دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

للسنة الثانية بمرحلة التعليم الثانوي

القسم العلمي

الاسبوع الثاني عشر

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

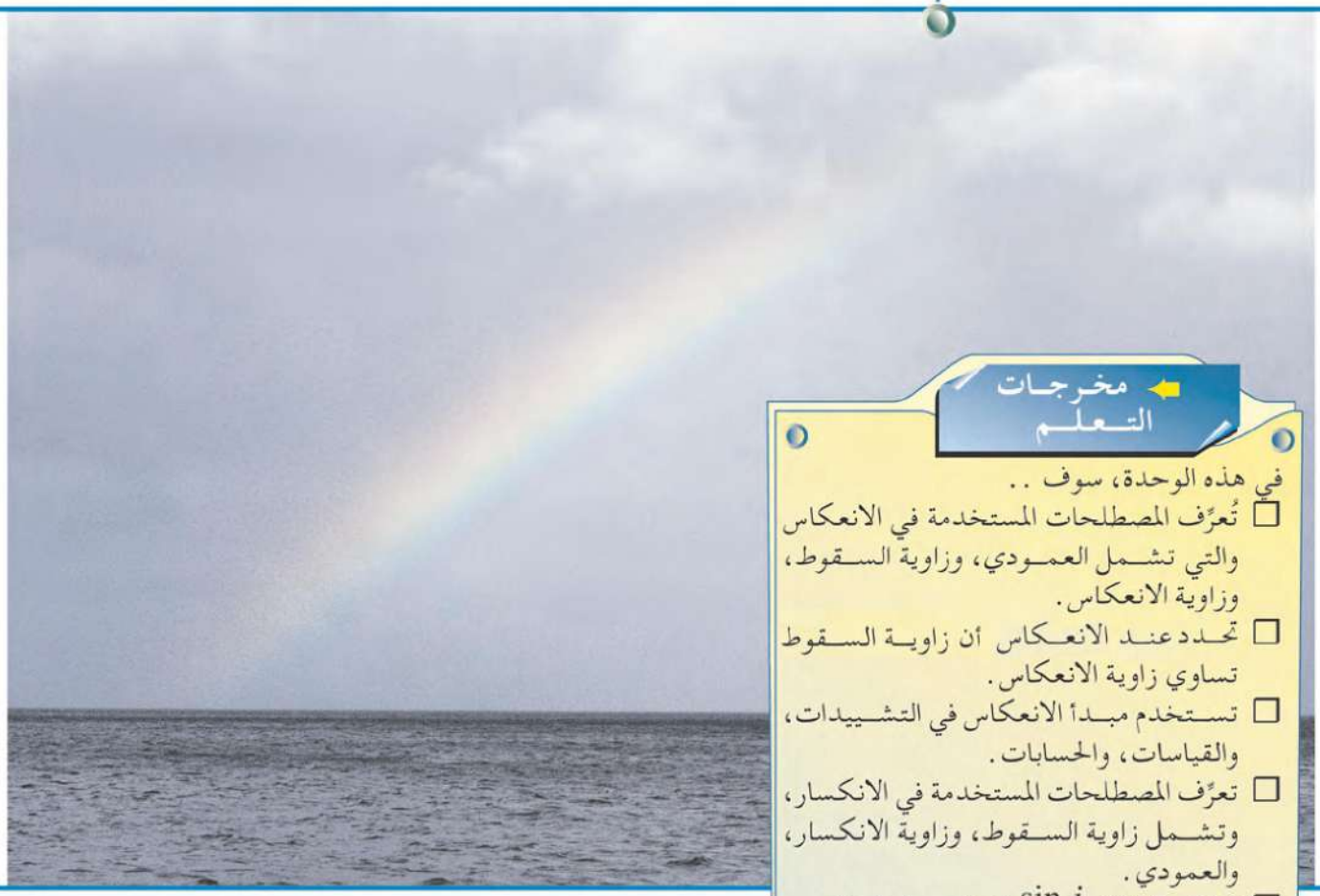
العام الدراسي:
1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 7

انعكاس وانكسار الضوء

Reflection and Refractin of Light



مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف . .

- تُعرِّف المصطلحات المستخدمة في الانعكاس والتي تشمل العمودي، وزاوية السقوط، وزاوية الانعكاس.
- تحدد عند الانعكاس أن زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس.
- تستخدم مبدأ الانعكاس في التشييدات، والقياسات، والحسابات.
- تعرِّف المصطلحات المستخدمة في الانكسار، وتشمل زاوية السقوط، وزاوية الانكسار، والعمودي.
- تتذكر العلاقة $\frac{\sin i}{\sin r}$ تساوي مقدار ثابت.
- تطبق ($\frac{\sin i}{\sin r}$ تساوي مقدار ثابت) على مواقف جديدة أو لحل مسائل ذات صلة.
- تعرِّف معامل انكسار وسط ما بدلالة نسبة سرعة الضوء في الفراغ وفي الوسط.
- تعرِّف المصطلحات: الزاوية الحرجة، والانعكاس الداخلي الكلي.
- تعين الأفكار الرئيسة في الانعكاس الكلي الداخلي، وتطبقها على استخدام الألياف البصرية في وسائل الاتصال السلكية واللاسلكية، وتذكر مميزات استخدامها.

قد تتمكن إذا نظرت حولك، من ذكر أسماء عدد من أجهزة تكوين الصور – آلة التصوير، جهاز العرض العلوي، آلة التصوير بالمسجل المرئي، المجهر، النظارات، أنواع المرايا المختلفة، آلة النسخ الضوئي، وآلات أخرى. نحن نعيش في مجتمع يستخدم مثل تلك الأجهزة بشكل متكرر. فما السمات التي تشترك فيها تلك الأجهزة؟ أي أفكار في علم الفيزياء تُستخدم في تلك الأجهزة؟ سندرس في هذه الوحدة بعض تلك الأفكار.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

7 – 1 طبيعة وانتشار الضوء

The Nature and Propagation of Light

- يمكن تعريف الضوء بأنه ذلك الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يمكن أن تكشفه عين الإنسان.
- ينتقل الضوء في خطوط مستقيمة تسمى أشعة.
- يبين تكوين الظل (بما في ذلك كسوف الشمس)، وآله التصوير ذات الثقب انتشار الضوء في خطوط مستقيمة.

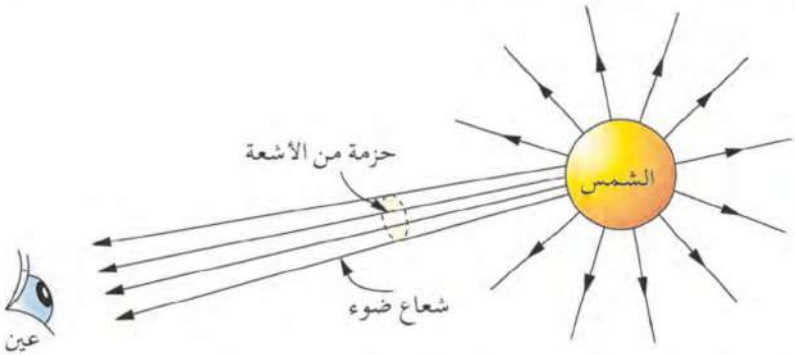
ما الضوء؟

نعرّف الضوء في هذه الوحدة بأنه ذلك الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يمكن لعين الإنسان اكتشافه (انظر الجزء 6 – 5 للرجوع إلى رسم الطيف الكهرومغناطيسي).

تكشف عين الإنسان الضوء في مدى من الألوان: الأحمر، فالبرتقالي، فالأصفر، فالأخضر، فالأزرق، فالنيلي، فالبنفسجي. وتُكوّن تلك الألوان السبعة ضوءًا أبيض عند خلطها.

ينتقل الضوء في خطوط مستقيمة

يبين شكل 7 – 1 طاقة ضوئية من الشمس، تنتقل إلى العين في خطوط مستقيمة تسمى أشعة.

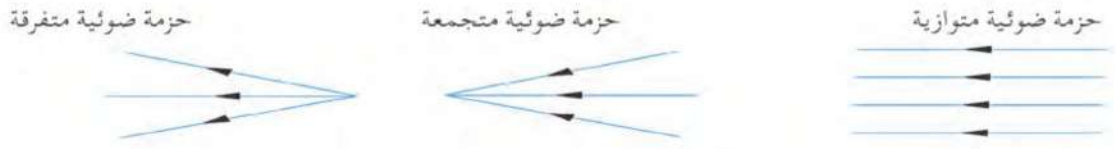


شكل 7 – 1 ينتقل الضوء في خطوط مستقيمة تسمى أشعة

ماذا نقصد بشعاع الضوء؟ يتكون أحيانًا لدينا انطباعًا بأنه يمكننا «رؤية» أشعة ضوء في الحجرة المغبرة بالتراب، أو في الجو الغائم. ويسبب ذلك الانطباع استطارة الضوء عن طريق جسيمات التراب العالقة (في الحجرة المغبرة بالتراب) أو قطرات الماء (في الجو الغائم). إن فكرة الشعاع هي فكرة اخترعها العلماء. فكلما رأيت عبارة «شعاع ضوء» فاعلم أنها تشير إلى الخط الذي يسير الضوء بطوله. ولا توجد في الواقع أشعة ضوء في شكل أسهم، وإنما ترسم الأسهم على الأشكال البيانية لتمثل الاتجاه الذي ينتقل فيه الضوء.

شكل 7 – 2 «رؤية» أشعة ضوء

وتعرف حزمة الأشعة بأنها حزمة ضوئية، ويبين شكل 7 – 3 ثلاثة أنواع من الحزم الضوئية.



شكل 7 – 3 ثلاثة أنواع من الحزم الضوئية

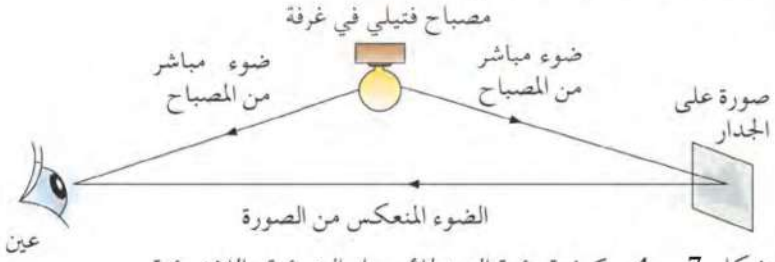
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

7 – 2 الأشعة الضوئية والانعكاس
Light Rays and Reflection

الأجسام المضيئة، وغير المضيئة

أي جسم (مثل الشمس، أو شمعة مضاءة، أو مصباح متوهج) يصدر نورًا بنفسه يسمى جسمًا مضيئًا. وعلى العكس من ذلك فإن أي جسم (مثل الطاولة، أو الجدار، أو الصورة) لايصدر ضوءًا بنفسه يسمى جسمًا غير مضيء.

ويبين شكل 7 – 4 كيفية رؤية العين للمصباح المضاء (جسم مضيء)، وللصورة (جسم غير مضيء).



شكل 7 – 4 كيفية رؤية العين للأجسام الضوئية واللاضوئية

ترى العين في شكل 7 – 4 المصباح الكهربائي بسبب النور الصادر منه والذي يدخل العين مباشرة. أما الصورة، فلا يمكن للعين أن تراها إلا عن طريق دخول الضوء المنعكس من الصورة إلى العين. فإذا أطفئ المصباح، وأصبحت الحجرة مظلمة تمامًا، فلا يمكن رؤية الصورة (أو بالطبع المصباح غير المضاء) لعدم دخول ضوء إلى العين. ويؤكد ذلك حقيقة رؤية العين للأجسام غير المضيئة بانعكاس الضوء عليها.

قوانين الانعكاس

تجربة 7 – 1

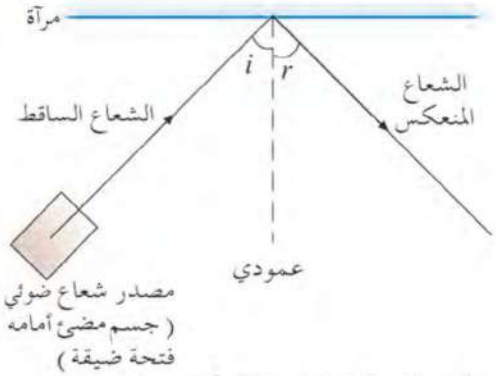
لتوضيح قوانين الانعكاس

الأدوات: مصدر شعاع ضوئي، شريحة من مرآة مستوية، منقلة، قطعة من الورق.

الإجراء: **1**– ركب الجهاز كما هو مبين بشكل 7 – 5.

2– غير زاوية السقوط i، ثم قس زاوية الانعكاس r.

3– قارن قيم زاوية السقوط i وزاوية الانعكاس r.



شكل 7 – 5 قوانين الانعكاس

سوف تبين المشاهدات الدقيقة من التجربة 7 – 1 أن لكل قيمة زاوية سقوط i، تكون قيمة زاوية الانعكاس r المناظرة لها هي نفسها. ويمكن الآن تلخيص قوانين الانعكاس كما يلي:

القانون الأول للانعكاس

الشعاع الساقط، والشعاع المنعكس، والعمودي على السطح العاكس جميعها تقع في نفس المستوى.

القانون الثاني للانعكاس:

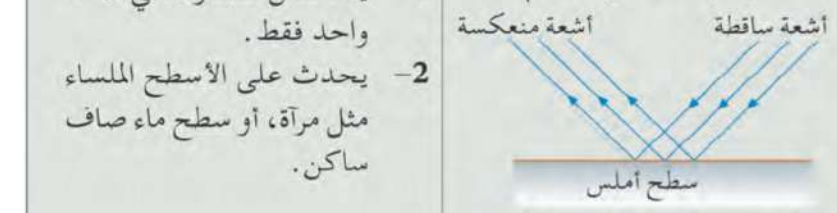
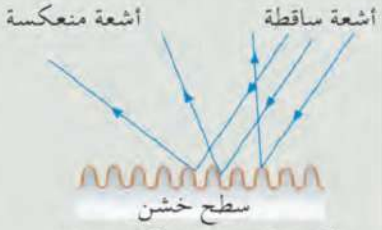
تتساوى زاوية السقوط مع زاوية الانعكاس (أي، $i = r$).

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

أنواع الانعكاس

يلخص جدول 7 – 1 نوعي الانعكاس: الانعكاس المنتظم (أو المرآوي)، والانعكاس المنتشر (غير المنتظم).

جدول 7 – 1 نوعا الانعكاس

نوع الانعكاس	الخواص
(أ) انعكاس منتظم  شكل 7 – 6 انعكاس منتظم	1– ينعكس الضوء في اتجاه واحد فقط. 2– يحدث على الأسطح الملساء مثل مرآة، أو سطح ماء صاف ساكن.
(ب) انعكاس منتشر  شكل 7 – 7 انعكاس منتشر	1– ينعكس الضوء خلال مدى من الزوايا المختلفة. 2– يحدث على الأسطح الخشنة مثل جدار غير ناعم، أو شاشة ورقية، أو قماش.

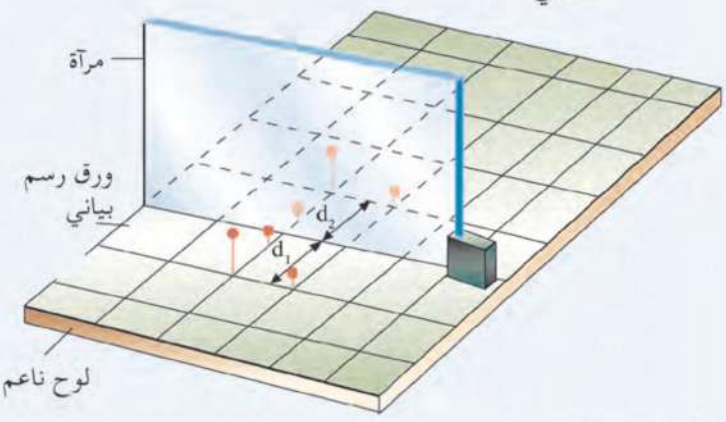
لاحظ في كل من الانعكاسين المنتظم والمنتشر، تحقيق كل شعاع قوانين الانعكاس. وتكون دائمًا زاوية السقوط مساوية لزاوية الانعكاس.

أشعة تواجه مرايا مسطحة

تجربة 7 – 2

لإيجاد موضع وخواص صورة كونتها مرآة مستوية.

الأدوات: مرآة مستوية، ثلاثة دبابيس، ورقة رسم بياني، حامل خشبي.



شكل 7 – 8

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الإجراء: **1**- كوِّن الجهاز كما هو مبين بشكل **7** – 8.
2- لاحظ الصورة المكونة.
3- عد المربعات بين الدبابيس والمرآة، وأيضًا بين الصورة والمرآة لإيجاد المسافات d_1، d_2 على التوالي. ثم قارن هاتين المسافتين.

ويمكن بناءً على التجربة **7** – 2 تلخيص خواص الصورة التي كونتها مرآة مستوية كما يلي:

(أ) لها نفس حجم الجسم الأصلي.

(ب) منعكسة جانبيًّا (انعكاس اليسار إلى اليمين).

(جـ) معتدلة رأسيًّا.

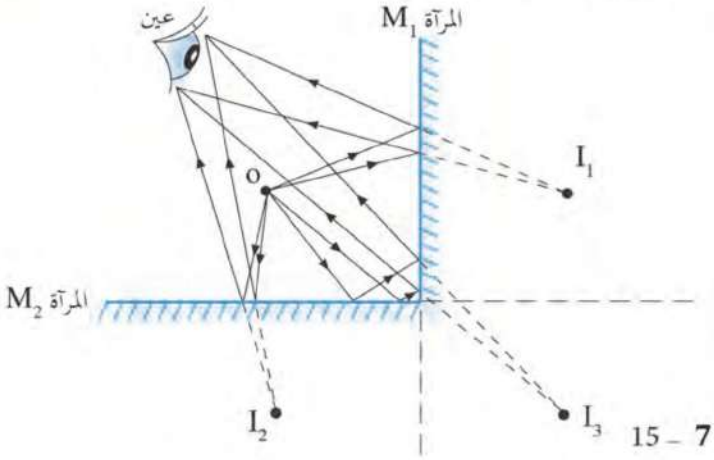
(د) تقديرية (لايمكن للصورة التقديرية أن تسقط على شاشة لأن الأشعة الضوئية لا تتقابل فعليًّا في موضع الصورة. ولهذا إذا وضعت شاشة عند موضع الصورة، فلن ترى أي شيء على الشاشة).

(هـ) تتكون عند موضع خلف المرآة يكافئ بُعد الجسم أمام المرآة (مما يفسر سبب $d_1 = d_2$).

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

صور متعددة في المرايا المستوية

يبين شكل 7 – 15 الصور الثلاث I_1، I_2، I_3 التي تكونها مرآتان متعامدتان على جسم على هيئة نقطة O بينهما. وتكونت I_1، I_2 بانعكاسات بسيطة، بينما تكونت I_3 بانعكاسين.



شكل 7 – 15

وبإمالة مرآتين عند زوايا مختلفة سينتجان أعدادًا مختلفة من الصور للجسم. إن أحد المواضع الشيقة يكون بوضع المرآتين متوازيتين كل منهما مع الأخرى. يتكون عدد لانهائي من الصور لأي جسم موضوع بينهما.

أسئلة التقويم الذاتي

لاحظ شكل 7 – 14 ثم صف خواص الصورة المتكونة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

بعض التطبيقات المهمة للمرايا المستوية

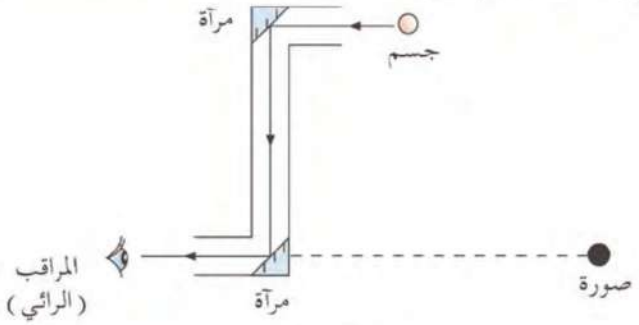
1- كشف النظر

تُقلب الحروف المضيئة عرضيًا حتى يراها المريض صحيحة في المرآة. وتظهر في نفس الوقت الحروف أبعد مما تكون عليه في الواقع، ولذلك لا يستدعي الأمر حجرة كشف طويلة.

شكل 7 - 16

2- البيرسكوب (منظار الأفق)

تسمح المرايا للمراقب (الرائي) برؤية جسم ما، بإحضار الصورة إلى مكان ملائم للرؤية.

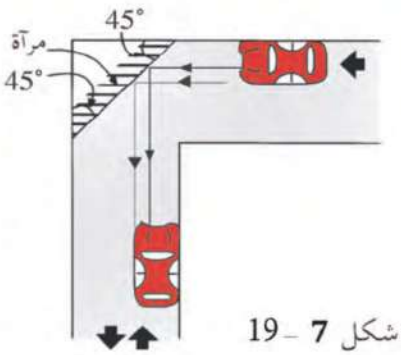


شكل 7 - 17

3- الزوايا العمياء

إن تركيب مرآة مستوية عند زاوية على الطريق يسمح للسائقين بالرؤية حول المنحنيات العمياء (الرسم التالي لم يرسم بمقياس نسبي).

شكل 7 - 18 مرآة الزاوية العمياء

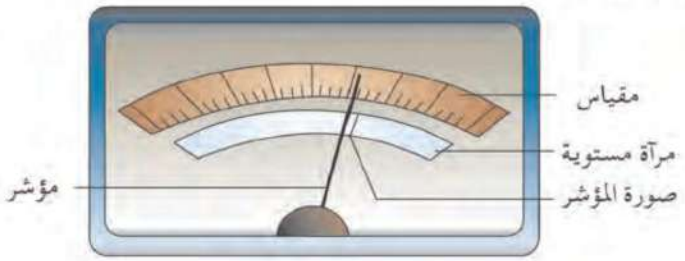


شكل 7 - 19

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية - ليبيا

4- مقاييس الأجهزة

تزيل المرآة المستوية أخطاء اختلاف الرؤية في مقاييس الأجهزة بتكوين صورة للمؤشر.



شكل 7 - 20

5- استخدامات أخرى

تستخدم كذلك المرايا المستوية في أدوات بصرية كثيرة مثل التليسكوب، وأجهزة العرض العلوي، وأجهزة الليزر. استخدام شائع آخر للمرآة المستوية هو في تركيب المشكال (منظار النماذج المتغيرة) الذي يعطي صورًا متعددة ملونة لقطع صغيرة من الزجاج الملون.

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) اذكر الطريقتين التي ترى بهما عين الإنسان الأشياء من حولنا.

(ب) اذكر الصفات الخمس للصورة التي تكونها المرآة المستوية.

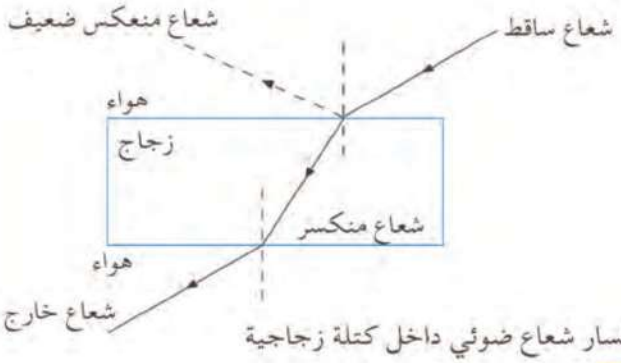
7 - 3 الأشعة الضوئية والانكسار

Light Rays and Refraction

الانكسار هو انحناء الضوء عند انتقاله من وسط إلى آخر.

الانكسار عند الأسطح المستوية

يبين شكل 7 - 21 سلوك شعاع ضوء ينتقل من الهواء إلى الزجاج، ثم إلى الهواء مرة أخرى. وعند الحد الفاصل بين الهواء والزجاج، نشاهد شعاع الضوء يغير اتجاهه عند الدخول من الهواء إلى الزجاج، وعند ترك الزجاج إلى الهواء مرة ثانية. وبمعنى آخر ينحني شعاع الضوء، ونسمي هذا التأثير الانحنائي للضوء عند مروره من مادة شفافة (وسط بصري) إلى أخرى **انكسارًا**.



شكل 7 - 21 انكسار شعاع ضوئي داخل كتلة زجاجية

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ينتج الانكسار عن السرعات المختلفة للضوء في أوساط بصرية مختلفة. فسرعة الضوء في الهواء على سبيل المثال هي $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ تقريبًا. تتناقص تلك السرعة إلى $2.3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ تقريبًا عند انتقال الضوء من الهواء إلى الماء، وإلى $2 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ تقريبًا عند انتقاله من الهواء إلى الزجاج.

ونقول أن الزجاج وسط بصري أكثر كثافة ضوئية من الماء، وأن الماء وسط بصري أكثر كثافة ضوئية من الهواء. وكلما كانت الكثافة الضوئية للوسط أكبر، كلما كانت سرعة الضوء في ذلك الوسط أبطأ.

عند دخول الضوء إلى وسط أكثر كثافة ضوئية، تبطؤ سرعته.

قوانين الانكسار

تجربة 7 – 3

لبيان انكسار الضوء خلال كتلة زجاجية.

الأدوات: كتلة زجاجية مستطيلة ذات وجه واحد مصقول، مصدر شعاع ضوئي، قطعة من الورق.

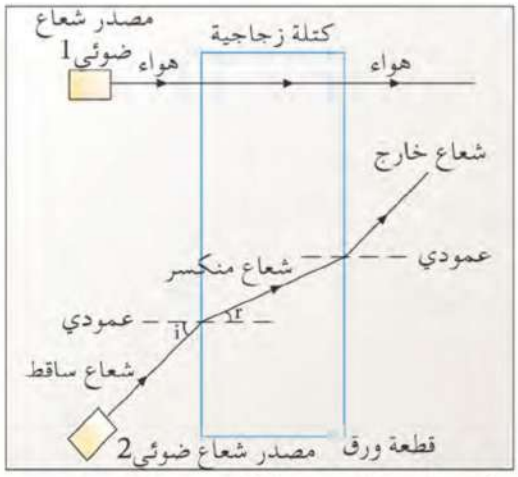
الإجراء:

1- ضع الكتلة الزجاجية على قطعة ورق بحيث يكون الوجه المصقول لأسفل.

2- ارسل شعاعين مستقيمين من الضوء خلال الكتلة الزجاجية كما هو مبين في شكل 7 – 22.

3- راقب مساري الشعاعين الضوئيين.

4- نوّع زاوية السقوط i، ثم قس زاوية الانكسار r.



شكل 7 – 22 قوانين الانكسار

ويمكن رصد المشاهدات التالية من التجربة 7 – 3:

1- يمر الشعاع الضوئي من مصدر الشعاع الضوئي 1 مستقيمًا خلال كتلة الزجاج ثم يخرج إلى الهواء.

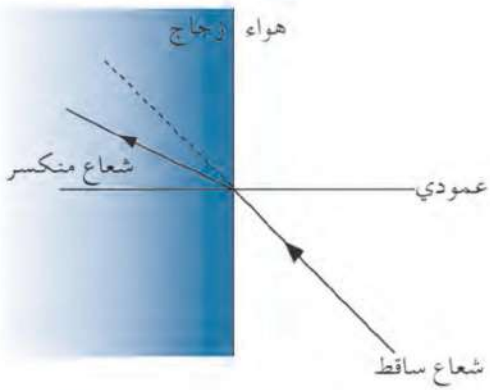
2- ينحني الشعاع الضوئي من مصدر الشعاع الضوئي 2 تجاه العمودي عند مروره خلال كتلة الزجاج، أي: زاوية السقوط i أكبر من زاوية الانكسار r.

3- ينحني الشعاع الضوئي بعيدًا عن العمودي عند مروره من الكتلة الزجاجية إلى الهواء مرة أخرى.

4- يبين جدول 7 – 2 مجموعة نموذجية من النتائج لزاوية السقوط i في الهواء، وزاوية الانكسار r في الزجاج.

جدول 7 – 2 جدولة زاوية السقوط i، وزواية الانكسار r.

زاوية السقوط ° (i)	زاوية الانكسار ° (r)
20	13
30	20
40	25
50	31
60	35
70	39



شكل 7 – 23 «ينحني» الشعاع المنكسر تجاه العمودي في الزجاج

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

وبناءً على المشاهدات، يمكن التوصل إلى الاستنتاجات الثلاثة التالية :

1- عند سقوط شعاع ضوئي عموديًّا على الحد الفاصل بين الوسطين (أو بطول الشعاع العمودي)، يمر الشعاع على استقامته من دون انحناء رغم أن سرعته أقل في الوسط البصري الأكثر كثافة ضوئية .

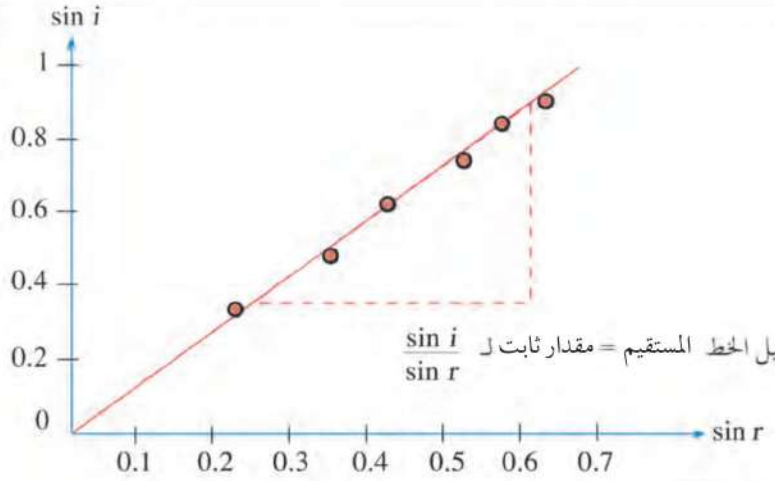
2- عند سقوط شعاع ضوئي بزاوية حادة على الحد الفاصل بين الوسطين، ينحني الشعاع المنكسر تجاه العمودي عند انتقال الضوء من وسط بصري أقل كثافة ضوئية (مثل الهواء) إلى وسط بصري أكثر كثافة ضوئية (مثل الزجاج) كما هو مبين في شكل 7 – 23 . والعكس صحيح، بمعنى أن الشعاع الضوئي ينحني بعيدًا عن العمودي عند تحركه من وسط (مثل الزجاج) إلى وسط آخر أقل كثافة ضوئية (مثل الهواء) .

3- وعلى عكس حالة الانعكاس حيث تكون زاوية السقوط i متساوية مع زاوية الانعكاس r، فإن العلاقة بين زاوية السقوط وزاوية الانكسار أكثر تعقيدًا . ففي عام 1621 اكتشف عالم الرياضيات الهولندي ويلبرورد سنيل أن نسبة $\frac{\sin i}{\sin r}$ تساوي مقدار ثابت (انظر جدول 7 – 3) .

ويمكن أيضًا كبديل رؤية العلاقة بين r، i برسم العلاقة البيانية $\sin i$ مقابل $\sin r$. وسيتكون لدينا خطًا بيانيًّا مستقيمًا ذا انحدار ثابت، يعطي النسبة الثابتة $\frac{\sin i}{\sin r}$ (انظر شكل 7 – 24) .

جدول 7 – 3 العلاقة بين زاوية السقوط i وزاوية الانكسار r

$\frac{\sin i}{\sin r}$	$\sin r$	$\sin i$	(r) °	(i) °
1.5	0.22	0.34	13	20
1.5	0.34	0.50	20	30
1.5	0.42	0.64	25	40
1.5	0.52	0.77	31	50
1.5	0.57	0.87	35	60
1.5	0.63	0.94	39	70



شكل 7 – 24 العلاقة البيانية لـ $\sin i$ مقابل $\sin r$

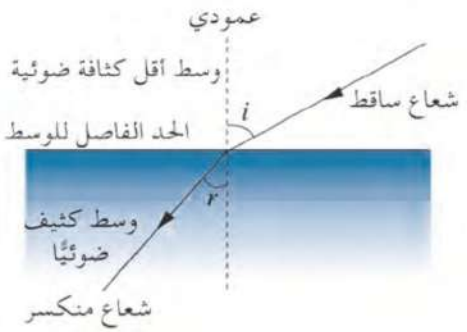
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ويمكن الآن تلخيص تلك الاستنتاجات عن انكسار الضوء في القانونين التاليين للانكسار:

القانون الأول للانكسار
الشعاع الساقط، والعمودي، والمنكسر تقع جميعًا في نفس المستوى.

القانون الثاني للانكسار (قانون سنيل)
نسبة جيب زاوية السقوط ($\sin i$) إلى جيب زاوية الانكسار ($\sin r$) لوسطين معينين هي كمية ثابتة أي أن:

$\frac{\sin i}{\sin r}$ تساوي مقدار ثابت

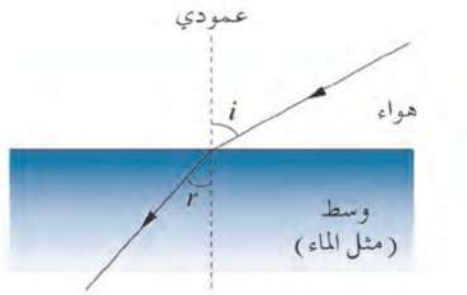


شكل 7 – 25

وبالنسبة لحالة شعاع ضوئي مار من فراغ (أو عمليًا من الهواء) إلى وسط معين (مثل الماء) كما هو مبين في شكل 7 – 26، تُعرف النسبة الثابتة $\frac{\sin i}{\sin r}$ بمعامل الانكسار n لهذا الوسط (في هذه الحالة، الماء).

$$n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

كلما زادت قيمة معامل الانكسار لوسط، كلما كان انحناء الضوء أكبر عند مروره من الهواء إلى ذلك الوسط. ويبين جدول 7 – 4 معاملات الانكسار لبعض الأوساط البصرية، ويلاحظ أن الألماس له أكبر معامل انكسار بينها، بينما يكون معامل الانكسار للهواء هو الأصغر.
ويبين كذلك الجدول سرعة الضوء في كل وسط بصري. لاحظ أن سرعة الضوء في الماس هي الأدنى لأن الماس هو الوسط الأكثر كثافة ضوئية مقارنة بالأوساط الأخرى. والمادة ذات القيمة الأكبر لمعامل الانكسار هي مادة أكثر كثافة ضوئية.



شكل 7 – 26

جدول 7 – 4 معاملات الانكسار وسرعات الضوء في بعض المواد الشفافة

الوسط	معامل الانكسار، n	سرعة الضوء (10^8 m s^{-1}).
الألماس	2.4	1.25
الزجاج	حوالي 1.5*	حوالي 2
البرسبكس	1.5	2
الماء	1.33	2.25
الثلج	1.3	2.3
الهواء	1.000 293	2.999

* بالنسبة للزجاج، يتراوح معامل الانكسار بين 1.48 و1.96 معتمدًا على تركيب الزجاج.

شكل 7 – 27 بريق الماس

معامل الانكسار وسرعة الضوء

تكون سرعة الضوء في الفراغ حوالي 3×10^8 m s^{-1}، وكما ذكرنا سابقًا، تتناقص سرعة الضوء عند انتقاله من الفراغ (الهواء عمليًا) إلى وسط أكثر كثافة ضوئية مثل الزجاج أو الماء.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية – ليبيا

ويمكن من النظرية الموجية للضوء إثبات أنه بالنسبة للضوء الذي يمر من فراغ إلى داخل وسط يكون:

معامل انكسار الوسط يساوي $\frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في الوسط}}$

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

معامل انكسار وسط معين هو نسبة سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعة الضوء في ذلك الوسط.

مثال محلول 7 – 1

بما أن سرعة الضوء في الفراغ هي $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ أحسب سرعة الضوء في زجاج تاجي ذي معامل انكسار 1.52.

الحـــــل:

المعطيات: سرعة الضوء في الفراغ، $(c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})$

معامل انكسار الزجاج التاجي، $(n = 1.52)$

وباستخدام، $n = \frac{c}{v}$ حيث v تساوي سرعة الضوء في الزجاج التاجي

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{1.52} = 1.97 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

أسئلة التقويم الذاتي

هـل يمكـن أن يقـل معامل انكسـار وسط عن 1؟ اشرح ذلك.

مثال محلول 7 – 2

يبين شـكل 7 – 28 شعاعًا ضوئيًا سـاقطًا على سطح الماء بزاوية سقوط 60°، ومعامل الانكسار للماء هو 1.33.

(أ) احسب زاوية الانكسار.

(ب) أكمل الرسم.

الحـــــل:

المعطيات: $i = 60°$

$n = 1.33$

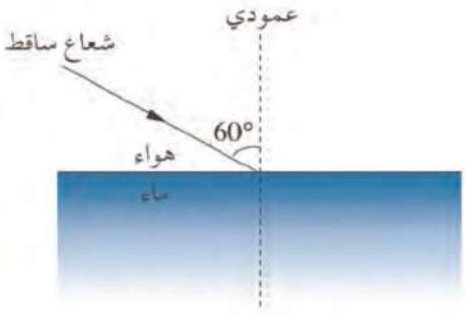
(أ) وباستخدام $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

$$1.33 = \frac{\sin 60°}{\sin r}$$

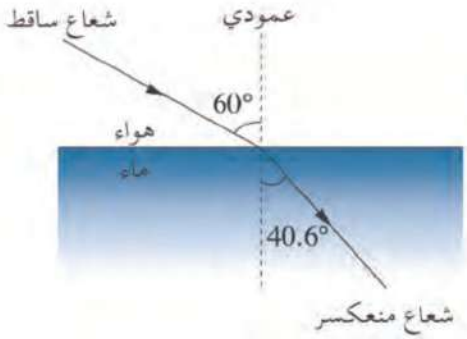
$$\sin r = \frac{\sin 60°}{1.33}$$

$$\therefore r = 40.6°$$

(ب) يبين شكل 7 – 29 الرسم بعد اكتماله.



شكل 7 – 28



شكل 7 – 29

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

لقـد رأينا مما سـبق أنه عند انتقال الضوء إلى وسـط أكثر كثافة ضوئية بزاوية ما، ينحني الشـعاع الضوئي تجاه العمودي كما في شـكل 7 – 29 بالمثـال المحلول 7 – 2. ماذا يحدث لشـعاع ضوئي يخرج من وسـط أكثر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية؟

من شكل 7 – 29 إذا عكسنا اتجاه انتقال الشعاع الضوئي (أي يتحرك الآن الشعاع الضوئي من الماء إلى الهواء)، فإن زاوية سقوط الشعاع الضوئي علـى الحد الفاصل بـين الهواء – الماء تصبح الآن 40.6°. ولحسـاب زاوية الانكسار عند مرور الشعاع الضوئي من الماء إلى الهواء،

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n}$$

$$\Rightarrow \frac{\sin 40.6^\circ}{\sin r} = \frac{1}{1.33}$$

$$\Rightarrow \sin r = 1.33 \sin 40.6^\circ$$

$$\Rightarrow \therefore r = 60^\circ$$

وعليه فإن الأشـعة الضوئية التي تنتقل من وسط أكثر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية تنكسر بعيدًا عن العمودي.

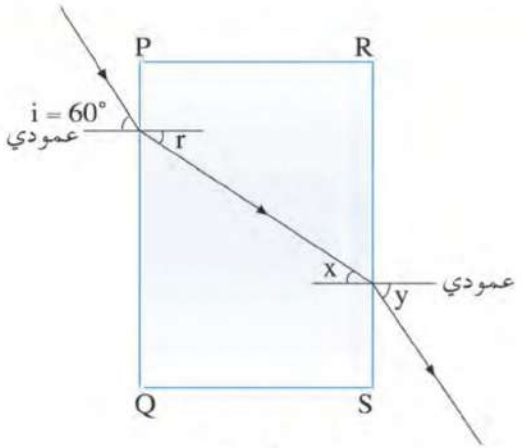
تحـــل

سـقط شعاع ضوئي على كتلة مسـتطيلة من الزجاج ذات معامل انكسار 1.5، إذا ارتطم الشـعاع بالسـطح PQ بزاوية سـقوط 60° كما هو مبين بشكل 7 – 30، احسب:

(أ) زاوية الانكسار r عند الحد الفاصل بين الهواء والزجاج (PQ).

(ب) زاوية السقوط x في كتلة الزجاج.

(جـ) زاوية الانكسار y عند الحد الفاصل بين الزجاج والهواء (RS).



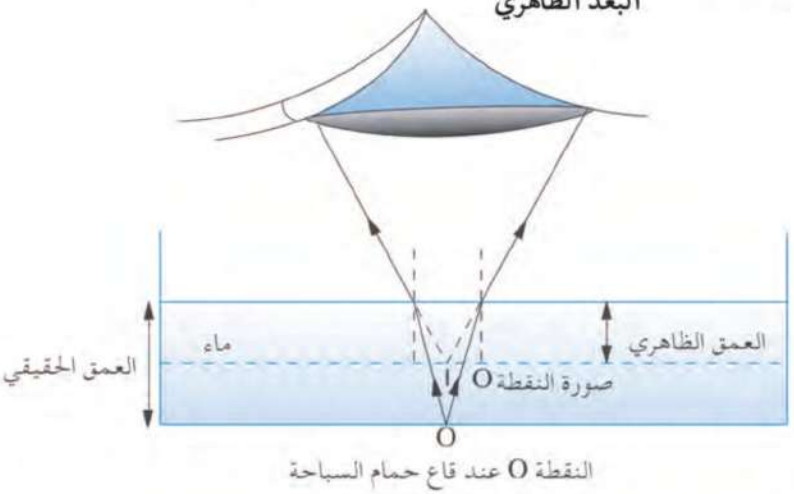
شكل 7 – 30

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

بعض ظواهر الانكسار اليومية :

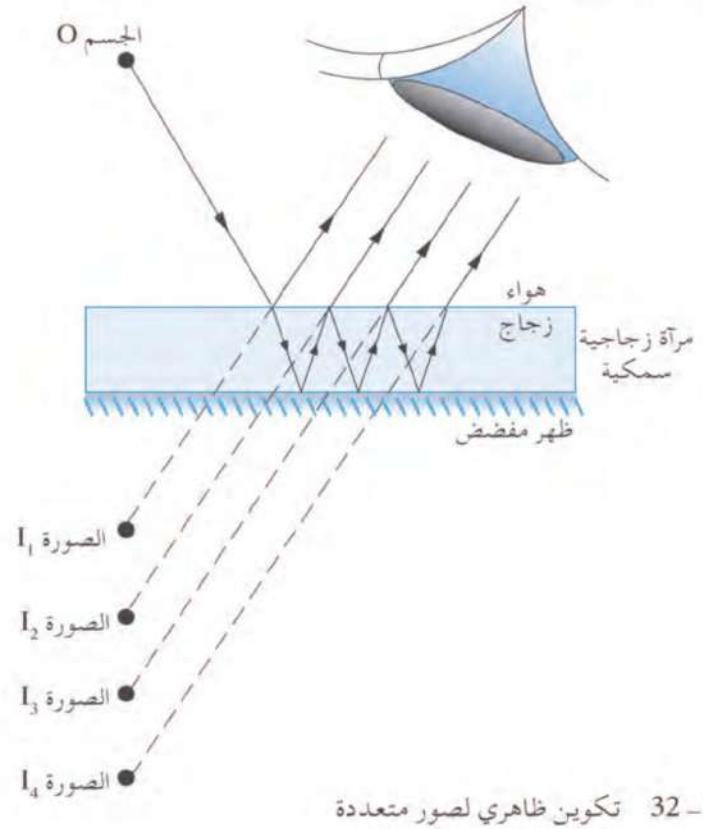
1- يبدو حمام السباحة أكثر ضحالة (أقل عمقًا) من حقيقته .

$$\text{معامل الانكسار} = \frac{\text{البعد الحقيقي}}{\text{البعد الظاهري}}$$



شكل 7 – 31 احساس مزيف بالعمق
(شكل ليس مرسومًا بمقياس رسم)

2- تُكوِّن المرآة الزجاجية السميكة صورًا متعددة .



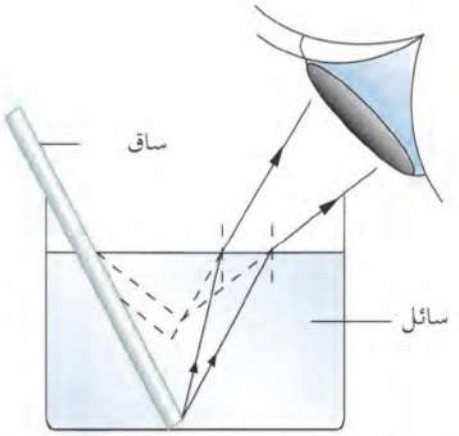
شكل 7 – 32 تكوين ظاهري لصور متعددة
(شكل ليس مرسومًا بمقياس رسم)

جدول 3 – 5

الصورة	السمات
I_1	صورة خافتة
I_2	صورة ناصعة جدًّا
I_3	صورة أكثر خفتانًا
I_4	الصورة الأكثر خفتانًا

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

3- تبدو الأجسام «منحنية» في السوائل.



شكل 7 - 33 تبدو الأجسام «منحنية» في السائل

4- ظواهر يومية أخرى مرتبطة بالانكسار.

يسـهم أيضًا الانكسار في تكوين قوس قزح والسراب. ويتكون قوس قزح بتوليفة من الانكسار والانعكاس الداخلي الكلي، وتشتت الضوء الأبيض إلى الألوان السبعة. ويتكون السراب الذي يظهر كبرك الماء على الطريق في الأيام الحارة بتوليفة من الانكسار والانعكاس الداخلي الكلّي.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا