء الإغريق أو من سبقه من علماء المسلمين "الكندي" أو "قسطا بن لوقا" وغيرهم باعتماد التحقق التجريبي من خلال الاستقراء.

وذلك بالانتقال من دراسة الجزئيات إلى تعميم ذلك على الكل والقياس من خلال الحركة العكسية وهي الانتقال من الكل إلى الجزء، متجاوزا بذلك الاعتماد على مبدأ الكلي في تفسير ظواهر الطبيعة كما كان الحال عند "أرسطو" وكل من اتبع منهجه، وبذلك فقد كان سبّاقاً لتأسيس المنهج الاستقرائي قبل الفيلسوف الانجليزي "فرنسيس بيكون" الذي ارتبط اسمه بهذا المنهج عند الغرب.

وعلى هذا الأساس نصل إلى أنّ "ابن الهيثم" قد استطاع أن يحقق نقلة نوعية لعلم الضوء بإرساء أسس جديدة له، إذ أعاد البحث فيه من جديد مراجعاً لبحوث سابقه نقداً واستقصاءً بغية الكشف عن القوانين التي تحكم ظواهره مؤلفاً كتابه في "المناظر" الذي تضمن أهم إنجازاته في علم الضوء، حيث ترجم هذا الكتاب إلى اللاتينية عام 1572م ونُشر في Basel بازل بسويسرا بعنوان "المرجع الشامل لعلم البصريات" وكان له أعظم الأثر على تطور علم الضوء في أوروبا.

وبالتالي فالحضارة العربية الإسلامية بفضل إنجازات وإبداعات فلاسفتها وعلمائها في جميع الميادين أسهمت بشكل كبير في نهضة أوروبا في العصر الحديث، وهذا باعتراف الغرب أنفسهم من خلال بعض المستشرقين على سبيل المثال لا الحصر المستشرق الألمانية "زيغريد هونكة" التي تعترف بأن "ابن الهيثم" كان واحداً من أكثر معلمي العرب في بلاد الغرب

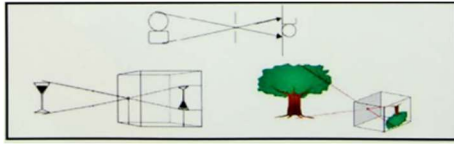
يصدر عن الأجسام التي تعكس ضوء غيرها كالقمر والمرآة وبالتالي توصل إلى أنّ الضوء الذاتي أقوى من الضوء العرضية.

وفي هذا المضمار نستطيع أن نقول أنّ ابن الهيثم من خلال تجاربه في مجال علم الضوء استطاع أن يؤسس لمبادئ هذا العلم بالاستعانة "بالجبر والمثلثات والهندسة بنوعها في حلّ معضلات الضوء ووضع كل ذلك في عبارات وصيغ لا تعقيد فيها ولا إبهام"⁴³.

وهذا ما مهد الطريق أمام علماء الضوء لاكتشاف القوانين التي تحكم الانعطاف والتعبير عنها بمعدلات رياضية، فابن الهيثم زواج في منهجه العلمي بين النظر والعمل في اتساق لا نظير له في تلك المرحلة ممّا جعل البحث في علم البصريات متميّزاً سواء على مستوى الموضوع أو المنهج.

إنّ هذا التطور الحاصل في علم الضوء أسهم بشكل لافت في استمرار بحوث الضوء في العلم الحديث رياضياً وتقنياً خاصة مع "روبرت غروسستست" 1253- Robert Grosseteste الذي تأثر بالبصريات الهندسية عند إقليدس والكندي بتبني الصيغة الهندسية للضوء وتمثيل كل علل الظواهر الطبيعية بخطوط وزوايا وأشكال، لأنها الطريقة الأوضح في تفسيرها.

وتواصلت البحوث في مجال الضوء ببروز فرضيتين مهمتين في تفسير طبيعة الضوء، الأولى قال بها "نيوتن" (1643- 1727م) والمتعلقة "بالنظرية الجسيمية" التي يرى فيها أنّ الضوء هو عبارة عن جسيم وهو نفس مفهوم الشعاع، والثانية هي "النظرية الموجية" التي أقرها العالم الهولندي "هويغنز" Huyghens (1629- 1695م) والتي اعتبر فيها أنّ الضوء يتكون من موجات ينتشر في الأجسام الصلبة والسائلة وهكذا بتطوير مناهج البحث العلمي تمكن العلماء من الكشف عن أسرار الضوء، ولولا جهود علماء الحضارة العربية الإسلامية في هذا المجال لتأخر تطور هذا العلم لقرون أخرى.

الشكل (3): فكرة انعكاس الصورة في الغرفة المظلمة

<https://almerja.com>

خالد مصطفى، نشأة التصوير الضوئي وتطوره

- قائمة المراجع:

- 1- الهنّاي، كشّاف اصطلاحات الفنون، المجلّد الأول، دار قهرمان للنشر والتوزيع، اسطنبول، 1984.
- 2- موي بول، المنطق وفلسفة العلوم، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، الإسكندرية، دت.
- 3- رضا عزوز، مساهمة ابن الهيثم في بناء علم البصريات، ط1 دار المعرفة للنشر، تونس، 2004.
- 4- رحاب عكاوي، الحسن بن الهيثم بطليموس الثاني، ط1، دار الفكر العربي، بيروت، 1997.
- 5- عكاوي رحاب خضر، موسوعة عباقرة الإسلام، ج4، ط1، دار الفكر العربي، بيروت، 1994.
- 6- رشدي راشد، موسوعة تاريخ العلوم العربية، ج2، دط، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، دت.
- 7- مرجبا عبد الرحمان، الجامع في تاريخ العلوم عند العرب منشورات عويدات، ط2، بيروت، باريس، 1988.
- 8- ابن الهيثم، رسالة في الضّوء، تح: أحمد فؤاد باشا، دار الكتب والوثائق القومية، القاهرة، 2014.
- 9- ابن الهيثم، رسائل المكان والضوء وأضواء الكواكب، تح: أحمد فؤاد باشا، دار الكتب والوثائق القومية، القاهرة، 2014.
- 10- الحسن بن الهيثم، الشّكوك على بطليموس، تح: عبد الحميد صبرة ونبيل الشهابي، مطبعة دار الكتب المصرية، القاهرة، دت.
- 11- الطبايع عمر الفاروق، ابن الهيثم، مؤسس علم الضوء الحديث، ط1، مؤسسة المعارف، بيروت، 1993.
- 12- عاصي حسن، المنهج في تاريخ العلوم عند العرب، دط، دار المدائن للطباعة والنشر، القاهرة، دت.
- 13- هونكة زيغريد، شمس العرب تسطع على الغرب، ط8، دار الأفاق الجديدة، بيروت، 1993.
- 14- مصطفى نظيف، الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2008.
- 15- ماهر عبد القادر محمد، العلم العربي، دراسة واقعية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، 2001.

- الأطروحات:

أثراً وتأثيراً⁴⁴، خاصة في حقل البصريات، وفي هذا تقول "وفق ابن الهيثم في دراسته لعلم البصريات، وأحرز نجاحاً باهراً حقّق له تقدّماً فاق كل ما كان شائعاً في مجالات هذا العلم وأوجد بذلك حقلاً علمياً جديداً واسع الأرجاء"⁴⁵.

وعليه فإنّ هذه الاعترافات فيها دلالة على مدى إسهام فلاسفة وعلماء المسلمين في النهضة الأوربية بمنحها مفاهيم ومصطلحات العلم، التي سرّعت وتيرة التقدم والتأسيس لنظريات العلم الحديث خاصة في مجال البصريات، ممثلة في هذا النموذج لنظرية علمية إبداعية في الضوء فيها تساوق نادر بين النظرية والتطبيق.

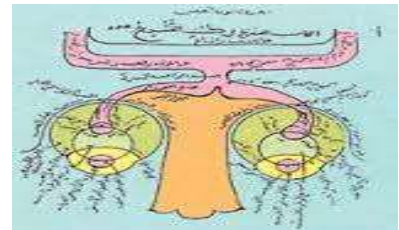
- الجداول:**الجدول: أجزاء العين: مقارنة بين المصطلح الهيثمي واللاتيني**

المصطلح العربي الهيثمي	المصطلح اللاتيني المتأثر بالمصطلح الهيثمي
- الشبكية	Rétine
القرنية	Cornée
السائل الزجاجي	Humeur vitrée
السائل المائي	Humeur aqueuse

- نقلاً عن محمد غريب جودة، عباقرة علماء الحضارة العربية الإسلامية في العلوم الطبيعية والطب، 1998، ص 147.

- الأشكال:**الشكل (1): رسم تخطيطي تقريبي لمكونات العين لابن الهيثم**

كما نقلها كمال الدين الفارسي



- رشدي راشد، موسوعة تاريخ العلوم العربية، ج2، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، ص 885.

- ²³ ابن الهيثم، رسائل في المكان والضوء وأضواء الكواكب، تح: أحمد فؤاد باشا، دار الكتب والوثائق القومية، القاهرة، 2014، ص 134.
- ²⁴ مصطفى نظيف، الحسن بن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2008، ص 138.
- ²⁵ الحسن بن الهيثم، كتاب المناظر، نقلاً عن ماهر عبد القادر محمد العلم العربي، ص 196.
- ²⁶ الطباع عمر الفاروق، ابن الهيثم، مؤسس علم الضوء الحديث مؤسسة المعارف، بيروت، 1993، ص 51.
- ²⁷ مرجيا عبد الرحمان، 1988، ص 346.
- ²⁸ ابن الهيثم، المناظر، أنظر رضا عزوز، مساهمة ابن الهيثم في بناء علم البصريات، ص 17-18.
- ²⁹ الحسن بن الهيثم، الشكوك على بطليموس، تح: عبد الحميد صبرة ونبيل الشهابي، مطبعة دار الكتب المصرية، القاهرة، دت، ص 4.
- ³⁰ المصدر نفسه، ص 4.
- ³¹ الطباع عمر الفاروق، ابن الهيثم مؤسس علم الضوء الحديث 1993، ص 96.
- ³² راشد رشدي، موسوعة تاريخ العلوم العربية، دت، ص 846.
- ³³ الطباع عمر الفاروق، ابن الهيثم مؤسس علم الضوء، 1993، ص 102.
- ³⁴ محمد غريب جودت، عباقرة علماء الحضارة العربية والإسلامية في العلوم الطبيعية والطب، 2004، ص 133.
- ³⁵ المرجع نفسه، ص 133.
- ³⁶ رشدي راشد، موسوعة تاريخ العلوم العربية، دت، ص 845.
- ³⁷ المرجع نفسه، ص 845.
- ³⁸ مرجيا عبد الرحمان، الجامع في تاريخ العلوم عند العرب، 1988، ص 348.
- ³⁹ ابن الهيثم، رسائل في المكان والضوء وأضواء الكواكب، تح: أحمد فؤاد باشا، دار الكتب والوثائق القومية، القاهرة، 2014، ص 75.
- ⁴⁰ عاصي حسن، المنهج في تاريخ العلوم عند العرب، دار المدائن للطباعة والنشر، القاهرة، دت، ص 105.
- ⁴¹ جودة محمد غريب، عباقرة علماء الحضارة العربية والإسلامية، 2004 ص 135.
- ⁴² ابن الهيثم، رسالة في الضوء، تح: أحمد فؤاد باشا، 2014، ص 132.
- ⁴³ مرجيا عبد الرحمان، الجامع في تاريخ العلوم عند العرب، 1988 ص 350.
- ⁴⁴ هونكة زنجريد، شمس العرب تسطع على الغرب، دار الآفاق الجديدة بيروت، 1993، ص 146.
- ⁴⁵ المرجع نفسه، ص 149.
- 16- بوكردة زواوي، الأسس التجريبية لنظرية المعرفة عند الحسن بن الهيثم، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة وهران، قسم الفلسفة، 2003-2004.
- الهوامش:
- ¹ التناوي، كشاف اصطلاحات الفنون، المجلد الأول، دار قهرمان للنشر والتوزيع، اسطنبول، 1984، ص 46.
- ² موي بول، المنطق وفلسفة العلوم، دار الوفاء لندنيا للطباعة والنشر الإسكندرية، دت، ص 179-180.
- ³ رضا عزوز، مساهمة ابن الهيثم في بناء علم البصريات، دار المعرفة للنشر، تونس، 2004، ص 15.
- ⁴ رهاب عكاوي، الحسن بن الهيثم بطليموس الثاني، دار الفكر العربي بيروت، 1997، ص 121.
- ⁵ أفلاطون، طيماوس، أنظر رضا عزوز، مساهمة ابن الهيثم في بناء علم البصريات، ص 22.
- ⁶ عكاوي رهاب، الحسن بن الهيثم بطليموس الثاني، 1997، ص 84.
- ⁷ عزوز رضا، مساهمة ابن الهيثم في بناء علم البصريات، 2004، ص 19.
- ⁸ المرجع نفسه، الصفحة نفسها
- ⁹ المرجع نفسه، ص 20.
- ¹⁰ دولت إبراهيم، الاتجاه الفلسفي والعلمي عند ابن الهيثم، أنظر بوكردة زواوي (2003-2004). الأسس التجريبية لنظرية المعرفة عند الحسن بن الهيثم، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة وهران، قسم الفلسفة.
- ¹¹ عزوز رضا، 2004، ص 21.
- ¹² المرجع نفسه، ص 21
- ¹³ نظيف مصطفى، ابن الهيثم بحوثه وكشوفه البصرية، أنظر رضا عزوز، مساهمة ابن الهيثم في علم البصريات، ص 16.
- ¹⁴ عكاوي رهاب خضر. (1994). موسوعة عباقرة الإسلام، ج 4، بيروت، دار الفكر العربي، ص 7.
- ¹⁵ رشدي راشد. (دس). موسوعة تاريخ العلوم العربية، ج 2، بيروت، مركز دراسات الوحدة العربية، ص 823.
- ¹⁶ المرجع نفسه، ص 826.
- ¹⁷ المرجع نفسه، ص 827.
- ¹⁸ مرجيا عبد الرحمان، الجامع في تاريخ العلوم عند العرب، منشورات عويدات، بيروت، باريس، 1988، ص 37
- ¹⁹ الطباع عمر الفاروق، ابن الهيثم، مؤسس علم الضوء الحديث مؤسسة المعارف، بيروت، 1993، ص 107.
- ²⁰ عزوز رضا، مساهمة ابن الهيثم في بناء علم البصريات، 2004، ص 70.
- ²¹ ابن الهيثم، رسالة في الضوء، تح: أحمد فؤاد باشا، دار الكتب والوثائق القومية، القاهرة، 2014، ص 125.
- ²² ماهر عبد القادر محمد، العلم العربي، دراسة واقعية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، 2001، ص 199.