

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة محمد خيضر . بسكرة .
كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية
. قسم العلوم الاجتماعية .
شعبة: الفلسفة



عنوان المذكرة:

التطور التاريخي لفيزياء الضوء

مذكرة مكملة لنيل شهادة الماستر في تخصص: الفلسفة

الصفة	الرتبة	اسم ولقب الأستاذ
رئيساً	أستاذ محاضر أ	معاريف أحمد
مُشرفاً	أستاذ محاضر أ	معطر بوعلام
مناقشاً	أستاذ مساعد أ	حميدات الصالح

إشراف الأستاذ

معطر بوعلام

إعداد الطالبة:

سهل عايدة

السنة الجامعية: 2025 / 2024



قُلْ عِلْمًا

قال تعالى:

(وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا) - طه 114 -

فهرس المحتويات

المحتويات	الصفحة
الإهداء	/
شكر وعرفان	/
مقدمة	أ - د
الفصل الأول: البدايات التاريخية " فيزياء الضوء في العصور القديمة "	
المبحث الأول: نظرة الحضارات القديمة لطبيعة الضوء	2 - 7
المطلب الأول: الحضارة المصرية	3
المطلب الثاني: الحضارة البابلية	6
المبحث الثاني: نظرة فلاسفة اليونان حول طبيعة الضوء	7 - 9
الفصل الثاني: العصور الوسطى	
المبحث الأول: إسهامات العلماء في العصر الوسيط	11 - 17
المطلب الأول: الكندي	12
المطلب الثاني: ابن الهيثم	14
المبحث الثاني: نظرية الانعكاس والانكسار للضوء	17 - 23
المطلب الأول: نظرية الانعكاس الضوئي	18
المطلب الثاني: نظرية انكسار الضوء	20
الفصل الثالث: العصر الحديث (من الطبيعة الجسيمية إلى الموجية فالطبيعة المزدوجة)	
المبحث الأول: الطبيعة الجسيمية عند إسحاق نيوتن	25 - 29
المطلب الأول: السيرة الذاتية لإسحاق نيوتن	26
المطلب الثاني: نظرية نيوتن	27
المبحث الثاني: الطبيعة الموجية	29 - 33
المطلب الأول: طبيعة الضوء عند كريستيان هوينجز	29
المطلب الثاني: تجربة الشق المزدوج لتوماس يونغ	31
المبحث الثالث: الطبيعة المزدوجة	34 - 37

34	المطلب الأول: نظرية ماكسويل
35	المطلب الثاني: ازدواجية الموجة والجسيم
الفصل الرابع: الفترة المعاصرة	
43 - 39	المبحث الأول: النظرية النسبية وميكانيكا الكم
39	المطلب الأول: النظرية النسبية عند ألبرت أينشتاين
41	المطلب الثاني: نظرية الكم عند ماكس بلانك
48 - 44	المبحث الثاني: التطبيقات المعاصرة للضوء
44	المطلب الأول: الليزر
46	المطلب الثاني: تكنولوجيا الألياف البصرية والمسح الضوئي
50	الخاتمة
54	قائمة المراجع

قائمة الأشكال:

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
الشكل 1	يمثل القانون الأول من ظاهرة إنعكاس الضوئي	19
الشكل 2	يمثل القانون الثاني من ظاهرة إنعكاس الضوئي	20
الشكل 3	يمثل ظاهرة إنكسار الضوء	22

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

{ وآخر دعواهم أن الحمد لله ربي العالمين }

صدق الله العظيم.

ما سلكنا البدايات إلا بتسييره، وما بلغنا النهايات إلا بتوفيقه، وما حققنا الغايات إلا بفضلِهِ.

فالحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات

أهدي تخرجي إلى نفسي الطموحة التي لم تخذلني أبداً

إلى من علمني الأخلاق قبل أن أتعلمها، إلى الجسر الصاعد بي إلى الجنة، إلى اليد الخفية التي أزلت عن طريقي العقبات، إلى الإنسانية العظيمة ...

...أمي الغالية...

إلى العزيز الذي حملت إسمه فخراً، إلى النور الذي أنار دربي والسراج الذي لا ينطفئ نورهِ، إلى من كان نعمة من الله سنداً لا يميل ...

... أبي الغالي ...

إلى أخي وأخواتي الأعزاء، أنتم السند والدعم. حفظكم الله ووفقكم ...

شكر وعرفان

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم

{ من لا يشكر الناس لا يشكره الله }

الحمد لله الذي أجرى سنوات دراستي حتى توالى ورعى زهورها بفرحة التمام،
ولحسن حظي أول خريجة لعائلتي.

يسرني أنا الطالبة " سهل عايذة " أن أتقدم بجزيل الشكر للمؤطر الأستاذ
الدكتور " معطر بوعلام " لعطاءه الدائم وجهوده من إرشادات وتوجيهات خلال
إنجازي لهذا البحث.

كما أتقدم إلى الأخ والزميل " خلف الله ياسين " بشكر خالص. شكراً لجهودك،
شكراً بحجم عطائك، بحجم أثرك العظيم علي فإنك شيء لا يقال وإذا قيل لا
يوفيه الحديث.

وشكراً إلى كل من كان سببا في توفيقى وتحقيق هذا التميز،

وإلى كل من كان له أثر جميل في رحلتي العلمية.

مقدمة

مقدمة:

تعتبر الفيزياء حلقة الوصل الأكثر وضوحاً بين البحث العلمي الدقيق والتساؤلات الفلسفية العميقة، حيث تمتد جذور هذا التلاقي إلى طبيعة الفيزياء ذاتها التي تبحث في الأسس الأولية للوجود والكون. فكل تقدم في هذا العلم لا يقتصر على تقديم معادلات أو نظريات جديدة، وكل إكتشاف أساسي في هذا العلم يفتح أبواباً جديدة للتأمل الفلسفي من طبيعة الزمان والمكان إلى جوهر المادة والطاقة وأصبحت الفيزياء جسراً بين الملموس والمجرد، بين الفكر والتجربة.

وفي صميم الفيزياء، يبرز الضوء كواحدة من أعظم الظواهر الكونية وأكثرها إثارة للتأمل حيث يجسد بتناغم مدهش مفاهيم فيزيائية عميقة تتراوح بين التجريد النظري والتطبيقات الملموسة، فهو ليس مجرد إشعاع مرئي يضيء عالمنا، بل هو جسر يربط بين عوالم ميكانيكا الكلاسيكية وميكانيكا الكم. وبين النظرية والتجربة.

ومن بين المفاهيم التي أثارت جدلاً فلسفياً وعلمياً عميقاً نجد "الضوء"، الذي ظل لقرون لغزاً يحير العقول، فالضوء لم يكن مجرد ظاهرة فيزيائية تدرس في المختبرات، بل أصبح بوابة إلى عوالم أعمق، فدراسة الضوء لم تقتصر على تحديد سرعته أو تحليل طيفه، بل فتحت أمامنا آفاقاً جديدة لفهم طبيعة الواقع نفسه. فمن خلال الضوء إخترقنا حدود الفيزياء التقليدية لنقف على أعتاب مفارقات كبرى تثير الدهشة.

ومن بين الأسباب التي جعلتنا ندرس هذا الموضوع نجد:

الأسباب الموضوعية:

- يمثل الضوء أحد أكثر الظواهر الفيزيائية الأساسية في الكون، حيث يشكل

حجر أساسي في تطور الفيزياء الكلاسيكية والحديثة.

- اعتباره وسيلة تواصل بين الأجرام السماوية.

الأسباب الذاتية:

- متعتي الفكرية في ربط التطورات العلمية بسياقاتها التاريخية.

- إنجذابي الفطري للفيزياء كعلم يفسر أساسيات الكون.

- حبي لتتبع الأفكار المعقدة

- كانت دراستي للتطور التاريخي لفيزياء الضوء ليس مجرد بحث أكاديمي، بل رحلة شخصية ممتعة تلامس شغفي بالعلم وتاريخه، حيث تمنحني الفرصة للربط بين حبي للفيزياء وإعجابي بالعملية الإبداعية التي تقف خلف التقدم العلمي.

كما تتركز الأهمية البالغة لهذا الموضوع، من خلال الإهتمام بالدراسات الفيزيائية في الفلسفة بالتركيز على الضوء، حيث تكتسب دراسة التطور التاريخي لفيزياء الضوء أهمية بالغة، أي أهمية إستثنائية، فهي مرآة تعكس التقدم العقلي البشري في سعيه لفهم الكون. فهذه الرحلة العلمية التاريخية غيّرت مسار العلم بدءاً من التصورات البدائية للضوء وصولاً إلى النظريات المعقدة التي نعرفها اليوم، كما تبرز أهمية هذه الدراسة كونها تكشف عن الإسهامات المتعلقة بإكتشاف الضوء من خلال الثورات العلمية والعلماء الذين درسوا الضوء، كما تمتد الأهمية لهذا الموضوع في كيفية تطور النظريات عبر الحوار المستمر بين العلماء.

ولقد إنصبت الدراسة على إشكالية محورية تتمثل في:

- ما هي المحطات الأساسية التي مرّ بها الفكر البشري في محاولة فهم طبيعة الضوء منذ التصورات الفلسفية القديمة حتى النماذج الموجية الكمية الحديثة ؟
وتتفرع تحت هذه الإشكالية عدة تساؤلات وهي:

- 1- ما هي تصورات الحضارات القديمة عن الضوء، ولا سيما عند فلاسفة اليونان؟
- 2- فيما تمثل دور علماء المسلمين في تطوير فهم ظاهرتي انكسار الضوء وانعكاسه خلال العصور الوسطى؟
- 3- ما تفسير نيوتن لنظريته، وما أدلة هوينجز، وما المقصود بإزدواجية الموجة والجسيم؟
- 4- كيف أحدثت نظريات أينشتاين وبلانك ثورة في علم الضوء، وما أهم نتائجها التكنولوجية؟

ونظراً للإشكال المطروح قمت بتقسيم الموضوع لأربع فصول، فالفصل الأول تحت عنوان البدايات التاريخية " فيزياء الضوء في العصور القديمة " والذي تطرقنا من خلاله على الحضارات القديمة إذ تناولت الحضارة المصرية والحضارة البابلية ونظرة فلاسفة اليونان حول طبيعة الضوء، أما في الفصل الثاني والمعنون برحلة الضوء في التاريخ أي دراسة العصور الوسطى حيث تتبعت فيلسوفين " الكندي - ابن الهيثم " وأبرزت نظرياتهم

في طبيعة الضوء، إضافة إلى ذلك بحثت في نظرية الانعكاس والانكسار للضوء. فيما يلي الفصل الثالث المسمى بالعصر الحديث من الطبيعة الجسيمية إلى الموجية فالطبيعة المزدوجة إذ تعرضت لطبيعة الجسيم عند اسحاق نيوتن، وطبيعة الموجة لكريستيان هويجنز وهذا ما أدى إلى إزدواجيتهم مع نظرية ماكسويل ولويس دي بروي، وفي المحطة التالية تحت عنوان الفترة المعاصرة والتي درست فيها نظريتين وهما النسبية مع ألبرت أينشتاين وميكانيكا الكم عند ماكس بلانك، وهذا ما أدى إلى إكتشاف وإبتكار تطبيقات للضوء مثل الليزر والألياف الضوئية وغيرها.

كما إعتمدت في بحثي على منهجين:

- المنهج التاريخي: اتبعت هذا المنهج لأن إتبع تاريخ الضوء، ليس مجرد سرد للأحداث، بل هو رحلة تكشف عن التكامل بين العلم والتقنية والثقافة الإنسانية عبر العصور. حيث يتميز الضوء بإمتداده الزمني الطويل الذي يغطي حقبة تاريخية متعاقبة وظهر أهميته في رصد التحولات النوعية في فهم الظاهرة الضوئية.

- المنهج التحليلي: اتبعت في هذا البحث على المنهج التحليلي، حيث قمت برصد وتحليل تطور مسار الضوء واستخداماته عبر العصور، بدءاً من الحضارات القديمة الى القرن الحادي والعشرين. وتحليل العوامل الحضارية والاجتماعية.

وكان هدفي من دراسة هذا الموضوع هو:

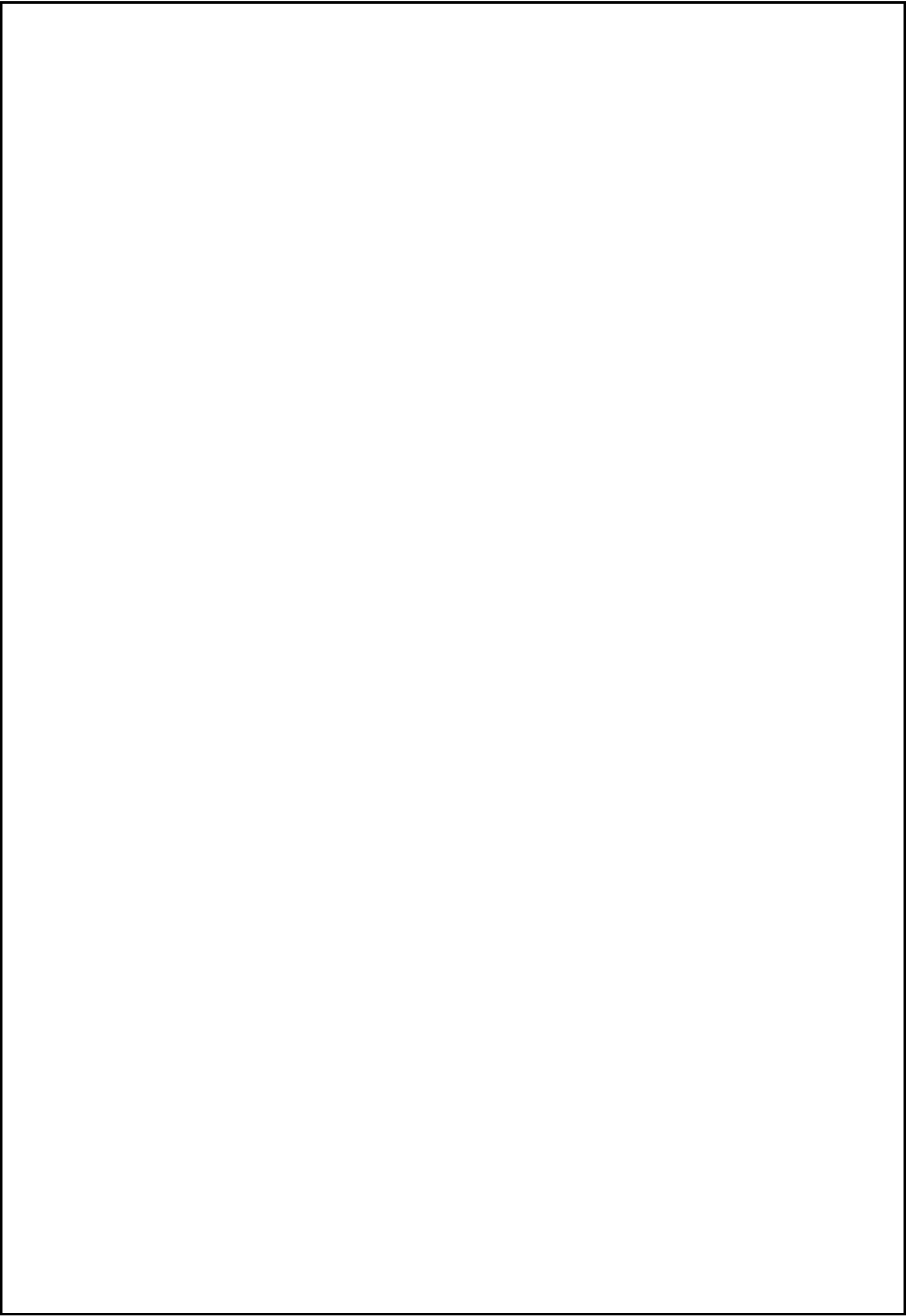
- محاولة تقديم الفهم الدقيق للتحولات الجوهرية في تفسير الظواهر الضوئية من العصور القديمة الى الفيزياء المعاصرة.
- ربط الفيزياء بالضوء من المنظور التاريخي.
- إبراز جهود الفلاسفة والعلماء في دراستهم للضوء عبر العصور.

ولإنجاز هذا البحث تم الإعتماد على مجموعة من المصادر والمراجع من بين أهم المصادر نجد كتاب المناظر لحسن ابن الهيثم وكتاب أينشتاين " النسبية النظرية العامة والخاصة " ترجمة رمسيس شحاته وغيرهم، أما المراجع فقد تم الإعتماد على مجموعة من الكتب مثلاً كتاب محاضرات فاينمان للكاتب عيسى يوسف اللموشي، وكتاب

الإستقراء والمنهج العلمي لمحمود فهمي زيدان وغيرهم من الكتب. إضافة إلى ذلك
إعتمدنا على عدة مجالات ومقالات ومذكرات ماجيستير ساهمت في إثراء هذا البحث.
ومن خلال تصفحي لمحركات البحث لم أجد دراسات سابقة في العلوم الإنسانية ما
يمكن ذكره كبحت لهذا الموضوع، يمكن أن يكون هذا البحث كدعوة للطلبة والباحثين أن
يولوا هذا الموضوع إهتماما أكثر والبحث فيه.

ومن خلال إتباعي ودراستي وإنجازي لهذا البحث واجهت عدة صعوبات تمثلت في:

- نقص في المصادر والمراجع.
- صعوبة ضبط المعلومات التاريخية.
- صعوبة تحليل الأفكار وذلك راجع لكونها علم دقيق وهو الفيزياء.



الفصل الأول: البدايات التاريخية.

المبحث الأول: نظرة الحضارات القديمة

لطبيعة الضوء.

المبحث الثاني: نظرة الفلاسفة اليونان

حول طبيعة الضوء

الفصل الأول : البدايات التاريخية " فيزياء الضوء في العصور القديمة "

إرتبط الضوء منذ فجر الحضارات الإنسانية بأسرار الحياة والوجود، وشكّل محورا رئيسيا في تفسير الظواهر الطبيعية وتطوير الأنشطة البشرية. فقد رأت الحضارات القديمة في الضوء قوة إلهية أو عنصر حيوي يتحكم في دورة الحياة، سواء من خلال إرتباطه بالشمس كمصدر أساسي للإضاءة والحرارة، ولطالما كان الضوء لغزا مثيرا للإهتمام بالنسبة للإنسان قبل العصور. فقد سعت الحضارات القديمة بما فيها الحضارة المصرية وبلاد الرافدين إلى فهم طبيعة هذا العنصر الأساسي الذي يمنحنا الرؤية ويضيء عالمنا ووضع فلاسفة اليونان اللبنة الأولى للنظريات التي مهدت لفيزياء الضوء. فكيف نظرت هذه الحضارات القديمة للضوء؟ وكيف كانت تفسيرات فلاسفة اليونان حوله؟

المبحث الأول : نظرة الحضارات القديمة لطبيعة الضوء .

احتل الضوء في التصور الكوني للمصريين القدماء منزلة أسطورية تجاوزت كونه ظاهرة فيزيائية عابرة، ليتحول إلى قوة إلهية مؤسّسة لنسيج الخليقة نفسها. ففي معتقداتهم، لم يكن الضوء مجرد أداة لإضاءة العالم المادي، بل كان الجوهر الأول الذي إنبثقت منه الحياة والوجود، وإعتبروا أن انعدام الضوء يعني عودة الكون إلى الفوضى الأصلية، ما جعل استمراره شرطا لبقاء النظام الكوني واستقرار دورة الحياة اليومية. وانصرف العلماء إلى دراسته بوصفه لغزا لاهوتيا يخفي في طياته أسرار الخلود. ففي مدارس "منف" و"هرمبوليس" حللوا طبيعته المزدوجة بين المادي { الضوء المرئي } والميتافيزيقي { النور الإلهي }، و رصدوا تأثيره في تشكيل الوعي الديني عبر الطقوس { إضاءة التماثيل } التي تحيي الأرواح في الأعياد.

المطلب الأول : الحضارة المصرية .

1. مصادر الضوء كأحد العناصر الكونية بمصر القديمة.

إعتقد المصريون القدامى أن الضوء الذي ينير هذا الكون ينبثق من مصادر متعددة تتمثل في الأجرام السماوية كالشمس والقمر والنجوم، وذلك بما يوصله لنا من أشعة منعكسة على عيوننا بواسطة هذه الأجرام ومن هنا قدس المصريون القدامى مصادر الضوء مختلفة،¹ واحتلت الشمس مكانة محورية في الميثولوجيا المصرية القديمة، ليس بوصفها مصدرا للضوء فحسب، بل كمحرك رئيسي لأسرار الخائفة والحياة نفسها. فمنذ عصور ما قبل الأسرات، عبّد المصريون مسار الشمس في عقيدتهم، ورأوا فيها تجسيدا للإله "رع" أو "آمون رع" الذي يبتّ النور والدفء ويحكم دورة الوجود بأسره. وقد تجلّى هذا التقديس في تتبّعهم الدقيق للدورة الشمسية عبر تقويم فلكي دقيق، ربطوا من خلاله بين شروق الشمس وإنبعاث الحياة، وغروبها وانزياح الظلام معتبرين أن هذه الدورة المتكررة تجسد فلسفتهم حول الخلود وانبعاث الروح بعد الموت.

أما في ظلمة الليل، فقد اتكأ المصريون على جرمين سماويين لاستعادة التوازن الكوني: القمر الذي إرتبط بأسرار الزمن والحكمة عبر الإله "تحت"، فكان الضوء الفضي دليلا للمسافرين وحارسا للأسرار الليلية، والنجوم التي نسجوا حولها خرائط أسطورية لإرتباطها بالآلهة والأسلاف. فحين يختفي القمر في مراحله الفلكية، تنتشر النجوم كشهود سماويين على إستمرارية الكون، حيث فسّر المصريون تألؤها كإشارات من عالم "دوات " {عالم الموتى} ، تذكر البشر بالترابط الأبدي بين الأرض والسماء.²

2-الضوء في خلق العقيدة المصرية قبل خلق الكون و بعده

1- مجدى إسماعيل عبد الحميد: عنصر الضوء في الديانة المصرية القديمة، موسوعة دراسات في آثار الوطن العربي، ص:431.

2- المرجع نفسه والصفحة نفسها.

تشير الأساطير المصرية القديمة إلى أن الضوء لعب دورا محوريا. وتبرز إحدى هذه الأساطير. أي تقول هذه الأسطورة " الإله شو وأخته تفنوت سقطا في قلب المياه الأزلية، لذا أرسل أتوم عينة لتبحث عنهما وتعيدها إليه لكن المياه الأزلية كانت تسودها الظلام ولم يكن هناك أي ضوء، فقام شو بإنارة هذه المياه بضوئه وإستطاعت العين أن تراهما و ترجع بهما إلى أبيهما أتوم " ¹. وهنا في إطار الميثولوجيا المصرية القديمة، يعتبر الضوء أحد العناصر الكونية الأساسية التي شكلت حجر الزاوية في رواية خلق الكون، لا سيما في مدينة هليوبوليس التي إرتبطت بما يعرف " بالمذهب الشمسي " أو " العقيدة الهليوبوليتانية"

وفقا لهذا المذهب، مثل الضوء القوة المحركة للوجود، حيث ارتبطت نشأته بظهوره وتجليه كرمز للإنتقال من العدم إلى النظام. وقد جسّد كهنة هليوبوليس هذه العقيدة عبر الربط بين الضوء الأول وبين الإله "شو"، أحد أركان التاسوع المقدس، الذي يصوّر كحامل للسماء وفاتح للفضاء الكوني. فالإله "شو" ابن الإله "أتوم" لم يكن مجرد رمز للهواء أو النور، بل اعتبر أيضا الحامي للضوء الشمسي المقدس، والمجسّد لفعل الخلق المستمر، فقد إرتبطت أسطورته برفع السماء عن الأرض. ومن هنا رفع أتباع المذهب الشمسي من شأن "شو" ورأوا فيه التجسيد الأسطوري للضوء الذي يحمل في طياته بذرة النظام الكوني. ويضمن استمرارية دورة الحياة عبر ارتباطه الوثيق بالإله تفنوت وبالعين الشمسية أنه ابن "أتوم" و "رع" مما جعل أنه ابن الشمس لذا كان إرتباطه بالشمس وضوئها أمرا طبيعيا. ²

2. الضوء في حياة المصريين القدامى الأولى والثانية

■ الضوء في حياة المصريين القدامى الأولى { الحياة الدنيا } :

1- مجدى إسماعيل عبد الحميد: مرجع سابق، ص: 432.

2- مرجع نفسه، ص: 433.

لقد أدى الضوء دوره الفعال في حياة المصريين القدامى الأولى أي رمز الخلق و الخلود وإشراقة الحياة، حيث تجاوز كونه مجرد عصر طبيعي ليرتقي إلى رمز المقدس يجسد حيوية الخلق وأبدية الروح في الميثولوجيا المصرية مثل "رع" إله الشمس مصدر النور الأول الذي إنبثقت منه الحياة وفقا لنصوص " التاسوع المقدس " في هليوبوليس، التي تصور كيف خرج الإله أتوم من رحم الظلمات ليخلق الكون بإنبثاق أشعة الشمس، و لم تكن هذه مجرد أسطورة بل إنعكست في " الأناشيد الشمسية " التي وجدت منقوشة لى الجدران و المعابد والتي تمجد الشمس كمصدر للوجود والعدالة الكونية.

وفي هذا السياق الديني حظي الضوء بقدسية بالغة، حتى إن النظر المباشر لقرص الشمس المشرق كان محظورا على عامة الناس، وأن الإله رع لا يطاق للبشر، وان محاولة إدراك كماله الباهر قد تؤدي إلى الهلاك. وكان هذا التحريم جزء من الطقوس أكثر تعقيدا، أما في عالم الأحياء فقد كان الضوء يتبر الجسر الذي يربط بين العالم المادي والعالم الآخر. ونجد مفهوم الضوء هنا هو الذي يقوم بإنارة عالم الأحياء وهكذا يسبب الحياة لجميع المخلوقات ¹.

■ الضوء و رفع المتوفي إلى السماء { الحياة الثانية }

لقد كان للضوء دورا محوريا في المعتقدات الدينية لدى المصريين القدامى، حيث اعتبر جسرا رمزيا يربط بين عالم الأحياء وعالم الموتى. فطبقا لرؤيتهم الكونية، كان العالم الآخر مغطى بالظلام الدامس، ما جعل من الضوء عنصرا حيويا لإنارة طريق الروح في رحلتها الصعبة نحو الخلود. ولم يكن الضوء مجرد وسيلة للرؤية، بل تجسيدا ل " قوة الحياة " ذاتها، ممثلة في إله الشمس "رع" الذي يعتقد أنه يموت كل مساء ويبعث من جديد مع شروق الشمس، معلنا إنتصار النور عن الظلام. لذلك حرص المصريون على تزويد المتوفي بوسائل رمزية وحقيقية لإستدعاء النور في رحلته .

1- مجدى إسماعيل عبد الحميد: مرجع سابق، ص: 434.

وفي النصوص الجنائزية مثل "كتاب الموتى" ذكرت تعاويذ سحرية لإستحضار أشعة الشمس، بينما زودت المقابر بمصابيح وفوانيس لتقليد نور النهار. مما نجدهم يقومون بممارسات دفنهم للمتوفي تعبر عن رؤيتهم العميقة للوجود والآخرة. ففي العصور الأولى، لاحظ الباحثون أن جثامين الموتى كانت توجه نحو الغرب، وهو الإتجاه الذي إرتبط بمغيب الشمس وإنزياح النور، فترى تلك الجهة كمقر للرحلة الأخيرة نحو عالم الأموات، غير أن هذه الممارسات شهدت تحولا لافتا مع بزوغ صر الأسرات { حوالي 310 ق . م } حيث بدأ المصريون في توجيه موتاهم نحو الشرق معلنين إرتباطا جديدا بفيض النور الذي يشرق من شروق الشمس رمزا للبعث والتجدد الأبدي.¹ لم يكن هذا التحول مجرد تغيير طقسي عابر، بل إنعكاسا لتحولات جذرية في بنية دينية وإجتماعية. فمع صعود عقيدة " رع " إله الشمس، وأصبحت فكرة الشرق بوابة للإنتلاق نحو حياة جديدة، حيث يولد الميت من جديد مع كل شروق، كما تولد الشمس من ظلام الليل .

مثل الضوء في العقيدة المصرية القديمة وسيلة للوصول إلى الحياة الثانية، حيث يُرفع المتوفى إلى السماء عبر النور الإلهي، ليلتحق بالآلهة أو يتحول إلى نجم خالد. وهذا الاعتقاد انعكس في المعمار الجنائزي، والنصوص المقدسة، والطقوس التي تهدف إلى ضمان رحلة آمنة للروح نحو الأبدية.

المطلب الثاني : الحضارة البابلية .

انتشر استخدام المشاعل على نطاق واسع في الحضارات القديمة، لا سيما في منطقة بلاد الرافدين { ما بين النهرين }، التي تعد مهدا لأحد أعرق الحضارات الإنسانية فقد اعتمد سكان هذه المنطقة على المشاعل المصنوعة من مواد طبيعية كالقصب و الشحوم الحيوانية .

1- مجدى إسماعيل عبد الحميد: مرجع سابق، ص: 435.

كما في الحضارة البابلية، كان الضوء يستخدم بطرق متنوعة، إلى أن البابليون استخدموا مصابيح مصنوعة من الفخار أو المعدن، حيث تملأ بزيت الزيتون أو دهون الحيوانات. وذلك راجع إلى انتشار زراعة الزيت الزيتون واستخدامه الواسع في حضارات المشرق وحوض البحر المتوسط مثل الحضارة الفينيقية واليونانية والرومانية إلى جانب البابلية، في إحداث تحول جذري في صناعة المصابيح و فنون تشكيلها. فقد مثل الزيت مصدرا مثاليا للإضاءة بفضل قدرته على الإحتراق ببطء، مما شجع الحرفيين على ابتكار تصاميم أكثر تعقيدا وجمالا¹.

كما أضافوا على مقدمة الأسرجة صنبورا ويخرجون منه رأس الفتيلة لكي ينحصر احتراق الزيوت في طرف واحد من الفتيلة وبقي الطرف الآخر مخبأ داخل الصنبور لتستمر طول الوقت ممكن، وكان هذا الإختراع يتطور في القرن السابع قبل الميلاد لدى سكان حضارة بلاد الرافدين².

كما أدى توفر الزيت بكميات كبيرة، نتيجة شبكة التجارة الممتدة عبر البحر المتوسط، إلى تحويل المصابيح من أدوات نفعية بسيطة إلى قطع فنية ترمز للرفاهية، حيث نafs الحرفيون في صنع المصابيح معلقة أو مزودة بمقابض منحوتة.

المبحث الثاني : نظرة الفلاسفة اليونان حول طبيعة الضوء .

الضوء ظاهرة كونية أسهمت في تشكيل فهم الإنسان للعالم من حوله، فكانت مدار تأمل فلسفي وتجريبي منذ فجر الحضارات. وعلى الرغم من أن محاولات تفسير طبيعته تعود إلى أزمنة موعلة في القدم، إلى أن الإسهامات الأولى الموثقة علميا تعود إلى فلاسفة اليونان القدماء. ونجد من بين أهم ما تناولوه هو نظرية الإنبعاث هي واحدة من

1- سجي محمد كريم . ظافر أكرم قدوري . الضوء في الحضارات القديمة . قسم التاريخ . كلية التربية للعلوم الإنسانية . جامعة ديالى . صفحة 264 .

2- مرجع نفسه و الصفحة نفسها.

أقدم النظريات التي حاولت تفسير طبيعة الضوء وآلية الرؤية، وقد ظهرت هذه الفكرة بين فلاسفة اليونان القدماء. وفقا لهذه النظرية، إفترض بعض المفكرين أن العين البشرية هي مصدر للأشعة التي تتبعث منها، وكانت أفكارهم بدائية نسبياً مقارنة بالمعرفة العلمية الحديثة، ومن أبرز نظرياتهم:

أفلاطون (427-347 ق.م) لقد قدم الفيلسوف اليوناني افلاطون نظرية فريدة حول آلية الرؤية. في حين نعرف اليوم أن الرؤية تحدث نتيجة انعكاس الضوء، من الأجسام الى العين، لكن افلاطون افترض عكس ذلك واعتقد أن الرؤية تنشأ عن انبعاثات ضوئية تخرج من العين نفسها لتسقط على الأشياء المحيطة مما يجعلها مرئية.¹

أرسطو (384-322 ق.م) لقد شكّل تلميذ أفلاطون وهو الفيلسوف أرسطو، تحديا جذريا لنظرية أستاذه. وهو أول من إنتقد نظرية " العين النشطة " التي كانت سائدة في عصره، والتي تقوم على أن العين تصدر أشعة أو طاقة بصرية نشطة إتجاه الأجسام لرؤيتها. وقد قدم ارسطو نظرية بديلة تعرف بنظرية " الوجود " أو " الولوج " في الرؤية، والتي تنص على أن العين لا ترسل أي أشعة، بل تستقبل المعلومات البصرية من خلال الأشعة الضوئية القادمة من الأجسام المحيطة.²

بطلμος (100-168 ق.م) إعتقد العالم بطليموس أن عملية الإبصار تحدث نتيجة خروج أشعة ضوئية من العين لتسقط لى الجسم المرئي، مما يؤدي إلى إنعكاسها مرة أخرى إلى العين وينتج عنها الإحساس بالرؤية. وكان يرى أن العين تصدر نوعاً من النور البصري التي تتفاعل مع الأجسام الخارجية، فتمكن الإنسان من رؤيتها.

1- أحمد خالد: مالا تعرفه عن الضوء، مقال العلوم الفيزيائية والكيميائية، 15 سبتمبر 2015م

الساعة: 10:53.

2- أحمد خالد: مرجع سابق.

وهذه النظرية المعروفة بنظرية الإنبعاث سادت لفترة طويلة في العصور القديمة حيث إعتقد كل العلماء أن العين هي مصدر النور الذي يضيء الأجسام من حولنا.¹ ومنه نستنتج في الأخير، أن إستخدام الضوء في الحضارتين المصرية البابلية في تطبيقات عملية مثل المرايا، وكانت تتمثل في الشمس وكان رمز للخلود في الحياة مع ربطه بالمعتقدات الدينية والأساطير. أما فلاسفة اليونان مثل أفلاطون وأرسطو و... فقدموا تفسيرات عقلانية لطبيعة الضوء، وهكذا شكّلت هذه المرحلة أساساً مهماً لتطوير علم البصريات.

1- مرجع نفسه.

الفصل الثاني: العصور الوسطى.

المبحث الأول: إسهامات العلماء في

العصر الوسيط.

المبحث الثاني: نظرية الانعكاس

والانكسار للضوء.

الفصل الثاني : رحلة الضوء في التاريخ " دراسة العصور الوسطى "

في العصور الوسطى، احتل الضوء مكانة مركزية في الفكر الإنساني، حيث جذب إهتماما واسعا من قبل الفلاسفة والعلماء على حد سواء، لم يكن الضوء ينظر إليه فقط كظاهرة فيزيائية يمكن ملاحظتها ودراستها، بل كان أيضا موضوعا غنيا بالدلالات الفلسفية والروحية، وإعتبر العديد من المفكرين في تلك الحقبة أن الضوء يمثل جسرا بين العالم المادي والعالم الروحي. في حين شهدت دراسة الضوء تقدما ملحوظا، خاصة مع ظهور علماء مثل ابن الهيثم الذي قدم تحليلات دقيقة لطبيعة الضوء وكيفية انتقاله و انعكاسه. فكيف أسهمت دراسات ابن الهيثم والكندي في العصور الوسطى للضوء في تطوير فهم ظاهرتي الانعكاس والانكسار؟

المبحث الأول : إسهامات العلماء في العصر الوسيط

شهدت العصور الوسطى تطورا ملحوظا في فهم فيزياء الضوء، حيث قدم العلماء مساهمات كبيرة في هذا المجال، مما مهد الطريق للاكتشافات العلمية اللاحقة. خلال هذه الفترة، اهتم العديد من المفكرين والفلاسفة بدراسة طبيعة الضوء وكيفية إنتقاله، مما أدى إلى ظهور نظريات جديدة وأكثر تعقيدا. على سبيل المثال، درس العلماء العرب مثل ابن الهيثم، الذي يعتبر أحد رواد علم البصريات، خصائص الضوء وانكساره وانعكاسه، ووضع أسس مهمة لفهم كيفية عمل العين والإبصار. كما تمت ترجمة أعماله لاحقا إلى اللاتينية، بالإضافة إلى تم تطوير أدوات بصرية مثل العدسات والمرايا، والتي ساعدت في تحسين فهم كيفية تفاعل الضوء مع المواد المختلفة.

المطلب الأول : الكندي

1- سيرته الذاتية:

يتفق المؤرخون على أن الكندي عربي الأصل، " لذلك يسمونه فيلسوف العرب أو فيلسوف العرب وأحد أبناء ملوكها وذلك تميزاً له عن فلاسفة الإسلام من غير العرب"¹ كان من قبيلة كندة وهذه القبيلة استوطنت وسط جزيرة العرب ووصفت بكونها ذات حضارة و تاريخ سياسي كبير.

و قد اتفق على أن اسمه " أبو يوسف يعقوب بن إسحاق بن الصباح بن عمران بن إسماعيل بن محمد بن الأشعث بن قيس الكندي "² (185-256هـ/801-873م) وكان هذا الفيلسوف أحد أبرز أعلام العرب والإسلام في عصره، حيث ينتمي إلى سلالة ملوك كندة العريقة. انتقل إلى بغداد التي كانت آنذاك مركزاً للعلم والثقافة، وبرع في مجالات متعددة كالطب والفلسفة والموسيقى والهندسة. اشتهر بعمله الواسع وإسهاماته الفكرية، وألف العديد من المؤلفات التي تركت أثراً كبيراً في التراث العربي الإسلامي.

و بالرغم من المكانة المرموقة التي حظي بها الفيلسوف العربي الكندي بين أعلام عصره، فقد نشأ في بيئة ميسورة الحال، حيث كان والده من الشخصيات البارزة التي وفرت له الرعاية والاهتمام الكافي. وقد ساعدته هذه الظروف في على التفرغ للعلم والمعرفة منذ صغره، مما مهد له الطريق ليصبح أحد أبرز الأسماء في تاريخ الفلسفة الإسلامية³.

2- طبيعة الضوء عند الكندي

1- محمد عبد الهادي بوزيدة: رسائل الكندي الفلسفية، الجزء الأول، دار الفكر العربي، مطبعة الاعتماد بمصر، 1950م، ص: 27.

2- عدنان عبد الكريم خليل: الكندي فيلسوف عصره، مجلة الملوية للدراسات الأثرية و التاريخية، المجلد الثالث، العدد الخامس، السنة الثالثة، 2016م، ص: 250.

3- عدنان عبد الكريم خليل: مرجع سابق، ص: 251.

لقد قدم الفيلسوف والعالم العربي الكندي إسهامات في فهم طبيعة الضوء والرؤية، حيث عرّف الضوء بأنه يسير في خطوط مستقيمة، مما يجعل الرؤية ممكنة بشكل مباشر عندما يكون الوسط المحيط يسمح بمرور الضوء من خلاله دون عوائق. وقد بنى الكندي نظريته هذه على أساس أن الضوء ينتقل في مسارات مستقيمة، وهو ما يفسر سبب وضوح الرؤية عندما يكون هناك مسار واضح و غير معترض للضوء بين العين والجسم المرئي.

كما أوضح الكندي أن الرؤية من خلال الزجاج تكون تامة وكاملة بسبب خاصية الشفافية التي يتمتع بها الزجاج، حيث يسمح بمرور الضوء في خطوط مستقيمة دون انحراف. وبالتالي، فإن الضوء الذي يمر عبر الزجاج يحافظ على مساره المستقيم، مما يتيح رؤية واضحة للأجسام الموجودة خلفه. وقد ميّز الكندي بين الأجسام الشفافة مثل الزجاج، والأجسام المعتمة أو غير الشفافة التي لا تسمح بمرور الضوء، وبالتالي لا تتيح الرؤية من خلالها. وبهذا التفسير يعكس فهم الكندي العميق لطبيعة الضوء وكيفية تفاعله مع المواد المختلفة.¹

ونجد أن الكندي أظهر فهماً عميقاً لطبيعة الضوء وسلوكه، حيث درس بعناية كيفية سير الضوء وزوايا السقوط والانعكاس، بالإضافة إلى تأثيرات الأجهزة البصرية مثل العدسات والمرايا غير مستوية، وأن هذه الأدوات البصرية قادرة على خداع العين من خلال تغيير مسار الضوء، مما يؤدي إلى تشويه الصور وذلك اعتماداً على شكل العدسة أو المرآة. إلى أن الكندي ركز على وصف الظواهر البصرية وفهمها بشكل نظري دون الدخول في حسابات رياضية دقيقة لقياس زوايا الانعكاس والانكسار وذلك تركيزه على الجانب الكيفي وليس الكمي.

1- صبري الدمرداش: موضوعات الكندي في مجال الفيزياء، قطوف من سير العلماء، الجزء الأول، 1997. بدون صفحة.

وفي سياق عن طبيعة الضوء أضاف الكندي ملاحظة مهمة مفادها أن سرعة الضوء عظيمة جداً لدرجة أن عملية الإبصار تحدث بشكل فوري دون الحاجة إلى الوقت، واستنتج أن الرؤية تحدث في اللحظة التي يصل فيها الضوء الى العين. دون أن يكون هناك تأخر ملحوظ بين إنبعاث الضوء من المصدر وإدراكه للعين. وهذا الاستنتاج يعكس تقدير الكندي لسرعة الضوء الفائقة، والتي لم تكن قابلة للقياس في عصره، لكنها كانت خطوة مهمة في فهم طبيعة الضوء.¹

يقول: "تبعث العين بحزمها الضوئية إلى هيئة مخاريط تتسع في قواعدها كلما بعدت عن العين، وتحيط بالأجسام التي تتعرض لهذه الحزم، وبذلك تتم عملية لجزء الجسم الذي تعرض لها".²

ومن هنا نجد الكندي خصّ العين بميزة فريدة تجعلها تختلف عن الحواس الأربع الأخرى لأن العين تتميز بقدرتها على إرسال الضوء لترى به الأجسام. وهذه الفكرة تعكس نظرة الكندي العميقة لطبيعة الإبصار، حيث رأى العين لا تكتفي بإستقبال الضوء المنعكس من الأجسام، بل هي مصدر القوة البصرية.

المطلب الثاني: ابن الهيثم

1- سيرته الذاتية :

كان ابن الهيثم، شخصية بارزة في مجال البصريات والرياضيات خلال العصر الذهبي الإسلامي و"هو الحسن أبو علي بن الحسن ابن الهيثم ، ولد عام 965 م في مدينة البصرة. من عائلة ذات مكانة سياسية مرموقة، ولكنه كان توّاقا الى العلم و المعرفة أكثر من السياسة " ¹ وقدم مساهمات كبيرة في مبادئ البصريات وإستخدام التجارب العلمية.

1- صبري الدمرداش: مرجع سابق .

2- صبري الدمرداش: مرجع نفسه.

كما أتم الحسن بن الهيثم مراحل تعليمه كلّها بالبصرة جنوب العراق، حيث تلقى تعليمه الأساسي وتدرج في مراحل تعليمه حتى بلغ مراتب عالية في العلم والمعرفة. حيث اشتهر في فترة شبابه بذكائه الحاد وفهمه العميق للعلوم، خاصة في مجال الفيزياء، حيث أظهر تفوقا ملحوظا في فهم الظواهر الطبيعية والقوانين التي تحكمها.

ولم يقتصر إسهامه على الفيزياء فحسب، بل إمتدت إنجازاته لتشمل تأسيس و تطوير العديد من العلوم، مثل الرياضيات والتي وضع فيها أسسا جديدة وأسهم في تطويرها بشكل كبير. كما له دور رائد في علم الفلك، حيث قدم نظريات وأفكارا ساعدت في فهم حركة الكواكب والنجوم. بالإضافة إلى ذلك يعتبر الحسن ابن الهيثم مؤسس علم البصريّات، حيث درس إنعكاس الضوء وإنكساره ووضع نظريات مازالت تدرس حتا اليوم ونجد إسهاماته الخاصة كانت من أبرز إنجازاته، خاصة كتابه الشهير " كتاب المناظر " الذي يعد أهم المراجع في هذا المجال. ألّف مجلدين تم تجميعهما خلال عامي 1027م و 1028م، حيث تكونت تلك المجلدات من 25 كتابا من الرياضيات و44 كتابا عن الفيزياء والميتافيزيقا، وكتابا واحد حول بنية العالم.²

2- طبيعة الضوء عند ابن الهيثم

الحسن ابن الهيثم، العالم البارز في مجال البصريّات والفيزياء، يعتبر من أوائل العلماء الذين قدموا نظريات علمية متقدمة حول طبيعة الضوء. فقد اقترح أن الضوء ليس مجرد ظاهرة غير مادية، هو جسم مادي متصل، يتكون من أشعة لها أبعاد محددة، بما في ذلك الطول والعرض. هذه الفكرة كانت ثورية في زمانها، حيث كانت تتعارض مع المفاهيم السائدة التي كانت تعتبر الضوء مجرد إشعاع او طاقة غير ملموسة.

1- حسن محمد محي الدين الملوحى . الموسوعة البصرية لعين الإنسان . مكتبة الملك الفهد الوطنية . الهفوف . الطبعة الأولى . 2015 . ص 14 .

2- نهاد آل سالم . ابن الهيثم تعليمه و تحصيله العلمي . التعليم و الثقافة . طب ص 21 .

ومع ذلك أشار ابن الهيثم إلى أن الضوء يختلف عن الأجسام المادية الأخرى في سلوكه. فعلى سبيل المثال إذا تم قذف جسم مادي مثل الحجر إلى الأعلى، فإنه سيهبط في النهاية إلى الأرض بسبب الجاذبية. لكن الضوء وفقا لابن الهيثم، لا يتبع هذا النمط من الحركة؛ فهو لا يهبط إلى الأرض بعد أن يقذف أو يُشع إلى الأعلى.¹

هذا الاختلاف في السلوك يظهر أن الضوء، رغم كونه جسما ماديا، له خصائص فريدة تميزه عن الأجسام المادية التقليدية. ولاحظ أن الضوء القادم من خلال ثقب صغير ينتقل في خطوط مستقيمة ويسقط صورة على الجدار المقابل². وأثبت هذا ابن الهيثم ذلك بالتجربة من خلال "وضع شمعة مشتعلة أمام حاجز مثقوب حيث لا تتحقق رؤية الشمعة إلا إذا كانت العين على استقامة واحدة وتم تطوير تجربة ابن الهيثم وذلك باستبدال الشمعة المشتعلة بمصباح مضيء ووضع أكثر من حاجز، ومن خلال التجربة تم التأكد بأنه لا يمكن رؤية المصباح المضيء إلا إذا كانت الثقوب على استقامة واحدة".³

3- الضوء و الإبصار: من الموجات الضوئية إلى الإدراك البصري

يتكون البصر من مجموعة من الطبقات والأجسام المختلفة، مبدؤه ومنشؤه من مقدّم الدماغ.

ينقسم الجزء الأمامي من الدماغ إلى عصبين مجوفين ومتماثلين، ينشأ كل منهما من نقطتين متقابلتين على جانبي مقدمة الدماغ، ويقال إن كل واحدة منهما طبقتان وأنهما ينشآن من غشاء الدماغ، ثم يلتقي هذان العصبين ليكونا عصباً واحداً. وبعد ذلك ينقسم

1- حسن محمد محي الدين الملوحى: الموسوعة البصرية لعين الإنسان، مكتبة الملك الفهد الوطنية، الهفوف، الطبعة الأولى، 2015م، ص: 18.

2- جمال المصري: ابن الهيثم أبو البصريّات في العصور الوسطى (التاريخ _ العلوم) 16-08-2024 .

3- حسن محمد محي الدين الملوحى: مرجع سابق، ص: 18.

هذا العصب مرة أخرى ليصبح عصبين مجوفين ومتساويين. يمتد هذان العصبان حتى يصلان إلى الـى الحذبتين المقعرتين في العظمتين المحيطتين بمجموعتي العينين.¹

لقد جاء قبل ابن الهيثم علماء وانقسموا حول نظريتين في الإبصار وهما:

- نظرية بطليموس: التي تقول (توجد أشعة ضوئية تنطلق من العين إلى الجسم المرئي و بذلك تحدث الرؤية).

- نظرية أرسطو: التي تقول (تحدث الرؤية نتيجة انعكاس خيالات الجسم المرئي على العين و بذلك تحدث الرؤية).

حتى جاء العالم الكبير ابن الهيثم، الذي قام بتفنيد هذه الأفكار والنظريات القديمة بشجاعة وثقة علمية عالية. إعتد ابن الهيثم على منهجية علمية دقيقة، حيث اثبت إستحالة صحة تلك النظريات من خلال التجارب والملاحظات العلمية، بعد ذلك قدم ابن الهيثم شرحاً مفصلاً لعملية الإبصار بقوله: "إن الأشعة الضوئية تنبعث من الجسم المرئي إلى العين المبصرة و سطح العين الخارجي، فتتشبع الصورة المبصرة (.....) فيكون إبصار الدماغ بالشئ المبصر بالعينين معاً إحساساً واحداً، وعند وجود علة تتشوه الصورة ولا يكون الإحساس بها واحداً".²

المبحث الثاني: نظرية الانعكاس و الانكسار للضوء.

الضوء يعدّ من أعظم النعم التي أنعم الله بها على الكون، فهو عنصر أساسي في طبيعة الحياة، يضيء العالم من حولنا ويمنحه الجمال والوضوح، يأتي الضوء في النهار من أشعة الشمس الساطعة التي تشرق على الأرض لتحيتها بالدفء والنور. ويتكون

1- الحسن بن الهيثم: كتاب المناظر، مقالات 1،2،3، في الإبصار على الإستقامة، عبد الحميد صبره، الكويت 1983م، سلسلة تراثية 4، ص:127.

2- حسن محمد محي الدين الملوحى: الموسوعة البصرية لعين الإنسان، مكتبة الملك الفهد الوطنية، الهفوف، الطبعة الأولى، 2015م، ص:23

الضوء من موجات كهرومغناطيسية وهي طاقة تتحرك في الفراغ بسرعة هائلة، وتعتبر واحدة من أكثر الظواهر الطبيعية إثارة للدهشة. كما أنه لا يقتصر تأثيره على الرؤية فقط، بل يلامس أجسام الكائنات الحية، ونجد يتمتع الأشعة الضوئية بمجموعة من الخصائص الفيزيائية التي تجعلها موضوعاً مهماً للدراسة في علم البصريات، ومن بين هذه الخصائص نجد الانعكاس وهو ارتداد الضوء عند سقوطه على سطح ما، والانكسار، وهو تغير اتجاه الضوء عند انتقاله من وسط إلى آخر بسرعات مختلفة. وتعتبر هاتين الظاهرتين الانعكاس والانكسار من بين الظواهر الطبيعية التي حظيت باهتمام كبير من قبل العلماء، حيث تم إجراء العديد من البحوث و الدراسات لفهم آلياتهما، وقد تم وضع لهما قوانين رياضية دقيقة وهذه القوانين لم تأتي من فراغ بل تم التوصل إليها بعد إجراء العديد من التجارب المخبرية والملاحظات العلمية التي ساعدت في فهم طبيعة الضوء و سلوكه.

المطلب الأول: نظرية الانعكاس الضوئي

1- تعريف الانعكاس الضوئي:

انعكاس الضوء The reflection of light هو ظاهرة فيزيائية تحدث عندما ترتد الموجات الضوئية والفوتونات المضيئة من سطح لآخر، مما يؤدي إلى تغيير اتجاهها دون تغيير في طبيعتها أو سرعتها، وذلك يحدث حين اصطدام الموجات الضوئية مع وسط لا يسمح بمرور الضوء من خلاله، ويكون وسط غير شفاف يمنع انكسار الضوء، لذلك يحدث الانعكاس، وتعتمد نسبة انعكاس الضوء على كثافة الوسط المنتقل إليه¹.

ونجد عند ابن الهيثم بأن الضوء ينعكس عن الأجسام الصلبة إذا وقع عليها، كما ترتد الكرة عند اصطدامها بجسم صلب، وذكر ابن الهيثم حالتين:

الحالة الأولى: " إذا سقط الضوء بشكل عمودي على السطح ينعكس على نفسه ".

1- ندى إبراهيم: بحث عن انكسار الضوء، 8 يناير 2025، 09:39 .

أي بزاوية 90 درجة بالنسبة للسطح، في هذه الحالة ينعكس الضوء على نفسه حيث يعود في نفس الاتجاه الذي سقط منه.

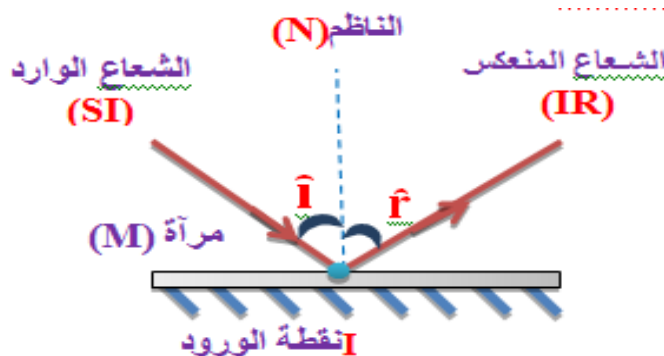
الحالة الثانية: " إذا سقط الضوء بشكل مائل يرتد على نفسه بنفس زاوية السقوط ".

أي بزاوية غير عمودية. في هذه الحالة، ينعكس الضوء بزاوية تساوي زاوية سقوطه، ولكن في الاتجاه المعاكس¹.

2- قانون الانعكاس الضوئي

تعرف الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام عند نقطة السقوط على السطح الأملس المستوي بزاوية السقوط. وكذلك تعرف الزاوية بين الشعاع المنعكس والعمود عند نقطة السقوط بزاوية الانعكاس، وعلى ذلك يمكن تلخيص قانوني الانعكاس كما يلي²:

- القانون الأول: " الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام عند نقطة السقوط تقع في مستوى واحد ".

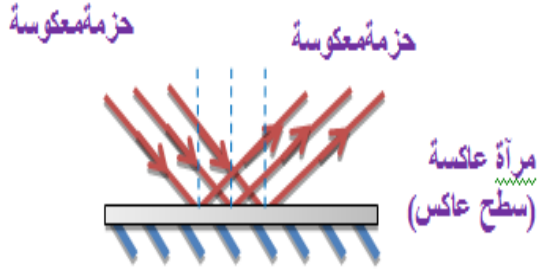


الشكل 1: يمثل القانون الأول للانعكاس الضوئي.

- القانون الثاني: " زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس ".

1- حسن محمد محي الدين الملوحى: الموسوعة البصرية لعين الإنسان، مكتبة الملك الفهد الوطنية، الهفوف، الطبعة الأولى، 2015م، ص: 19.

2- سعود اللحىاني: الضوء، جامعة أم القرى، كلية العلوم التطبيقية، قسم الفيزياء، المملكة العربية السعودية، ص: 06.



الشكل 2: يمثل القانون الثاني للانعكاس الضوئي.

ويعرف هذا القانون باسم قانون إقليدس، حيث قام ابن الهيثم بدراسته وتحليله وفق منهجية علمية تجريبية متميزة، تماشياً مع أسلوبه القائم على الدقة والاختبار.¹

المطلب الثاني: نظرية انكسار الضوء

1- تعريف الانكسار الضوء

انكسار الضوء The refraction of light الانكسار يعني تغيير في مسار الموجة المارة من خلال وسط معين، وذلك بسبب تغيير في سرعة حركة الموجة، وبالتالي انكسار الضوء هو من الظواهر الطبيعية التي تعني تغييراً في مسار شعاع الضوء نتيجة مروره خلال وسط معين بزاوية معينة تسمى زاوية الانكسار، بسبب تغير سرعتها عندما تمر من وسط شفاف إلى آخر شفاف متغير في الكثافة مثل الهواء والماء.²

ويقول ابن الهيثم في انعطاف الضوء أي انكساره، تحدث هذه الظاهرة عند مرور الأشعة الضوئية عبر ووسائط شفافة متفاوتة الشفافية، أي انتقالها من وسط معين إلى آخر يختلف عنه في درجة الشفافية.

• الحالة الأولى: "إذا مرت الأشعة الضوئية من المشف الألف إلى المشف إلى المشف

الأغلظ، انعطفت الأشعة إلى جهة العمود المقام على السطح".

1- حسن محمد محي الدين الملوحى: ص: 20.

2- ندى إبراهيم: مرجع سابق.

أي عند انتقال شعاع الضوء من الوسط الشفاف وقليل الكثافة (المشف الألفف) إلى الوسط الشفاف عالي الكثافة (المشف الأغلف)، فإنه ينعطف إلى جهة العمود المقام على السطح عند نقطة السقوط.

• الحالة الثانية: "إذا مرت الأشعة من المشف الأغلف إلى المشف الألفف،

انعطفت خلاف جهة العمود المقام على السطح، أما إذا مرت عمودياً فإن

الانعطاف يكون معدوماً، أي يرد الشعاع على نفسه".¹

عندما يسقط شعاع ضوئي بزاوية غير عمودية على السطح الفاصل بين وسطين، فإنه ينكسر مبتعداً عن العمود المقام على السطح.

2- قانون الانكسار

يعد قانون الانكسار الضوئي، المسمى نسبة للعالم الهولندي ويلبرورد سنيليوس willbrord Snellius الذي صاغه في القرن السابع عشر، أحد الركائز الأساسية في علم البصريات. ويعرف هذا القانون العلاقة الرياضية بين زاوية سقوط الموجة الضوئية وزاوية انكسارها عند انتقالها بين وسطين شفافين مثل الماء والهواء.

الصيغة الرياضية للقانون:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

حيث:

• n_1 , n_2 : معامل الانكسار الوسط الأول والوسط الثاني على التوالي.

• θ_1 , θ_2 : زاوية سقوط الشعاع على السطح الفاصل بين الوسطين وزاوية

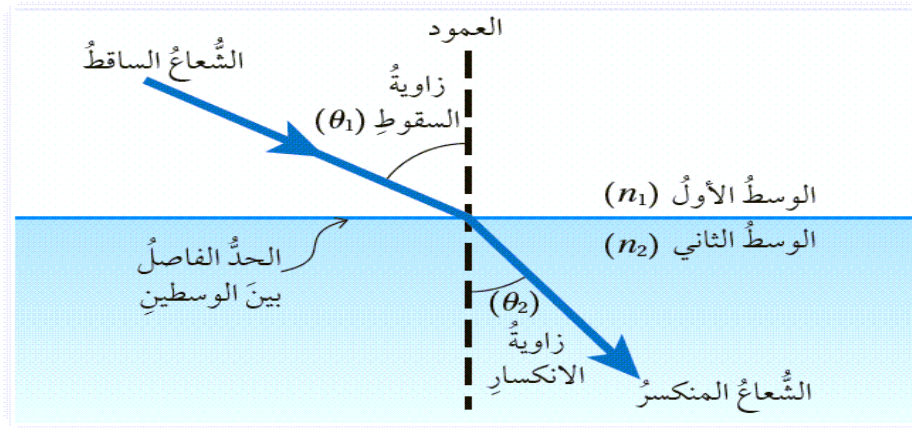
انكساره داخلهما.²

مثال:

1- حسن محمد محي الدين الملوحى : مرجع سابق، ص: 21.

2- ندى إبراهيم: مرجع سابق.

عندما يسير الضوء من وسط لآخر، على سبيل المثال من الهواء إلى الماء، هنا نرى أن الضوء لا يسير في خط مستقيم. فالشعاع في الماء يكون مائلاً على مساره في الهواء، وعند تغيير الزاوية أو المنظور بحيث يسقط الشعاع سقوطاً أقرب إلى الشاقول، فإن زاوية الكسر ولا تكون حينئذ كبيرة بقدر ما كانت هي عليه، أما إذا كانت حزمة الضوء بزاوية كبيرة فإن زاوية الانحراف تكون حينئذ كبيرة جداً على قدر ما كانت هي عليه.¹



الشكل 3: يمثل ظاهرة أنكسار الضوء.

في هذا الرسم، يمثل الخط المتقطع العمود المقام على السطح الفاصل بين الوسطين. عندما ينتقل الشعاع الضوئي من الوسط الأقل كثافة إلى الوسط الأكثر كثافة، ينحرف باتجاه العمود المقام، مما يؤدي إلى تقليل زاوية الانكسار مقارنة بزاوية السقوط. وفي الأخير نستنتج أن العصر الوسيط شكّل مرحلة حاسمة في تطور فيزياء الضوء، حيث قدّم العلماء المسلمين ومن أبرزهم ابن الهيثم في كتابه المناظر تحليلاً علمياً لطبيعة الضوء والإبصار، كما أسهم الكندي بدراساته حول طبيعة الضوء وسلوكه، حيث درس بعناية كيفية سير الضوء وزوايا السقوط والانعكاس، في حين ركزنا على تطور فهم ظاهرتي الانعكاس والانكسار مثل تحديد زوايا السقوط والانعكاس، ودراسة انحراف الضوء عند انتقاله بين الوسائط المختلفة.

1- عيسى يوسف اللموشي: محاضرات فاينمان في الفيزياء، الجزء الأول، مطبعة جامعة دمشق، 1974م، ص: 05.

الفصل الثالث: العصر الحديث

(من الطبيعة الجسيمية إلى الموجية فالطبيعة
المزدوجة).

المبحث الأول: الطبيعة الجسيمية عند

اسحاق نيوتن.

المبحث الثاني: الطبيعة الموجية.

المبحث الثالث: الطبيعة المزدوجة.

الفصل الثالث: العصر الحديث (من الطبيعة الجسيمية إلى الموجية فالطبيعة المزدوجة).

في العصر الحديث، إنهارت اليقينيات الفيزيائية واحدة تلو الأخرى، لتكشف عن عالم كمومي غريب لا يعترف بقوانين المنطق التقليدي. لقد تحول الصراع التاريخي بين الطبيعة الموجية والجسيمية من نزاع حاد يتطلب حلاً حاسماً إلى تناغم كوني عجيب، حيث تذوب الحدود بين المتناقضات في رقصة كمومية محيرة. لم تعد الطبيعة تسألنا "اختر بين الموجة أو الجسيم"، بل تهمس في آذاننا بحقيقة أعظم: "اقبلوا التناقض، فهذا هو سر الوجود".

وبين ثنايا الوجود المادي، ينبثق الضوء كحكيم كوني عجيب، يحمل في طياته أعظم الألغاز وأكثرها إثارة للدهشة. فهو ليس مجرد ظاهرة فيزيائية ندركها بحواسنا، بل هو حارس أمين للأسرار الكبرى التي تحكم هذا الكون. ينتقل الضوء بين المتناقضات ببراعة فائقة، وكأنه يرقص على حافة الوجود، ملقياً بتعاليمه الصامته التي تتحدى كل تصوراتنا المسبقة.

لقد بدأت رحلته الفكرية متواضعة في عقل نيوتن، حيث تخيله جسيماً مادياً صلباً يسير في خطوط مستقيمة. ثم تحول فجأة إلى موجة راقصة في مخيلة هوينجز، تنتشر في الأثير كالت موجات على سطح بركة ساكنة. وظل الصراع قائم حتى القرن 19 عندما بدأت الأدلة التجريبية (مثل تجارب يونغ للتداخل) تميل لصالح النظرية الموجية. فكيف فسر نيوتن فكرته؟ وماهي الأدلة التجريبية التي دعمت نظرية هوينجز؟ وكيف تم إثبات ازدواجية الموجة والجسيم؟

المبحث الأول: الطبيعة الجسيمية عند إسحاق نيوتن.

قبل مطلع القرن التاسع عشر، ساد الاعتقاد بأن الضوء عبارة عن زوبعة من الجسيمات الدقيقة التي تنتقل في الفراغ أو الأوساط الشفافة. وقد تباينت هذه التفسيرات

حول مصدر هذه الجسيمات وطريقة إدراكها، حيث رأى بعض الفلاسفة والعلماء أنها تنبعث من الأجسام المرئية نفسها، بينما يظن الآخرون أنها تنبعث من عين المشاهد لتمسح الأجسام وتعود حاملة صورتها.

وفي خضم هذا الجدل، برز إسحاق نيوتن دعماً كبيراً للنظرية الجسيمية للضوء، والتي افترض فيها أن الضوء يتكون من جسيمات متناهية في الصغر تنطلق بسرعة هائلة من الأجسام المضيئة لتسافر في خطوط مستقيمة حتى تدخل عين المراقب، وعند اصطدام هذه الجسيمات بشبكية العين، فإنها تحفز سلسلة من العمليات الفيزيولوجية تؤدي إلى الإحساس بالرؤية.

المطلب الأول: السيرة الذاتية لإسحاق نيوتن

إسحاق نيوتن (1643-1727) [Isaac Newton] ولد في العام الأول من الثورة الإنجليزية (1642)، فكان ابن بمتابة ابن من أبناء الثورة،¹ " في قرية ولزثورب في إنجلترا. مات والده قبل شهرين من ولادته وأصبحت أمه هي المسؤولة عليه². كان يمتلك مواهب عديدة رغما ذكائه الذي كان متأخرا عن أترابه في المدرسة، بعد مدة من الزمن، أرسله عمه وليام ايسكاف إلى المعهد العلمي لإستكمال دراسته هناك، ومن هنا بدأت مواهبه الرياضية بالظهور فعلاً. وفي تلك الفترة كانت الأوساط الفكرية في أوروبا تدعو إلى النتائج المبنية على التجارب المخبرية الحسية واستنادا إلى الرياضيات أي جو العلوم الدقيقة والصحيحة.³

1- فيصل سعد كنز: إسحاق نيوتن مكتشف الجاذبية الأرضية، دار المعارف للطباعة و النشر، تونس، ص: 05.

2- إسحاق نيوتن: رسالة في البصريات، حسن يوسف الموشي، سلسلة الكتب العلمية4، معهد الإنماء العربي، ص: 11.

3- المصدر نفسه ص: 11.

وكان لنيوتن يمتلك البراعة والمهارة وذلك أدى به إلى صناعة الكثير من الأشياء، كالطاحونة الهوائية والساعة الخشبية وتصميم الآلات و.... إلى أن نجح نيوتن في توسيع نطاق براعته الفنية لينتقل إلى صناعة الساعات الشمسية المعقدة، شأنها شأن الكثير من الإنجازات الأخرى، ونجده أيضا متفوقا في الرسم والشعر.¹

وبعد تجاوزه للثورة السياسية، أصبح أبا للثورة العلمية التي غيرت وجه العالم في القرن السابع عشر، من خلال اكتشافاته الرائدة في الفيزياء (مثل قوانين الحركة والجاذبية)، والرياضيات (مثل حساب التفاضل)، والبصريات (مثل تحليل الضوء)، أسس نيوتن لمنهج علمي قائم على التجربة والاستدلال، محطما بذلك قيود الفكر القديم.²

هكذا مثّلت حياة نيوتن جسرا بين ثورتين ثورة سياسية هزّت عرش إنجلترا وثورة علمية غيرت مصير البشرية.

المطلب الثاني: نظرية نيوتن

يقول إسحاق بارو وهو أستاذ نيوتن: "تكون المادة بيضاء اللون عندما تحتوي ضوءاً غزيراً، وسوداء إذا لم تحتوي أي لون، وحمراء إذا كان نورها قوياً وتقطعه فواصل مظلمة، وزرقاء إذا بعثت نوراً خفيفاً، أما اللون الأخضر فهو قريب من الأزرق، وأما بقية الألوان فهي مزيج من المذكورة سابقا...."³ إلا أن نيوتن، بفضل عقليته التحليلية النقدية وفضوله العلمي، لم يكتف بحفظ الأفكار الجاهزة، بل خاض لمناقشات شرح محاولا تفكيك كل فرضية واختبارها عبر التجربة و البرهان.⁴

1- روب أيلف: مقدمة قصيرة جدا لنيوتن، ترجمة شيماء طه الريدي، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة، ط1، 2014م، ص: 18.

2- فيصل سعد كنز: مرجع سابق، ص: 05.

3- إسحاق نيوتن: رسالة في البصريات، حسن يوسف اللموشي، سلسلة الكتب العلمية4، معهد الإنماء العربي، ص: 12.

4- المصدر نفسه، والصفحة نفسها.

ونجد نيوتن توصل من خلال سلسلة من التجارب الدقيقة التي أجراها في مجال البصريّات، إلى نظرية ثورية تفسر طبيعة الضوء. فقد أثبتت أبحاثه أن الضوء ليس مجرد ظاهرة موجية بحتة، بل يتكون في الواقع من جسيمات متناهية في الصغر أطلق عليها إسم " الجسيمات الضوئية ". وتبين له أن هذه الجسيمات تتحرك في خطوط مستقيمة وبسرعة عالية، وعندما تصطدم بسطح ما، فإنها تخضع لقوانين الانعكاس المشابهة لتلك التي تحكم حركة الكرة المرتدة عن الجدار. فكما أن الكرة ترتد بزوايا تساوي زاوية سقوطها، فإن الجسيمات الضوئية تنعكس بنفس الطريقة.¹ ومنه " يرى نيوتن أن الضوء يتألف من جسيمات متناهية في الصغر تصدر عن الشمس تقذفها باستمرار من مادة، وأن تلك الجسيمات شبيهة الجسيمات الصغيرة العديدة التي تصدرها طلقة البارود "² ولقد أدرك إسحاق نيوتن أن تفسير سير الأشعة الضوئية في خطوط مستقيمة يمكن أن يتم من خلال افتراض أن الضوء يتكون من جسيمات دقيقة تنطلق بسرعات عظيمة من المصدر الضوئي، وهذه الجسيمات الصغيرة تخضع لقوانين الحركة التي تحكم الأجسام المادية. وبهذا الفرض، وضع نيوتن حجر الأساس لما عُرف بإسم "النظرية الجسيمية للضوء" حيث رأى أنه بفضل سرعتها الخارقة، مشابهاً لسلوك الكرات المرتدة عند اصطدامها بالأسطح.³

قام نيوتن بتطوير المقراب الفلكي "التلسكوب" في أواخر القرن السابع عشر، وإعتمد فيه على نظام المرايا العاكسة بدلاً من العدسات الكاسرة التقليدية. ومن خلال إرصاده الدقيقة باستخدام هذا التلسكوب، توصل نيوتن إلى عدة اكتشافات فلكية مهمة. فقد أكد

1- تومي بشيرة: الفلسفة الطبيعية لفيزياء نيوتن، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، السنة 2021، ص: 49.

2- محمود فهمي زيدان: الاستقراء و المنهج العلمي، دار الجامعة المصرية، جامعة الإسكندرية، 1977، ص: 168.

3- هانزريشبناخ: نشأة الفلسفة العلمية، فؤاد زكريا، دار الوفاء، الإسكندرية، 2004، ص: 159.

على أن الشمس هي أقرب النجوم إلى الأرض، كما ساهم هذا الاختراع بشكل كبير في تطور علم الفلك الحديث، حيث أصبح التلسكوب العاكس الذي طوره نيوتن الأساس الذي بنيت عليه جميع التلسكوبات الفلكية.¹

ومنه نستنتج أن نظرية نيوتن الجسيمية لم تكن كاملة، إلا أنها شكلت حجر أساس في فيزياء الضوء، مما مهد الطريق لنظريات أكثر تعقيداً.

المبحث الثاني: الطبيعة الموجية.

في القرن التاسع عشر، سادت نظرية قديمة تفسر طبيعة الضوء على أنه تدفق من الجسيمات الدقيقة تنبعث من العين البشرية وهذا التصور كان مستمداً من أفكار بعض العلماء مثل العالم إسحاق نيوتن. وبقي القبول لدى العلماء لفرض نيوتن حتى عام 1678م.

بعد ذلك اقترح كريستيان هوينجز نظرية مفادها أن الضوء ليس مجرد سيل من الجسيمات، كما يعتقد سابقاً، بل هو ظاهرة موجية. حيث افترض أن كل نقطة على جبهة الموجة تعتبر مصدراً لموجات ثانوية تنتشر في جميع الاتجاهات وهو ما عرف بمبدأ هوينجز. بعد ذلك جاء الفيزيائي البريطاني توماس يونغ وقدم لنا سلسلة علمية من التجارب يساهم فيها على تطوير فهمنا لطبيعة الضوء.

المطلب الأول: طبيعة الضوء عند كريستيان هوينجز

في عام 1670م، تمكن العالم الهولندي كريستيان هوينجز [Christiaan Huygens] من تطوير نظريته العلمية والثورية التي عرفت باسم "مبدأ هوينجز"، حيث قدم تفسيراً لطبيعة الضوء على أنه عبارة عن موجات، وليس كجسيمات كما اقترح نيوتن.¹

* كريستيان هوينجز: (1629-1695) [Christiaan Huygens] ذات جنسية هولندية، تخصص في علم الفلك والفيزياء والرياضيات، تعددت انجازاته واكتشافاته في الضوء وأسس أسساً مهمة في البصريّات.

1- تومي بشيرة: مرجع سابق، ص: 50.

يرى هويجنز أن أشعة الضوء لا تسير في مسارات مستقيمة، بل تتحني خلال إنتشارها قبل ان تتلاقى مجدداً، ونجده يلاحظ أن ظاهرة الظل التي إستند إليها نيوتن إليها اسحاق نيوتن لا تدعم فكرة أن الضوء جسيمات، فعندما يكون الحاجز كبيراً يتشكل ظلاً واضحاً، لكن إذا كان الجسم صغيراً، ينحرف الضوء حوله ثم يعود لتجمع خلفه. وهذا الانحراف يعد دليلاً على الطبيعة الموجية للضوء أكثر من كونه جسيمات.² مثال ذلك "حين تطلق رصاصة من مصدر ما وأمامها حائل صلب فإن ذلك الحائل يحول بيننا وبين الرصاصة ولكن لن يحول بيننا وبين سماع صوتها. ذلك لأن الصوت يسير في موجات و يمكن للموجات ان تنحرف من حول الجسم العائق".³

ونجد كريستيان هويجنز افترض أن الضوء عبارة عن موجات تنتشر في الوسط، وذلك في محاولة تفسير الظواهر الضوئية، إلى أنه لم يحدد هويجنز طبيعة هذه الموجات بدقة، ولم يتعمق في خواصها الفيزيائية⁴. لكن بدلا من ذلك، إعتد هويجنز على منهج هندسي بحت، ووضع مبدأً رياضياً بسيطاً يعرف اليوم باسم " مبدأ هويجنز " والذي ينص على كل نقطة في جبهة الموجة تعتبر مصدر لتوليد موجات ثانوية تنتشر خارج مراكزها وبنفس إتجاه الموجة الأصلية وهذا المبدأ يقدم تفسيراً واضحاً للعديد من الظواهر الضوئية، خاصة تلك المتعلقة بإنتشار الموجات و الزوايا الانعكاس والانكسار، مما جعله أساسياً في دراسة البصريات الفيزيائية.

1- أحمد كريم سمير: البصريات، كلية التربية الأساسية الحديثة، قسم العلوم العامة، فرع فيزياء، جامعة الأنبار، ص: 04.

2- محمود فهمي زيدان: الاستقراء و المنهج العلمي، دار الجامعة المصرية، جامعة الإسكندرية، 1977، ص: 169.

3- المرجع نفسه.

4- احمد كريم سمير: مرجع سابق، ص: 07.

وقدم النظرية الموجية للضوء، مفترضاً أن الضوء يتكون من موجات تنتقل في الفراغ عبر وسط إفتراضي¹. لكنها لم تحظ هذه النظرية بالقبول العلمي الكافي في بدايتها، حيث واجهت معارضة شديدة من أنصار النظرية الجسيمية لنيوتن، واستمر هذا الجدل قرناً كاملاً مما أعاد الإعتبار لنظرية هويجنز وأسس لعلم البصريات الموجية.²

المطلب الثاني: تجربة الشق المزدوج لتوماس يونغ

في الفترة ما بين عامي (1800-1803) قدم الفيزيائي الإنجليزي توماس يونغ سلسلة من الأبحاث العلمية، التي إستندت إلى تجاربه المبتكرة، مما أعاد احياء النظرية الموجية للضوء وأسهم في تطوير فهمنا لطبيعته.³ وفي عام 1801م، تم تقديم أول تفسير علمي يوضح الطبيعة الموجية للضوء، حيث بينت التجارب أنه يتصرف كموجة تحت ظروف محددة.

التداخل:

التداخل هو ظاهرة فيزيائية تحدث عند تفاعل موجتين متماثلتين في الطبيعة، وتحدث هذه الظاهرة عندما تنبثق من مصدر واحد⁴ أو بالأحرى هو عبارة عن اتحاد موجتين لها الطول الموجي واحد ونابعين من نفس المصدر ليكونا مناطق مضيئة ومناطق مظلمة.¹ على حسب نوعين من التداخل:

1- بلهيري عبد العظيم: الثورة العلمية المعاصرة في القرن العشرين، مذكرة ماجستير، كلية العلوم الاجتماعية، قسم الفلسفة، جامعة وهران، 2010، ص: 44.

* توماس يونغ: (1773-1829) [Tomas Young] هو عالم بريطاني، أشهر اسهاماته في الفيزياء وخاصة الضوء والبصريات والطب و...

2- هانزريشبناخ: نشأة الفلسفة العلمية، فؤاد زكريا، دار الوفاء، الإسكندرية، 2004، ص: 159.

3- بلهيري عبد العظيم: مرجع سابق، ص: 46.

4- كريم علي الساعدي وآخرون: مقدمة في التكنولوجيا الليزر وتطبيقاته، كلية الكوت الجامعة، بغداد، ط1، 2022م ص: 07.

أ. "التداخل البناء: ويحدث عندما تكون للموجتين تردد واحد، وعندما يكون الفرق بين مسلكين الموجات مساوياً لعدد زوجي من أنصاف الموجات أو مساوياً للصفر أي يشكلان موجة ثالثة.

ب. التداخل الهدام: أي أن الموجة الأولى تدمر الأخرى ويحدث عندما تكون إزاحة الطور 180 درجة، فتكون الموجة المتشكلة صفرياً وكذلك تحدث عندما يكون الفرق بين كلا الموجات مساوي لعدد فردي من أنصاف الموجات. " ²

مثال عن التداخل الضوئي:

عندما نرى الألوان الزاهية الناتجة عن طبقة رقيقة من الزيت عائمة على سطح بركة ماء، أو تلك التي تظهر على فقاعات الصابون، فإننا نكون أمام ظاهرة التداخل الضوئي في الأغشية الرقيقة. تحدث هذه الألوان نتيجة انعكاس أشعة الشمس عند السطح الفاصل بين الهواء والزيت، وكذلك عند السطح الفاصل بين الزيت والماء. بسبب اختلاف سمك الغشاء الرقيق، تتداخل الأمواج الضوئية المنعكسة بطريقة بناءة أو هدامة، مما ينتج هذا المشهد اللوني الرائع. ³ وبهذا تحصل عملية التداخل بين الموجتين.

تجربة يونغ:

تعرف تجربة يونغ الشهيرة في علم البصريات بإسم " تجربة الشقين المزدوجين " (young double slit experiment)، والتي تعد من أهم التجارب التي أثبتت الطبيعة الموجية للضوء، أجرى العالم البريطاني توماس يونغ هذه التجربة الرائدة لأول مرة عام 1801م، حيث اعتمد في نسخته الأولى على استخدام ثقبين دقيقين بحجم ثقب الدبوس

1- داود خليفة: من التصور الميكانيكي الى التصور اللاميكنيكي للطبيعة، قسم الفلسفة، جامعة وهران، 2011م، ص: 93.

2- كريم علي الساعدي وآخرون: مرجع سابق، ص: 07.

3- نغم ثامر علي العجيلي وآخرون: تفهم تكنولوجيا الليزر، رياض عزيز مرز، ط2، 2021، ص: 53.

لتمرير حزمة ضوئية خلالهما.¹ حيث تقول هذه التجربة " اذا وضعنا قطعة من الورق السميك تحتوي على شقين متقاربين أمام مصدر ضوئي أحادي اللون، فنحصل على الشاشة التي نضعها أمامها سلسلة من الخطوط المضيئة بدلا من صورة للشقين كما نتوقع أن نراها، و يكون أكثر إضاءة في منتصف الشاشة، في المكان الذي نتوقع ان يكون مظلماً".²

التجربة تتم من خلال تداخل موجتين ضوئيتين تتبثقان من شقين ضيقين متجاورين في حاجز معتم، ويتم في هذه التجربة بواسطة شقين متوازيين يفصل بينهما مسافة صغيرة جداً، بحيث يكونان متساويين في البعد عن مصدر الضوء الأحادي اللون لضمان تماسك الموجات الضوئية الصادرة عنهما وتعد هذه المسافة الضيقة بين الشقين عاملاً حاسماً في نجاح التجربة، وبالتالي فإن أي تغير يطرأ على الموجة الضوئية الأصلية القادمة من المصدر (سواء في الطور أو التردد أو السعة) ينعكس تلقائياً وبشكل متطابق على الموجتين الصادرتين من الشقين في اللحظة ذاتها. وهذا ما يعني أن الموجتين المشتقتين تحتفظان بتوافق طوري كامل، في الخصائص الموجية.³

بعد إنحراف الموجتين عند عبورهما الشقين، يحدث بينهما تداخل بناءً أو هداماً، مما يشكل أنماطاً تداخلية على الشاشة الموضوعية على بُعد محدد. وعندما تصدر الموجات من الشقين وتصل في منتصف الشاشة والتي تقع على نفس المسافة من الشقين وتتداخلان ويكون هنا التداخل بينهم هو تداخل بناءً ويحدث التداخل البناء تكوين أهداب مضيئة، أما التداخل الهدام فإنه يحدث وينتج عنه أهداب معتمة.⁴

1- ذو الفقار كاظم هلال: دراسة الخواص الضوئية والكهربائية لبعض أشباه الموصلات، قسم الكيمياء، جامعة القادسية، 2019م، ص:43.

2- نغم ثامر علي العجيلي وآخرون: مرجع سابق، ص: 53.

3- ذو الفقار كاظم هلال: مرجع سابق، ص:43.

4- المرجع نفسه والصفحة نفسها.

المبحث الثالث: الطبيعة المزدوجة

تُعدُّ أروع مراحل التطور في الفيزياء تلك اللحظات التي تندمج فيها المفاهيم المختلفة في وحدة واحدة، حيث يكتشف فجأة أن الظواهر تبدأ متباعدة ليست سوى وجوه متعددة لحقيقة واحدة ومثال ذلك إنجاز ماكسويل، الذي وحد قوانين الكهرباء والمغناطيسية لكشف طبيعة الضوء.

وقبل ذلك، دار جدال شهير بين إسحاق نيوتن وكريستيان هويجنز حول طبيعة الضوء فبينما رأى نيوتن أن الضوء يتكون من جسيمات، واعتبره هويجنز موجة. وعندما عجزت التجارب على حسم النقاش، جاء توماس يونغ بتجربته الشهيرة ليثبت الطبيعة الموجية.

المطلب الأول: نظرية ماكسويل

في منتصف القرن التاسع عشر، وتحديداً عام 1860م، قام العالم الاسكتلندي العبقري جيمس كلارك ماكسويل بإنجاز علمي غير مسبوق، حيث نجح في ربط قوانين الكهرباء والمغناطيسية في إطار نظري محدد، فيما عرف لاحقاً باسم معادلات ماكسويل، وفتحت الباب أمام فهم أعمق لطبيعة الضوء.

فقد أدرك ماكسويل أن الموجات الكهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ بسرعة محددة، وعندما قام بحساب هذه السرعة، وجد أنها تتطابق مع السرعة المعروفة للضوء. وهذا ما جعله يستنتج أن الضوء ما هو إلا موجة كهرومغناطيسية، أي جزء من طيف أوسع يشمل موجات غير مرئية.¹

* جيمس كلارك ماكسويل: (1831-1879) [James Clark Maxwell] ذات جنسية

اسكتلندية، تخصص في مجال الفيزياء والرياضيات إذ يعتبر أبو الهندسة الكهربائية الحديثة بسبب تطبيقات في معادلات التكنولوجيا.

1- حسن يوسف اللموشي: محاضرات فاينمان في الفيزياء، الجزء الأول، القسم الثاني، 1974م،

ص: 53.

" أن الضوء موجة كهرومغناطيسية مستعرضة " ¹ . ويصنف الضوء كموجة مغناطيسية مستعرضة، حيث يتذبذب كل من المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي بشكل عمودي على اتجاه إنتشار الموجة، وفي نفس الوقت يكونان متعامدين على بعضهما البعض، ويُعد الضوء موجة كهرومغناطيسية لأنه يجمع بين هذين المجالين المتذبذبين، اللذين ينتشران في الفراغ دون الحاجة إلى وسط مادي بسرعة ثابتة تساوي 2.3×10^8

أدرك ماكسويل أن السرعة الثابتة للضوء في الفراغ، والتي تم قياسها بدقة في تجارب سابقة، تتطابق تماماً مع السرعة النظرية لإنتشار الموجات الكهرومغناطيسية التي تنبأت بها معادلاته الرياضية، وقد قادته هذه الملاحظة العميقة إلى طرح فرضيته الثورية التي تربط بين الضوء والكهرومغناطيسية، حيث افترض " أن الضوء هو في الأساس موجة كهرومغناطيسية ". وقد مثّلت هذه الفرضية نقطة تحول في فهم طبيعة الضوء، حيث دمجت بين ظاهرتين كانتا تبدوان منفصلتين سابقاً: الكهرباء والمغناطيسية من جهة والظواهر الضوئية من جهة أخرى ³.

المطلب الثاني: ازدواجية الموجة والجسيم

يُظهر الجسيم في الميكانيكا الكمية سلوكاً مزدوجاً: ففي بعض التجارب (كالكشف المباشر عن موقعه) يتصرف كجسيم منفصل، بينما في تجارب أخرى (كالحيود) يظهر خصائص موجية. وهذا الانزياح ليس تناقضاً، بل يعكس اعتماد السلوك الكمي على نظام

1- نغم ثامر علي العجيلي وآخرون: تفهم تكنولوجيا الليزر، رياض عزيز مرز، ط2، 2021، ص:12.

2- المرجع نفسه، ص:14.

3- أحمد كريم سمير: البصريّات، قسم العلوم العامة، جامعة الأنبار، ص: 05.

القياس نفسه، حيث تحدد أدوات الرصد الطبيعة التي يبيدها الجسيم - موجة أم جسيم - في كل حالة.¹

جاءت نظرية الإزدواجية التي تحمل الطابع الموجي والجسمي معا، لتثبت الجدل الذي صار بين روادها وهذا جاء مع لويس دي بروي. حيث أعلن أن الضوء مكون من جسيمات ومن موجات معا. وكانت نقطة التحول في تطور نظريات الضوء هي الخطوة التي خطاها لويس دي بروي بنجاح، حيث أكتشف للضوء خاصية ثنائية غريبة والتي تضيف عليه الصورة الموجية وتصوره كمجموعة من الجسيمات بين الأحيان والأخرى، وبهذا انطلقت رحلة العلم نحو التفكير المزدوج، ليكتشف أن الضوء يجمع بين الطبيعة الموجية والجسيمية معا.²

واستطاع أيضا العالم الفرنسي لويس دي بروي [Louis de Broglie] أن يقدم فهم الطبيعة المزدوجة للضوء والمادة. ففي عام 1924م، اقترح دي بروي أن الضوء وكذلك كل الجسيمات المادية لا يمكن وصفه بشكل كامل إما كموجة أو كجسيم منفصل، بل يجمع بين الخصائص الـاثنتين في آن واحد. ولقد وضع دي بروي الأساس النظري لهذه الفكرة عبر تحديد العلاقة الرياضية التي تربط بين الخصائص الموجية والجسيمية، والتي عرفت فيما بعد بـ " علاقة دي بروي " وفقاً لهذه العلاقة، فإن لكل جسيم مادي طولاً موجياً مرتبطاً به.³

ومنه نستنتج أن العصر الحديث شهد تطوراً في فهم طبيعة الضوء، بدءاً من النظرية الجسيمية لنيوتن والتي إعتبرت أن الضوء عبارة عن جسيمات تتحرك في خط

1- سموئيل لينغ وآخرون : كتاب الفيزياء الجامعي، محمد علي سلامة، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، المجلد 3، تونس، 2020، ص: 327.

2- كريمة بودرواز: الأسس النظرية للفيزياء المعاصرة وتطورها، المدرسة العليا ببوزريعة، 2013، ص: 368.

3- صلاح عبد السميع عبد الرزاق: أحمد فؤاد باشا ومشروعه الفكري، دار الفكر العربي، القاهرة، ط1، 2023م، ص: 204.

مستقيم، لكنها عجزت عن تفسير ظواهر التداخل والحيود. مرورًا بالنظرية الموجية لهويجنز والذي افترض أن أشعة الضوء لا تسير في مسارات مستقيمة، بل تنحني خلال إنتشارها قبل ان تتلاقى مجددًا، ثم جاءت المرحلة الثورية مع ماكسويل الذي وحد الكهرباء والمغناطيسية والضوء كموجات كهرومناطيسية، ليُكمل مسيرة الفهم لويس دي بروي الذي طرح الطبيعة المزدوجة (موجة - الجسيم) .

الفصل الرابع: الفترة المعاصرة.

المبحث الأول: النظرية النسبية

وميكانكا الكم.

المبحث الثاني: التطبيقات المعاصرة

للضوء.

الفصل الرابع: الفترة المعاصرة.

شهدت فيزياء الضوء تحولات جذرية في الفترة المعاصرة، حيث إنتقلت من النظريات الكلاسيكية إلى عصر جديد مليء بالإكتشافات الثورية والتطبيقات المذهلة. فمنذ مطلع القرن العشرين، أدت أعمال أينشتاين وبلانك إلى قلب المفاهيم التقليدية للضوء، حيث أثبتت التجارب أن له طبيعة ثنائية (موجة - جسيم)، مما وضع حجر الأساس لميكانيكا الكم. كما أدت تطبيقات الضوء في الليزر والألياف البصرية. فكيف غيرت هاتان النظريتان فهمنا لطبيعة الضوء؟ وماذا نتج عنها من تطبيقات معاصرة مثل الإتصالات أو الطب أو التكنولوجيا؟

المبحث الأول: النظرية النسبية وميكانيكا الكم.

لطالما كان الضوء لغزاً حير العقول منذ فجر الحضارة، لكن القرن العشرين شهد تحولاً في فهمنا له، حيث ظهرت نظريتان ثوريتان: النظرية النسبية وميكانيكا الكم التي غيرتا مفهوم الضوء والكشف عن طبيعته. وفي هذا المبحث سنناقش كيف أعادت النظرية النسبية وميكانيكا الكم تشكيل فهمنا للضوء، ليس كظاهرة فيزيائية فحسب، بل كحجر أساس في بناء الكون نفسه.

المطلب الأول: النظرية النسبية عند ألبرت أينشتاين.

1-حياته:

ألبرت أينشتاين (1879-1955) [Albert Einstein] ولد في مدينة أولم بألمانيا، كبر وترعرع وسط والديه والتحق بالمدرسة في السابع من عمره، إلى أنه أظهر نبوغاً في مادة الرياضيات لكنه تعرض للكثير من الإنتقادات من طرف معلميه، بعد ذلك درس الهندسة وتعلم من هندسة إقليدس ثم مدة من تعليمه إلى أنه التحق بأحد المعاهد الفنية " البوليتكنيك " وتحت ضغط كبير قبل دراسة الهندسة الكهربائية، في حين بعد عدة سنوات إنتقل إلى سويسرا وواصل دراسته هناك وإهتم اهتماماً عظيماً بتعليم نفسه في موضوعات

المنهج مثل حساب التفاضل وإحتمالات إنشطار الذرة والضوء وجعل أيضا من النظرية النسبية دراسة كبرى حيث أُعتبر نموذجا للمدرس الباحث الناجح في عمله.¹

2- النظرية النسبية الخاصة عند أينشتاين:

وضعها أينشتاين في عام 1905م، وهي تدرس حركة الأجسام المتحركة بسرعة منتظمة في خط مستقيم. وقد بنيت النظرية على الفرضين التاليين:

أ/ " سرعة الضوء في الفراغ لها نفس القيمة في جميع المجموعات الإحداثية المتحركة بالنسبة لبعضها بسرعة منتظمة.

ب/ القوانين الطبيعية واحدة في جميع المجموعات الإحداثية المتحركة بسرعة منتظمة بالنسبة لبعضها ".²

فالفرضية الثانية التي إعتد عليها أينشتاين في نظرية النسبية الخاصة، بسرعة الضوء. وذلك لأن كانت المبادئ الأساسية للفيزياء الكلاسيكية في أواخر القرن التاسع عشر راسخة ومعروفة.³ فهو ثبوت سرعة الضوء في جميع أنظمة الإحداثيات، حيث يرى أينشتاين أن سرعة الضوء في الفراغ ثابتة ولا تعتمد على حركة المصدر أو سكونه، أي أنها لا تتأثر بسرعة الجسم المشع للضوء سواء كان متحركاً أو ثابتاً. حيث نجد سرعة الضوء في الفراغ هي 300,000 كم/ ثانية أي ثابت طبيعي مطلق، ولا تتغير حتى إذا تحرك مصدر الضوء بسرعة عالية.⁴

1- رمسيس عوض: ألبرت أينشتاين حياته وغرامياته، ط2، 2009، ص: 15.

2- ابراهيم ناصر: النظرية النسبية نظرة عامة، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن، قسم الفيزياء، ص: 19.

3- سموئيل لينغ وآخرون : كتاب الفيزياء الجامعي، محمد علي سلامة، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، المجلد 3، تونس، 2020، ص: 220.

4- كريمة بودرواز: الأسس النظرية للفيزياء المعاصرة وتطورها، المدرسة العليا ببوزريعة، 2013، ص: 301.

ونجد أيضا أينشتاين قائلاً في نفس السياق " لقد أدت بنا التجربة إلى الاقتناع بأمرين: صدق مبدأ النسبية من ناحية وأن سرعة انتقال الضوء في الفراغ يجب اعتبارها مقداراً ثابتاً من الناحية الأخرى "¹ وعلى هذا الأساس يبني أينشتاين نظريته والتي تنص على أن سرعة الضوء ثابتة لا تتغير، لا تزيد ولا تنقص فهي تساوي 300 ألف كيلومتر في الثانية وهي أقصى سرعة ممكنة.²

وأكد أينشتاين أن الضوء عبارة عن موجة كهرومغناطيسية تنتشر دون الإعتماد على وسط مادي، لكن هذه الرؤية أدت إلى تعقيدات في تفسير سلوك الأجسام التي تتحرك بسرعة تقارب سرعة الضوء، مما كشف عن قصور النماذج الفيزيائية في وصف هذه الحالات. لذا اقترح أينشتاين أن قوانين الفيزياء جميعها لا تتغير وأن صيغها الرياضية تبقى نفسها في جميع الأنظمة، وهذه الفكرة ليست جديدة أي أشار إليها نيوتن من قبل ولكن أينشتاين وسع في هذه الفكرة لتشمل الظواهر الكهرومغناطيسية إضافة إلى الظواهر الميكانيكية وهذه كمبدأ الأول، أما الثاني فهو ثبوت سرعة الضوء وهذين المبدأين ما جعل بالنسبية الخاصة لأينشتاين.³

المطلب الثاني: نظرية الكم عند ماكس بلانك

1-حياته:

ماكس بلانك (1858-1947) [Max Planck] هو فيلسوف فيزيائي ألماني، يعتبر مؤسس نظرية الكم ولذلك أحد أهم فيزيائيين القرن العشرين. أنهى في عمر 16 سنة دراسته في الثانوية. فضل دراسة الفيزياء على دراسة الموسيقى، نصحه أحد أساتذته

1- ألبرت أينشتاين: النظرية النسبية الخاصة والعامة، ترجمة: رمسيس شحاتة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 2000، ص: 91.

2- كريمة بودرواز: مرجع سابق، ص: 301.

3- ناظم أحمد حسون وآخرون: النظرية النسبية الخاصة، كلية الآداب والعلوم، جامعة المرقب، 2004م، ص: 06.

البروفيسور فيليب فون يولي أن يتوجه لدراسة غير الفيزياء بحجة أن هذا العلم تكون تكون كل فروعها قد وصلت إلى آخر ما قد وصلت إليه من تطور. وبدأ دراسة الفيزياء بعمر 16 سنة. وتعلم بلانك الجزء التطبيقي الوحيد في كامل دراسته، ثم انشغل بالفيزياء النظرية. وبعد عودته إلى ميونخ حصل على الدكتوراه وصار مدرساً لمقرر الترموديناميك.¹

2- ماكس بلانك وأصول فيزياء الكم للضوء

تلقى التصور الكلاسيكي للضوء وفق نظرية الموجات (الهوينجزية) ضربة قاضية عام 1900م على يد العالم الألماني ماكس بلانك، الذي اقترح فكرة ثورية مفادها أن الطاقة مثل المادة والكهرباء تنتقل في حزم متقطعة وليس بشكل مستمر². حيث بين ذلك في كتابه نظرية الضوء من خلال قوله: " لذا يمكننا الإعلان بشكل تام وشامل عن النظرية: وفقاً لقوانين الميكانيك الكلاسيكي، كتلة نقطية m تتحرك في مجال قوة ذات طاقة كامنة U تشبه تماماً شعاع ذو دور زمني فريد في جسم غير متجانس، متوحد الخواص ومشتت يملك معامل انكسار n ".³ وبهذا من منظوره المادة والضوء كطاقة متماثلان ولا فرق بينهما، حيث لا تظهر إلا بصورة منفصلة متقطعة على شكل حبات محددة وتسمى بالإصطلاح العلمي بالكوانتم وهو أصغر كمية من الطاقة.

سبق أن بينا أن الضوء يسري على شكل موجات في الفيزياء الكلاسيكية لا على شكل حبات كما إعتقد نيوتن، ثم تقدم ماكسويل بمعادلته الشهيرة التي أثبتت أن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية، ولكن إكتشاف بلانك " للكوانتم " حيث نجده أعاد النظر لفكرة نيوتن إلى الشعاع الضوئي بوصفه ينتقل بسرعة.⁴ وجاء ليصحح الميكانيكا

1- خالد العرفج: ماكس بلانك وأهم إنجازاته، قسم الفيزياء، مجلة منار العلوم، 2015.

2- كريمة بودرواز: مرجع سابق، ص: 285.

3 -Max planck: Theory of light, henry L. Brose, Trad, London, p: 208.

4- كريمة بودرواز: المرجع نفسه والصفحة نفسها.

الكلاسيكية حتى تتناسب مع الحقائق التي نشاهدها في الإشعاع، إلى أنه توصل في دراسته حول الضوء أنه يوجد أنواع لا نهائية تتميز باختلاف أطوالها الموجية، كما أكدت النظرية صحة إفتراضها بأن الإشعاع لا ينشأ من المادة بشكل مستمر، بل على شكل حزم منفصلة من الطاقة أطلق عليها بلانك باسم " الكمات " ¹.

جاء بلانك وإفتراض أن الإشعاع ينتقل عبر الفوتونات، ثم تأكد لاحقاً أن الفوتون يسافر في الفراغ عبر خطوط مستقيمة. وتوصل إلى هذا بناءً على التجربة " حين يمر إشعاع في غاز ما فإن عدداً قليلاً من جزيئات هذا الغاز تتبعثر بينهما لا يتأثر عدد كبير من الجزيئات بمرور الإشعاع فإذا كان الإشعاع مؤلفاً من موجات تسير عبر الأثير كنا نرى كل جزيئات الغاز تبعثرت " ². وبعد هذا نجد بلانك نظر في مسألة الضوء أنها كميات صغيرة من الطاقة ليست متساوية ولكنها تختلف باختلاف طول الموجة المشعة حيث قال ماكس بلانك في كتابه: " الآن يجب ان نضع في إعتبارنا، كما يظهر بالفعل من إعتبارات وكما سيتم شرحه أننا في البصريات، ولا يمكننا ملاحظة إتجاه شعاع أحادي معين أو نظام أحادي لخطوط موجية متوازية، ولكن دائماً نلاحظ مخروط من الإتجاهات الشعاعية والتي تكون فقط هزيلة جداً " ³.

في الواقع، طبقاً لما أشار إليه بلانك، يحق لنا أن نتساءل عن المعنى الحقيقي لمصطلح " موجة ضوئية " إذا كانت تتكون من نبضات غير متصلة من الأمواج. ومن خلال تحليله، كشف ماكس بلانك عن القصور في النظرية الموجية لهويجنز والتي تفسر الإشعاع كموجات تنتشر في الأثير، مبرزاً عجزها عن توضيح آلية إنتشار الإشعاع بشكل

1- بلهيري عبد العظيم: الثورة العلمية المعاصرة في القرن العشرين، مذكرة ماجيستر، كلية العلوم الاجتماعية، قسم الفلسفة، جامعة وهران، 2010، ص: 51.

2- محمود فهمي زيدان: الاستقراء و المنهج العلمي، دار الجامعة المصرية، جامعة الإسكندرية، 1977، ص: 171.

3 - Max planck: Ipid, p 43.

دقيق. كما أن إكتشافاته قد أعادت تأكيد صحة نظرية نيوتن الجسيمية للضوء، مما أعطاه دماً جديداً في ضوء هذه الأدلة. وإن كان هذا التأييد، لا يعني أن بلانك متفق مع نيوتن تمام الاتفاق في نظريته الميكانيكية. فنظرية بلانك ثورة على الكثير من تصورات نيوتن.¹

المبحث الثاني: التطبيقات المعاصرة للضوء

لقد أصبح الضوء اليوم الركيزة الأساسية للعديد من التقنيات التي نعتمد عليها في حياتنا اليومية، من الإتصالات فائقة السرعة إلى التشخيص الطبي الدقيق. وهذه الثورة التطبيقية جاءت نتيجة التراكم المعرفي عبر قرون من البحث والإكتشاف، حيث تمكنا من تسخير خصائص الضوء الفريدة لخدمة البشرية. ومع التطور الهائل في تقنيات الليزر والألياف الضوئية، فقد تقودنا فيزياء الضوء نحو ثورة تكنولوجية شاملة. فكيف تُحدث تطبيقات الضوء المعاصرة ؟

المطلب الأول: الليزر

أ/ مفهوم الليزر: يمثل الأحرف الأولى من العبارة التالية: Light Amplification by Stimulated Emission Radiation والتي تعني " تضخيم الضوء بواسطة الانبعاث المحفز للأشعة " ². والليزر هو حزمة ضوئية مركزة تسير في خط مستقيم، على عكس الضوء العادي الذي ينتشر في جميع الاتجاهات وبأطوال موجية متعددة ومختلفة. وفي عام 1960م، حقق العالم ثيودور ميمان إنجازاً علمياً بارزاً ببناء أول جهاز ليزر علمي، والذي اعتمد على بلورة الياقوت كمادة فعالة لتضخيم الضوء وإنتاج الأشعة الليزرية وسمي

1- كريمة بودرواز: مرجع سابق، ص: 288.

2- نغم ثامر علي العجيلي وآخرون: تفهم تكنولوجيا الليزر، رياض عزيز مرزه، ط2، 2021،

ص: 07.

باسم "ليزر الياقوت". وبعد هذا الاكتشاف، شهدت تقنيات الليزر تطوراً سريعاً، حيث بدأ العلماء في تصميم أنواع جديدة من مولدات الأشعة الليزرية أخرى.¹

ب/ المكونات الأساسية لجهاز الليزر: إن مبدأ مل الليزر يعتمد على ثلاثة عوامل أساسية :

1- الوسط الفعال The active medium

هو قلب الليزر، حيث تتحرك الإلكترونات في ذراته أو جزيئاته مطلقة فوتونات ضوئية ضمن المدى المرئي أو المجاور له، مما يولد الشعاع الليزري.

2- التأهيل العكسي أو انقلاب التعداد Population Inversion

لإنبعاث أشعة الليزر، يجب تحقيق انقلاب التعداد أي جعل عدد الذرات المثارة في مستويات الطاقة العليا أكبر من تلك في المستويات الدنيا. يتحقق ذلك عبر تزويد الوسط الفعال بطاقة خارجية لرفع الذرات إلى حالة الإثارة. عندما تصل مجموعة الذرات إلى هذه الحالة المثارة (ذات طاقة عالية)، يصبح الانبعاث الليزري ممكناً.

3- المرنان البصري:

وهو الوعاء الحاوي والمنشط لعملية التكبير ويتكون من مرآتين توضعان على طرفي الوسط الفعال، حيث تعكسان الفوتونات لتضخيمها. إحداها عاكسة كلياً، والأخرى شبه عاكسة تسمح بخروج الليزر.²

1- كريم علي الساعدي وآخرون: مقدمة في التكنولوجيا الليزر وتطبيقاته، كلية الكوت الجامعة، بغداد، ط1، 2022م ص54.

2- المرجع نفسه، ص: 61.

ج/ فكرة عمل الليزر:

عندما يزود الوسط الفعال بضوء عالي الشدة لفترة زمنية قصيرة، تثار ذراته الى مستويات طاقة أعلى. بعض هذه الذرات تطلق فوتونات عند عودتها الى مستويات طاقة أدنى. وهذه الفوتونات بدورها تحفز الانبعاث التلقائي لفوتونات إضافية من ذرات أخرى. وعند بدء تضخيم الضوء، تزداد شدة الأشعة بمقدار محدد حتى تصل الى شدة معينة. بإستخدام المرآة، ينعكس جزء من الأشعة بنسبة محددة، مما يحافظ على شدة معينة للضوء، وتقوم المرآة بإعادة الأشعة المنعكسة الى وسط التضخيم مرة أخرى لزيادة شدتها، ثم تعود لتسقط على مرآة أخرى، حيث تنعكس بشدة محددة.¹

المطلب الثاني: تكنولوجيا الألياف البصرية والمسح الضوئي

تعد الألياف البصرية من أهم التقنيات الحديثة في مجالات متعددة، حيث تتميز بقدرتها الفائقة على توجيه الموجات الضوئية بكفاءة عالية تقارب سرعة الضوء. إضافة الى ذلك، تستخدم الألياف الضوئية في التطبيقات الطبية مثل المناظير الجراحية الدقيقة.²

وتتكون الألياف البصرية من خيوط زجاجية شديدة الدقة، رفيعة مثل خيوط العنكبوت، مصممة لنقل أشعة الليزر أو الضوء بداخلها بكفاءة عالية. وبدلاً من الاعتماد على الاشارات الالكترونية التقليدية المستخدمة في كابلات الهاتف والراديو والتلفزيون، ويمكن لهذا الضوء ان يحل محلها، مما يوفر وسيلة نقل أسرع وأكثر تطوراً. وتتميز الشعيرات الزجاجية بكفاءة فائقة في مجال الاتصالات، حيث يمكن لزوج واحد منهما أن

1- كريم علي الساعدي وآخرون: مرجع سابق، ص: 62.

2- زقودو سمية: دراسة أثر التحزيم على كابل الألياف البصرية الناقلة للإشعاع الشمسي المركز في المجال المرئي، مذكرة ماجستير، قسم العلوم والتكنولوجيا وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2013م، ص: 06.

ينقل ما يعادل ألف محادثة هاتفية في الوقت نفسه. ويعود ذلك الى قدرتها على العمل بترددات عالية جداً، مما يمكنها من حمل كميات هائلة من البيانات والمعلومات، تفوق بكثير ما تتحمله الأسلاك النحاسية التقليدية.¹

ونجد أيضاً من بين التطبيقات الضوء في الأونة الأخيرة تقنية المسح الضوئي، والذي شهد إقبالاً كبيراً نظراً لفاعليتها وقدرتها على تحويل مالم الخطوط وأبعاد الجسم البشري إلى بيانات رقمية يسهل التعامل معها وتعديلها. وقد أسهمت هذه التقنية في تطوير العديد من المجالات، حيث يعد المجال الطبي وخاصة جراحة التجميل من بين ابرز القطاعات المستفيدة، إذ تعزز دقة النتائج وتحسن آثار العمليات الجراحية. كما تستخدم تقنية المسح الضوئي في تصنيع الأطراف الصناعية بدقة عالية وإنتاج الرسوم المتحركة الواقعية وغيرها من تطبيقات أخرى.²

وعندما تم تطوير تقنيات المسح ثلاثي الأبعاد، " حيث تم تقسيمها الى أربع مجموعات رئيسية:

أ- المسح الضوئي بالليزر.

ب-المسح الضوئي بالضوء الأبيض المنتظم.

ج-الطرق المباشرة للتصوير (كالتصوير الفوتوغرافي).

د-التقنيات القائمة على أجهزة الاستشعار النشطة (كأنظمة الرادار المختلفة، وأجهزة الاستشعار التي تعمل باللمس)."³

1- قواسم بن عيسى: الفجوة الرقمية والمعلوماتية بين الدول العربية، مذكرة ماجستير، قسم العلوم الإعلام والاتصال، جامعة وهران، 2007م، ص: 64.

2- فوزي سعيد شريف: الاستفادة من تقنية المسح ثلاثي الأبعاد لزيادة معدل الدقة أثناء أخذ القياسات للجسم، مجلة البحوث في مجالات التربية، مصر، المجلد السابع، العدد 33، 2021م، ص: 338.

3- المرجع نفسه، الصفحة 339.

وفي الاخير نستنتج أن التطور الثوري لفهم الضوء في الصر المعاصر جمع بين النظرية والتطبيق، حيث تجسدت الثورات في النظرية النسبية لأينشتاين والتي أعاد ثبات سرعة الضوء وميكانيكا الكم لبلانك والكاشفة عن الطبيعة الجسيمية للضوء وإزدواجيته. كما برزت التطبيقات العملية لهذه النظريات عبر الليزر والذي يعتمد على الانبعاث المحفز والألياف البصرية والمسح الضوئي الذي مفاده نقل البيانات والتشخيص الدقيق أي تقنيات الإتصالات والطب .

الخاتمة

على ضوء ما طرح سابقاً، فقد مرّ فهم طبيعة الضوء بتحوّلات جذرية عبر التاريخ، حيث تحوّل من مجرد تأملات فلسفية بدائية إلى النظرية العلمية الدقيقة التي تقوم على التجربة، فقد مرت بمراحل علمية حاسمة شكلت نقاط تحول في الفيزياء بأكملها. فقد برزت دراسة الضوء منعطفاً حاسماً ليس في فهمنا لهذه الظاهرة فحسب، بل في تطور الفيزياء ككل. فقد مثلت كل مرحلة من هذه المراحل ثورة حقيقية في المنهج العلمي والمفاهيم النظرية، حيث كانت الاكتشافات بمثابة حجر الزاوية الذي قامت عليه نظريات فيزيائية كبرى غيرت مسار العلم الحديث.

ونستخلص بحثنا هذا في بعض الأفكار:

بداية ذلك كانتا الحضارتان المصرية والبابلية يستخدمون الضوء في سياق ديني وأسطوري، حيث إرتبطت بمفاهيم مقدسة ترمز إلى القوى الإلهية، ففي مصر القديمة مثّل الشمس الإله " رع " الذي كان يعتبر مصدر النور والحياة. حيث ارتبط ضوء الشمس بالخلود والبعث، أما في بابل فقد ارتبط الضوء بعبادة الآلهة حيث كان الكهنة يدرسون حركة الأجرام السماوية ويعتبرونها إنعكاساً لإرادة الآلهة.

ونجد العصر الوسيط مرحلة محورية في تطوير علم الضوء، حيث أسهم علماء المسلمين بإسهامات جوهرية غيرت مسار البصريات. فقد تُعد البصريّات عند ابن الهيثم من أبرز إنجازاته العلمية، حيث دحض النظريات القديمة بالأدلة التجريبية وأن الضوء ينعكس من الأجسام الى العين، كما وضع أساس قانون الانعكاس ودرس ظاهرة الانكسار وكيف كان ينحني الضوء عند إنتقاله. أما الكندي فقد تناول الضوء من منظور رياضي وفلسفي، وحلّل ظاهرتي الانعكاس والانكسار، كما أجرى تجارب على المرايا المقعرة والمحدبة.

ومر في العصر الحديث الضوء بمراحل متعاقبة غيرت مسار الضوء بشكل جذري، ففي القرن السابع عشر قدم إسحاق نيوتن نظريته الجسيمية للضوء، والتي افترضت أن

الضوء يتكون من جسيمات دقيقة تنتقل في خطوط مستقيمة. ثم جاء العالم الهولندي كريستيان هويجنز في نفس الفترة تقريباً ليقتراح النظرية الموجية للضوء، حيث رأى أن الضوء عبارة عن موجات تنتشر في الوسط. والثورة الحقيقية في فهم الضوء حدثت على يد جيمس كلارك ماكسويل، والذي وضع نظرية كهرومغناطيسية التي وحدت الكهرباء والمغناطيس في إطار نظري واحد. فقد أثبت ماكسويل أن الضوء هو موجة كهرومغناطيسية تنتشر دون الحاجة إلى وسط مادي.

لقد شكّل العصر المعاصر نقلة ثورية في فهم طبيعة الضوء، حيث تمازجت النظرية مع التطبيق في تناغم علمي. فقد أعلنت النظرية النسبية الخاصة لأينشتاين أن سرعة الضوء في الفراغ ثابتة كونية لا تتغير. في الوقت ذاته، كانت ميكانيكا الكم التي وضع أسسها ماكس بلانك والتي كشفت فيها عن الطبيعة الجسيمية للضوء وهكذا تبلورت الازدواجية الموجية والجسيمية، حيث أصبح الضوء يفهم كموجة وجسيم في آن واحد. أما على الصعيد التطبيقي، تجسدت هذه النظريات في اختراع مثل الليزر والألياف البصرية وغيره من الاختراعات والإكتشافات.

وعند إستعراضنا للموضوع، وجدنا أن مفهوم الضوء قد إنتقل وإختلف وتضاربت حوله الآراء من طبيعة موجية إلى طبيعة فوتونية إلى غير ذلك، ولعل هذا الموضوع سوف يفتح آفاق للبحث أكثر في طبيعة الموضوع، وفي المستقبل لعل نجد طبيعة أخرى ومفهوم آخر أو بنية أخرى للضوء تختلف عن ما وصل إليه العلماء.

المصطلحات	فهرس العلماء
الضوء .	أفلاطون(427- 347 ق.م)
فيزياء الضوء .	أرسطو(384-322 ق.م)
إنعكاس الضوء .	بطلموس(168-100 ق.م)
إنكسار الضوء .	إسحاق الكندي(873-801 م)
موجات ضوئية.	الحسن ابن الهيثم(965-1040 م)
إنعطاف الضوء .	ويلبرورد سنيليوس(1626-1580 م)
طبيعة جسيمية.	إسحاق بارو(1677-1630 م)
موجات كهرومغناطيسية.	إسحاق نيوتن(1727-1642 م)
الحزم الضوئية.	كريستيان هوينجز(1695-1629 م)
زاوية السقوط.	توماس يونغ(1829-1773 م)
نظرية الانبعاث.	جيمس كلارك ماكسويل(1879-1831م)
الليزر .	لويس دي بروي(1987-1892 م)
الألياف البصرية.	ألبرت أينشتاين(1955-1879 م)
ميكانيكا الكم.	ماكس بلانك(1947-1858 م)
الضوء المرئي.	ثيودور ميمان(2007-1927 م)

قائمة المصادر والمراجع

1/ المراجع:

أ/ باللغة العربية:

- ألبرت أينشتاين: النظرية النسبية الخاصة والعامة، ترجمة: رمسيس شحاتة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 2000.
- الحسن بن الهيثم: كتاب المناظر، مقالات 1، 2، 3، في الإبصار على الإستقامة، عبد الحميد صبره، الكويت 1983م، سلسلة تراثية 4
- إسحاق نيوتن: رسالة في البصريات، حسن يوسف اللموشي، سلسلة الكتب العلمية4، معهد الإنماء العربي.
- جمال المصري: ابن الهيثم أبو البصريات في العصور الوسطى (التاريخ _ العلوم)، 16-08-2024.
- رمسيس عوض: ألبرت أينشتاين حياته وغرامياته، ط2، 2009.
- روب أيلف: مقدمة قصيرة جدا نيوتن، ترجمة شيماء طه الريدي، مؤسسة هنداي للتعليم والثقافة، ط1، 2014م.
- صبري الدمرداش: موضوعات الكندي في مجال الفيزيكا، قطوف من سير العلماء، الجزء الأول.
- صلاح عبد السميع عبد الرزاق: أحمد فؤاد باشا ومشروعه الفكري، دار الفكر العربي، القاهرة، ط1، 2023م.
- عيسى يوسف اللموشي: محاضرات فاينمان في الفيزياء، الجزء الأول، مطبعة جامعة دمشق، 1974م.
- فيصل سعد كنز: إسحاق نيوتن مكتشف الجاذبية الأرضية، دار المعارف للطباعة و النشر، تونس.

- كريم علي الساعدي وآخرون: مقدمة في التكنولوجيا الليزر وتطبيقاته، كلية الكوت الجامعة، بغداد، ط1، 2022م.
 - محمد عبد الهادي بوزيدة: رسائل الكندي الفلسفية، الجزء الأول، دار الفكر العربي، مطبعة الاعتماد بمصر، 1950م.
 - محمود فهمي زيدان: الاستقراء و المنهج العلمي، دار الجامعة المصرية، جامعة الإسكندرية، 1977.
 - ناظم أحمد حسون وآخرون: النظرية النسبية الخاصة، كلية الآداب والعلوم، جامعة المرقب، 2004م.
 - نغم ثامر علي العجيلي وآخرون: تفهم تكنولوجيا الليزر، رياض عزيز مرزه، ط2، 2021.
 - نهاد آل سالم: ابن الهيثم تعليمه و تحصيله العلمي، التعليم و الثقافة.
 - هانزريشبناخ: نشأة الفلسفة العلمية، فؤاد زكريا، دار الوفاء، الإسكندرية، 2004
- ب / باللغة الأجنبية:

• Max planck : Theory of light, henry L, Brose, Trad, London

2/ المذكرات:

- بلهبري عبد العظيم: الثورة العلمية المعاصرة في القرن العشرين، مذكرة ماجستير، كلية العلوم الاجتماعية، قسم الفلسفة، جامعة وهران، 2010.
- تومي بشيرة: الفلسفة الطبيعية لفيزياء نيوتن، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، السنة 2021.
- زقود سمية: دراسة أثر التحريم على كابل الألياف البصرية الناقلة للإشعاع الشمسي المركز في المجال المرئي، مذكرة ماجستير، قسم العلوم والتكنولوجيا، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2013م.

- قواسم بن عيسى: الفجوة الرقمية والمعلوماتية بين الدول العربية، مذكرة ماجستير، قسم الإعلام، جامعة وهران، 2007.

1- الموسوعات:

- حسن محمد محي الدين الملوحى: الموسوعة البصرية لعين الإنسان، مكتبة الملك الفهد الوطنية، الهفوف، الطبعة الأولى، 2015م.
- مجدي إسماعيل عبد الحميد: عنصر الضوء في الديانة المصرية القديمة، موسوعة دراسات في آثار الوطن العربي.

2-المجلات:

- خالد العرفج: ماكس بلانك وأهم إنجازاته، قسم الفيزياء، مجلة منار العلوم، 2015.
- سموئيل لينغ وآخرون: كتاب الفيزياء الجامعي، محمد علي سلامة، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، المجلد 3، تونس، 2020.
- عدنان عبد الكريم خليل: الكندي فيلسوف عصره، مجلة الملوية للدراسات الأثرية و التاريخية، المجلد الثالث، العدد الخامس، السنة الثالثة، 2016م.
- فوزي سعيد شريف: الاستفادة من تقنية المسح ثلاثي الأبعاد لزيادة معدل الدقة، مجلة البحوث في مجالات التربية، مصر، المجلد السابع، العدد 33، 2021م.

6/ مقالات:

- إبراهيم ناصر: النظرية النسبية نظرة عامة، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن، قسم الفيزياء.
- أحمد كريم سمير: البصريات، كلية التربية الأساسية الحديثة، قسم العلوم العامة، فرع فيزياء، جامعة الأنبار.

- أحمد خالد: مالا تعرفه عن الضوء، مقال العلوم الفيزيائية والكيميائية، 15 سبتمبر 2015م الساعة: 10:50.
- داود خليفة: من التصور الميكانيكي إلى التصور اللاميكانيكي للطبيعة، قسم الفلسفة، جامعة وهران، 2011م.
- ذو الفقار كاظم هلال: دراسة الخواص الضوئية والكهربائية لبعض أشباه الموصلات، قسم الكيمياء، جامعة القادسية، 2019م.
- سجي محمد كريم . ظافر أكرم قدوري: الضوء في الحضارات القديمة، قسم التاريخ، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة ديالى.
- سعود اللحواني: الضوء، جامعة أم القرى، كلية العلوم التطبيقية، قسم الفيزياء، المملكة العربية السعودية.
- ندى إبراهيم: بحث عن انكسار الضوء، 8 يناير 2025، 09:39.

الملخص

ملخص:

لقد إتبع الفيزياء مساراً تاريخياً طويلاً، بدءاً من العصور القديمة حيث إهتمت الحضارات المصرية والبابلية بالضوء وانعكاسه، بينما قدم فلاسفة اليونان تفسيرات أولية. أما في العصور الوسطى، قدم العلماء المسلمون مثل الكندي وابن الهيثم إسهامات جوهريّة، حيث وضع ابن الهيثم أساسيات البصريات الحديثة بدراسته لظاهرة الانعكاس والانكسار. ومع العصر الحديث، تطورت النظريات بشكل جذري، فأقترح نيوتن نظرية الجسيمات، بينما دافع هوينجز عن الطبيعة الموجية، وجاء ماكسويل ليوحد المفهومين بنظرية الموجات الكهرومغناطيسية. أما في العصر المعاصر، فقد أحدثت نظريات أينشتاين وكمومية بلانك في فهم الضوء، مما مهد الطريق لتطبيقات معاصرة مثل الليزر والألياف البصرية و...

الكلمات المفتاحية: الضوء، إنعكاس الضوء، البصريات، موجة، جسيم ...

Abstract

Physics has followed a long historical path, beginning in ancient times, when the Egyptian and Babylonian civilizations focused on light and its reflection, while Greek philosophers offered initial explanations. In the Middle Ages, Muslim scholars such as Al-Kindi and Ibn al-Haytham made fundamental contributions. Ibn al-Haytham laid the foundations of modern optics with his study of the phenomena of reflection and refraction. With the modern era, theories have evolved radically. Newton proposed the particle theory, while Huygens advocated for the wave nature of light, and Maxwell unified the two concepts with the theory of electromagnetic waves. In the contemporary era, Einstein's theories and Planck's quantum theories have revolutionized the understanding of light, paving the way for contemporary applications such as lasers, fiber optics.

Keywords: Light, Light reflection, Optics, wave, particle..