جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار – كلية العلوم
قسم الفيزياء

اسم المادة: الفيزياء العامة

المستوى الدراسي: الدراسات الاولية (البكالوريوس)

المرحلة: الاولى

المحاضرة رقم (11)

اسم المحاضرة: الضوء light

مدرس المادة

م. احمد مظفر احمد

light الضوء

1-11 طبيعة الضوء nature of light

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.

وقد حاول الإنسان أن يفسر كنه وماهية الضوء ففسر الإغريق الضوء على أنه 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.

وخلال عصر نيوتن ولسنوات خلت بعد ذلك كان هناك خلاف حول ما إذا كان شعاع الضوء هو تيار من الجسيمات أو هو موجات من نوع معين. وقد كان نيوتن نفسه من أعظم مؤيدي النظرية الجسيمية للضوء (وهي أن الضوء عبارة عن جسيمات تنطلق من المصدر الضوئي) وفشلت النظرية الجسيمية لنيوتن في تفسير ظاهرة التداخل والحيود والاستقطاب.

وفي عام 1670م استطاع كريستيان هيجنز وهو احد معاصري نيوتن أن يفسر كثير من خواص الضوء باعتباره موجيا في طبيعته (أي أن الضوء ينطلق من مصدره على شكل موجات) ، ونجحت النظرية الموجية لهيجنز في تفسير ظواهر الضوء المعروفة عندئذ الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود والاستقطاب. ولكنها فشلت في تفسير الظاهرة الكهروضوئية.

ولقد ظل الأمر كذلك حتى عام 1803م حين قدم توماس يونج (وبعدها بقليل أوجستين فرنك) برهاناً يوضح أن الأشعة الضوئية تستطيع التداخل مع بعضها البعض مثل الأمواج الصوتية وبهذا أصبحت النظرية الموجية مقبولة عالميا.

في بداية القرن العشرين 1905 نجح اينشتين في تفسير الظاهرة الكهروضوئية بالعودة إلي النظرية الجسيمية وفرضه أن الضوء عبارة عن جسيمات تحمل طاقة معينة (أو كمات من الطاقة). وسمي كل جسيم "أو كمه" بالفوتون فأصبح هناك تناقض وغموض في طبيعة وكنه الضوء، هل هو موجة أم جسيم.

وظل هذا الغموض حتى عام 1924 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).

فبعض الظواهر الطبيعية للضوء قد أمكن تفسيرها بالمفهوم الجسيمي للضوء (النظرية الجسيمية)، وذلك مثل ظاهرة الانعكاس والانكسار. في حين أن بعض الظواهر الأخرى مثل التداخل والحيود لا يمكن تفسيرها إلا عن طريق المفهوم الموجي للضوء (النظرية الموجية).

11-2 انتشار الضوء Propagation of light

ينتشر الضوء من مصادره في جميع الاتجاهات في خطوط مستقيمة، ويدل على ذلك تكون الظلال وأشباه الظلال وغيرها من الظواهر المعروفة المرتبطة بانتشار الضوء في خطوط مستقيمة.

11-3 سرعة الضوء Velocity of light

لقد أجريت تجارب عديدة لقياس سرعة الضوء في الفراغ وفي الأوساط الأخرى مثل الماء والزجاج وغيرها، وقد وجد أن سرعة الضوء في الفراغ تكون أكبر من سرعته في الأوساط الأخرى، وتكون سرعته في الوسط الأقل كثافة اكبر منها في الوسط الأكبر كثافة، فسرعته في الماء مثلا اكبر من سرعته في الزجاج. علاوة على ذلك فإن سرعة الضوء خلال المواد تعتمد على الطول الموجي للضوء. وقد وجد بالتجربة أن سرعة الضوء في الفراغ $c=2.998x10^8\ m/s$ حيث c ترمز إلى سرعة الضوء في الفراغ.

11-4 انعكاس الضوء Reflection of light

يمكن تفسير رؤية الاجسام بأنه تسقط الأشعة الضوئية من المصدر الضوئي على الأجسام ثم ترتد عنها إلى العين وبالتالي تتمكن العين من رؤية تلك الأجسام.

ظاهرة ارتداد الأشعة عن الأجسام تسمى بظاهرة انعكاس الضوء.

الشكل (11-1) يوضح ظاهرة الانعكاس على سطح مرآة مستوية حيث أن:

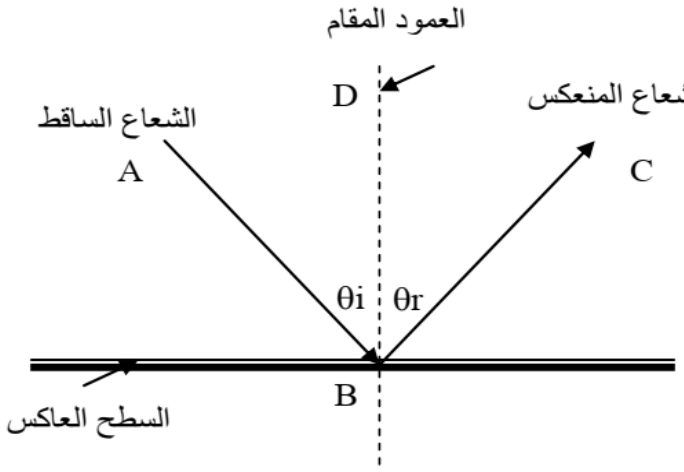
AB يمثل الشعاع الساقط

BC يمثل الشعاع المنعكس

DB يمثل العمود المقام على السطح العاكس

θ_i زاوية السقوط

θ_r زاوية الانعكاس



شكل (11-1)

زاوية السقوط (θ_i)

هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام على السطح العاكس.

زاوية الانعكاس (θ_r)

هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام على السطح العاكس.

قانون الانعكاس Law of reflection

لقد بينت التجارب أنه عندما ينعكس شعاع ضوئي عند سطح مستو فانه يمكن وصف طبيعة الضوء المنعكس في صورة قانون مكون من جزأين ويسمى بقانون الانعكاس.

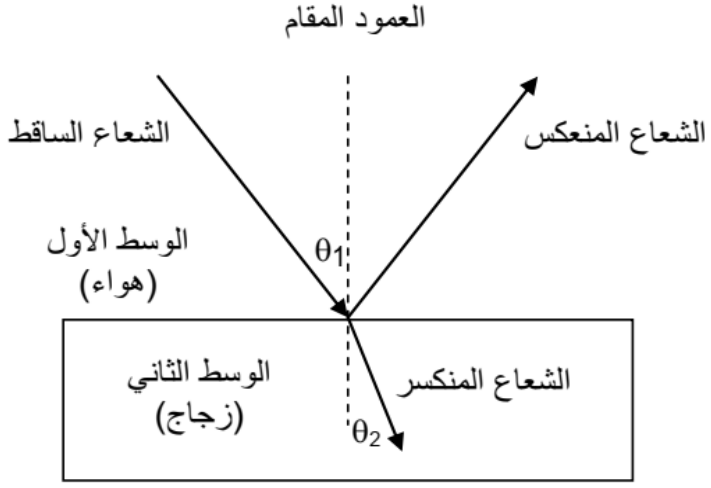
وينص على أنه إذا سقط شعاع ضوئي على سطح عاكس فان:

1- زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس.

2-الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام على السطح العاكس تقع جميعها في مستوى واحد.

5-11 انكسار الضوء Refraction of light

عندما يسقط شعاع ضوئي على سطح أملس لمادة شفافة كالماء أو الزجاج فإنه سوف ينعكس جزء منه تبعا لقانون الانعكاس وينكسر الجزء الباقي خلال الوسط مغيرا اتجاهه كما بالشكل (11-2).



شكل (11-2)

ما هو سبب انكسار الضوء؟

ينتج انكسار الضوء في الوسط الثاني بسبب التغير في سرعة الضوء إثر دخوله في هذا الوسط. (أي بسبب اختلاف كثافة الوسطين)، فإذا كانت سرعة الضوء في الوسط الثاني أقل من سرعته في الوسط الأول (أي أن الوسط الثاني أكبر كثافة من الوسط الأول) فإن الضوء سينكسر مقتربا من العمود المقام. ويمكن تلخيص ذلك كما يلي:-

- إذا سقط الضوء من وسط أقل كثافة إلى وسط أكبر كثافة فإنه سينكسر مقتربا من العمود المقام.
- وإذا سقط الضوء من وسط أكبر كثافة إلى وسط أقل كثافة فإنه سينكسر مبتعدا عن العمود المقام.
- الزاوية θ_2 تعرف بزاوية الانكسار.

زاوية الانكسارِ Angle of refraction

هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود المقام على السطح الفاصل بين الوسطين. لقد بينت التجارب أنه عندما ينكسر شعاع ضوئي عند سطح فاصل بين وسطين فإنه يمكن وصف طبيعة الضوء المنكسر في صورة قانون مكون من جزأين ويسمى بقانون الانكسار أو(قانون سنل).

6-11 معامل الانكسار Refractive index

تسمى النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعته في وسط بمعامل الانكسار او معامل انكسار الوسط ، ويرمز له بالرمز n

$$n = \frac{c}{v} \qquad (11\text{-}1)$$

حيث v هي سرعة الضوء في الوسط.

يلاحظ من هذا القانون أن معامل الانكسار ليس له وحدة وذلك لأنه عبارة عن حاصل قسمة سرعتين.

الجدول (5-1) يبين معامل الانكسار في المواد المختلفة للضوء الأصفر الذي ينبعث من مصباح بخار الصوديوم وطوله الموجي $\lambda = 5890\ A^o$

حيث (لامدا Lambda) هي الطول الموجي ووحدتها وحدة طول.

$1\ A^o = 10^{-10}\ m = 10^{-8} cm = 10^{-1} nm$

جدول (11-1) معاملات الانكسار لبعض المواد

المادة	$n = \frac{c}{v}$	المادة	$n = \frac{c}{v}$
الهواء*	1.003	كلوريد الصوديوم	1.53
الماء	1.33	بوليستيرين	1.59
اياثنول	1.36	ثاني كبريتيد الكربون	1.63
اسيتون	1.36	زجاج ظراني	1.66
كوارتز منصهر	1.46	أيوديد الميثيلين	1.74
بنزين	1.5	ماس	2.42
زجاج تاجي	1.52		

* عند الضغط ودرجة الحرارة المعياريين

مثال (11-1)

احسب سرعة الضوء في ثاني كبريتيد الكربون إذا علم أن معامل انكساره 1.63

بفرض أن سرعة الضوء في الفراغ تساوي $3\times10^8 m/s$.

الحل:

$$n = \frac{c}{v}$$

$$v = \frac{c}{n}$$

$$v = \frac{3\times10^8}{1.63} = 1.84\times10^8 m/s$$

قانون الانكسار (قانون ســــــنل)

ينص قانون الانكسار على أنه إذا سقط شعاع ضوئي على سطح فاصل بين وسطين مختلفين فإن:

1- النسبة بين جيبي زاوية السقوط في الوسط الأول وزاوية الانكسار في الوسط الثاني تساوي معكوس النسبة بين معاملي انكسار الوسطين على الترتيب.

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{n_2}{n_1}$$

أو إن

$$\boxed{n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2} \qquad (11\text{-}2)$$

وهو ما يعرف بقانون سنل .

حالة خاصة:

إذا سقط الضوء من الهواء ($n_1=1$) إلى وسط معامل انكساره ($n_2=n$) فإن:

$$\boxed{\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=n} \qquad (11\text{-}3)$$

2- الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمود المقام على السطح الفاصل تقع جميعها في مستوى واحد.

مثال (11-3)

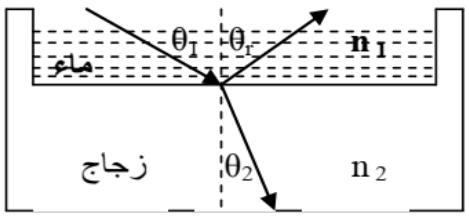
سقط شعاع ضوئي من الماء ($n_1=1.33$) بزاوية ($\theta_1=60^0$) على سطح لوح من الزجاج ($n_2=1.52$)

جد:

أ- اتجاه الشعاع المنعكس (θ_r = ?)

ب- اتجاه الشعاع المنكسر (θ_2= ?)

الحل:



$$\theta_r = \theta_1$$
$$\theta_r = 60^0$$
$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$
$$1.33 \sin 60 = 1.52 \sin\theta_2$$
$$\sin\theta_2 = 0.7577$$
$$\theta_2 = \sin^{-1}(0.7577) = 49.27^0$$

نلاحظ أن الشعاع المنكسر اقترب من العمود المقام وذلك لأن كثافة الزجاج أكبر من كثافة الماء، أي لأن الضوء انتقل من وسط أقل كثافة إلى وسط أكبر كثافة.

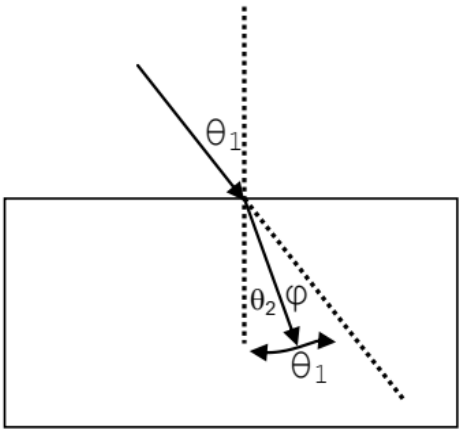
مثال (11-2)

سقط ضوء في الهواء بزاوية *45* درجة على سطح لوح من الزجاج معامل انكساره *1.52*

أ- احسب زاوية انكسار الضوء نتيجة لانكساره عند السطح العلوي.

ب- هل ينكسر الشعاع مقتربا أم مبتعدا عن العمود المقام؟

ج- احسب الزاوية التي ينعطفها (ينحرفها) الضوء.



الحل:

$$\theta_1 = 45^0, n = 1.52$$
$$\theta_2 = ?$$

أ-
$$n = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$
$$\sin\theta_2 = \frac{\sin 45}{1.52} = 0.4652$$
$$\theta_2 = \sin^{-1}(0.4652) = 27.72^0$$

ب- بما أن $\theta_2 < \theta_1$ فإن الشعاع سوف ينكسر مقترباً من العمود المقام، وهذا صحيح لان الشعاع سقط من وسط أقل كثافة (الهواء) إلى وسط أكبر كثافة (الزجاج).

ج- واضح من الشكل أن زاوية الانعطاف (الانحراف) هي

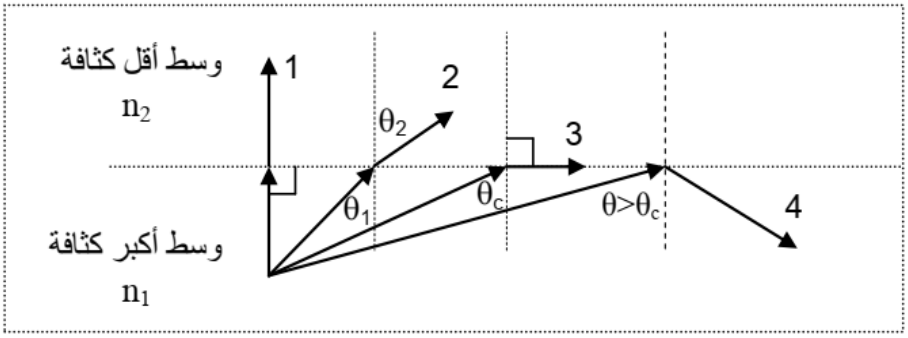
$$\varphi = \theta_1 - \theta_2 = 45 - 27.72 = 17.28^0$$

الزاوية φ تلفظ (فاي Phi)

7-11 الانعكاس الداخلي الكلي Total internal reflection

عندما ينتقل الضوء من وسط أكبر كثافة إلى وسط أقل كثافة تكون زاوية الانكسار دائما أكبر من زاوية السقوط ، بمعنى أن الشعاع ينكسر مبتعدا عن العمود المقام . وكلما زادت زاوية السقوط سوف تزداد زاوية الانكسار كما هو موضح بالشكل (11-3)، وأكبر زاوية انكسار ممكنة في الوسط الأقل كثافة هي 90 درجة.

زاوية السقوط (في الوسط الأكبر كثافة) المناظرة لأكبر زاوية انكسار ممكنة (90 درجة) تسمى بالزاوية الحرجة (critical angle). وإذا زادت زاوية السقوط عن الزاوية الحرجة فإن الشعاع سوف ينعكس كليا في داخل الوسط نفسه الذي سقط منه الشعاع، وهذا ما يعرف بالانعكاس الداخلي الكلي.



شكل 11-3)

ويمكن حساب الزاوية الحرجة(θ_C) بوضع $\theta_2 = 90^o$ في قانون سنل:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$
$$n_1 \sin\theta_c = n_2 \sin 90$$
$$n_1 \sin\theta_c = n_2$$
$$\boxed{\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}} \qquad (11\text{-}4)$$

فعلى سبيل المثال إذا سقط الضوء من داخل مياه البحر ($n_1=1.33$) إلى الهواء الخارجي ($n_2=1$) فإن :

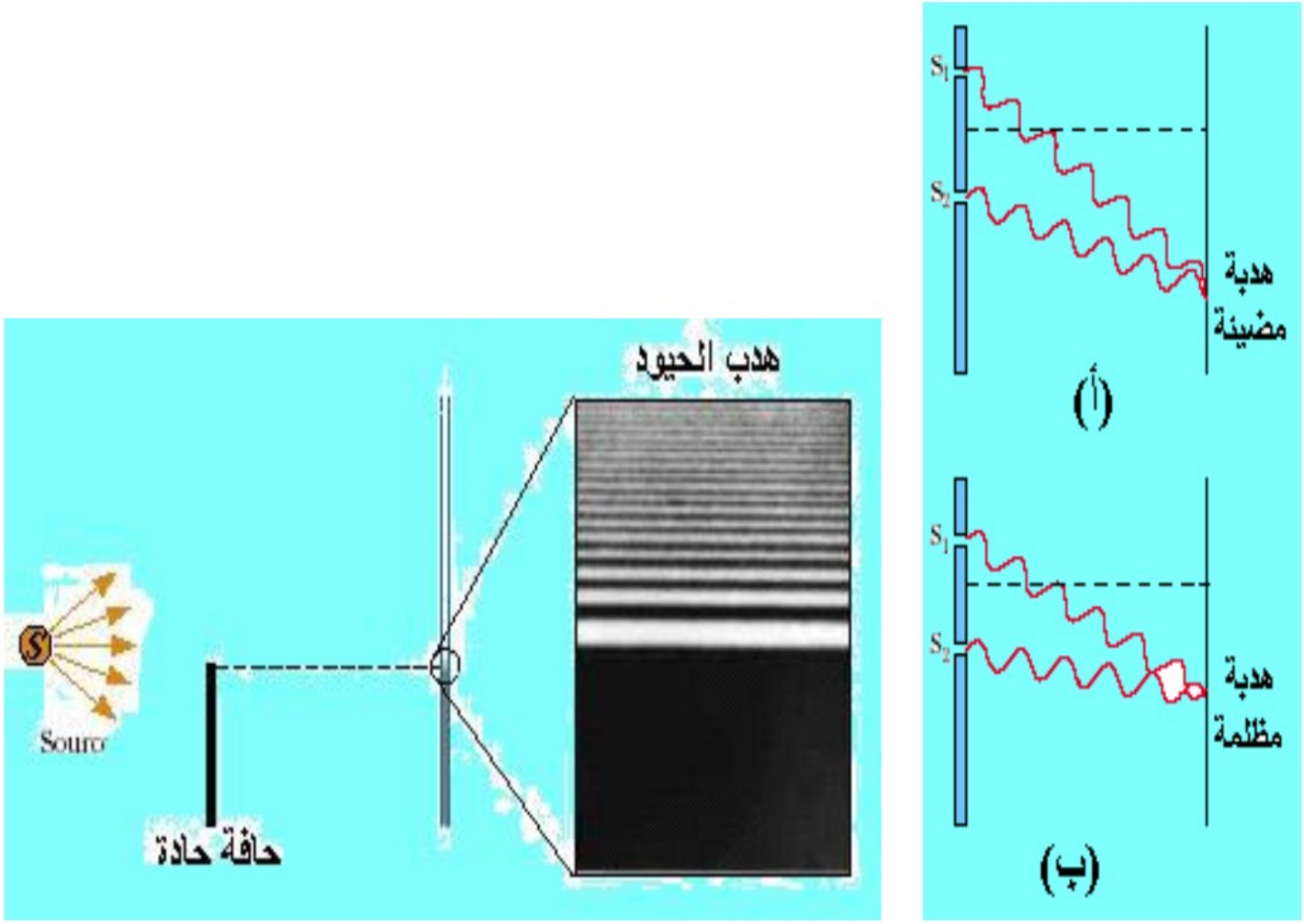
$$Sin\theta_c = 1 \div 1.33 = 0.75188$$
$$\therefore \theta_c = sin^{-1}(0.75188) = 48.7^0$$

11-8 التداخل و الحيود

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)

ونتيجة 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).



شكل (11-3)
التداخل والحيود

أما 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

References:

1- Physics for Scientists and Engineers (with PhysicsNOW and InfoTrac), Raymond A. Serway - Emeritus, James Madison University , Thomson Brooks/Cole © 2004, 6th Edition, 1296 pages.

2- مبادئ الفيزياء العامة، د. عقيل مهدي كاظم، الطبعة الأولى، 2009

3- محاضرات فيزياء عامة، الدكتور عبدالحي صلاح، جامعة الملك سعود

http://faculty.ksu.edu.sa/AbdelhaySalah/Arabic/Documents/Forms/AllItems.aspx

4- محاضرات فيزياء عامة 102 للدكتور محمد مرسي،

http://faculty.ksu.edu.sa/elmorsy/Pages/102physics.aspx