بسم الله الرحمن الرحيم

المحاضرة التاسعة

أهداف المحاضرة التاسعة

- دراسة الضوء والنظريات المختلفة لتفسير كنه الضوء.
- دراسة النظرية الجسيمية لنيوتن.
- دراسة النظرية الموجية لهيجنز.
- دراسة النظرية الكمية للضوء.
- دراسة كل من ظاهرة الإنعكاس والإنكسار والتداخل والحيود والاستقطاب والتشتت للضوء.

الضوء

مقدمة:

الضوء هو ذلك الشعاع الذي يؤثر في العين فيسبب الرؤية أو الإبصار. والضوء أحد صور الطاقة كالطاقة الحرارية، الطاقة الميكانيكية، الطاقة الكهربية. ومن الممكن أن تتحول الطاقة الضوئية إلى أي نوع من الأنواع المعروفة للطاقة محافظاً علي مبدأ بقاء الطاقة. ومن خصائص الضوء الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود والاستقطاب والتشتت.

ومنذ بدأ الخليقة والإنسان يحاول أن يفسر الظواهر الفيزيائية المحيطة به ومنها الضوء. وقد حاول الإغريق تفسير الضوء والإبصار بأن فرضوا أن الضوء عبارة عن جسيمات صغيرة تامة المرونة تخرج من العين وتسقط علي الجسم وتسبب الإحساس بالرؤية، وواضح أن هذا التفسير خطأ ولو كان صحيحاً لاستطاع الإنسان أن يري في الظلام. لكن من خلال التطور التاريخي لعلم الضوء ومن المحاولات المستمرة لتفسير المشاهدات ونتائج التجارب المتتالية ظهرت بعض النظريات الأساسية لابد من الإشارة إليها.

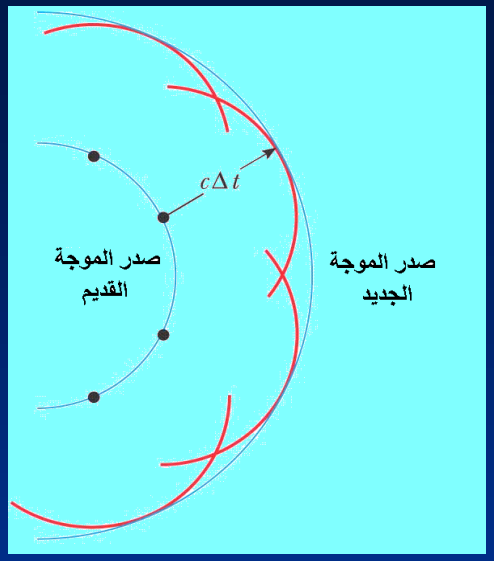
١ـ النظرية الجسيمية لنيوتن :

أفترض نيوتن أن الضوء عبارة عن جسيمات دقيقة جداً (كروية) وتامة المرونة تنبعث من المصدر الضوئي وتسير بسرعة ثابتة كبيرة جداً في خطوط مستقيمة في الوسط المتجانس الواحد وعندما تسقط علي الجسم المرئي فإنها تصطدم به طبقاً لقوانين التصادم المرن وترتد من الجسم لتسقط علي العين وتسبب الإحساس بالرؤية.

وقد استطاع نيوتن باستخدام نظريته في تفسير **ظاهرتي الانعكاس والانكسار**، مع العلم بأنه عند تفسير ظاهرة الانكسار أفترض أن سرعة الضوء في المادة أكبر منها في الفراغ "كما في حالة سرعة الصوت" ولكن ثبت بعد ذلك أن هذا الفرض خطأ وأن سرعة الضوء في الفراغ هي أكبر سرعة. **وفشلت النظرية الجسيمية لنيوتن في تفسير ظاهرة التداخل والحيود والاستقطاب.**

والعلم الذي يهتم بدراسة الضوء بناءًا علي النظرية الجسيمية لنيوتن يسمي بالضوء الهندسي **Geometrical optics** وفيه ندرس خاصية انتشار الضوء في خطوط مستقيمة وكذلك خواص الانعكاس **Reflection** والانكسار **Refraction** والتشتت **Scattering** للضوء.

٢ـ النظرية الموجية لهيجنز Huygens Principle :



فرض هيجنز أن الضوء ينتشر على شكل موجات مستعرضة تنتشر من المصدر الضوئي في جميع الاتجاهات. كما فرض أن صدر الموجة عبارة عن كرة مركزها المصدر الضوئي وأن كل نقطة علي صدر الموجة تعمل عمل مصدر ثانوي يشع المويجات في جميع الاتجاهات كما هو موضح بالشكل المجاور.

وترتبط سرعة الموجة الضوئية c بقيمة كل من التردد υ والطول الموجي لها λ من خلال العلاقة :

$$c = \lambda \upsilon$$

ونجحت النظرية الموجية لهيجنز في تفسير ظواهر الضوء المعروفة عندئذ **الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود والاستقطاب**. ولكنها فشلت في تفسير **الظاهرة الكهروضوئية**.

والعلم الذي يهتم بدراسة الضوء بناءًا علي النظرية الموجية لهيجنز يسمي بالضوء الفيزيائي **Physical Optics** وفيه ندرس الخواص الموجية للضوء مثل خاصية التداخل **Interference** والحيود **Diffraction** والاستقطاب **Polarization** للضوء.

٣- النظرية الكمية للضوء "نظرية الفوتون" Photon Theory :

في بداية القرن العشرين ١٩٠٥ نجح اينشتين في تفسير الظاهرة الكهروضوئية بالعودة إلي النظرية الجسيمية وفرضه أن الضوء عبارة عن جسيمات " أو كمات " وسمي كل جسيم "أو كمه" بالفوتون.

فأصبح هناك تناقض وغموض في طبيعة وكنه الضوء، هل هو موجة أم جسيم.

وظل هذا الغموض حتى عام ١٩٢٤ عندما تقدم العالم الفرنسي لويس دي برولي "Louis de Broglie" بفكرته الثورية عن الخاصية الثنائية للمادة.

وفيها أوضح أن للضوء صفة مزدوجة فهو يسلك سلوك موجة تحت بعض الظروف (مما يتفق ونظرية هيجنز)، ويسلك سلوك جسيم أو فوتون تحت ظروف أخرى (مما يتفق مع نظرية نيوتن).

وتتلخص الخاصية الثنائية لدي برولي في أن الجسيم والموجه وجهان لعملة واحدة.

فكما يمكن معاملة الموجة الكهرومغناطيسية "ومنها الموجة الضوئية" ذات التردد υ على أنها جسيم "فوتون" له طاقة E حيث:

$$E = h\upsilon$$

فإنه يمكن معاملة الجسيم والذي له كمية حركة خطية P على أنه موجه طولها الموجي λ حيث:

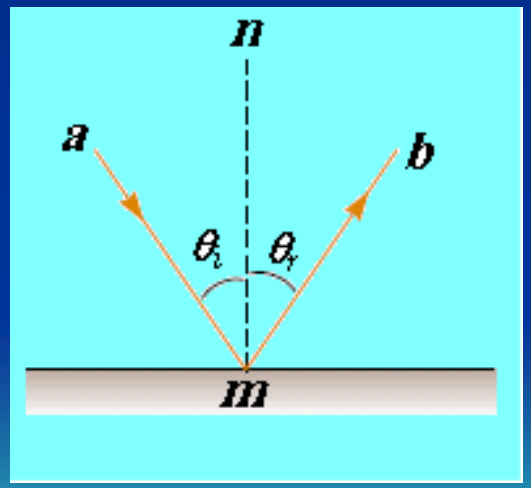
$$\lambda = \frac{h}{P}$$

حيث h مقدار ثابت يسمي ثابت بلانك. والعلاقتان السابقتان تسميان بمسلمتى دي برولي.

والعلم الذي يهتم بدراسة الضوء بناءًا علي النظرية الكمية للضوء يسمي بالضوء الكمي (Quantum optics) وفيه ندرس الخصائص الكمية للضوء باعتباره مكوناً من حزم دقيقة من الطاقة تسمى كمات (quanta) محمولة على جسيمات صغيرة جداً تسمى فوتونات (Photons).

الانعكاس:

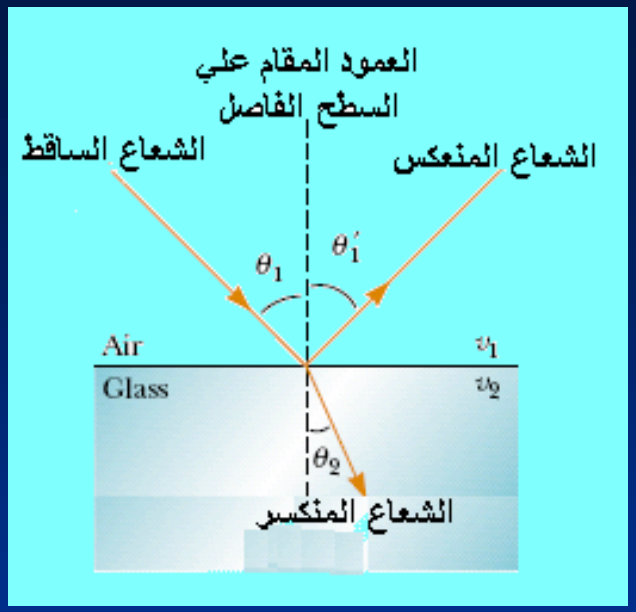
الانعكاس من الخصائص العامة للضوء والتي يمكن ملاحظتها كثيرا في الحياة اليومية. فعندما يسقط شعاع ضوئي علي سطح عاكس مستو "مرآة مستوية" فإنه ينعكس كما هو موضح بالشكل تبعاً لقانوني الانعكاس وهما:



١- الشعاع الساقط *am* والشعاع المنعكس *mb* والعمود المقام من نقطه السقوط *mn* تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس.

٢- زاوية السقوط θ_i تساوي زاوية الانعكاس θ_r.

الانكسار:



عندما ينتقل الضوء من وسط شفاف إلى وسط أخر شفاف كثافته الضوئية مختلفة فانه ينحرف عن مساره أي ينكسر كما هو موضح بالشكل تبعاً لقانوني الانكسار وهما:

١) الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمود المقام من نقطه السقوط تقع جميعها في مستوى واحد وعمودي على السطح الفاصل بين الوسطين.

٢) قانون سنل وهو :

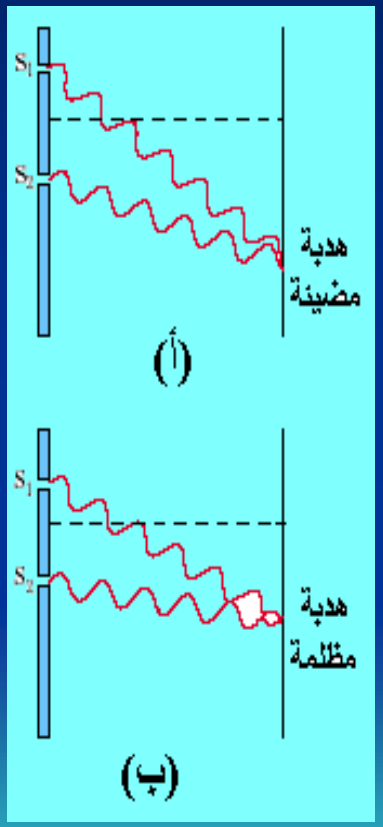
$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

فإذا كان الوسط الأول هو الهواء فان معامل الانكسار له (n_1=1) فنحصل علي:

$$n_2 = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

التداخل:

تحدث ظاهرة التداخل في الضوء نتيجة للتراكب بين شعاعين ضوئيين لهما نفس الطول الموجي (وبالتالي نفس التردد) ومتساويين في الشدة ومتوافقين "coherent" (ومعني التوافق أن فرق الطور بينهما ثابت لا يتغير مع الزمن)



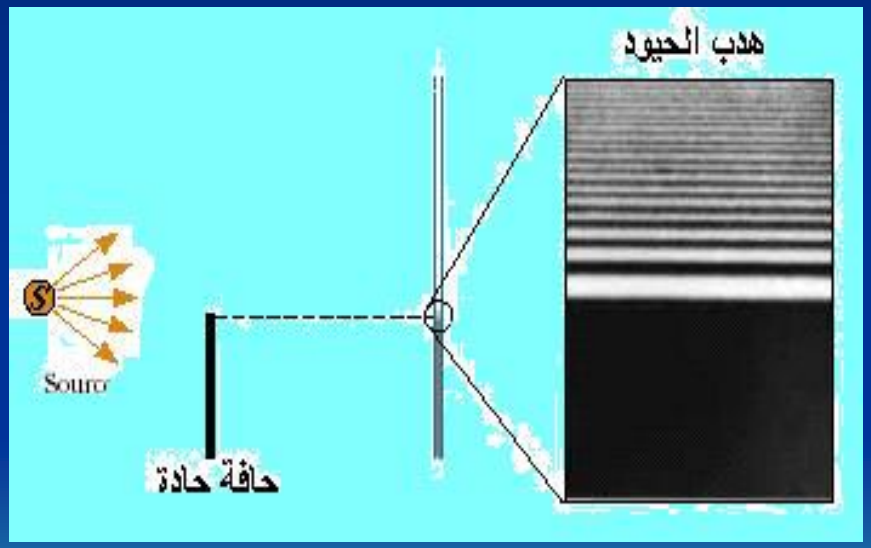
فإنه نتيجة للتراكب بينهما تتقابل قمة مع قمة، وقاع مع قاع فيقوي كل منهما الآخر، وتكون تلك النقطة هدبه مضيئة كما بالشكل (أ).

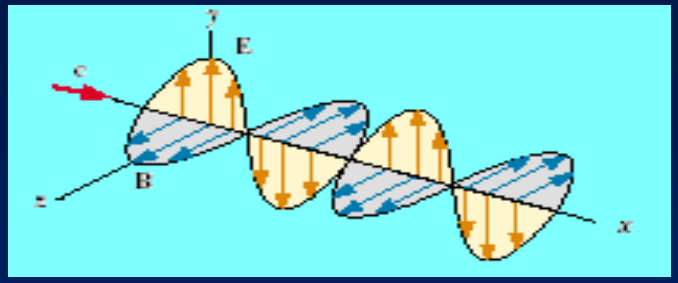
أما إذا كان فرق الطور بينهما $(2n+1)\pi$ أي أن فرق المسير بينهما عدداً فردياً من أنصاف الأطوال الموجية $(2n+1)\lambda/2$، فإنه نتيجة للتراكب بينهما تتقابل قمة مع قاع، وقاع مع قمة فيضعف كل منهما الآخر، وتكون تلك النقطة هدبه مظلمة كما بالشكل (ب).

الحيود:

خاصية الحيود هي أن يحيد الضوء عن خاصية سيره في خطوط مستقيمة عند مروره خلال حافة حادة.

فعند مرور الضوء خلال حافة حادة كما بالشكل، نجد أن الضوء ينتشر في منطقة الظل الهندسي أي أن الضوء انحني ولم يلتزم بالانتشار في خطوط مستقيمة عند مروره بهذه الحافة الحادة

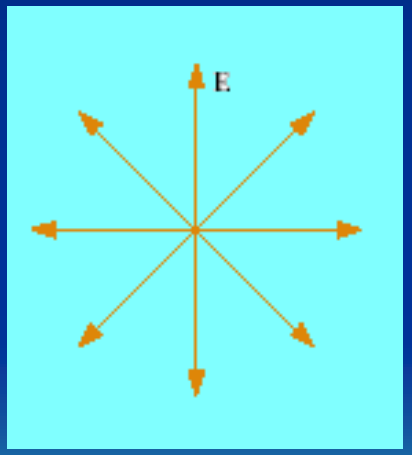




الاستقطاب:

طبقاً للنظرية الموجية للضوء فإن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية.

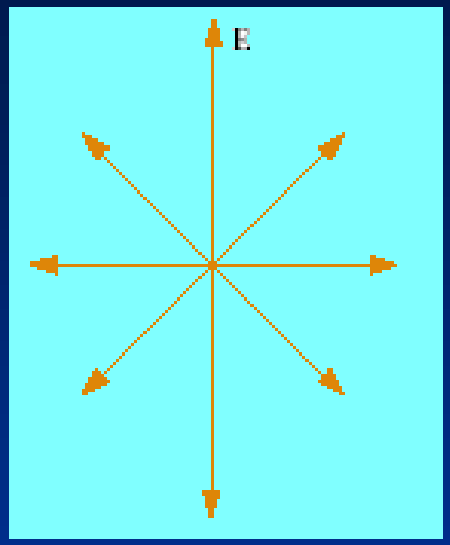
والموجة الكهرومغناطيسية هي موجة مستعرضة ولذبذبتها مركبتان متوافقتان أي لهما نفس الطور ومتعامدتان على اتجاه انتشار الموجة، أحدهما تمثل تغيراً دورياً في المجال الكهربي والأخرى تمثل تغيراً دورياً في المجال المغناطيسي (هذا ما يعرف بالضوء الطبيعي) كما في الشكل.



في الضوء الطبيعي "الغير مستقطب" يحدث لهاتين الذبذبتين تغيراً مفاجئاً للاتجاه في الفراغ مع بقائهما عموديتين على اتجاه انتشار الموجة وهذا التغير يحدث بمعدل 10^8 مرة في الثانية مما يجعل متوسط شدة الذبذبة في أي اتجاه حول محور انتشار الموجة مقداراً ثابتاً كما بالشكل.

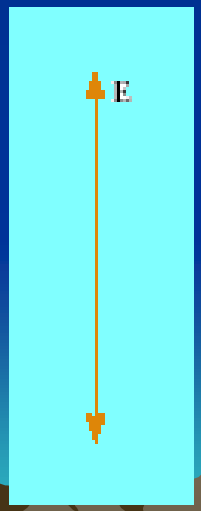
إذا كان متوسط الذبذبة حول محور انتشار الشعاع الضوئي غير متجانس فإن الضوء يكون ضوء غير مستقطب، وبمعنى آخر **يصبح الضوء مستقطباً إذا كان اتجاه الذبذبة يفضل اتجاه ما عن بقية الاتجاهات في الفراغ.**

أنواع الاستقطاب:

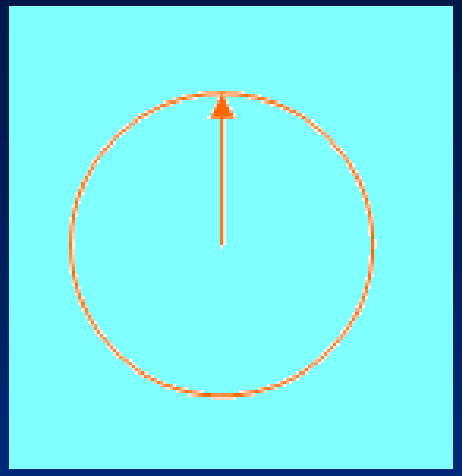


يوجد أربعة أنواع مختلفة للضوء المستقطب وهى :

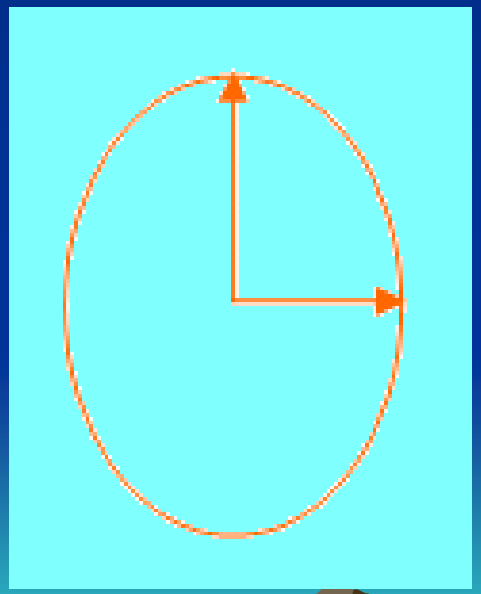
١ـ الاستقطاب الجزئي: وفيه يكون متوسط شدة الذبذبة في اتجاه ما أكبر منه في بقية الاتجاهات. كما بالشكل المجاور.



٢ـ الاستقطاب الخطى: أو الكلى أو الاستوائي وفيه يكون متوسط شدة الذبذبة في اتجاه ما أكبر ما يمكن وينعدم في بقية الاتجاهات. كما بالشكل المجاور.



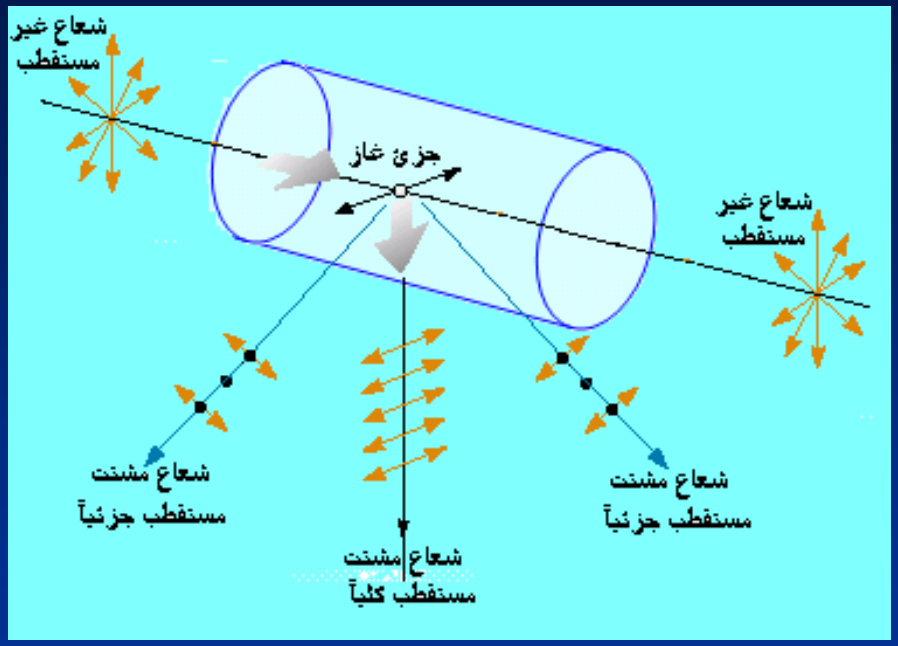
٣ـ الاستقطاب الدائري: وفيه يكون متوسط شدة الذبذبة ثابت وفى اتجاه واحد ولكن هذا الاتجاه يعتمد على الزمن ويدور بسرعة زاوية فترسم نهايته مسارا دائريا وهنا يوجد تغير في الاتجاه فقط . كما بالشكل المجاور.



٤ـ الاستقطاب الاهليجي: وفيه يكون متوسط شدة الذبذبة غير ثابت ولكن في اتجاه واحد و هذا الاتجاه يعتمد على الزمن ويدور بسرعة زاوية فترسم نهايته مساراً اهليجياً ويقال في هذه الحالة أن الضوء مستقطب استقطاباً اهليجياً أي انه يوجد في هذه الحالة تغير في الشدة والاتجاه لمتوسط شدة الذبذبة. كما بالشكل المجاور.

التشتت :

إذا مر شعاع ضوئي شدته I_o خلال أنبوبة مملوءة بالدخان كما بالشكل، فإن شدة الشعاع النافذ I تكون أقل من I_o .



هذا النقص في شدة الاستضاءة لا يرجع فقط إلى خاصية الامتصاص ولكن أيضاً لأن جزء من الضوء تشتت إلى جوانب الأنبوبة بواسطة جسيمات الدخان.

وهذا الضوء المشتت يكون مستقطباً جزئياً، أما الضوء المتشتت إلى جوانب الأنبوبة في الاتجاه العمودي على اتجاه الشعاع الساقط يكون مستقطباً استقطاباً استوائياً.