مادة الفيزياء البصرية

المرحلة الثانية

إعداد

د.مصطفى حسام

***الفصل الأول : طبيعة الضوء***

***الضوء :*** هو ذلك الإشعاع الذي يؤثر على العين ويسبب الرؤية وقد مر هذا التعريف بمراحل تاريخية متعددة إلى أن أصبح بصيغته هذه وهو تعريف طبيعي لا يتدخل في التفاصيل الدقيقة أو الطبيعية للضوء .   
ولكن **التعريف الدقيق لضوء أو التعريف العلمي للضوء هو** ] أن الضوء عبارة عن اضطراب ينتشر على هيئة موجات كهرومغناطيسية مستعرضة تثير الإحساس بالرؤية في عين الإنسان وتبلغ سرعة الضوء (3×108 m/s ) وله طاقة إشعاعية تتحول إلى الأنواع الأخرى المعروفة من الطاقة تحقيقاً لمبدأ حفظ الطاقة ( الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم)[.

الموجات الكهرومغناطيسية تمتد على مدى واسع جدًا وهو ما يسمى بالطيف الكهرومغناطيسى ويبدأ من أشعة جاما ذات الطول الموجى 3 × 10-17m إلى موجات الراديو الطويلة التي تقاس بالكيلومترات . ومن هذا الطيف الكهرومغناطيسى فإن الأطوال الموجية التى تراها عين الإنسان تمتد عبر شريط ضيق جدًا منه يقع بين حوالي (7×10-7m) للون الأحمر و (4×10-7m) للون البنفسجى. و المناطق الطيفية المجاورة لهذا الشريط  يطلق عليها أيضا في العادة ضوء و هى منطقة الأشعة تحت الحمراء المجاورة للمنطقة الحمراء و منطقة الأشعة فوق البنفسجية المجاورة للمنطقة البنفسجية على الجانب الآخر.

توصف جميع الخواص المعروفة للضوء بدلالة التجارب التي اكتشفت بها و كذلك من خلال التجارب الإيضاحية وبالرغم من اتخاذ التجارب خواص متعددة إلا انه يمكن تصنيف التجارب تحت ثلاثة عناوين وهي:

1- البصريات الهندسـية.

2- البصريات الموجية (الطبيعة).

3- البصريات الكمية.

البصريات الهندسية وتشمل دراسة انتشار الضوء في خطوط مستقيمة، سرعة الضوء، خواص الضوء، الانعكاس، الانكسار، التشتت، خواص الضوء عند السطوح، والأجهزة البصرية، العدسات والمرايا وهذا الذي يهمنا في هذا البحث.

البصريات الموجية هي التداخل، الحيود، الاستقطاب، الانكسار المزدوج والأطياف الضوئية.

البصريات الكمية وتشمل دراسة المدرات الذرية وكثافة الاحتمالية وتوزيعات الالكترونات ومستويات الطاقة و كمية الإشعاع الصادرة عن الأجسام والكمان حسب نظرية الكم لبلانك وأشعة الليزر وأشعة اكس وجسيمات ألفا وبيتا وجاما.

***الضوء وطبيعة انتشاره :***

ينتشر الضوء في جميع الاتجهات وبسرعة فائقة جداً لدرجة لا يوجد في حياتنا اليومية أي شيء يدعونا للقول أنه يتحرك أسرع من الضوء ، يكون انتشار الضوء في خطوط مستقيمة لذلك فان لكل جسيم معين هناك ظل عند سقوط الضوء عليه أو على أي شي يصدر منه ، لذلك يمكن القول بأن انتشار الضوء بخطوط مستقيمة هو مبدأ علمي يتحقق من مشاهدة الظل وكذلك فإن تكون الضوء بالكاميرات هو تطبيق أو تحقيق آخر لهذا المبدأ.  
تختلف حساسية العين باختلاف الطاقة الإشعاعية المستقبلة من الأجسام المضيئة أو المرئية والعين قادرة على التمييز بين الألوان المختلفة المكونة للضوء العادي وهو ضوء الشمس المرئي الواصل لسطح الأرض ولكل لون خواص مختلفة عن اللون الآخر حيث تقع حد حساسية العين في التمييز أو الرؤية للألوان أي للموجات الضوئية بين الضوء الذي طول موجته ( A4000 ) وإلى ( A7000 ) أي هاتين القيمتين هما حدود الإحساس بالرؤية.

لكن للعين ايضاً أن تكشف ضوء بطول موجة خارج عن هذه الحدود إذا كانت شدة الضوء عالية لدرجة كافية وتستخدم الألواح الفوتوغرافية والكاشفات الالكترونية الحساسة للكشف عن الإشعاع بدلاً عن العين البشرية وخاصة خارج الحدود المذكورة ( A4000 - A 7000) وهذه الحدود تعرف بحدود الضوء المرئي (visible light).

وحسب تعريفنا السابق للضوء فيمكن أن نعطي تعريف حسب طبيعة الضوء واستناداً (إلى النظريات) بأنه عبارة عن اضطراب كهرومغناطيسي ينتشر على هيئة موجات مستعرضة وتتميز الموجة عامة بالعوامل التالية

1- سعة الموجة (a) بالمتر.

2- طول الموجة (λ) بالمتر.

3- سرعة الموجة (ѵ) متر/ثانية.

4- التردد (f) بالهرتز أي دورة/ثانية.

5- العدد الموجي(k) أي عدد الموجات لكل وحدة طول والذي يساوي ( m-1).

6- السرعة الزاوية(ω) والذي يساوي ( ω= ).

العلاقة الخاصة بسرعة الموجات تعطى كالتالي ( ѵ = f ×λ ).

وفي علم البصريات والموجات تقاس الأطوال بوحدات صغيرة جداً والمستخدم هو الميكرومتر(μ) و النانومتر (nm) و الانجستروم (A) حيث : 1A = 10-10 m , 1 μ = 10-6m , 1nm = 10-9m

ومنبع الضوء حولنا هي الشمس وهذا لا يعني أن الشمس فقط هي مصدر الضوء الوحيد فمثلاً نحصل على الضوء من الكهرباء ومن المصابيح الزيتية مثل مصابيح الإنارة.

***سرعة الضوء :***

كان الفلكيون يعتقدون أن الضوء ينتقل بسرعة لانهائية كما كان يُعتقد أن أي حدث يحدث في أي مكان في الكون يلاحظ في جميع النقاط الأخرى في الكون في الوقت ذاته.

ويٌقال أن جاليلو قد حاول أن يقيس سرعة الضوء عام 1600م ولكنة لم ينجح في تلك الفترة إلا بعد محاولات متعددة وأقتنع أن سرعة الضوء لانهائية أي لا يوجد شي أسرع من الضوء.

ولكن في عام 1849م نجح العالم فيزو بإعطاء قيمة مطلقة لسرعة الضوء على كوكب الأرض وهي (2.9999 × 108 m/s) أما في الفضاء فان سرعة الضوء المطلقة هي (3 × 108 m/s) أما هذا الفرق البسيط لا قيمة له في الحسابات . أما في الأوساط المادية فينتقل الضوء بسرعة معتمدة على خواص الوسط حيث نستطيع وضع معادلة بين سرعة الضوء في الوسط ( v ) وسرعة الضوء في الفراغ ( c ) حيث:   
  
n = c / v

حيث (v) سرعة الضوء في الوسط المادي.

و( c ) سرعة الضوء في الفراغ .

و( n ) معامل الانكسار للوسط حيث يمثل نسبة سرعة الضوء في الفراغ ال سرعة الضوء في الوسط.

مثلا سرعة الضوء في الماء هي ثلاثة أرباع سرعة الضوء في الفراغ.

وسرعة الضوء بالزجاج هي ثلثي سرعة الضوء في الفراغ.

***نظريات تفـسر سلوك الضوء :***

ظهرت عدة نظريات لتفسير ظواهر الضوء عند اصطدامه أو إختراقه أو امتصاصه في الأوساط منها :  
  
1- نظرية الدقائق لنيوتن.

2- نظرية ماكسويل للموجات الكهرومغناطيسية.

3- نظرية اينشتاين للفوتـون.

4- النظرية الموجية الكمية.

***1- نظرية الدقائق لنيوتن :***

تصور نيوتن أن الجسم المضيء تنبعث منة جسيمات دقيقة كروية تامة المرونة و تسير بسرعة منتظمة كبيرة جداً وتختلف من وسط إلى آخر حسب كثافته. وتكون حركة هذه الجسيمات الكروية في خطوط مستقيمة في الوسط المتجانس الواحد وقد استدل نيوتن على أن الأشعة الضوئية عندما تصطدم بسطح عاكس فأن زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس كاصطدام كرة تامة المرونة بسطح أملس مرتدة بحيث زاوية سقوطها تساوي زاوية انعكاسها.

أما في ظاهرة الانكسار فأنه قد فسره نيوتن عندما تخترق هذه الجسيمات الكروية الضوئية اوساطاً مختلفة الكثافة مثل الماء أو الزجاج فأنها تنكسر داخل كل وسط وتنحرف عن المسار المستقيم لها. فعند انتقال الضوء من وسط اقل كثافة مثل الهواء إلى وسط أكثر كثافة مثل الماء فأن الوسط المائي يحرف هذه الجسيمات الضوئية إلى أسفل ومعنى ذلك أن المركبة الرأسية لسرعة الضوء المنكسر سوف تقل بحيث تقترب الجسيمات الكروية الضوئية من العمود على السطح الفاصل بين الوسطين .

وبذلك سوف تزداد السرعة المحصلة أي أن سرعة الضوء في الوسط الكثيف سوف تزداد وتصبح أكبر من سرعة الضوء في الوسط الخفيف (أي أن سرعة الضوء تعتمد على الكثافة الضوئية للوسط).  
وهذا غير صحيح ويخالف التجارب العلمية حيث أن سرعة الضوء تكون اكبر ما يمكن في الفراغ أي تزداد كلما قلت الكثافة للوسط فأن سرعة الضوء في ذروتها في الفراغ وبالتالي فشلت نظرية نيوتن في تفسير ظاهرة الحيود والتداخل والاستقطاب.

***2- نظرية ماكسويل للموجات الكهرومغناطيسية :***

وجد ماكسويل أن الضوء هو موجة كهرومغناطيسية سرعتها تساوي سرعة الضوء. أي أن الضوء موجات كهرومغناطيسية لها طاقة إشعاعية وقد أتضح أنة ليست الشحنة الكهربائية تولد مجالاً كهربائياً وهي ساكنة أو مجالاً مغناطيسياً وهي متحركة بل أيضا أن التغير في المجال الكهربائي يولد مجالاً مغناطيسياً وهذا نص قانون (أمبير) وأن التغير في المجال المغناطيسي يولد مجال كهربائي وهذا نص قانون (فاراداي).  
هذه الحقيقة هي نص أو أصل تكوين الموجات الكهرومغناطيسية حيث أن شحنة كهربائية متذبذبة تولد في الفضاء مجالين كهربائي و مغناطيسي أي مجالاً (كهرومغناطيسي) متغير وهذا المجال يتحرك في الفراغ بسرعة الضوء نفسها .

***3- نظرية اينشتين للفوتون :***

من أهم العلماء الفيزيائيين الذين قاموا بتفسير سلوك الضوء حول العالم بلانك الذي درس الطاقة الأشعاعية المنبعثة من الاجسام الساخنة واستطاع حسابها بالقانون التالي:

E = f × h

حيث (E) هي الطاقة و (h) هو ثابت يسمى ثابت بلانك ويساوي ( 6.635 × 10-34 J.S) و (f) هو التردد الضوء المنبعث.

وأن الضوء ينبعث على شكل كمات صغيرة سماها الفوتون واقترح اينشتاين على اساس فرض بلانك أن الطاقة في الحزم الضوئية تسير في الفراغ بشكل حزم مركزة من الطاقة وهي الفوتونات ويكون انبعاثها على شكل كمات أي دفعات واقترح أن الضوء المار خلال الفراغ لا يسلك سلوك الموجة اطلاقاَ بل سلوك جسيم الفوتون وبذلك تعارض اينشتاين في أول الأمر مع مبدأ النظرية الموجية للضوء التي حققت نتائج مخبريه عظيمة ولكن بعد مرور فترة زمنية أيد اينشتاين فكرة النظرية الموجية وعارض نفسه أي عارض مبدأ سلوك الجسيمات.  
**وفي عام 1924م وضع العالم (ديبرولي) مبدأ هام جداً وهو المبدأ السائد حتى الآن** والذي نال على أثره شهادة الدكتوراه في الفيزياء وينص على:

( أن للضوء صفة مزدوجة فهو يسلك سلوك الموجة تحت ظروف معينة - (وهذا يفسر الانعكاس والانكسار والاستقطاب و الحيود و التداخل وهذا ما يتفق مع نظرية ماكسويل)- وأن الضوء يسلك سلوك الجسيم (الفوتون) تحت ظروف أخرى -(وهذا يفسر تفاعل الضوء مع المواد والظاهرة الكهروضوئية وظاهرة كومبتون وغيرها وهذا ما يتفق مع نظريات اينشتين- نيوتن ) .وهذا يعني أن للضوء صفة مزدوجة .

***4- النظرية الموجية الكمية :***

لدراسة انتقال الطاقة كحركة موجية يتطلب عادة وسط حيث تتذبذب جزيئات الوسط.  
فالجسيم المتذبذب يؤثر بقوة على جاره فيجعله يتذبذب ايضاً وبهذه الطريقة فأن الحركة من جسيم إلى آخر وبالتالي يتم انتقال الطاقة الموجية وهي حالة مشابهة لما يحدث في الماء عندما تنقل الطاقة إلى الضفة دون أن تنتقل جسيمات الماء نفسه. وفكرة الأثير ابتكرت كي يكون هذا الوسط هو الوسط الناقل لضوء بالطريقة السابقة. ولكن الضوء حسب النظرية الكهرومغناطيسية لا يحتاج إلى وسط فهو يأتي من الشمس أي في الفراغ الذي لا وسط فيه وبسرعة الضوء المطلقة وقد استبدل في النظرية الكهرومغناطيسية الجسيمات المتذبذبة في حركة منتظمة وتوافقية بتغير المجالين الكهربائي (E) والمغناطيسي (B). وقد عرفت جبهة الموجة على أساس ذلك بأنها المحل الهندسي لجميع النقاط ذات الطور الواحد.

**مبدأ هيجنز :** افترض هيجنز أن الضوء على هيئة موجات ولم يتعرض لطبيعة هذه الموجات ولا لخواصها الكهرومغناطيسية و أنما وضع مبدأ على أساس هندسي وينص المبدأ :

( أن جميع النقاط التي تقع على جبهة الموجة يمكن اعتبارها مصادر لأمواج نقطية ثانوية تصدر منها مويجات ثانوية كروية وأن السطح المماس لكل هذه المويجات الثانوية يشكل جبهة الموجة الجديدة).  
  
***معامل الانكسار:*** يعرف معامل الانكسار أي وسط ضوئي بأنــــــــه :

(النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعة الضوء في ذلك الوسط ويرمز له بالرمز(n) وهو عديم الوحدات.

n = c / v

وهذه بعض قيمــه :

للزجاج = 1.520

للماء =1.333

للجليد = 1.310

للهواء = 1.000001

***الكثافة البصرية :***

تعرف الكثافة البصرية لأي وسط شفاف مقياسا لمعامل انكساره. فيقال أن الكثافة البصرية عالية للوسط إذا كان معامل انكساره كبير. ويقال أن الكثافة البصرية للوسط صغيرة إذا كان معامل انكساره صغير.  
  
***المسار الضوئي:***

لكي نعرف أساسيات البصريات الهندسية يجب التعرف على كمية جديدة تسمى المسار الضوئي.  
ويمكن أعطاء تعريف للمسار الضوئي بأنــه :

(هو المسافة التي يقطعها الشعاع الضوئي في الفراغ في نفس الزمن الذي يستغرقه لاختراق وسط مادي).  
فإذا اخترق شعاع وسط معامل انكساره (n) لمسار هندسي (I) فيكون الزمن الذي استغرقة الشعاع في الوسط هو (t) ويساوي:

t = I / v v = l / t

حيث (v) سرعة الضوء في ذلك الوسط.

ولكن n = c / v v = c / n

إذا

l / t = c / n c × t = l × n t = (l × n )/c t = L / c

حيث ان المسار الضوئي (L = l × n )هي المسافة التي يقطعها الشعاع بسرعة (c ) أي في الفراغ

وبشكل عام فأن :

المسار الضوئي = المسار الهندسي × معامل الانكسار

***انعكاس الضوء***

|  |
| --- |
| **انعكاس الضوء** : هو ارتداد الاشعة الضوئية في نفس الوسط عندما تقابل سطحا عاكسا  **الشعاع الساقط** :هو الشعاع الذي يصل الى السطح العاكس  **الشعاع المنعكس** :هو الشعاع الذي يرتد عن السطح العاكس  http://www.deyaa.org/r01.jpg  **زاوية السقوط** هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس  **زاوية الانعكاس** هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس |
| **قانونا الانعكاس   Laws of Reflection**  **القانون الأول** : زاوية السقوط = زاوية الانعكاس  **القانون الثاني** : الشعاع الضوئي الساقط والشعاع الضوئي المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس تقع جميعا في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | نوع الانعكاس | الخواص | | (أ) انعكاس منتظم | 1- ينعكس الضوء في اتجاه واحد فقط.  2- يحدث على مرآة أو سطح ماء صاف ساكن. | | (ب) انعكاس مشتت | 1- ينعكس الضوء خلال مدى من الزوايا المختلفة.  2- يحدث على الأسطح الخشنة مثل جدار غير ناعم، أو شاشة ورقية، أو قماش. |   ***الانعكاس الكلى والزاوية الحرجة*** |
| عندما ينتقل الضوء من وسط أكبر كثافة ضوئية أى أكبر فى معامل الانكسار إلى وسط أقل كثافة ضوئية أى أقل فى معامل الانكسار على سبيل المثال من الماء إلى الهواء فإن الشعاع المنكسر يبتعد عن العمود أى تكون زاوية الانكسار أكبر من زاوية السقوط شكل (29) (a) . وكلما زادت زاوية السقوط زادت زاوية الانكسار  وعندما تصل زاوية السقوط فى الوسط الأكبر فى معامل الانكسار قيمة معينة تسمى الزاوية الحرجة تصبح زاوية الانكسار 90° أى أن الشعاع المنكسر يكون فى اتجاه السطح الذي يفصل الوسطين (شكل b )  D:\بصريات 2012\لانعكاس الكلى والزاوية الحرجةaaa_files\kully.gif |
|  |
| **الزاوية الحرجة θc )) :** هى زاوية سقوط فى الوسط الأكبر كثافة ضوئية ( الأكبر فى معامل الانكسار) تقابلها زاوية انكسار فى الوسط الأقل كثافة ضوئية ( الأقل فى معامل الانكسار) تساوى 90° درجة . |
| |  |  | | --- | --- | | وإذا زادت زاوية السقوط فى الوسط الأكبر فى معامل الانكسار عن الزاوية الحرجة فإن الضوء الساقط لا |  | |
| يتقل إلى الوسط الآخر إنما ينعكس إلى نفس الوسط الساقط منه بحيث تكون زاوية الانعكاس تساوى زاوية السقوط ، و **تسمى هذه الظاهرة بالانعكاس الكلى** . و تحدث ظاهرة الانعكاس الكلى فقط عند انتقال الضوء من الوسط الأكبر فى معامل الانكسار إلى الوسط الأقل فى معامل الانكسار و لا تحدث فى الحالة العكسية . و تعتمد قيمة الزاوية الحرجة لوسط ما على معامل انكسار كل من وسطى السقوط و الانكسار و هى تساوى : |
| و عندما يكون وسط الانكسار n2  (وهو الوسط الأقل في معامل الانكسار) هو الهواء فإن الزاوية الحرجة تساوى    حيث n1 هو معامل الانكسار  للوسط الأكبر كثافة ضوئية. |
|  |
| ***بعض التطبيقات على ظاهرة الانعكاس الكلى :***   * ***الأليــــــــاف الضــــــوئية :*** |
| D:\بصريات 2012\لانعكاس الكلى والزاوية الحرجةaaa_files\lefa.gifتعتبر الألياف الضوئية  من أحد التطبيقات الهامة لظاهرة الانعكاس الكلى حيث تقوم "ليفة" فى سمك شعرة الرأس من الزجاج أو البلاستك بنقل الضوء من مكان إلى آخـر و تسمى الليفة الضوئية Optical Fiber و تتكون الليفة الضوئية من قلب  core  اسطوانى و هو الذى يحمل الضوء مغلف بغلاف cladding على شكل اسطوانة متحدة المحور مع القلب و يصنع القلب من الزجاج أو البلاستك ذو معامل انكسار أكبر من معامل انكسار مادة الغلاف التى تكون عادة أيضا من نوع آخر من الزجاج أو البلاستك. و بذلك فإن الضوء الذى يدخل من أحد طرفى الليفة الضوئية بحيث يسقط على السطح الفاصل بين قلب الليفة والغلاف بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة ينعكس انعكاسا كليا ويرتد إلى القلب مرة أخرى و يسقط على السطح الفاصل  فى نقطة أخرى بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة . |
| |  |  | | --- | --- | | وهكذا فإن الضوء يعانى انعكاسات كلية متعاقبة حتى يخرج من الطرف الآخر من الليفة الضوئية. وفى الأنواع الجيدة من الألياف الضوئية تكون كمية الضــوء المفقودة  بالامتصاص فى قلب الليفة الضوئية قليلة جدا و بذلك يمكن نقل الضوء لمسافة قد تبلغ بضعة كيلومترات دون أن تقل شدته بكمية كبيرة . |  | |
| وعادة يوضع عدد كبير من الألياف الضوئية مع بعضها لتكون حزمة مرنة ( كابل ) .  و تستخدم كابلات الألياف الضوئية فى مجال الاتصالات حيث يحمل الضوء المعلومات خلال الألياف الضوئية تماما كما يحملها التيار الكهربى خلال الأسلاك مع مميزات هامة للألياف الضوئية منها أن الضوء المحمول لا يتأثر بتداخلات المجالات الكهربية بالإضافة إلى السعة العالية لنقل المعلومات . فشعاع الليزر الذى ينتقل فى ليفة ضوئية واحدة يمكنه نقل بضعة عشرات من المكالمات التلفونية وبضعة برامج تلفزيونيــة فى وقت واحد . ولقد لاقت تطبيقات الألياف الضوئية فى مجال الطب نجاحا منقطع النظير وعلى سبيل المثال فى مجال المناظير التى تستخدم فى التشخيص لأمراض الرئة والمعدة والأمعاء وغيرها و كذلك فى مجال الجراحة لمعظم أعضاء الجسم و التى أصبحت تتم بفتحات صغيرة للغاية . وهناك مجالات كثيرة أخرى تستخدم فيها الألياف الضوئية . |
|  |
| * ***المنشور العاكس :*** |
| فى كثير من الآلات البصرية مثل البيروسكوب و التليسكوب يستخدم منشور ثلاثى فى وضع تستغل فيه ظاهرة الانعكاس الكلى لتغيير مسار الضوء بمقدار   90° أو 180° . و المعروف أن معامل انكسار الزجاج 1.5 و معامل انكسار الهواء 1 و بذلك تكون الزاوية الحرجة من الزجاج إلى الهواء 42 درجة . شكل (31) يوضح مسار شعاع ضوئى يسقط على منشور ثلاثى  90 ° ، 45 ° ، 45 ° من زجاج معامل انكسار مادته 1.5 . يسقط الضوء عموديا على أحد الأوجه المجاورة للقائمة فيمردون أن يعانى انكسارا ليسقط بزاوية 45 درجة مع العمود على  الوجه المقابل للقائمة . و هذه الزاوية أكبر من الزاوية الحرجة زجاج / هواء فيعانى الشعاع انعكاسا كليا و يرتد بزاوية انعكاس 45 درجة مع العمود و D:\بصريات 2012\لانعكاس الكلى والزاوية الحرجةaaa_files\mnshor.gifيسقط عموديا على الوجه الآخر المجاور للقائمة و يخرج إلى الهواء دون أن يعانى انكسارا على هذا الوجه . و بذلك يكون مسار الضوء قد تغير بمقدار 90 درجة . أما الشكل (b) فيوضح كيفية استخدام المنشور العاكس لتغيير مسار الضوء بمقدار 180 درجة حيث يحدث الانعكاس الكلى مرتين فى هذه الحالة . |
|  |
|  |

* ***السراب :***

|  |
| --- |
| يتكون السراب نتيجة لانكسار الضوء فى الهواء. و هو يحدث عندما تكون طبقات الهواء القريبة من سطح الأرض أقل كثافة من طبقات الهواء الأعلى . فعندما تسطع الشمس في أيام الصيف فى الصحراء أو على الطرق المرصوفة ترتفع درجة حرارة سطح الأرض و بالتالي درجة حرارة طبقة الهواء الملامسة والقريبة من سطح الأرض فتتمدد و تقل كثافتها وكذلك كثافتها الضوئية ومعامل انكسارها. وبذلك يزداد معامل انكسار الهواء تدريجيا كلما ارتفعنا إلى أعلى حيث يبرد الهواء. ونتيجة لذلك فإنه بالنسبة للمشاهد الذي ينظر إلى جسم بعيد مثل نخلة أو شجرة مثلا فإن الضوء يصل إلى عينيه عن طريق مسارين كما هو موضح بشكل أدناه ، مسار مستقيم و مسار منحنى و بذلك فإن عين المشاهد سترى الجسم في موضعه الحقيقي و سترى في أسفله صورة مقلوبة له . |
|  |
|  |
| هذه الصورة المقلوبة هي صورة تقديرية و تسمى السراب mirage وهى شبيهة بالصورة التي تحدث بالانعكاس على سطح الماء و لذلك يظن المشاهد الذي يسير في الصحراء أو على الطرق المرصوفة فى الصيف وجود ماء على بعد .  و تفسير المسار المنحنى هو أن شعاع الضوء الصادر من الجسم البعيد و هو النخلة في الشكل يعانى انكسارا عند انتقاله إلى الطبقة التي أسفل والأقل في معامل الانكسار فيبتعد عن العمود و بتوالي الانكسار يتغير مسار الضوء تدريجيا حسب التغير التدريجي في كثافة الهواء . و عندما تصبح زاوية السقوط في إحدى الطبقات أكبر من الزاوية الحرجة بالنسبة للطبقة التي تحتها يعانى شعاع الضوء انعكاسا كليا و يتخذ مرة أخرى مسارا منحنيا مقتربا من العمود إلى أن يصل إلى العين . والعين ترى صورة الجسم على امتداد الأشعة التي تصل إليها و كذلك بالنسبة للنقاط الأخرى على الجسم ولذلك فإن العين ترى صورة مقلوبة للجسم . |

***انكسار الضوء***

|  |
| --- |
| **انكسار الضوء**  : هو تغير اتجاه الشعاع الضوئي عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين  **السطح الفاصل** :هو السطح الذي يفصل بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية  **الكثافة الضوئية** : لوسط ما هي قدرة الوسط على كسر الاشعة الضوئية عند نفاذها فيه  **الشعاع الضوئي الساقط** : هو الشعاع المتجه الى السطح الفاصل ويقابله في نقطة السقوط  **زاوية السقوط** هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل  **الشعاع الضوئي المنكسر** : هو المسار الجديد للشعاع الضوئي في الوسط الثاني بعد نفاه من السطح الفاصل  **زاوية الانكسار** هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل  **قانونا الانكسار**  **القانون الاول** : النسبة بين جيب زاوية السقوط في الوسط الأول وجيب زاوية الانكسار في الوسط الثاني نسبة ثابتة لهذين الوسطين وتسمى معامل الانكسار من الوسط الأول إلى الوسط الثاني  **القانون الثاني** : الشعاع الضوئي الساقط والشعاع الضوئي المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل تقع جميعا في مستوى واحد عمودي على السطح الفاصل  ***معامل الانكسار النسبي بين وسطين***  **هو النسبة بين جيب زاوية السقوط في الوسط الأول وجيب زاوية الانكسار في الوسط الثاني** |
| *ملاحظات هامة* :إذا سقط شعاع عموديا على السطح الفاصل تكون زاوية السقوط صفرا وبالتالي تصبح زاوية الانكسار صفرا فينفذ الشعاع في الوسط الثاني على استقامته دون أن يعاني انكسارا |

***المصطلحات***

انكسار الضوء

هو تغير اتجاه الشعاع الضوئي عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين

الكثافة الضوئية لوسط ما

هو المقدار الذي يميز اعتماد سرعة انتشار الضوء على نوع الوسط وتقاس بالقيمة العددية لمعامل الانكسار المطلق للوسط أو هي قدرة الوسط على كسر الأشعة الضوئية عند نفاذها فيه

السطح الفاصل

هو السطح الذي يفصل بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية

الشعاع الضوئي الساقط

هو الشعاع المتجه الى السطح الفاصل ويقابله في نقطة السقوط

زاوية السقوط : هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئي الساقط والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل

الشعاع الضوئي المنكسر : هو المسار الجديد للشعاع الضوئي في الوسط الثاني بعد نفاذه من السطح الفاصل

زاوية الانكسار : هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئي المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل

قانون الانكسار الأول : نسبة جيب زاوية السقوط الى جيب زاوية الانكسار لوسطين معينين هي مقدار ثابت يعرف بمعامل الانكسار النسبي بين الوسطين

قانون الانكسار الثاني : يقع الشعاع الساقط والشعاع المنكسر في مستوى واحد مع العمود المقام من نقطة سقوط الشعاع على السطح الفاصل بين الوسطين

معامل الانكسار النسبي بين وسطين :هو النسبة بين سرعة الضوء في الوسط الأول وسرعة الضوء في الوسط الثاني

معامل الانكسار المطلق لوسط : هو النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ أو الهواء وسرعة الضوء في هذا الوسط

قانون سنل : ناتج ضرب معامل الانكسار المطلق للوسط الأول في جيب زاوية السقوط يساوي ناتج ضرب معامل الانكسار المطلق للوسط الثاني في جيب زاوية الانكسار

***ملاحظات هامة***

1 - من القانون الأول يتضح أن بزيادة زاوية السقوط تزداد زاوية الانكسار ولكن ليس بصورة متناسبة

2- للشعاعين الساقط والمنكسر خاصية انعكاسية

3- عند عبور شعاع الضوء من وسط كثافته البصرية أقل - السرعة فيه أعلى - الى وسط كثافته البصرية أعلى - السرعة فيه أقل - فانه ينكسر مقتربا من العمود

4- عند عبور شعاع الضوء من وسط السرعة فيه أقل الى وسط السرعة فيه أعلى - من ماء الى هواء - فان الشعاع ينكسر مبتعدا عن العمود ومقتربا من السطح الفاصل وفي هذه الحالة يكون معامل الانكسار النسبي بين الماء والهواء أصغر من الواحد وهذا الذي يفسر النقص الظاهري لعمق خزان الماء عندما ينظر الانسان الى الماء

5 - اذا سقطت الأشعة الضوئية على السطح الفاصل بين وسطين شفافين بصورة عمودية فانها تنفذ الى الوسط الثاني دون أن تنكسر

6- عند سقوط حزمة ضوء رفيعة من الهواء الى الماء نلاحظ أنه في نقطة السقوط ينعكس جزء من الضوء وينفذ الجزء الاخر في الماء منكسرا وبالتالي تكون هناك زاوية سقوط وزاوية انعكاس وزاوية انكسار ونسأل هنا سؤال كم من الطاقة التي ينقلها الاشعاع الى السطح الفاصل بين الوسطين تؤخذ من قبل الاشعة المنعكسة وكم من الطاقة تؤخذ من قبل الاشعة المنكسرة ؟ للاجابة على هذا السؤال نفرض أن الاشعاع يحمل الى نقطة السقوط خلال فترة زمنية معينة طاقة ولتكن E بعد ذلك تنقسم هذه الطاقة فيكون نصيب الاشعة المنعكسة منها E refl بينما نصيب الاشعة المنكسرة E refr ومن قانون حفظ الطاقة نجد أن الطاقة الساقطة تساوي مجموع الطاقتين التي تحملها الاشعة المنعكسة والتي تحملها الاشعة المنكسرة وبما أن كل وسط ما عدا الفراغ يمتص من طاقة الاشعاع اذا لا تصلح هذه المساوة الا عند القياس بالقرب من نقطة السقوط فاذا عبر الشعاع الضوئي لمسافات كبيرة من الوسط ولم يضعف الا بشيء صغير نسمي هذا الوسط وسطا شفافا مثل الزجاج والماء والكحول وبالعكس تمتص المعادن بشدة كبيرة الاشعاع الضوئي الذي ينفذ اليها بمعنى أنها ليست شفافة بالنسبة له وتعكس القسم الاعظم من الاشعاعات التي تسقط عليها ونلاحظ هنا أن كل وسط بدرجة أو بأخرى يعكس ويمتص الاشعاع الضوئي ويعتمد انعكاس وامتصاص الاشعاع الساقط على الجسم على - نوع المادة - حالة السطح - تركيب الاشعاع - زاوية السقوط - حيث عند زيادة زاوية سقوط الاشعة يزيد نصيب الضوء المنعكس وينقص نصيب الضوء المنكسر ونلاحظ أيضا اعتماد الانعكاس والامتصاص على تردد الموجات يكون له طبيعة اختيارية أي أن المادة تعكس أو تمتص بقوة ذبذبات بتردد معين وتضعف ذبذبات بتردد اخر وعلى سبيل المثال يمتص الغلاف الجوي للأرض الموجات ذات الطول الموجي القصير من الطيف المرئي بقوة ( وهذا من نعمة الله علينا ) بينما يمتص الموجات الطويلة أضعف بكثير وهنا أطرح سؤالا لماذا نستخدم الضوء الأحمر للاشارة الى الخطر وأيضا للتنبيه على الرغم من أن العين حساسة أكثر للاشعة الخضراء ؟

***قوانين:***

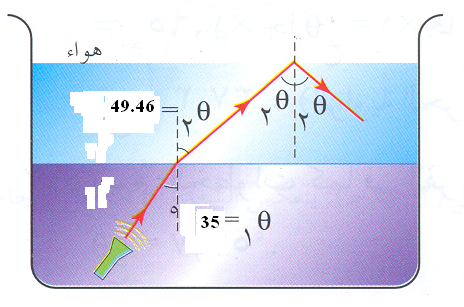
|  |  |
| --- | --- |
| n1 = معامل انكسار الوسط الأول ، θ1 = زاوية السقوط  n2 = معامل انكسار الوسط الثاني ، θ2 = زاوية الانكسار | n1 sinθ1 = n2 sin θ2  ( قانون سنل) |
| θc = الزاوية الحرجة | n1 sinθc = n2 sin90  sinθc = n2 / n1 ( for n1 < n2 ) |
| c = سرعة الضوء في الفراغ ، v = سرعة الضوء في الوسط | n = c / v |
| λ = الطول الموجي في الوسط ، f = التردد | v = f λ |
| θ = زاوية السقوط ، θ/ = زاوية الانعكاس | θ = θ/ (قانون الانعكاس) |

***مثال 1 :***في الشكل أدناه بين هل الشعاع الضوئي سينفذ للهواء ؟ ولماذا؟



نحسب زاوية الانكسار في الوسط الثاني للشعاع الساقط من الوسط الأول حسب قانون سنل:

* الشعاع الضوئي المنكسر في الوسط الثاني بزاوية 49.46o سيسقط بالزاوية نفسها على السطح الفاصل بين الوسطين الثاني والثالث. لذلك نطبق قانون سنل لحساب زاوية الانكسار لهذا الشعاع في الوسط الثالث:



ولأن أكبر قيمة لجيب الزاوية هي 1، فإن الشعاع الضوئي لن ينفذ من الوسط الثاني إلى الهواء وإنما سينعكس كليًا داخل الوسط الثاني كما في الشكل ، لأنه سقط على السطح الفاصل بين الوسطين بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة.

n=1.5

n=2

***مثال 2 :*** جد الزاوية الحرجة اذا علمت ان الوسطين هما الماء والهواء ؟

نعلم ان معامل انكسار الهواء = 1

ومعامل انكسار الماء = 1.33

n1 sinθ1 = n2 sin θ2 n1 sinθc = 1× sin 90

sinθc = n2 / n1 = 1 / 1.33 = 0.752

θc = sin-1(0.752) = 48.8o

***مثال 3 :*** مرآتان مستويتان الزاوية بينهما 120o فإذا سقط شعاع ضوئي على الأولى بزاوية سقوط قدرها 65o جد زاوية الانعكاس للشعاع الضوئي عن المرآة الثانية ؟

على المرآة الأولى يكون

زاوية السقوط = زاوية الانعكاس

θ1 = θ/1 = 65o

اذن متممة الزاوية (θ/1) مع محور (X) ستكون (θ3)

θ3 = 90 – 65 = 25o

ومعلوم لدينا ان مجموع زوايا المثلث = 180

25o + 120o + θ4 = 180o

θ4 = 180o – 145o = 35o

θ2 = 90o – 35o = 55o

وبما ان زاوية السقوط = زاوية الانعكاس

θ2 = θ/2 = 55o

***مثال 4 :*** اثبت ان معامل انكسار وسط ما (n) يساوي النسبة بين الطول ألموجي للضوء في الهواء (λo) الى الطول ألموجي للضوء في ذلك الوسط (λn) اي اثبت ان (n = λo / λn)؟

v = f λ

v1 = f λ1  , v2 = f λ2 ( لان التردد لا يتغير )

- - - - - - - - - - - - - ( 1 )

n = c / v v = c / n v1 = c / n1 - - - - - - - - - - ( 2 )

v2 = c / n2 - - - - - - - - - - ( 3 )

نعوض (2) و(3) في (1) نحصل على :

n1 λ1 = n2 λ2 1× λo = n × λn n = λo / λn

***مثال 5 :*** حزمة ضوئية تنتقل خلال وسط معامل انكساره (n1) فتمر خلال شريحة سميكة لها وجهان متوازيان ومعامل انكسار (n2) ، برهن ان الحزمة الخارجة تكون موازية للحزمة الساقطة؟

لحل هذه المسالة يستوجب منا تطبيق قانون سنل للسطح العلوي وللسطح للسفلي

n1 sinθ1 = n2 sin θ2 sin θ2 = n1 sinθ1 / n2 - - - - (1)

& n2 sinθ3 = n1 sin θ4

but θ3 = θ2

n2 sinθ2 = n1 sin θ4

sin θ4 = n2 sinθ2 / n1 - - - - (1)

نعوض معادلة (1) في معادلة (2) نحصل على :

sin θ4 = sinθ1 θ4 = θ1

وهذا يعني ان زاوية سقوط الحزمة = زاوية خروجها اي ان الحزمة الخارجة تكون موازية للحزمة الساقطة.

***مثال 6 :*** حزمة ضوئية بطول موجي (550 nm) تنتقل خلال الهواء وتسقط على شريحة من مادة شفافة بزاوية (40o) مع العمود ، والحزمة المنكسرة تصنع زاوية (26o) مع العمود احسب :

1. معامل انكسار المادة؟
2. الطول الموجي للضوء في الشريحة؟

***:* أولا**  n1 sinθ1 = n2 sin θ2

1× sin40o  = n sin 26o

= 1.47

***: ثانيا*** n = λo / λn

λn = λo / n = 550 nm / 1.47 = 374 nm

***مثال 7 :*** حزمة من الضوء تسقط على سطح من الزيت المعدني بزاوية (23.1o) مع العمود ، فاذا كانت سرعة الضوء في الزيت (2.17 × 108 m/s) ، احسب زاوية الانكسار ؟

= 1.382

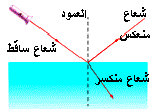
n1 sinθ1 = n2 sin θ2

1× sin23.1o = 1.382 × sin θ2

sin θ2 = = = 0.284

θ2 = sin-1 0.284 = 16.5o

***مثال 8 :*** حزمة ضوئية تسقط على سطح قطعة من الثلج بزاوية (40o) مع العمود جزء من الضوء ينعكس وجزء منه ينكسر ، جد الزاوية بين الضوء المنعكس والمنكسر ؟

θ1 = θ/1 θ3 = 90 - θ/1 = 90 – 40 = 50

n1 sinθ1 = n2 sin θ2

= =0.5

θ2 = sin-1 0.5 = 300

θ4 = 90 - θ2 = 90 – 30 = 60

وعليه تكون الزاوية بين الشعاع المنعكس والمنكسر = θ3 + θ4  = 50 + 60 = 110

***مثال 9 :*** قطعة من الثلج تطفو على سطح الماء ، فإذا سقط شعاع ضوئي على السطح العلوي للثلج بزاوية (30o) مع العمود ، ما هي زاوية انكسار الشعاع الضوئي في الماء؟

n1 sinθ1 = n2 sin θ2

= 0.382

θ2 = sin-1 0.382 = 22.44o

n2 sinθ2 = n3 sin θ3

= = 0.376

θ3 = sin-1 0.375 = 22o