الوحدة السادسة

الأمواج والصوت والضوء

محتويات الوحدة السادسة

الموضوع	الصفحة
تمهيد	203
مقدمة	203
أهداف الوحدة	204
6. الأمواج والصوت والضوء	205
1.6. الأمواج	205
2.6.الصوت	208
3.6. الضوء	216
1.3.6.انعكاس الضوء	218
2.3.6. انكسار الضوء	224
3.3.6. انكسار الضوء في المنشور	227
3.3.6. انكسار الضوء في العدسات	229
4.3.6. العين البشرية	234
الخلاصة	237
اجابات التدريبات	238
مسرد المصطلحات	239
المراجع	240

تمهيد

مقدمة

عزيزي الدارس،,

مرحباً بك إلى الوحدة السادسة من مقرر مبادئ العلوم العامة (3) : أساسيات الفيزياء وهي بعنوان الصوت والأمواج والضوء:

أولا : سوف نتعرف علي مفهوم الأمواج ثم معرفة كل من الطول الموجي و سرعة الموجة c ، ثم ننتقل معا إلي مفهوم الصوت, ومن ثم دارسة خواصه ومعرفة الأمواج فوق السمعية (فوق الصوتية) واستخداماتها. ثم شرح الأذن البشرية كأداة للسمع.

ندلف معا بعد ذلك لدراسة الضوء ومعرفة ظواهر الانعكاس والانكسار, وأيضا انكسار الضوء في المنشور و العدسات, ودارسة العين البشرية كجهاز بصري.

عزيزي الدارس، لقد ذيلنا هذه الوحدة بسرد شامل للمصطلحات العلمية التي وردت في النص الرئيسي وترد في ثنايا هذه الوحدة تدريبات، وأنشطة، وأسئلة تقويم ذاتي، مع حلول وتعليقات.

وقد حرصنا على توفير العدد المناسب منها بهدف ترسيخ التعلم وتعزيزه لديك بصفة عامة.

مرحباً بك إلى هذه الوحدة مرة أخرى ونرجو أن تشاركنا في نقدها وتقييمها.

أهداف الوحدة

عزيزي الدارس،،

بعد فراغك من دراسة هذه الوحدة يتوقع منك أن تكون قادراً على أن:

1. **تشرح** مفهوم الموجه وخواصها؛
2. **تُعرف** طول الموجه وترددها؛
3. تفسر السلوك الموجي للصوت؛
4. **تذكر** خواص الصوت؛
5. **تعرف** ظاهرة الضوء؛
6. **تشرح** ظاهرة انعكاس الضوء وتذكر تطبيقات عليها؛
7. **تشرح** ظاهرة الانكسار وتذكر تطبيقات عليها ؛
8. **تفسر** سلوك الضوء في حالة الانكسار؛
9. **تفسر** ظاهرة تحليل الضوء إلى الألوان المختلفة؛
10. **تحل** التدريبات الموجودة في نهاية كل قسم.

6. الأمواج والصوت والضوء

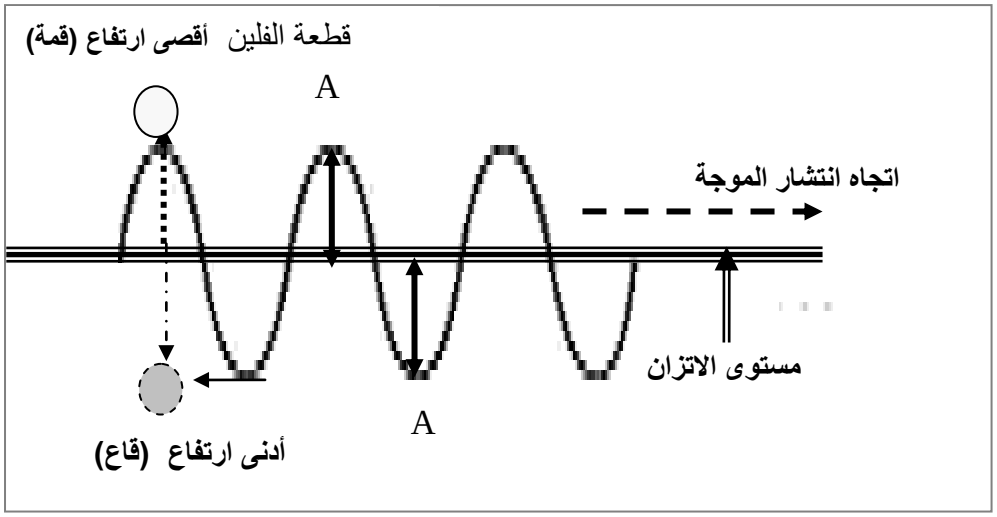
عزيزي الدارس ،،،

تتناول هذه الوحدة مفاهيم الأمواج والصوت والضوء. و نتناول في الفقرات التالية هذه المفاهيم ببعض التفصيل.

1.6. الأمواج Waves

عزيزي الدارس ،،

إذا سألت أي إنسان غير متخصص في الفيزياء, عن مثال للأمواج فإن أول ما سيخطر على باله في الغالب ستكون أمواج الماء سواءً رآها في بركة أو في نهر, وهي أظهر ما تكون في البحار والمحيطات حيث تظهر خطورتها. يمثل الشكل (6–1) تقريباً موجة على سطح ماء حيث تتولد الموجة بتكوين قمم يرتفع إليها سطح الماء فوق المستوى الأصلي للماء قبل ظهور الموجة والذي يسمى مستوى الاتزان, يليها قاع حيث ينخفض سطح الماء عن مستوى الاتزان.



الشكل (6–1): تمثيل لقطعة فلين على موجة ماء مع توضيح لمستوى الاتزان والاتساع A

يسمى مقدار ارتفاع الموجة (القمة) فوق مستوى الاتزان اتساع الموجة (Amplitude) ويرمز له بالرمز A (مقدار الانخفاض دون مستوى الاتزان (القاع) أيضاً يساوي الاتساع A). إذا

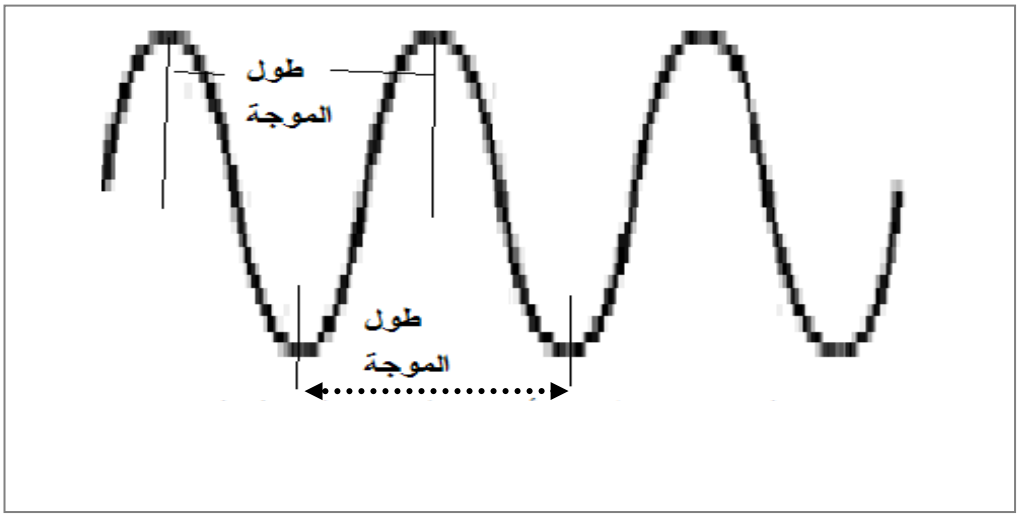
وضعنا قطعة من الفلين فوق سطح موجة, فستتحرك قطعة الفلين إلى أعلى وإلى أسفل حسب حركة الموجة.

تتحرك قطعة الفلين أعلي قمة الموجه, ثم تنخفض إلي قاع الموجة, ثم تعود تارة أخرى مرتفعة وهكذا تتحرك علي نمط حركة اهتزازية قريبة من الحركة التوافقية البسيطة. ونلاحظ هنا, عزيزي الدارس, أنه بالرغم من أن الموجة تتحرك أفقياً فإن قطعة الفلين تتحرك رأسياً مما يعني أن الانتشار الافقي للموجة في الماء لا ينقل جزئيات الماء في الاتجاه الأفقي وإنما تتحرك جزئيات الماء راسياً. هذا المثال يبين أن هناك ارتباط قوى بين الحركة الاهتزازية، 0مثلا إلى أعلى وإلى أسفل) مع الحركة الموجيه. وهذا نموذج للأمواج عندما تُولد حركة اهتزازية. والعكس أيضاً صحيح فهناك الحالات التي تولد فيها الاهتزازات حركات موجيه، فمثلاً:

- اهتزازات الأغشية المشدودة كتلك المشدودة على الطبول وكذلك اهتزازالأوتار المشدودة في الآلات الموسيقية, حيث تولد هذه الاهتزازات أمواجاً صوتية.
- يولد اهتزاز الشحنات الكهربية (الالكترونات) في الأسلاك أمواج كهربية مغناطيسية (أمواج الراديو). ومن المعروف أن الأمواج الكهربية المغناطيسية تجعل الالكترونات الحرة في الأسلاك والمعادن عموماً تكون في حالة حركة اهتزازية مما يجعل كل المعادن مناسبة للإستخدام كهوائيات (أريال) في أجهزة الإرسال والاستقبال في أجهزة الاتصال الإذاعية أو التلفزيونية أو الهاتفية.

طول الموجة هو:

المسافة بين القمتين أو القاعين في **الموجه**. ويرمز له بالرمز λ (ينطق لامدا).



الشكل (6-2): طول الموجة λ

أما سرعة الموجة c فهي المسافة المقطوعة في الثانية الواحدة. و نسبة لأن طول الموجة λ عبارة عن مسافة فإن:

المسافة المقطوعة في الثانية تعادل السرعة c .

إذن السرعة هي عدد أطوال الأمواج التي تمر في الثانية. وهذا العدد يسمى بالتردد.

و لكن ما هو التردد؟

التردد هو عدد أطوال الأمواج التي تمر في الثانية ويرمز له بالرمز f

ووحدة التردد هي الهيرتز وسميت على أسم العالم هيرتز ويرمز له بالرمز Hz. وهو يساوى طول موجة واحدة في كل ثانية واحدة، أو ذبذبة في الثانية.

و نعلم عزيزي الدارس أن تردد فرق الجهد الكهربي في المنازل يساوى 50 Hz.

ومما سبق يتضح أن:

سرعة الموجة c = طول الموجة λ × التردد f

$$c = \lambda \times f \qquad (1\text{-}6)$$

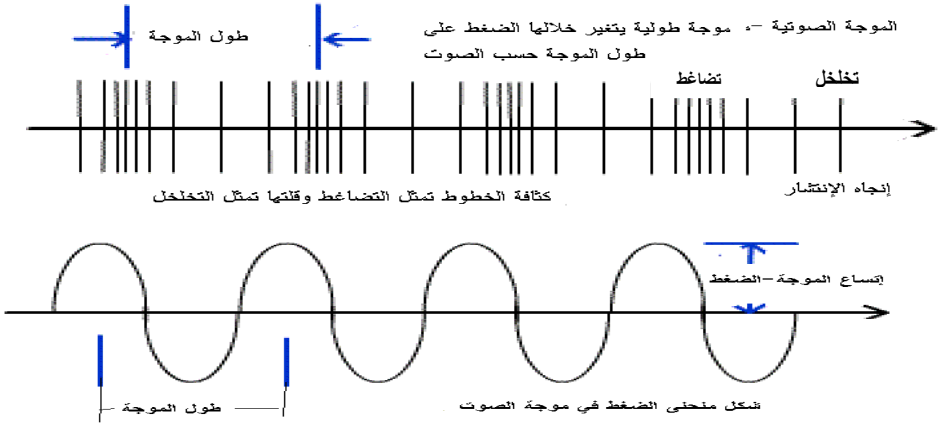
2.6.الصوت Sound

عزيزي الدارس،،

الصوت هو أمواج طولية تنحصر ترددتها بين 20 و 2000 ذبذبة في الثانية, ويمكن أن تنتقل عبر الهواء وكذلك عبر أوساط أخرى مثل الماء والأجسام الصلبة.

أمواج الصوت عبارة عن تضاغطات (زيادة في الضغط) وتخلخلات (نقص في الضغط) تسري تباعا في صورة موجة ضغط

الشكل (6-3) يُمثل تقريباً موجة الصوت لأن الموجة الحقيقية عادة غير منتظمة كما في هذا الشكل. ولكن في كل الأحوال تعتبر موجة الصوت موجة طولية تتكون من تضاغط (زيادة في الضغط) وتخلخل (نقصان في الضغط) ولذلك فاتساع الموجة يتوقف على مقدار الضغط, أما طول الموجة الطولية فيساوي المسافة بين قمة تضاغطين أو تخلخلين.



الشكل (6-3): موجة الصوت (أعلى) وتغير الضغط في الموجة (أسفل)

سميت امواج الصوت بالأمواج الطولية لأن تغير الضغط يحدث في نفس مستوى إنتشار الموجة . ولذلك في حالة الأمواج الصوتية (مثلها مثل الأمواج العرضية) فإن:

سرعة الصوت = طول الموجة λ × تردد الموجة f

أي:

$$\boxed{c = \lambda \times f} \qquad (1\text{-}6)$$

ولأن وحدة طول الموجة λ هي المتر (وحدة المسافة) ووحدة التردد f هي الهيرتز والذي يساوي الذبذبة الواحدة في الثانية, فتردد اهتزازة يساوي 3 هيرتز يعني 3 ذبذبات في الثانية.

نعلم أن سرعة الصوت تزيد بزيادة درجة الحرارة. فسرعة الصوت c في الهواء عند درجة الصفر المئوي تساوى 331.5 متر في الثانية, وتزيد هده السرعة بزيادة درجة الحرارة كالآتي:

$$c = 331.5\ (1+0.6\ T)$$

حيث T تُمثل درجة الحرارة.

وسرعة الصوت في الأجسام الصلبة أعلى بكثير من سرعته قي الهواء حيث تصل خلال الجرانيت إلى حوالي 6000 متر في الثانية. كذلك سرعة الصوت في الماء أعلى من سرعته في الهواء وهي حوالي 1402 متر في الثانية عند درجة الصفر و1482 عند درجة 20^o.

◄◄ مثال (6–1)

موجة صوتية ترددها 2000 هيرتز. أوجد طول موجتها إذا كانت درجة الحرارة أعلى من الصفر وسرعة الصوت عند هذه الدرجة هي 334 متر في الثانية.

الحل

طول الموجة يساوى:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{334}{2000} = 16.7cm = 0.167m$$

ومن حقيقة أن أمواج الصوت التي يسمعها الإنسان تنحصر بين 20 هيرتز و20000 هيرتز, نجد أن طول أمواج الصوت التي يسمعها الإنسان تنحصر بين حوالي السنتمتر الواحد للترددات العالية وحوالي الخمسة عشرة متراً الترداد المنخفضة.

وبما أن $c = 331.5\ (1+0.6\ T)$

إذن: $334 = 331.5 + 331.5 \times 0.6 \times T$

$$T = \frac{334 - 331.5}{331.5 \times 0.6} = 0.0125s$$

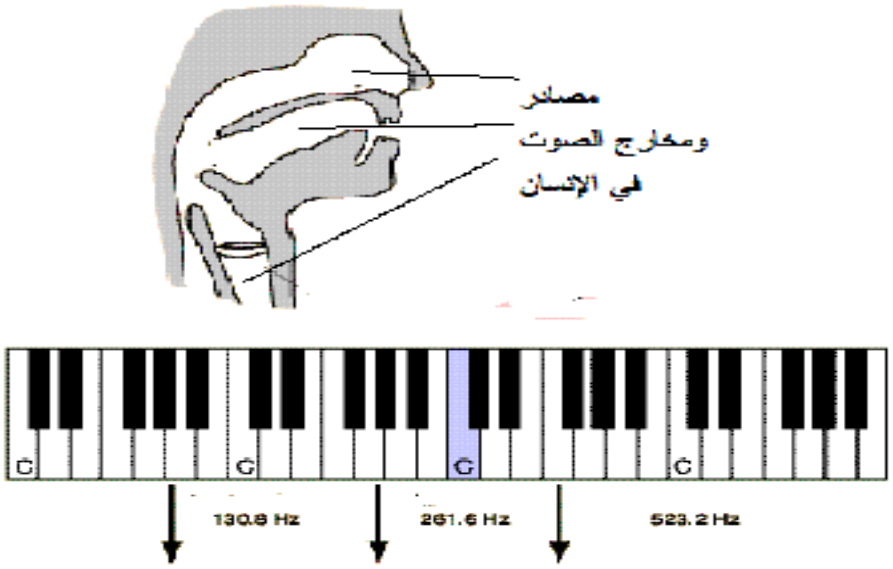
الصوت عند الأنسان

والصوت هو وسيلة المخلوقات الأرضية للتواصل وبالذات الحيوانات والطيور والإنسان, حيث اللغة عند الإنسان والتي تنتقل عن طريق الصوت, نجدها متطورة جداً عند الانسان مقارنة مع بقية المخلوقات الأرضية.

وقد وجد أن:

- تردد صوت الرجال في المتوسط حوالي 115 هيرتز
- متوسط تردد صوت النساء حوالي 220 هيرتز أي حوالي ضعف تردد صوت الرجال.
- تردد صوت الأطفال حوالي 300 هيرتز.

وقد ابتكر الإنسان كثير من الأجهزة التي تلتقط الصوت وتكبر الصوت, وكذلك ابتكر الكثير الآلات التي تصدر الأصوات, وبالذات الآلات الموسيقية. تابع معنا هذه الآلات في الشكل (4-6).



لوحة بيانو أو أورغن

الشكل (6–4): مصدر الصوت عند الانسان وبعض الآلات الموسيقية

التدريب (1)

موجة صوتية ترددها 1000 هيرتز. أوجد طول موجتها إذا كانت درجة الحرارة أعلى من الصفر, وسرعة الصوت 350 متر في الثانية.

أسئلة تقويم ذاتي

1. عرف الأتي:

التردد – موجة الصوت – طول الموجة – إتساع الموجة

2. بالرسم فقط وضح حركة قطعة الفلين على سطح موجة على الماء
3. اذكر بعض الحالات التي تولد فيها الاهتزازات حركات موجيه
4. أكمل: ....هو عدد أطوال الأمواج في الثانية ويرمز له بالرمز .....
5. ما هو الفرق بين التضاغطات والتخلخلات في موجة الصوت.
6. يختلف تردد صوت الرجال والنساء و الأطفال، وضح؟

أولاً. خواص الصوت

للصوت عدة خواص يمكن تمييزها عن بعضها:

أ. **حدة الصوت Sound Pitch**

وتعرف بأنها تردد الصوت. وكلمة حدة (بالنسبة للأذن البشرية) ليست هي شدة الصوت وإنما هي مقدار استجابة الأذن للتردد المعين وتقاس عادة باعتبارها مقدرة الأذن على التمييز بين ترددين.

- الأصوات الرفيعة تعتبر حادة لأنها عالية التردد. فمثلاً أصوات النساء أكثر حدة من أصوات الرجال, وأصوات الأطفال أكثر حدة من أصوات النساء.
- الأصوات الغليظة غير حادة لإنخفاض ترددها.

ب.جهارة (علو) الصوت Sound Loudness

وهي قدرة (power) الأذن على استقبال الصوت، ولذلك يجب الانتباه إلى أن جهارة الصوت ليست شدة الصوت حيث تتعلق الجهارة بالأذن بينما الشدة تتعلق بالصوت نفسه. وتقاس جهارة الصوت بوحدة الفون phon.

وقد يحدث أن يكون ألإحساس الإنساني غير دقيق في التمييز بين حدة الصوت وجهارته. فمثلا في حالات الترددات الأعلى من 2000 هيرتز يحس الإنسان بأن حدة الصوت قد زادت (أي زاد التردد), بمجرد زيادة جهارة (علو) الصوت, بالرغم من عدم وجود تغيير حقيقي في التردد. أيضا يحس الإنسان عند سماع ترددات أقل من 2000 هيرنز بانخفاض حدة الصوت عند زيادة جهارة الصوت بالرغم من أن التردد (الحدة) لم يتغير حقيقة.

ج. نوعية الصوت Quality of sound

تسمى أيضا جَرْس الصوت (Sound Timbre). ونوعية الصوت هي المقدرة على التمييز بين صوتين لهما نفس الحدة (التردد) ونفس الجهارة (العلو). فنفس التردد من آلة وترية كالعود و الجيتار لا يعطى نفس الإحساس الذي يعطيه نفس التردد من آلة المزمار مثلا. وكذلك يمكن الإحساس بالفرق بين صوت نفس التردد الصادر من الجيتار وذلك الصادر من العود.

د. شدة الصوت Sound Intensity

شدة الصوت هي مقدار الطاقة الصوتية الساقطة على وحدة المساحة في الثانية الواحدة ووحدتها ((طاقة/مساحة)× الثانية) أي $J\backslash m^2s$.

وبما أن الطاقة في وحدة الزمن هي القدرة فإن **شدة الصوت:**

هي قدرة الصوت الساقط على وحدة المساحة ووحدتها الواط/المتر^2 أي $watt/m^2$.

لذلك تقل شدة الصوت كلما ابتعدنا عن المصدر بسبب زيادة المساحة التي يسقط عليها الصوت. وتختلف إستجابة الأذن البشرية لشدة الصوت من تردد لآخر.

ثانياً. الأمواج فوق السمعية أو فوق الصوتية Ultrasound

- لا تستطيع الأذن البشرية سماع ترددات الصوت الأكثر من 20000 هيرتز, وإن كانت بعض المخلوقات الأخرى تسمعها. مثلاً الوطواط يستخدمها لإيجاد طريقه في الظلام وذلك بإرسال أصوات عالية التردد (فوق الصوتية) ثم إستقبالها بعد إنعكاسها على الأجسام التي أمامه, فيعرف أن هنالك أجسام موجودة فينحرف عنها حتي لا يصطدم بها.

ثالثاً. الأذن البشرية

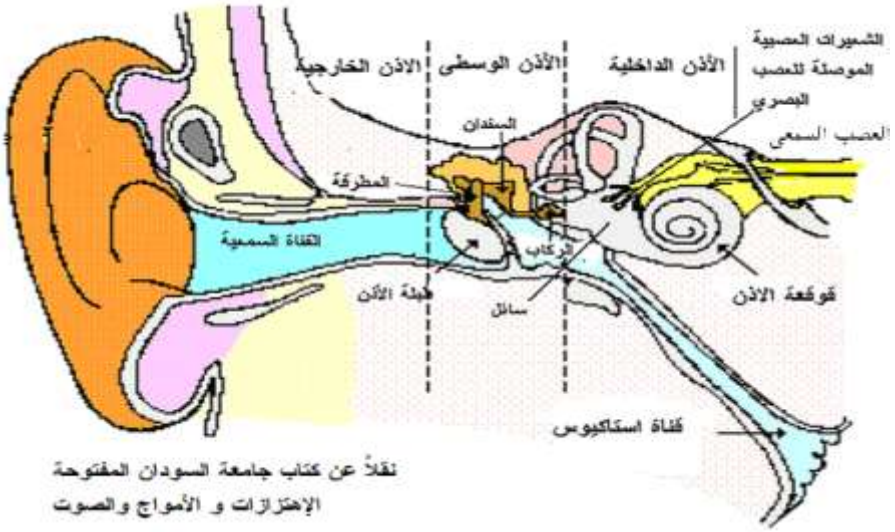
عزيزي الدارس ، تقسم الأذن البشرية عادة إلى ثلاث أقسام رئيسة:

- الأذن الخارجية
- الأذن الوسطى
- الأذن الداخلية.

تعرف معنا على تركيب الأذن البشرية في الشكل (6-5).

تتركب الأذن البشرية من

1. الأذن الخارجية تعمل على تجميع الصوت وتوجيهه للقناة السمعية, وتعمل على حماية كل أجزاء الأذن. القناة السمعية (طولها حوالي 2 سم) تنقل موجة الصوت المكونة من تضاغطات وتخلخلات إلى طبلة الأذن في الأذن الوسطي, وتعمل على تكبيرها قبل أن تصل للطبلة.
2. عند وصول موجة الصوت إلى طبلة الأذن والتي هي عبارة عن غشاء رقيق ومتين مثبت من أطرافه, تتحرك الطبلة بنفس حركة موجة التضاغط والتخلخل الحاملة للصوت أي بنفس التردد , حيث تتحول الموجة إلى اهتزازة ميكانيكية في طبلة الأذن.



الشكل (6–5): الأذن البشرية: الخارجية, الوسطى, الداخلية,

3. هذه الاهتزازة تنتقل إلى بقية مكونات الأذن الوسطي وهي ثلاثة عظام صغيرة تسمى المطرقة والسندان والركاب. المطرقة متصلة مباشرة مع الطبلة التي تنقل لها الاهتزازة. اهتزاز المطرقة ينقل الاهتزازة لعظمة السندان المركبة عموديا على المطرقة. عظمة السندان تنقل الاهتزازة إلى عظمة الركاب التي تنقل الاهتزازة بدورها إلى الأذن الداخلية بنفس التردد الأصلي. في هذا الأثناء وبسبب التركيبية الميكانيكية للعظيمات الثلاث تكبر القوة التي كانت مؤثرة على الطبلة عندما تصل إلى نهاية الركاب 15 مرة مما يمكن من سماع حتى الأصوات الضعيفة جداً. الجدير بالملاحظة أن الأذن الوسطي حيث الطبلة والسندان وجزء من الركاب مملوءة بالهواء وموصلة بواسطة قناة استاكيوس بالفم حتى يظل الضغط هو الضغط الجوي.
4. تنتقل الاهتزازة بواسطة الركاب إلى الأذن الداخلية والمكونة من ما يسمى بالقوقعة (لأنها تشبه القوقعة وعرضها حوالي 3 سم) والقنوات شبه الدائرية والعصب السمعي. الأذن الداخلية هذه مليئة بسائل يشبه الماء. الاهتزازة تنتقل إلى هذا السائل بواسطة الركاب والذي ينقلها بدوره إلى القوقعة. السطح الداخلي للقوقعة به حوالي 20000 شعيرة من الخلايا العصبية. هذه الشعيرات مختلفة الأطوال (اختلافات دقيقة جدا). عندما يصل الصوت في

صورة اهتزازات عبر السائل إلى هذه الشعيرات العصبية تبدأ هي أيضا في الحركة. غير أن الشعيرة ذات الطول المناسب مع التردد القادم هي الوحيدة التي تصبح في حالة رنين فتهتز بشدة لأن ترددها الطبيعي يساوي التردد الواصل إليها. عندئذ تطلق هذه الشعيرة العصبية نبضة كهربية تنتقل مباشرة بواسطة العصب السمعي إلى المخ لتفسيرها. طبعا إذا تغير التردد تهتز شعيرة عصبية أخرى يساوى ترددها الطبيعي التردد الواصل. وهكذا تنقل كل الترددات الواصلة بواسطة نبضات كهربية عن طريق العصب السمعي إلى المخ الذي يقوم بترجمة كل الترددات الواصلة إليه فنسمعها كأصوات.

ومن هنا، عزيزي الدارس،، نجد في الأذن انتقال الأمواج الصوتية عبر الهواء عن طريق اهتزاز الأجسام الصلبة (العظام)، وعبر السائل، وعبر ظاهرة الرنين، ليتحول الصوت في النهاية إلى المخ. تعقيدات الأذن البشرية هذه، والمعتمدة على أكثر من ظاهرة فيزيائية، والمتسلسلة بهذا التسلسل المنطقي، توضح ليس فقط عدم مقدرة الصدفة حسب ادعاء الماديين الذين يعزون الخلق للصدفة، على مثل هذا الخلق, بل تدل على قدرة الخالق حيث تم استخدام كل للقوانين التي تمكن من انتقال الصوت بهذا التسلسل الرائع الذي نعرف فقط ظاهره الفيزيائي. والأذن البشرية، وكذلك العين البشرية، من أكثر مخلوقات الله الظاهرة مدعاة للتأمل، وأوضحها إثباتاً لعدم إمكانية الصدفة وحدها، بدون علم أو عقل على ترتيب القوانين لتنتج مثل هذه الأجهزة ووضعها في المكان المناسب في الرأس، وفي المخلوقات المختلفة.

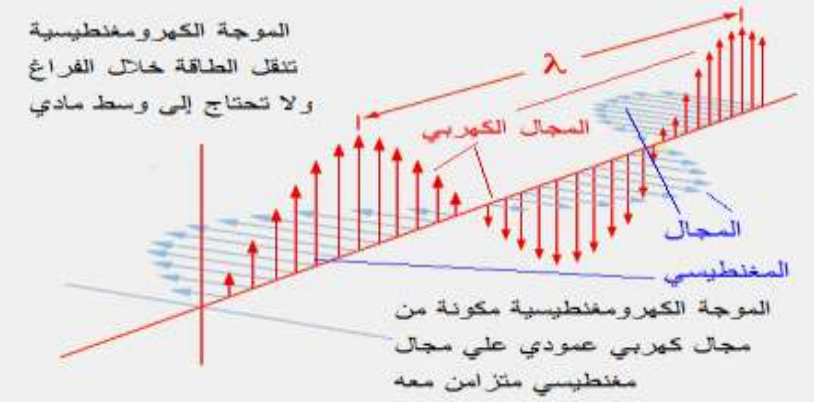
أسئلة تقويم ذاتي

1. وضح ماذا نعني بخواص الصوت؟
2. الأذن لها المقدرة على التمييز بين ترددين اشرح ذلك؟
3. الأمواج فوق السمعية أو فوق الصوتية لها بعض الاستخدامات ماهي؟
4. تنقسم الأذن البشرية إلى ثلاثة أقسام وضحها، مع ذكر وظيفة كل قسم؟

3.6. الضوء Light

عزيزي الدارس ،،

بعد دراسات كثيرة ونقاش طويل توصل العلماء إلى أن الضوء الذي يراه الناس ما هو إلا جزء من طيف الأمواج الكهربية المغنطيسية أو ما يسمي بالطيف الكهرومغناطيسي. والأمواج الكهرومغناطيسية هي عبارة عن أمواج ناتجة من مجال كهربي متغير يتعامد عليه في نفس الوقت وبنفس شكله مجال مغنطيسي كما موضح في الشكل (6-6).



الشكل (6-5)

تنتقل الطاقة الكهربية المغنطيسية خلال الفراغ بدون وسط مادي. وتتحرك الأمواج الكهربية المغنطيسية في الفراغ بسرعة :

$$\boxed{c = 300000 km/s = 3\times10^{8} ms^{-1}}$$

عزيزي الدارس ،،

نلاحظ إن سرعة الموجة الكهرومغناطيسية تماما مثل موجة الصوت واي موجة اخري تساوي طول الموجة λ في تردد الموجةً f:

$$\boxed{c = \lambda \times f} \qquad (1-6)$$

سرعة الأمواج الكهرومغناطيسية تظل ثابتة في الفراغ لكل هذا الطيف الواسع ولكن أجزاء الطيف المختلفة تختلف في أطوال أمواجها λ وتردداتها f.

- فالضوء جزء صغير من الطيف الكهربي المغنطيسي, الذي يبدأ من أمواج ترددتها عالية جدا وبالتالي أطوال أمواجها قصيرة جداً (المعادلة (6-1)) تصدر من نوى الذرات تسمى أشعة γ (تنطق قاما gamma) .
- يلي هذه الأمواج أخرى ذات تردد أقل بالرغم من أنها ذات ترددات عالية أيضاً وهي **أشعة X المشهورة** التي تستعمل في التصوير في الطب لأنها تنفذ من خلال بعض الأنسجة البشرية وتظهر صور العظام والأنسجة الثقيلة.
- الأمواج الكهرومغناطيسية الأقل ترددا من أشعة X والأكثر طولاً, هي ما سميت **بالأشعة فوق البنفسجية** وهي أمواج مجاورة للضوء ذي اللون البنفسجي في الطيف المرئي. الأشعة فوق البنفسجية أشعة يمكن أن تكون ضارة للإنسان وبالذات للعيون. وقد كثر الحديث عن الأشعة فوق البنفسجية وأضرارها بعد أن ظهر وجود ثقب في طبقة الأوزون في منطقة القطب الجنوبي يسمح بمرور الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس بالوصول إلى الأرض.
- **مصطلح الضوء** يطلق على الضوء المرئي والمعروف من تحليل الضوء **بألوانه السبعة وهي البنفسجي والنيلي والأزرق والأخضر والأصفر والرتقالي والأحمر**. والمعروف أن هذه الألوان ليست بهذا التحديد الدقيق للألوان ولكنها متدرجة من لون للآخر وبالتالي يمكن تقسيمها إلى أي عدد من الألوان وهو ما نجده في الحواسيب حيث يمكن أن يصل عدد الألوان إلى 256 لوناً أو أكثر. اللون البنفسجي هو اللون ذو التردد الأكبر من بين الألوان, وبالتالي الأقل طولاً, وهكذا يقل التردد كلما انتقلنا إلى النيلي ثم الأزرق حتى الأحمر الأقل تردداُ في الطيف المرئي والأطول موجة. **اللون الأحمر هو نهاية الطيف** الذي يراه الإنسان
- ولكن تليه منطقة لا ترى بالعين وإن كانت تعرف بحرارتها وهي المنطقة المسماة **بالأشعة دون الحمراء وهي الأشعة التي تحمل الطاقة الحرارية**. فالطاقة الحرارية ما هي إلا جزء من الطيف الكهرومغناطيسي الأقل ترددا من الضوء المرئي وهي مجاورة للضوء الأحمر. ويلاحظ عند تسخين أو احتراق بعض المواد أنها تصبح

حمراء أولاً, وتنتقل إلى الابيضاض مع زيادة درجة الحرارة, حيث يزيد ترددها, وتظهر في الضوء المرئي المجاور للطيف الحراري.

- الأمواج الأقل تردداً من الأشعة دون الحمراء (الحرارية), هي أمواج الراديو وهو طيف واسع يشمل تلك الترددات المستعملة في نقل القنوات الفضائية بالاضافة إلى الأمواج المستعملة لنقل الإذاعات.

من كل هذا الطيف الواسع للأمواج الكهرومغناطيسية, سنركز هنا على الطيف الضيق المسمى بالضوء لسبب بسيط هو أنه يمثل النافذة التي نرى من خلالها العالم. ولذلك معرفة خواصه وكيفية الاستفادة منها هو ما يهمنا هنا.

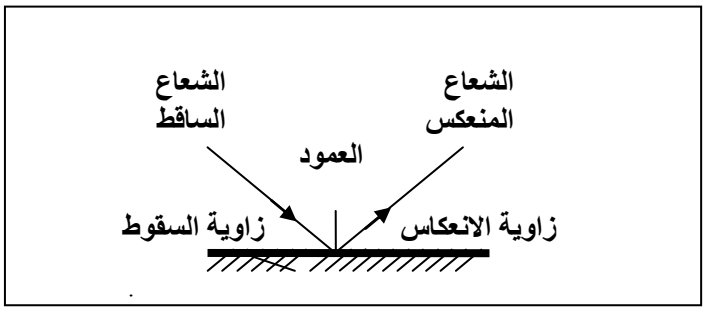
أسئلة تقويم ذاتي

الأمواج الكهربية المغنطيسية في الفراغ تنحصر بين أشعة قاما (gamma) و أمواج الراديو. هناك أنواع أخري من الأشعة ذات الترددات المختلفة. وضح ذلك؟

1.3.6. انعكاس الضوء

أولاً. المرآة المستوية

عزيزي الدارس ،، الانعكاس من خواص الضوء المعروفة, وهو عملية ارتداد الشعاع الضوئي عند اصطدامه بسطح ما. وهي الخاصية التي تمكن الإنسان من رؤية صورته في المرآة, بل تمكنه من رؤية كل ما يراه.



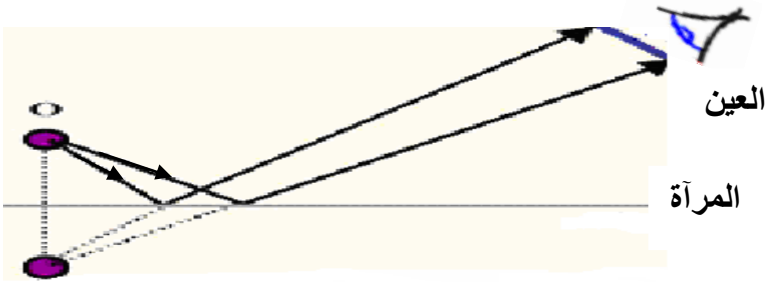
الشكل (6–7): انعكاس الضوء: زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس

ومن خواص الانعكاس أن الزاوية بين الشعاع الساقط و العمود المقام تساوي الزاوية بين الشعاع المنعكس و العمود المقام كما موضح بالشكل (6-7), أو ما يعرف اختصارا بقانون الانعكاس:

زاوية السقوط = زاوية الانعكاس.

عزيزي الدارس ،،

يحدث انعكاس الضوء من كل أنواع السطوح. والانعكاس من السطوح غير المستوية مثل سطح الأرض والحوائط هو الذي يشتت الضوء ويمكِّن من رؤية الأجسام داخل الغرف المفتوحة النوافذ. والمعروف أن العين ترى الأجسام من رؤية الضوء المعكوس منها, و لا ترى الأجسام التي لا ينعكس منها ضوء كما في حالة الظلام. (كان الشائع قبل هذا التفسير للحسن بن الهيثم أن الأعين ترسل أشعة لنتمكن من رؤية الأجسام).



الشكل (6-8): تكوين صورة بواسطة مرآة مستوية

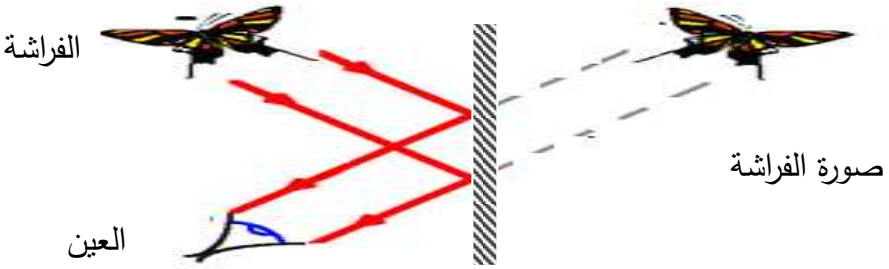
عزيزي الدارس ،،

إن رؤية ألوان الأجسام أيضا تتوقف على الإنعكاس, حيث يعكس الجسم لونه ويمتص باقي الألوان. فالنبات الأخضر يعكس اللون الأخضر ويمتص باقي الألوان, ولذلك نراه أخضراً.

من خواص الصور المتكونة بواسطة المرايا المستوية هي أن هذه الصور تكون:

1. خيالية (لا يمكن استقبالها علي حائل أي ستارة).
2. معتدلة رأسياً (غير مقلوبة) ومقلوبة الجوانب (مقلوبة أفقياً- يكون الجانب الأيمن أيسراً والعكس صحيح).
3. طول الصورة يساوي طول الجسم.

4. بعد الصورة عن المرآة يساوي بعد الجسم عن المرآة



الشكل (6–9): رؤية الصورة في المرآة المستوية

ثانياً. الانعكاس على السطوح الكريه

عزيزي الدارس ،،إن المرايا ليست كلها مستوية حيث هناك مرايا غير مستوية تسمى مجازاً مرايا كريه أو كروية حيث تعتبر جزء من كرة.

ما هي المرآة الكريه؟

هي عبارة عن جزء من كرة زجاجية جوفاء طلي أحد سطحيها بالفضة أو اللون الفضي فأصبح السطح الآخر عاكساً للضوء.

وهناك نوعان من المرايا الكريه نتناولهما فيما يلي.

- **المرآة المقعرة وتسمى أيضا لآمة:**

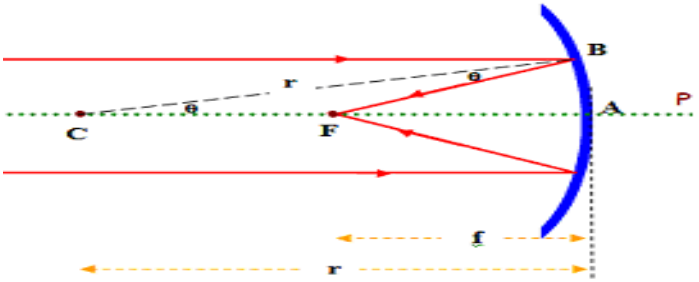
وهي التي طلي سطحها الخارجي فأصبح سطحها الداخلى عاكساً للضوء وسميت لآمة لأنها تجمّع الأشعة المتوازية الساقطة عليها في مكان معين يسمى البؤرة focus, الشكل (6–11).

المرآة المحدبة وتسمى أيضاً المفرقة.

وهي التي طلي سطحها الداخلي فأصبح سطحها الخارجي عاكساً للضوء وسميت مفرّقة لأنها تفرّق الأشعة المتوازية الساقطة عليها بحيث تتجمع امتداداتها في مكان معين يسمى البؤرة focus , الشكل (6-11).

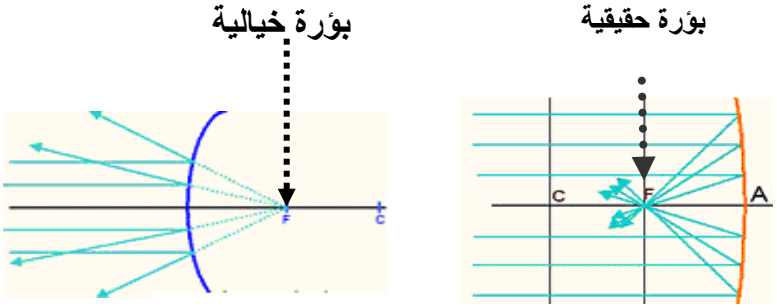
مصطلحات المرايا

المحور الأصلي: هو الخط المار بمنتصف المرآة (النقطة A) وعمودياً على المرآة (الشكل (6-10)).



الشكل (6-10): مصطلحات المرآة اللامة (المقعرة)

البؤرة (F): هي نقطة تجمع الأشعة الساقطة موازية للمحور الأصلي بعد انعكاسها كما في المرآة المقعرة أو امتداداتها كما في المرآة المحدبة (الشكلين (6-10) و (6-11)).



الشكل (6-11): موقع البؤرة في حالتي المرايا المقعرة والمحدبة

ينطبق على الأشعة الساقطة على المرآة قانون الانعكاس, أي زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس. ولان السطح منحني نجد أن الشعاع الموازي للمحور الأصلي عندما ينعكس يمر على نقطة على المحور الأصلي تسمى البؤرة, وهي النقطة التي تتجمع عندها الأشعة الموازية للمحور الأصلي والمنعكسة من المرآة, والعكس أيضاً صحيح. بؤرة المرآة المقعرة حقيقية بينما بؤرة المرآة المحدبة خيالية (تسمى أيضاً تقديرية), ويمكن ملاحظ ذلك في الشكل (6-11).

مسارات اللأشعة الساقطة علي المرايا الكريه

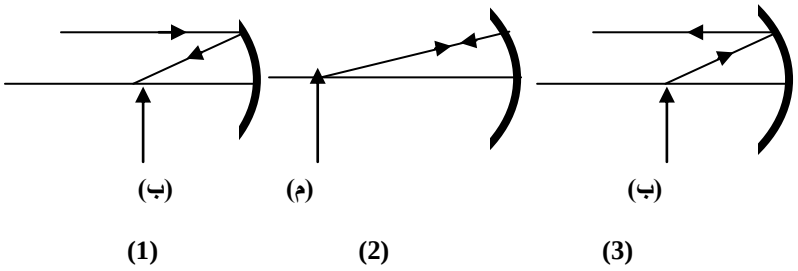
أولاً: في حالة المرآة المقعرة

الشكل (6-12) يوضح أن:

(1). الشعاع الساقط موازياً للمحور الأصلي ينعكس ماراً بالبؤرة (ب)؛

(2). الشعاع الساقط ماراً بمركز التكور(م) ينعكس على نفسه (لأنه عمودى على المرآه وهو يمثل نصف قطر الكرة المكونة للمرآة)؛

(3). الشعاع الساقط ماراً بالبؤرة(ب) ينعكس موازياً للمحور الأصلي؛



الشكل (6-12): مسار الأشعة في حالة المرآة المعقرة

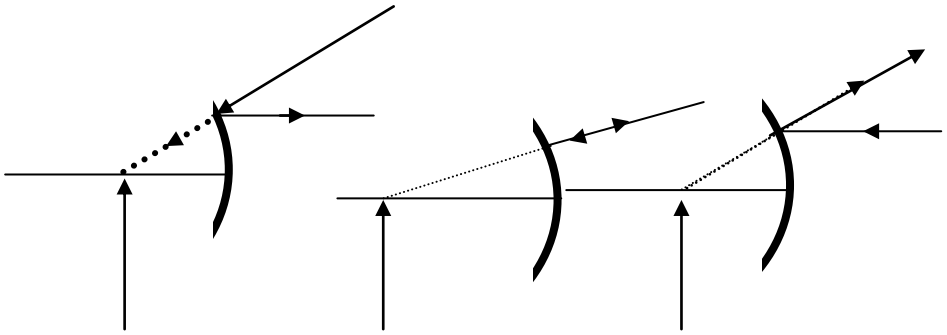
ثانياً: في حالة المرآة المحدبة

الشكل التالي وحسب الأرقام الموضحة بالشكل (6-13), فإن:

(1). الشعاع الساقط موازياً للمحور الأصلي ينعكس بحيث يكون امتداداه ماراً بالبؤرة (ب)؛

(2). الشعاع الساقط بحيث يمر امتداده بمركز التكور(م) ينعكس على نفسه؛

(3). الشعاع الساقط بحيث يكون امتداده ماراً بالبؤرة(ب) ينعكس موازياً للمحور الأصلي.



الشكل (6–13): مسار الأشعة الساقطة على المرآة المحدبة وامتداداتها

تدريب (2)

أ. ضع علامة (√) أمام الإجابة الصحيحة و علامة (X) أمام الإجابة الخطأ مع تصحيح الخطأ:

1 خواص الصور المتكونة بالمرآة المستوية مقلوبة.( ) التصحيح ( )

2. المحور الأصلي: هو الخط المار بمنتصف المرآة عمودياً عليه

( ) التصحيح ( )

3. الشعاع الساقط ماراً بالبؤرة (ب) ينعكس علي نفسه.

( ) التصحيح ( )

4. اكمل:

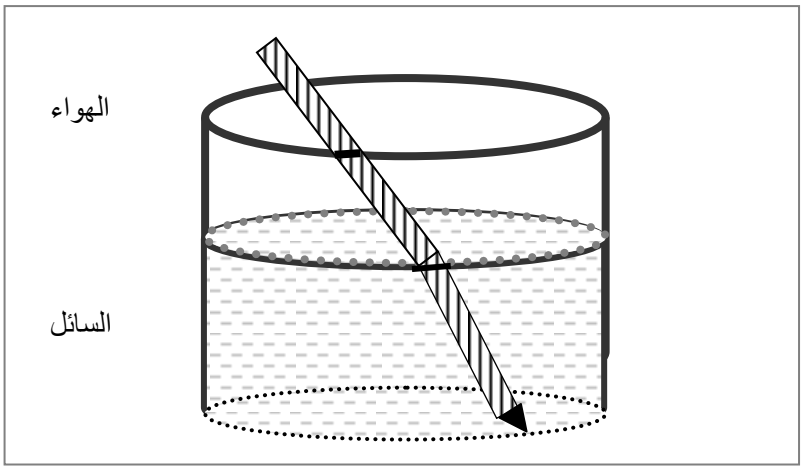
أ) الشعاع الموازي للمحور الأصلي ينعكس ماراً ..... المرآة المقعرة.

ب) الشعاع الموازي للمحور الأصلي ينعكس ماراً ....المرآة المحدبة.

2.6.6. انكسار الضوء Light Refraction

عزيزي الدارس ،،

نلاحظ إننا عندما تضع قلماً أو مسطرة بصورة مائلة في كأس به ماء, ستلاحظ إن القلم أو المسطرة يظهر كأنه مكسور، أي يعانى انكساراً عند السطح الفاصل بين الهواء والماء (أنظر الشكل (6-14)). هذه الظاهرة تسمى الانكسار (Refraction) , وهي تحدث نتيجة لاختلاف الكثافة الضوئية للأوساط وذلك لاختلاف سرعة الضوء من وسط إلى آخر.



الشكل (6-14) القلم يبدو كأنه انكسر عند مروره في سائل

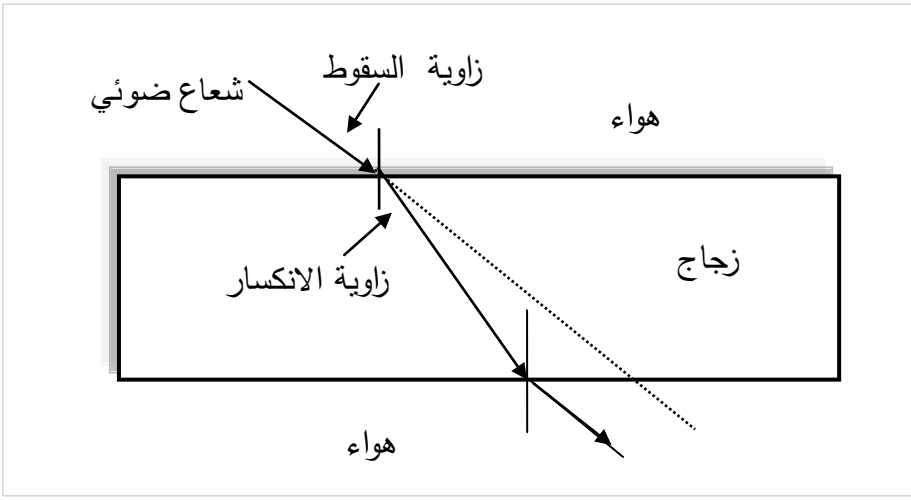
الانكسار :

هو انحراف الشعاع الضوئي عن مساره عند الانتقال من وسط إلى آخر

عزيزي الدارس ،،

الشكل (6-15) يوضح ظاهرة انكسار الضوء عند انتقال الضوء من وسط إلى آخر, الانتقال تم من الهواء إلي الزجاج ثم الهواء مرة أخرى , الخط المتقطع داخل الزجاج هو المسار المفترض أن يسير فيه الضوء عند دخوله الزجاج دون انكسار, ولكن لو تم ذلك لكان المسار داخل الزجاج طويلاً. المسار بعد الانكسار أقصر من المسار المفترض. وهذا ما نجده في قاعدة فيرما. فقد توصل عالم الرياضيات الفرنسي **بيير فيرما** فى العام 1650م إلى قاعدة هامة جداً وهى:

أن الضوء دائما يسلك الطريق الذي يستغرق المرور فيه اقل زمن ممكن.



الشكل (6–15): ينحرف الضوء عن مساره عند مروره في لوح من الزجاج

أي أن الضوء عند سقوطه من وسط اقل كثافة (مثلاً الهواء) إلى وسط أكثر كثافة ضوئية (مثلاً الزجاج أو الماء) تقل سرعته بسبب وجود الوسط الكثيف فينكسر حتى يقلل الزمن اللازم للمرور فى الوسط الجديد, لأنه إذا مر بدون انكسار سيستغرق وقتا أطول للمرور خلال ذلك الوسط (انظر الشكل(6–15)).وهذه القاعدة مفيدة عند تطبيقها رياضيا حيث يمكن استنتاج كل قوانين الانكسار والانعكاس منها.

الانكسار بين الأوساط المختلفة يعبر عنه بمعامل يسمى معامل الانكسار:

معامل الانكسار النسبي:

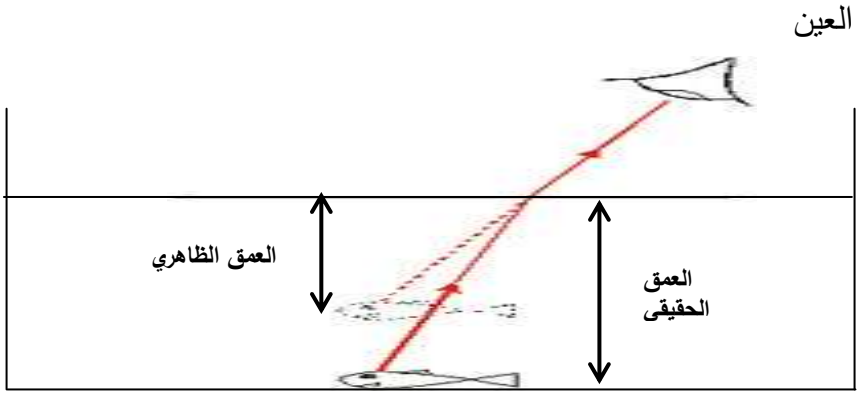
هو النسبة بين سرعة الضوء في الوسط الأول إلى سرعة الضوء في الوسط الثاني (المنتقل إليه الضوء).

ويرمز لمعامل الانكسار النسبي بالرمز : n

$$n = \frac{v_1}{v_2}$$

حيث v_1 هي سرعة الضوء في الوسط الأول و v_2 هي سرعة الضوء في الوسط الثاني, فإذا كان الوسط الأول هو الهواء والثاني هو الزجاج فإن $v_2 < v_1$ و بالتالي n أكبر من 1.

تؤدي ظاهرة الانكسار في الماء إلى ظهور الأشياء الموجودة تحت الماء في مواقع غير مواقعها الحقيقية (انظر الشكل (6–16)) , وتكون على عمق أقل من العمق الحقيقي وهو العمق الذي يلاقي امتداد الشعاع المنكسر. ويسمى العمق الذي تظهر عنده الأشياء بالعمق الظاهري سواء أكان الوسط هو الماء أو الزجاج أو أي سائل.



الشكل (6–16) العمق الحقيقي والعمق الظاهري عند النظر لجسم في سائل من أعلى

تدريب (3)

أكمل العبارات التالية : **الانكسار** هو .....الشعاع الضوئي عن .....عند الانتقال من..... إلى آخر.

أسئلة تقويم ذاتي

1. أشرح ظاهرة انكسار الضوء؟
2. عرف كل من:

أ. معامل الانكسار النسبي ب. معامل الانكسار المطلق

3. عرف الأتي:

المرآة المحدبة – الانكسار – البؤرة، مع الرسم التوضيحي؟

4. حدد مسارات الأشعة الساقطة على علي المرايا الكريه في حالتي

المرآة المقعرة و المحدبة؟

5. الضوء الأبيض **المنشور**

3.3.6. انكسار الضوء في المنشور

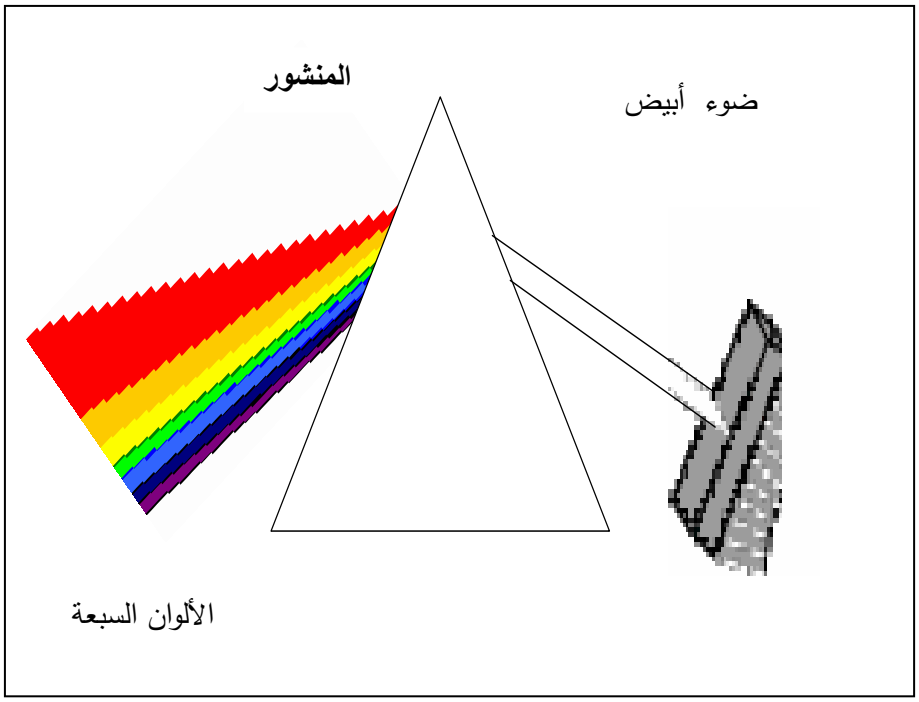
عزيزي الدارس ،،

الشكل التالي يوضح التجربة المشهورة لتحليل الضوء بوا الالوان السبعة جي .

المنشور الزجاجي عبارة عن مجسم مكون من خمسة، أوجه وثلاثة مستطيلات ووجهين عبارة عن مثلثان.

كان أول من أجرى هذه التجربة من الأوربيين هو العالم اسحق نيوتن (حوالي سنة 1700م) ومنها وضح ما ذكرناه في مقدمة هذا القسم عن الطيف الضوئي. الذي يتكون من سبعة ألوان **متداخلة.**

واضح من الشكل (6–17) أن زاوية الانكسار تتغير حسب اللون حيث تكون زاوية انكسار اللون الأحمر أصغر من زاوية انكسار اللون البنفسجي، مما يدل على أن اللون الأحمر ذو طول موجي أطول من البنفسجي.



الشكل (6-17) يحلل المنشور الثلاثي الضوء إلى ألوان الطيف السبعة

نشاط

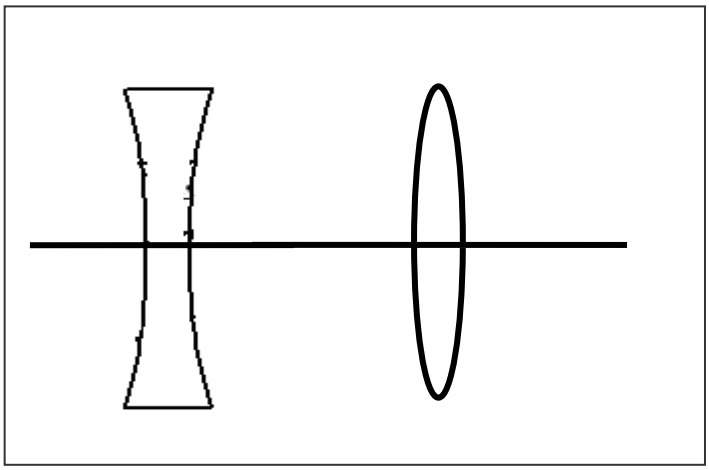
عزيزي الدارس،،

بواسطة منشور زجاجي، تأكد من أن الضوء الأبيض يتكون من الألوان السبعة ؟

4.3.6. انكسار الضوء في العدسات

عزيزي الدارس ،،

إن العدسات عبارة عن أجسام شفافة تُحد بسطحين كرويين أو سطح كروي وآخر مستوي. وهناك أنواع كثيرة منها, ولكن أهمها: **العدسات المحدبة** و**المقعرة** ويمكن اعتبار كل عدسة مكونة من مجموعة من المناشير المرصوصة فوق بعضها البعض. تابع معنا في الشكل (6-18) العدسات المحدبة والمقعرة.



الشكل (6-18) العدسات: المحدبة (على اليمين) والمقعرة (على اليسار)

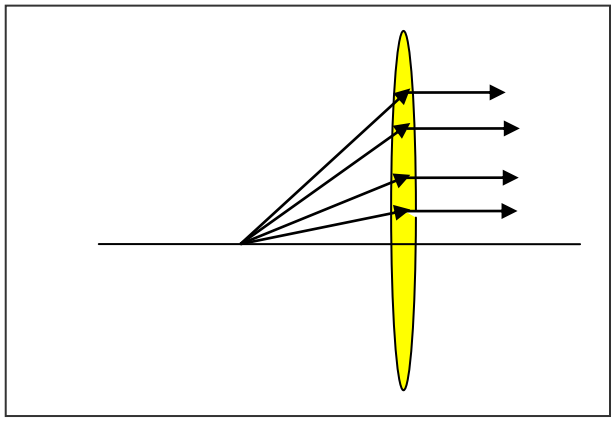
أولاً: العدسات المحدبة

عادة تكون سميكة في الوسط ورفيعة في الأطراف

ثانياً: العدسات المقعرة

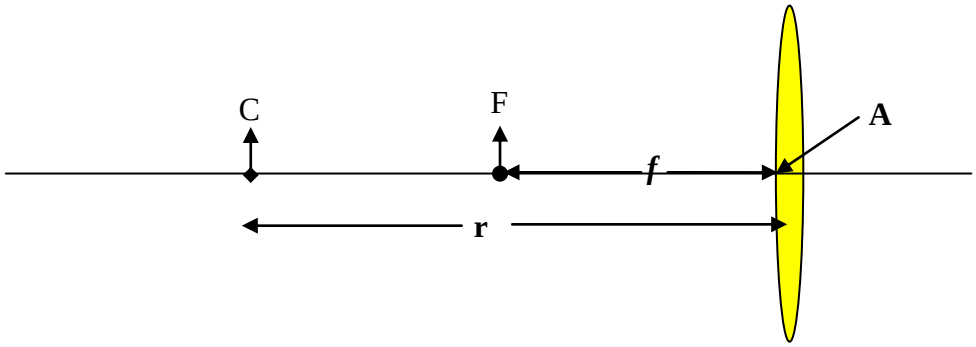
هي رقيقة في الوسط و سميكة في الأطراف

انظر الشكل(6-18).



الشكل (6-19) العدسة المحدبة: الأشعة تتجمع في أو تخرج من البؤرة

المصطلحات الخاصة بالعدسات.



الشكل (6-20): مصطلحات العدسات مطبقة على العدسة المحدبة

عند دراستنا للشكل (6-20) نتعرف على بعض المصطلحات الهامة للعدسات.

- **المركز البصري A** : هو نقطة في منتصف العدسة بحيث يخرج الشعاع الساقط عليها على استقامته في الجانبي العدسة .
- **البؤرة F**: هي نقطة تتجمع فيها الأشعة الساقطة على العدسة والموازية للمحور الأصلي والقريبة منه كما في العدسة المحدبة أو تتجمع فيها امتدادات هذه الأشعة كما في العدسة المقعرة . **بؤرة العدسة المحدبة حقيقية و بؤرة العدسة المقعرة خيالية.**
- **مركز التكور C**: هو مركز الكرة التي كانت العدسة جزء منها.

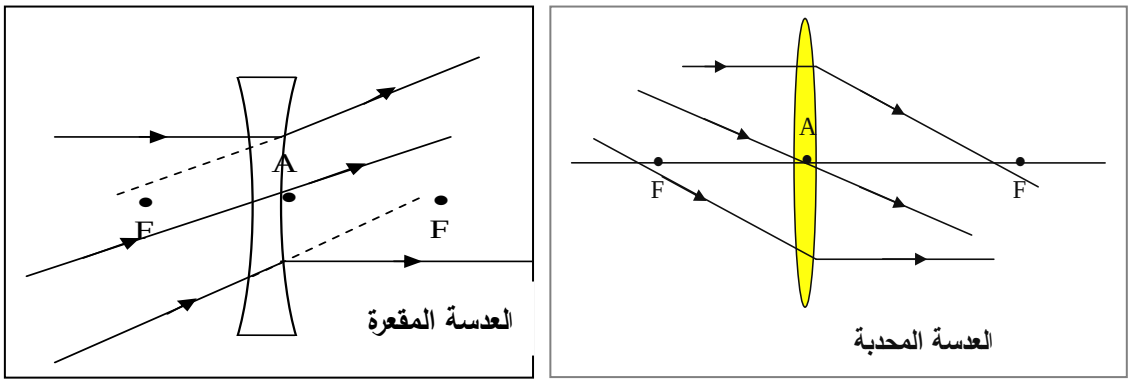
- **المحور الأصلي :** هو الخط الواصل بين المركز البصري ومركز التكور.
- **البعد البؤري** f : هو المسافة بين البؤرة والمركز البصري.
- **نصف قطر التكور** r : هو المسافة بين المركز البصري ومركز التكور, ويساوي نصف قطر الكرة التي كانت العدسة جزء منها.

فيما يلي بعض المسارات الهامة للأشعة الساقطة على العدسات (الشكل (6-21)):

(1) الشعاع الساقط موازياً للمحور الأصلي وقريب منه ينكسر بحيث يمر بالبؤرة أو يمر امتداده بالبؤرة في حالة العدسة المقعرة.

(2)الشعاع الساقط ماراً بالبؤرة (أو يمر امتداده بالبؤرة) ينكسر موازياً للمحور الأصلي.

(3) الشعاع الساقط على المركز البصري ينفذ دون أن يعاني انكساراً.



الشكل (6-21): الاشعة وامتداداتها في العدسات

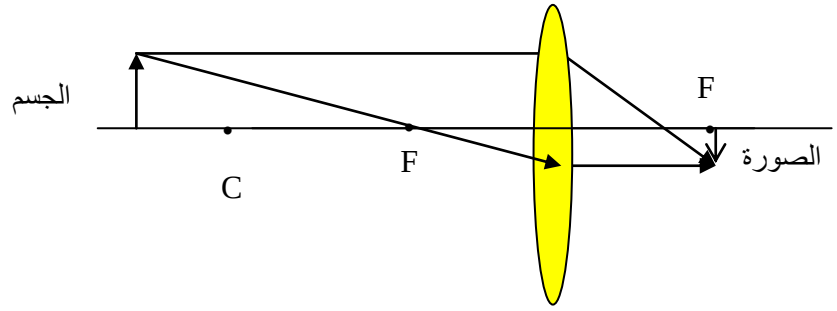
يمكننا تتبع الثلاث أشعة السابقة لمعرفة موقع وصفات الصورة المتكونة بواسطة العدسات.

نحاول في الفقرات التالية شرح صور أجسام موجودة على أبعاد مختلفة من العدسات فمثلاً:

- العدسة المحدبة يمكنها تكوين صوراً مصغرة أو مكبرة, حقيقية أو خيالية للجسم حسب موقعه من العدسة.
- العدسة المقعرة يمكنها أن تكون صوراً خيالية مصغرة فقط أينما كان موقع الجسم.

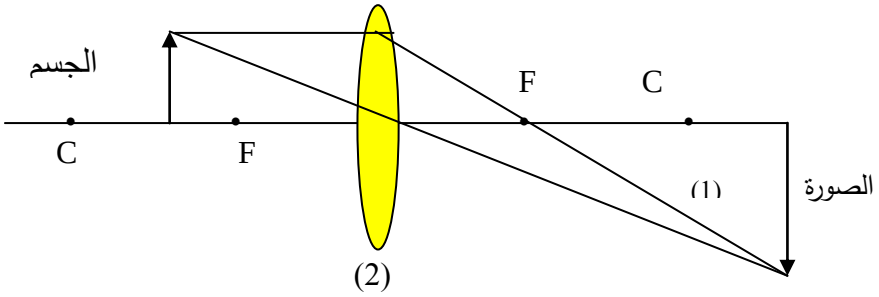
الصور المتكونة لجسم على إبعاد مختلفة من عدسة محدبة (لآمة):

1. الجسم على مسافة اكبر من ضعف البعد البؤري نتحصل على صورة حقيقية مصغرة مقلوبة كما هو موضح في الشكل (6−22).



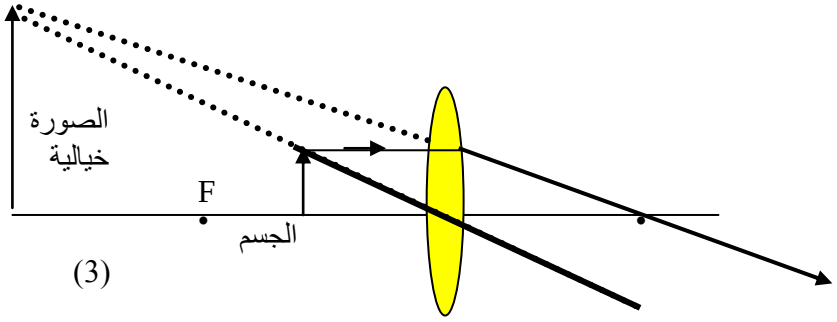
الشكل (6−22): الصورة بواسطة العدسة المحدبة لجسم أبعد من مركز التكور

2. الجسم على مسافة اقل من ضعف البعد البؤري(مركز التكور والبؤرة) نتحصل على صورة حقيقية مكبرة مقلوبة كما هو موضح في الشكل (5−23).



الشكل (6−23): الجسم بين البعد البؤري F ومركز التكور C

3. في حالة الجسم على داخل البعد البؤري تتحصل علي صورة خالية مكبرة معتدلة في نفس جانب الجسم (الشكل (6−24)). هذه الحالة نجدها مطبقة في حالة استعمال العدسة المكبرة ذات اليد (Magnifying Glass) للقراءة أو لتفحص شئ وذلك بتقريبها من الصفحة أو الشئ المطلوب فحصه (ليس بتقريبها من العين).



الشكل (6–24): الجسم بين العدسة وبعدها البؤري

من الأشكال أعلاه يمكن إستنتاج **قانون العدسات** الذي يربط القانون بين بعد الجسم عن العدسة وبعد الصورة عنها مع البعد البوري للعدسة:

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{V}+\frac{1}{U} \qquad \textbf{(2–6)}$$

حيث f هو البعد البؤري للعدسة و V بعد الجسم عن العدسة و U بعد الصورة عن العدسة.

القانون السابق ينطبق على المرايا الكريه أيضاً.

مثال (6–2):

تكونت صورة لجسم وضع أمام عدسة محدبة بعدها البؤري 15 سنتمتر, وكان الجسم على بعد 25 سم من العدسة. مستعيناً بالرسم أوجد بعد الصورة وصفاتها.

الحل

نعوض في القانون (6–2),

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{V}+\frac{1}{U}$$

$$\frac{1}{).15}=\frac{1}{0.25}+\frac{1}{U}$$

$$\frac{1}{).15}=\frac{1}{0.25}+\frac{1}{U}$$

$$\frac{1}{U}=\frac{1}{0.15}-\frac{1}{0.25}=\frac{0.25-0.15}{0.375}=\frac{0.1}{0.0375}$$

U=0.375 m=37.5 cm

تدريب (4)

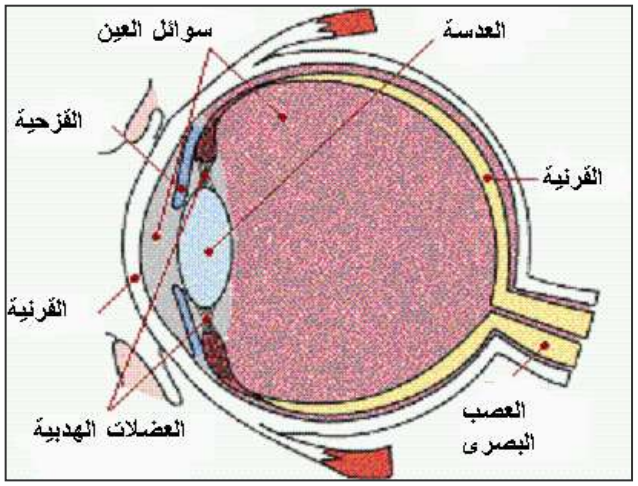
عدسة محدبة كونت صورة لجسم موضوع على بعد 30 سنتميتر منها, فإذا كانت الصورة على بعد 30 سنتميتر , فأوجد البعد البؤري للعدسة.

4.3.6. العين البشرية

عزيزي الدارس،،

نعلم أن العين جسم دقيق جداً يُبنى عليه علم البصريات بدقة متناهية وبأكثر مما نعرف.

- تقوم القرنية والعدسة بكسر الأشعة الضوئية الواصلة مما يوجد أمامها بحيث تتكون الصورة على الشبكية، في مؤخرة العين، وهى تتكون من ملايين الخلايا الحساسة للضوء (أكثر من 13 مليون خلية) يمكنها تكوين صور في غاية الوضوح أكثر دقة من أي جهاز اخترعه الإنسان حتى الآن. و تكون هذه الصورة مقلوبة حيث يقوم المخ، بعد أن يتم نقلها إليه بواسطة العصب البصري، بتحويلها إلى صورة معتدلة. وهناك الكثير من التفاصيل الدقيقة. أنظر الشكل (6-25).



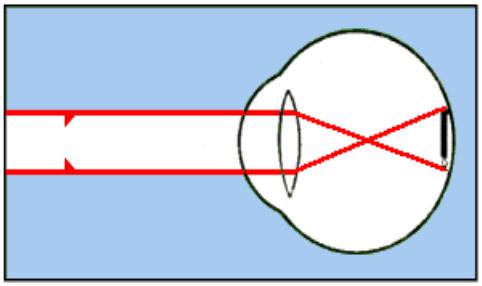
الشكل (6-25) التركيب الفيزيائي للعين البشرية

- القزحية هي التي تتحكم في كمية الضوء الداخل العين حيث تتسع و تضيق حسب كمية الضوء المناسب للرؤية.
- بينما تقوم العضلات الهدبية بالتحكم في سمك العدسة حيث أن البعد البؤري للعدسات السميكة (لأن الانكسار يكون أكبر) اصغر من البعد البؤري للعدسات الرقيقة .

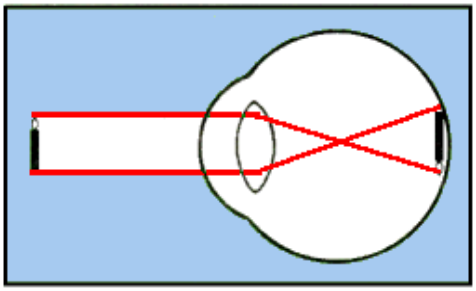
ولكن ما يهمنا هناعزيزى الدارس،، هو لماذا يحدث طول أو قصر النظر للإنسان؟

لاحظ إننا كي نرى الأجسام البعيدة جداً، حيث تتكون الصورة في البؤرة، لا بد أن يكون البعد البؤري للعين مساوياً لسمك العين حتى تتكون الصورة بوضوح على الشبكية في مؤخرة العين, ولذلك تعمل تلك العضلات على تقليل سمك العدسة حتى يزيد بعدها البؤري. وتقوم نفس العضلات بزيادة سمك العدسة إذا كان الجسم قريباً .

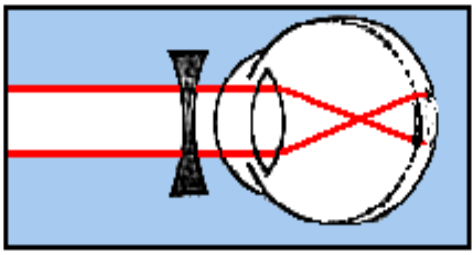
الإشكال التالية توضح أسباب قصر و طول النظر



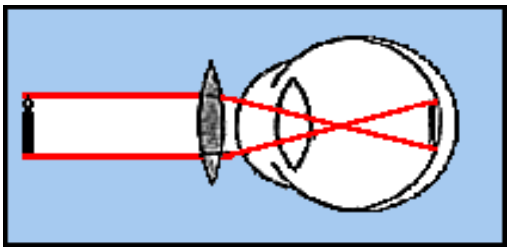
يقل سمك عدسة العين لرؤية الأجسام البعيدة



يزيد سمك عدسة العين لرؤية الأجسام القريبة



تصحيح قصر النظر باستعمال العدسة المقعرة



تصحيح طول النظر باستخدام العدسة المحدبة

نشاط

- عزيزي الدارس، باستخدام العدسة المحدبة وضح أن العدسة يمكنها أن تكون صوراً مصغرة أو مكبرة, حقيقية أو خيالية للجسم حسب موقعه من العدسة!!

أسئلة تقويم ذاتي

1. عرف مستعيناً بالرسم: العدسة المحدبة – البؤرة التقديرية.
2. حدد خواص الشعاع الساقط علي العدسة المقعرة ثم المحدبة عندما يكون الشعاع الساقط موازياً للمحور الأصلي؟
3. اكتب قانون العدسات.
4. اشرح التركيب الفيزيائي للعين البشرية؟
5. بالرسم فقط وضح أسباب قصر النظر و طول النظر؟
6. عدسة بعدها البؤري 20 سنتميتر. وضع جسم بين البؤرة والعدسة فتكونت له صورة خيالية على بعد 40 سنتميتر من العدسة في نفس جانب الصورة. أوجد بعد الجسم عن المرآة موضحاً اجابتك بالرسم. (الاجابة: 13.334 سنتمتر)

الخلاصة

ولكن ما الذي ناقشناه عزيزي الدارس ؟

أنها مفاهيم كثيرة ومهمة جدا:

هل يمكنك أن تلخص ذلك بإيجاز؟ .

لنتعاون على ذلك معا. و بدأنا أولا

بالصوت والأمواج وانتقلنا أخيرا إلي مفهوم الضوء والظواهر الخاصة بالضوء مثل الانعكاس والانكسار.

نرجو منك عزيزي الدارس في ختام الوحدة أن تعيد مراجعة الأهداف الواردة في البداية جيدا والتأكد من انك حققتها جميعا. كما نرجو منك التواصل مع المركز الدراسي الذي تتبع له

إجابات التدريبات

التدريب (1)

. طول الموجة :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{334}{1000} = 16.7cm = 0.167m$$

التدريب (2)

1 خواص الصور المتكونة مقلوبة. (X) التصحيح (معتدلة)

2. المحور الأصلي: هو الخط المار بمنتصف المرآة عمودياً عليه (√) الصحيح ( )

3. الشعاع الساقط ماراً بالبؤرة(ب) ينعكس موازياً للمحور الأصلي (X) الصحيح (ينعكس موازياً للمحور الأصلي).

التدريب (3)

أكمل العبارات التالية :

الانكسار هو انحراف الشعاع الضوئي عن مساره عند الانتقال من وسط إلى آخر.

التدريب (4)

باستعمال قانون العدسات والمرايا

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{V} + \frac{1}{U} = \frac{1}{30} + \frac{1}{30} = \frac{2}{30} = \frac{1}{15}$$

البعد البؤري للعدسة F= 15 cm = 0.15 m

مسرد المصطلحات

Waves	**الأمواج**
Amplitude	**اتساع الموجة**
Sound	**الصوت**
Sound Pitch	**حدة الصوت**
Sound Loudness	**جهارة (علو) الصوت**
Power	**قدرة**
phon	**الفون**
Quality	**نوعية الصوت**
Sound Timbre	**جَرْس الصوت**
Sound Intensity	**شدة الصوت**
Ultrasound	**الأمواج فوق السمعية أو فوق الصوتية**
Light	**الضوء**
Gamma	**قاما**
Light Refraction	**انكسار الضوء**
Light Reflection	**انعكاس الضوء**

المراجع العربية والأجنبية

1. أسياسيات الفيزياء – بوش
2. أساسيات البصريات – جينكز وهوايت
3. كتاب الفيزياء للمرحلة للمرحلة الثانوية– السنة الأولي – وزارة التربية والتعليم –السودان
4. كتاب الفيزياء للمرحلة الثانوية– السنة الثانية – وزارة التربية والتعليم –السودان
5. كتاب الفيزياء للمرحلة للمرحلة الثانوية– السنة الثالثة – وزارة التربية والتعليم –السودان
6. هناك مواقع مفيدة على الانترنت Hyper Physics : Hpperphysics.phy-astr.gsu. edu
7. هناك مواقع ممتازة لمحاكاة التجارب الفيزيائية على الانترنت Phy-ntnu.edu. tw