تم تحميل الملف
من موقع بداية

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

للمزيد اكتب
في جوجل Google

موقع بداية التعليمي كل ما يحتاجه **الطالب والمعلم**
من ملفات تعليمية، حلول الكتب، توزيع المنهج،
بوربوينت، اختبارات، ملخصات، اختبارات إلكترونية،
أوراق عمل، والكثير...

حمل التطبيق

GET IN ON Google Play

Download on the App Store

الفصل 4

أساسيات الضوء

Fundamentals of Light

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- تَعرُّف مصادر الضوء، وكيف ينير الضوء العالم من حولنا.
- وصف الطبيعة الموجية للضوء، وبعض الظواهر التي تتعلق به.

الأهمية

يُعدّ الضوء أساس حياتنا، وإنارة لكوكبنا، والمصدر الرئيس الذي يزوّدنا بالمعلومات المتعلقة بسلوك الكون. وتُستخدم مجموعة من المعلومات كاللون، والحيود، والظل باستمرار في تفسير الأحداث التي تحصل من حولنا.

سباق المناطيد يمكن التمييز بين المناطيد المشاركة في السباق نهارًا من خلال ألوانها، كما يمكن تمييز المناطيد من خلال الخلفيات التي تظهر في أثناء حركتها؛ بسبب الفروق بين لون الأعشاب والسماء.

فكّر ◄

إلامَ تعود هذه الفروق في اللون؟ وكيف ترتبط هذه الألوان بعضها ببعض؟

تمتص الأصباغ في قماش المنطاد ألوانا محددة من ألوان الضوء الأبيض وتعكس الألوان المشابهة للونها. وينتج لونا الشمس والسماء بسبب الجسيمات الموجودة في الهواء؛ حيث تعمل هذه الجسيمات على تشتيت ترددات معينة للضوء أكثر من الأخرى. وترتبط هذه الألوان بالطبيعة الموجية للضوء

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

تجربة استهلالية

كيف يمكنك تحديد مسار الضوء في الهواء؟

سؤال التجربة ما المسار الذي يسلكه الضوء خلال انتقاله في الهواء؟

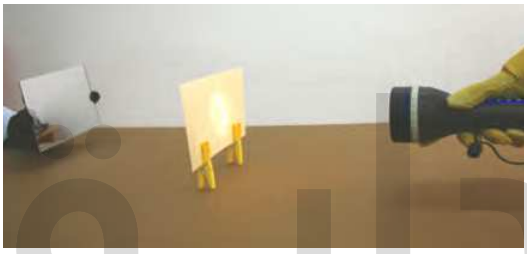
الخطوات

1. اثقب بطاقة فهرسة بالمثقب عند مركزها.
2. استخدم مشبكين في تثبيت البطاقة رأسيًّا، بحيث تكون حافتها الطويلة على سطح الطاولة.
3. أشعل المصباح ودع زميلك يحمله، مراعيًا مرور أشعة المصباح الضوئي من خلال الثقب الموجود في البطاقة.
4. احمل مرآة في الجانب المقابل للبطاقة، بحيث يصطدم الضوء المار من خلال الثقب بالمرآة، ثم عتّم الغرفة.
5. حرّك المرآة وأمِلْها بحيث تعكس الشعاع الضوئي وتسقطه على البطاقة. تحذير: احذر من عكس الشعاع الضوئي في اتجاه عيون زملائك في المختبر.
6. سجّل ملاحظاتك

التحليل

صِف صورة الشعاع الضوئي المنعكس التي تشاهدها على بطاقة الفهرسة، والمسار الذي سلكه الشعاع الضوئي.

التفكير الناقد هل يمكنك رؤية الشعاع الضوئي في الهواء؟ لماذا؟



4–1 الاستضاءة Illumination

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

الضوء والصوت وسيلتان نحصل عن طريقهما على المعلومات. والضوء وسيلة توفر أكبر مجموعة متنوعة من المعلومات، حيث تستطيع العين البشرية تحسّس التغيرات البسيطة جدًّا في حجم الجسم وموقعه وسطوعه، إضافة إلى لونه، كما تميّز أعيننا في العادة بين الظلال والأجسام الصلبة، وتستطيع أحيانًا التمييز بين انعكاسات الأجسام والأجسام نفسها. وستتعلم في هذا الفصل من أين يأتي الضوء؟ وكيف يضيء الكون من حولنا؟

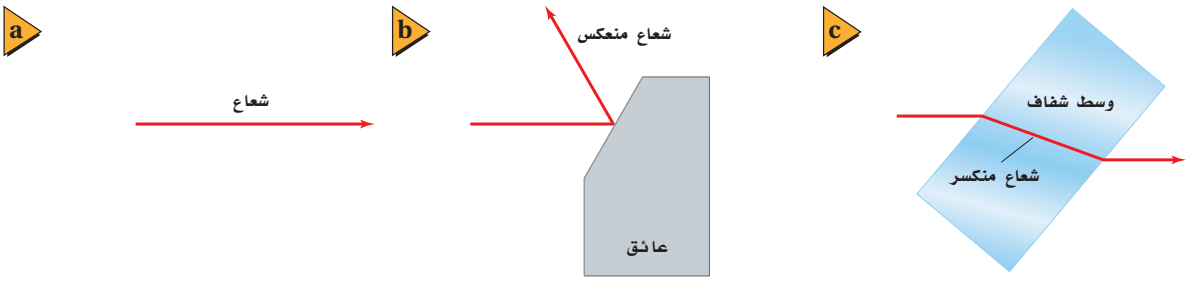
يسير الضوء في خطوط مستقيمة، فكيف تثبت ذلك؟ عندما تدخل حزمة ضوئية ضيقة ـ مثل ضوء المصباح الكهربائي أو ضوء الشمس ـ عبر النافذة فإن دقائق الغبار المنتشرة في الهواء تجعل الضوءَ مرئيًّا، وترى مسار الضوء على شكل خط مستقيم. وعندما يعترض جسمك ضوء الشمس ترى هيئة جسمك في صورة ظل. وعندما تضع جسمًا أمام عينيك وتتحرك في اتجاهه فإنك تسير في مسار مستقيم. هذه الأشياء تحدث فقط لأن الضوء ينتقل في خطوط مستقيمة. وقد طوّرت نماذج تصف سلوك الضوء؛ اعتمادًا على هذه المعلومة المتعلقة بكيفية انتقال الضوء.

الأهداف

- **تطوّر** نموذج الشعاع الضوئي.
- **تتوقع** تأثير البعد في الاستضاءة.
- **تحل** مسائل تتضمن سرعة الضوء.

المفردات

نموذج الشعاع الضوئي
المصدر المضيء
المصدر المستضيء (المُضَاء)
الوسط غير الشفّاف (المعتم)
الوسط الشفّاف
الوسط شبه الشفّاف
التدفق الضوئي
الاستضاءة



الشكل 1–4 الشعاع الضوئي عبارة عن خط مستقيم يمثّل المسار الخطي لحزمة ضيقة من الضوء (a). ويمكن أن يغيّر الشعاع الضوئي اتجاهه إذا انعكس (b) أو انكسر (c).

نموذج الشعاع الضوئي Ray Model of Light

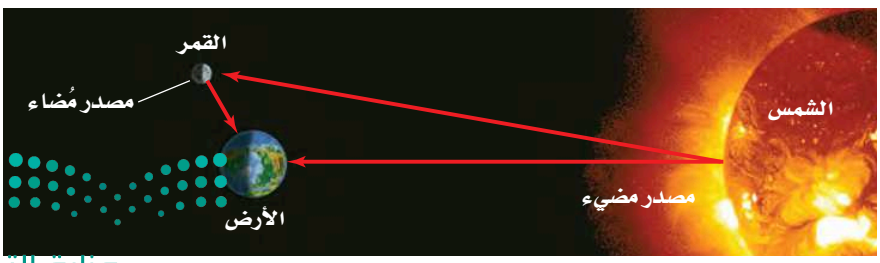
اعتقد العالم إسحق نيوتن ـ الذي درست قوانينه في الحركة سابقًا ـ أن الضوء سيل من جسيمات متناهية في الصغر لا يمكن تخيلها، تتحرك بسرعة كبيرة جدًّا، أطلق عليها اسم جسيمات. ولم يستطع نموذج نيوتن تفسير خصائص الضوء جميعها؛ إذ بيّنت التجارب أن الضوء يسلك أيضًا سلوك الموجات. وفي **نموذج الشعاع الضوئي** يُمثَّل الضوء على شكل شعاع ينتقل في خط مستقيم ويتغير اتجاهه فقط إذا اعترض مساره حاجزٌ، كما يتضح من **الشكل 1–4**. لقد قُدّم نموذج الشعاع الضوئي بوصفه طريقة لدراسة كيفية تفاعل الضوء مع المادة، بغض النظر عما إذا كان الضوء جسيمًا أو موجة. وتسمى دراسة الضوء بهذه الطريقة البصريات أو البصريات الهندسية.

مصادر الضوء تنبعث أشعة الضوء من مصادرها، وتُعد الشمس المصدر الرئيس للضوء. وهناك مصادر طبيعية أخرى للضوء، منها اللهب والشرر، وبعض أنواع الحشرات مثل اليراع. وتمكّن الإنسان خلال المئة سنة الماضية من إيجاد أنواع أخرى من مصادر الضوء، منها المصابيح المتوهّجة، والفلورسنتية، وأشعة الليزر، والصمامات الثنائية الباعثة للضوء، وجميعها ناتجة عن استخدام الإنسان للكهرباء لينتج الضوء.

دلالة الألوان

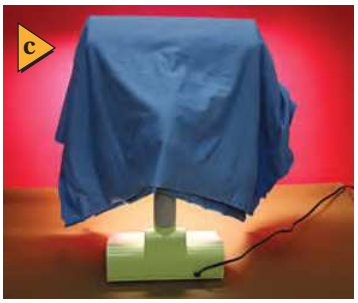
الأشعة الضوئية باللون **الأحمر**.

ما الفرق بين ضوء الشمس وضوء القمر؟ ضوء الشمس أكثر سطوعًا من الضوء الذي يصلنا من القمر، وهناك فرق آخر أساسي ومهم بينهما، وهو أن الشمس **مصدر مضيء**؛ أيْ أنها جسم يبعث ضوءًا من ذاته، أمّا القمر فيُعدّ **مصدرًا مستضيئًا (مُضاءً)**؛ أيْ أنه جسم يصبح مرئيًّا نتيجة انعكاس الضوء عنه، كما يتضح من **الشكل 2–4**. فالمصابيح المتوهجة ـ ومنها المصابيح الكهربائية الشائعة الاستخدام ـ مضيئة؛ لأن الطاقة الكهربائية تُسخِّن سلك التنجستن الرفيع الموجود في المصباح، مما يؤدي إلى توهّجه. وتبعث المصابيح المتوهجة الضوء نتيجة درجة حرارتها العالية. ويعمل العاكس المثبت على الدراجة الهوائية عمل مصدر مستضيء؛ حيث صُمّم ليصبح مرئيًّا بشدة عندما يُضاء بوساطة أضواء السيارة الأمامية.



الشكل 2–4 تعمل الشمس عمل مصدر مضيء للأرض والقمر، ويعمل القمر عمل مصدر مُضاء يضيء الأرض. (الرسم التوضيحي ليس بمقياس رسم)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

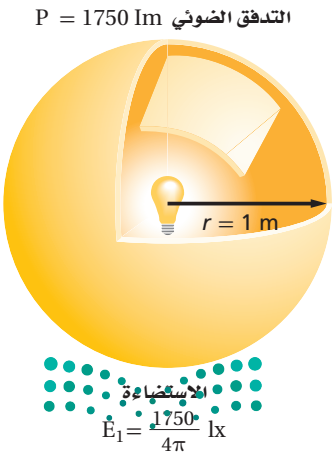


الشكل 3–4 يسمح الزجاج الشفاف للأجسام أن تُرى من خلاله **(a)**. ويسمح غطاء المصباح شبه الشفاف للضوء بالمرور من خلاله، على الرغم من أن المصباح (مصدر الضوء) نفسه غير مرئي **(b)**. والقماش البلاستيكي غير الشفاف (المعتم) الذي يغطي المصباح يَحُول دون رؤيته **(c)**.

تكون المصادر المستضيئة مرئية بالنسبة لك؛ لأن الضوء ينعكس عن الجسم أو ينفذ من خلاله ليصل إلى عينيك. ويُسمّى الوسط الذي لا يمر الضوء من خلاله ويعكس بعض الضوء **وسطًا غير شفاف** (أي معتمًا)، في حين يُسمّى الوسط الذي يمر الضوء من خلاله مثل الهواء والزجاج **وسطًا شفّافًا**. أما الوسط الذي يمر الضوء من خلاله ولا يسمح للأجسام أن تُرى بوضوح فيُسمّى **وسطًا شبه شفّاف**، فمظلة المصباح مثال على الأجسام المصنوعة من أوساط شبه شفافة. ويبين **الشكل 3–4** أنواع الأوساط الثلاثة. إن الأوساط الشفافة أو شبه الشفافة لا تمرّر الضوء فقط، بل يمكنها أن تعكس جزءًا منه أيضًا؛ فمثلاً تستطيع رؤية صورة جسمك على نافذة الزجاج أحيانًا.

كمية الضوء إن معدل انبعاث طاقة الضوء من المصدر المضيء يُسمّى **التدفق الضوئي** P، ويُقاس التدفق الضوئي بوحدة لومن (lm)، فالمصباح الكهربائي المتوهج الذي قدرته 100 W يصدر 1750 lm تقريبًا. وتستطيع أن تفكّر في التدفق الضوئي بوصفه مقياسًا لمعدل انبعاث الأشعة الضوئية من المصدر المضيء. تخيّل أنك وضعت مصباحًا كهربائيًّا في مركز كرة نصف قطرها 1 m، كما في **الشكل 4–4**، سيبعث المصباح الضوء في الاتجاهات جميعها تقريبًا؛ أي أن تدفقًا ضوئيًّا بمقدار 1750 lm يصف الضوء جميعه الذي يصطدم بالسطح الداخلي للكرة خلال وحدة الزمن. وحتى لو كان نصف قطر الكرة 2 m فإن التدفق الضوئي للمصباح الكهربائي على هذه الكرة سيساوي التدفق الضوئي نفسه على الكرة التي نصف قطرها 1 m؛ وذلك لأن العدد الكلي للأشعة الضوئية الصادرة عن المصباح لا يتغير.

الشكل 4–4 التدفق الضوئي يساوي معدل انبعاث الضوء من المصدر المضيء. في حين تساوي الاستضاءة معدل سقوط الضوء على السطح.

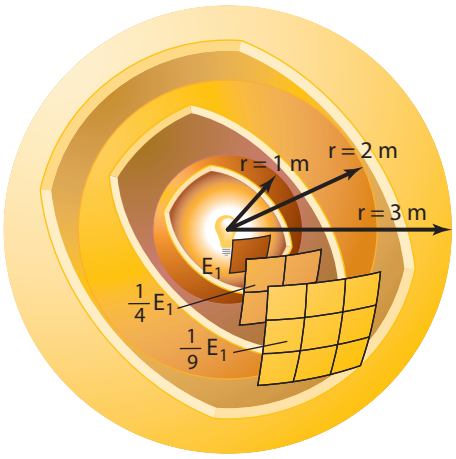


وبمعرفة كمية الضوء المنبعثة من المصدر المضيء يمكنك تحديد مقدار الإضاءة التي يزودها المصدر المضيء لجسم، كالكتاب مثلًا. إن إضاءة سطح، أو بمعنى آخر معدل اصطدام الضوء بوحدة المساحات للسطح يُسمّى **الاستضاءة** E. ويمكنك أن تفكّر في هذا الأمر بوصفه مقياسًا لعدد الأشعة الضوئية التي تصطدم بسطح ما. وتُقاس الاستضاءة بوحدة اللوكس lx التي تساوي لومن لكل متر مربع، lm/m^2.

ما مقدار استضاءة السطح الداخلي للكرة، مستعينًا بالتركيب الموضح في **الشكل 4–4**؟ تُحسب المساحة السطحية للكرة من خلال المعادلة $4\pi r^2$، لذا تكون المساحة السطحية لهذه الكرة $4\pi (1.00\ m)^2 = 4\pi\ m^2$. والتدفق الضوئي الذي يصطدم بكل متر مربع من الكرة يساوي $1750\ lm / (4\pi\ m^2) = 139\ lx$؛ أي يسقط على بعد 1.00 m من المصباح 139 lm على كل متر مربع، لذا تكون استضاءة السطح الداخلي للكرة 139 lx.

beadaya.com

علاقة التربيع العكسي ماذا يحدث إذا أصبحت الكرة المحيطة بالمصباح الكهربائي أكبر؟ إذا كان نصف قطر الكرة 2.00 m سيبقى التدفق الضوئي الكلي 1750 lm، في حين تصبح مساحة سطح الكرة $4\pi\,(2.00\text{ m})^2 = 16.0\,\pi\text{ m}^2$؛ أيْ أكبر أربع مرات من مساحة سطح كرة نصف قطرها 1.00 m، كما يتضح من **الشكل 5–4**. وتكون الاستضاءة داخل الكرة التي نصف قطرها 2.00 m مساويةً $1750\text{ lm}/(16.0\,\pi\text{ m}^2) = 34.8\text{ lx}$، لذا يسقط 34.8 lm على كل متر مربع.

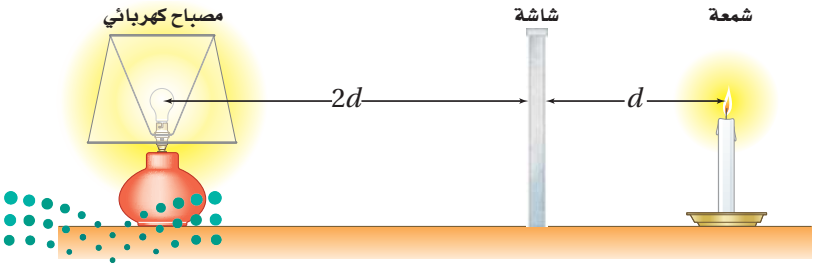


الشكل 5–4 تتغير الاستضاءة E الناتجة عن مصدر ضوء نقطي عكسيًا مع مربع البعد عنه.

إن الاستضاءة على السطح الداخلي للكرة التي نصف قطرها 2.00 m تساوي ربع الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1.00 m، وبالطريقة نفسها تجد أن الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 3.00 m تساوي $(1/3)^2$، أو 1/9، من الاستضاءة على السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1.00 m. ويوضح **الشكل 5–4** أن الاستضاءة الناتجة بفعل مصدر ضوء نقطي تتناسب طرديًّا مع $1/r^2$، وتُسمى علاقة التربيع العكسي؛ أي أنه عندما تنتشر أشعة الضوء من مصدر نقطي في خطوط مستقيمة وفي الاتجاهات جميعها فإن عدد أشعة الضوء المتاحة لإضاءة وحدة المساحة تتناقص مع زيادة مربع البعد عن مصدر الضوء النقطي.

شدة الإضاءة تُحدّد بعض المصادر المضيئة بوحدة الشمعة cd، والشمعة ليست مقياسًا للتدفق الضوئي؛ إنما هي مقياس لشدة الإضاءة. وشدة الإضاءة لمصدر ضوء نقطي تساوي التدفق الضوئي الذي يسقط على مساحة مقدارها 1 m^2 من مساحة السطح الداخلي لكرة نصف قطرها 1 m، ولذا فإن شدة الإضاءة تساوي التدفق الضوئي مقسومًا على 4π ويرمز لها بالرمز I. والمصباح الكهربائي الذي تدفقه الضوئي يساوي 1750 lm تكون شدة إضاءته مساوية للمقدار الآتي: $1750\text{ lm}/4\pi = 139\text{ cd}$.

في **الشكل 6–4**، بُعد المصباح الكهربائي عن الشاشة يساوي ضعف بُعد الشمعة عنها. ولكي يولّد المصباح الكهربائي على الجانب المقابل له من الشاشة الاستضاءةَ نفسها التي تولّدها الشمعة على الجانب المقابل لها من الشاشة يجب أن يكون سطوع المصباح الكهربائي أكبر أربع مرات من سطوع الشمعة. لذا ينبغي أن تعادل شدة إضاءة المصباح الكهربائي أربعة أضعاف شدة إضاءة الشمعة.



الشكل 6–4 الاستضاءة متساوية على جانبي الشاشة، مع أنّ المصباح الكهربائي أكثر سطوعًا من الشمعة.

إضاءة السطوح Illumination of Surfaces

كيف تتمكن من زيادة الاستضاءة على سطح مكتبك؟ يمكن أن تستخدم مصباحًا كهربائيًّا أكثر سطوعًا يؤدي إلى زيادة التدفق الضوئي، أو أن تحرك المصدر الضوئي إلى موقع أقرب لسطح مكتبك؛ أي أنّك تقلّل المسافة بين المصدر الضوئي والسطح الذي يُضيئه. ولتبسيط المسألة يمكنك اعتبار المصدر الضوئي مصدرًا ضوئيًّا نقطيًّا، ولذا فإن كلًّا من الاستضاءة والمسافة سيتبعان علاقة التربيع العكسي. ويمكنك أيضًا تبسيط المسألة أكثر إذا اعتبرت أن الضوء المنبعث من المصدر يسقط عموديًّا على سطح المكتب. وبعد هذا التبسيط يمكنك التعبير عن الاستضاءة الناتجة عن مصدر ضوء نقطي بالمعادلة الآتية:

الاستضاءة بفعل مصدر نقطي $E = \frac{P}{4\pi r^2}$

إذا أُضيء جسم بواسطة مصدر ضوئي نقطي فإن الاستضاءة على الجسم تساوي التدفق الضوئي للمصدر الضوئي مقسومًا على المساحة السطحية لكرة نصف قطرها يساوي بُعد الجسم عن المصدر الضوئي.

ينتشر التدفق الضوئي لمصدر الضوء بصورة كروية في الاتجاهات جميعها، لذا فإن جزءًا فقط من التدفق الضوئي يكون متاحًا لإضاءة سطح المكتب. ويكون استخدام هذه المعادلة صحيحًا، فقط إذا كان الضوء المنبعث من المصدر المضيء يسقط عموديًّا على السطح الذي يضيئه. كما أن استخدام هذه المعادلة يكون صحيحًا فقط للمصادر المضيئة التي تكون صغيرة، أو بعيدة بصورة كافية حتى يمكن اعتبارها مصادر نقطية. لذا فإن المعادلة لا تعطي قيمًا دقيقة للاستضاءة الناتجة بفعل المصابيح الكهربائية الفلورسنتية الطويلة، أو المصابيح الكهربائية المتوهجة التي تكون قريبة من السطح الذي تضيئه.

الرياضيات في الفيزياء

العلاقات الطردية والعكسية تخضع الاستضاءة المتولّدة بواسطة مصدر ضوئي إلى علاقة طردية وعلاقة عكسية.

الرياضيات	الفيزياء
$y = \frac{x}{az^2}$	$E = \frac{P}{4\pi r^2}$
إذا كانت z ثابتة فإن y تتناسب طرديًّا مع x. • عندما تزداد x تزداد y. • عندما تقل x تقل y.	إذا كانت r ثابتة فإن E تتناسب طرديًّا مع P. • عندما تزداد P تزداد E. • عندما تقل P تقل E.
إذا كانت x ثابتة فإن y تتناسب عكسيًّا مع z^2. • كلما ازدادت z^2 قلّت y. • كلما قلّت z^2 ازدادت y.	إذا كانت P ثابتة فإن E تتناسب عكسيًّا مع r^2. • كلما ازدادت r^2 قلّت E. • كلما قلّت r^2 ازدادت E.

تطبيق الفيزياء

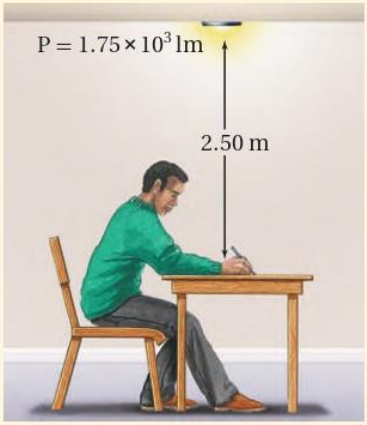
العقول المستنيرة

عند اتخاذ القرارات في كيفية تحقيق الاستضاءة الصحيحة على سطوح مقاعد الطلاب، يتعيّن على المهندسين المعماريين أن يأخذوا بعين الاعتبار التدفق الضوئي للضوء، وبُعد المصادر الضوئية عن سطوح المقاعد، كما تُعدّ كفاءة المصادر الضوئية عاملاً اقتصاديًّا مهمًّا.

beadaya.com

مثـــال 1

استضاءة سطح ما الاستضاءة الواقعة على سطح المكتب في الصورة المجاورة إذا أُضيء بمصباح كهربائي تدفقه الضوئي 1750 lm، علمًا بأنه موضوع على بُعد 2.50 m فوق سطح المكتب؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- افترض أن المصباح الكهربائي مصدر نقطي.
- ارسم موقع المصباح والمكتب، وعيّن r ،P.

المعلوم	المجهول
$P = 1.75 \times 10^3\ lm$	$E = ?$
$r = 2.50\ m$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

بما أن السطح متعامد مع اتجاه انتقال الشعاع الضوئي، لذا يمكنك أن تطبق معادلة الاستضاءة بفعل المصدر النقطي.

عوّض مستخدمًا $P = 1.75 \times 10^3\ lm$,$r = 2.50\ m$

$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$
$$= \frac{1.75 \times 10^3\ lm}{4\pi\ (2.50\ m)^2}$$
$$= 22.3\ lm/m^2 \quad = 22.3\ lx$$

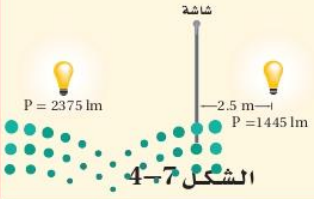
3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** إن وحدات الاستضاءة $lx = lm/m^2$ تتفق مع الإجابة.
- **هل للإشارات معنى؟** المقادير كلها موجبة، كما يجب أن تكون.
- **هل الجواب منطقي؟** إن الاستضاءة أقل من التدفق الضوئي، والتي ينبغي أن تكون عند هذه المسافة.

بداية
bedaya.com

مسائل تدريبية

1. تحرّك مصباح فوق صفحات كتاب من مسافة 30 cm إلى 90 cm. قارن بين استضاءة الكتاب قبل الحركة وبعدها.
2. ارسم المنحنى البياني للاستضاءة المتولّدة بواسطة مصباح ضوئي متوهج قدرته 150 W بين 0.50 m و5.0 m.
3. مصدر ضوئي نقطي شدّة إضاءته 64 cd يقع على ارتفاع 3.0 m فوق سطح مكتب. ما الاستضاءة على سطح المكتب بوحدة لوكس (lx)؟
4. يتطلب قانون المدارس الحكومية أن تكون الاستضاءة الصغرى 160 lx على سطح كل مقعد. وتقتضي المواصفات التي يوصي بها المهندسون المعماريون أن تكون المصابيح الكهربائية على بعد 2.0 m فوق المقاعد. ما مقدار أقل تدفق ضوئي تولده المصابيح الكهربائية؟
5. وضعت شاشة بين مصباحين كهربائيين يُضيئانها بالتساوي، كما في **الشكل 7-4**. فإذا كان التدفق الضوئي للمصباح الأول 1445 lm عندما كان يبعد مسافة 2.5 m عن الشاشة فما بُعد المصباح الثاني عن الشاشة إذا كان تدفقه الضوئي 2375 lm؟



الشكل 7-4

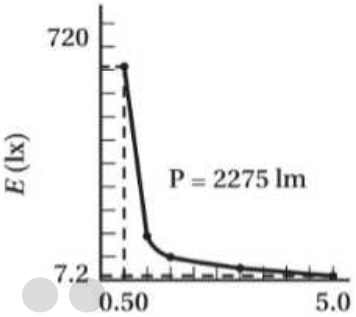
الإجابة في الصفحة التالية

1. تحرّك مصباح فوق صفحات كتاب من مسافة 30 cm إلى 90 cm. قارن بين استضاءة الكتاب قبل الحركة وبعدها.

$$\frac{E_{\text{بعد}}}{E_{\text{قبل}}} = \frac{\left(\frac{P}{4\pi d_{\text{بعد}}^2}\right)}{\left(\frac{P}{4\pi d_{\text{قبل}}^2}\right)} = \frac{d_{\text{قبل}}^2}{d_{\text{بعد}}^2} = \frac{(30\text{ cm})^2}{(90\text{ cm})^2} = \frac{1}{9}$$

لذا فإنه بعد تحرّك المصباح الكهربائي فإن الاستضاءة تعادل $\frac{1}{9}$ الاستضاءة الأصلية.

2. ارسم المنحنى البياني للاستضاءة المتولّدة بواسطة مصباح ضوئي متوهج قدرته 150 W بين 0.50 m و5.0 m.



الاستضاءة لمصباح قدرته 150 W

$$P = 2275\text{ lm},\ d = 0.50, 0.75, \ldots, 5.0\text{ m}$$

$$E(d) = \frac{P}{4\pi d^2}$$

3. مصدر ضوئي نقطي شدة إضاءته 64 cd يقع على ارتفاع 3.0 m فوق سطح مكتب. ما الإستضاءة على سطح المكتب بوحدة لوكس (lx)؟

$$P = 4\pi(64\text{ cd}) = 256\pi\text{ lm}$$

لذا فإن

$$E = \frac{P}{4\pi d^2} = \frac{256\pi\text{ lm}}{4\pi(3.0\text{ m})^2} = 7.1\text{ lx}$$

4. يتطلب قانون المدارس الحكومية أن تكون الاستضاءة الصغرى 160 lx على سطح كل مقعد. وتقتضي المواصفات التي يوصي بها المهندسون المعماريون أن تكون المصابيح الكهربائية على بعد 2.0 m فوق المقاعد. ما مقدار أقل تدفق ضوئي تولده المصابيح الكهربائية؟

$$E = \frac{P}{4\pi d^2}$$

$$P = 4\pi E d^2$$

$$= 4\pi\,(160\text{ lm/m}^2)(2.0\text{ m})^2$$

$$= 8.0\times10^3\text{ lm}$$

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

5. وضعت شاشة بين مصباحين كهربائيين يُضيئانها بالتساوي، كما في **الشكل 7–1**. فإذا كان التدفـق الضوئي للمصباح الأول 1445 lm عندما كان يبعد مسـافة 2.5 m عن الشاشة فما بُعد المصباح الثاني عن الشاشة إذا كان تدفقه الضوئي 2375 lm؟

الشكل 7–1

$$E_1 = E_2$$

لذا فإن

$$\frac{P_1}{d_1^2} = \frac{P_2}{d_2^2}$$

أو

$$d_2 = d_1\sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$$

$$= (2.5\ m)\sqrt{\frac{2375\ lm}{1445\ lm}}$$

$$3.2\ m$$

بداية
beadaya.com | موقع البداية التعليمي

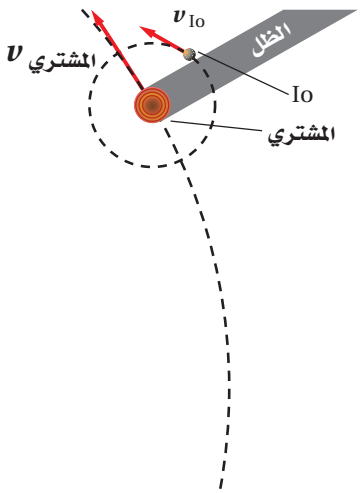
يتعين على مصمّمي أنظمة الإنارة معرفة كيف يستخدم الضوء. فإذا كان المطلوب هو الحصول على إضاءة منتظمة لتجنب المساحات المظلمة فإن التصميم المناسب هو توزيع مصادر الإضاءة على المساحة المطلوب إنارتها بحيث تكون المسافات بينها متساوية، كما هو معمول به في إنارة غرفة الصف. ولأن بعض مصادر الإضاءة لا تولّد فعليًّا ضوءًا موزعًا بالتساوي فإن المهندسين يصمّمون مصادر ضوئية خاصة؛ وذلك للتحكم في توزيع الإضاءة وانتشارها؛ فمثلاً يُنفّذون أنظمة إنارة موزعة بانتظام على مساحات كبيرة. وقد بُذلت جهود كبيرة في هذا المجال، وخصوصًا للمصابيح الأمامية في السيارات.

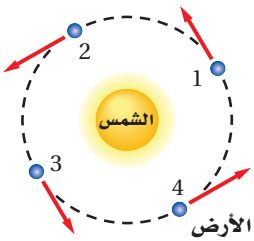
سرعة الضوء The Speed of Light

يتطلب انتقال الضوء من المصدر إلى الجسم المراد إضاءته أن يقطع الضوء مسافة معينة. فإذا استطعت قياس هذه المسافة والزمن الذي يستغرقه الضوء لقطعها فإنه يمكنك قياس السرعة، وذلك اعتمادًا على الميكانيكا الكلاسيكية. كان معظم الناس قبل القرن السابع عشر يعتقدون أن الضوء ينتقل لحظيًّا، وكان العالم جاليليو أول من افترض أن للضوء سرعة محدّدة، فاقترح طريقة لقياس سرعته مستخدمًا مفهومي المسافة والزمن. وعلى الرغم من أن طريقته كانت غير دقيقة بالقدر الكافي إلاّ أنه استنتج أن سرعة الضوء كبيرة جدًّا، مما يحول دون قياسها عبر مسافة عدة كيلومترات.

كان الفلكي الدنماركي أولي رومر أول من أكّد أن الضوء ينتقل بسرعة يمكن قياسها. حيث أجرى رومر 70 قياسًا بين عامي 1668 و 1674، حول الزمن الدوري للقمر Io، أحد أقمار كوكب المشتري، والذي يساوي 1.8 day. فرصد الأزمنة عندما كان القمر Io يخرج من منطقة ظل المشتري كما في **الشكل 8–4**. وقد أجرى قياساته بوصفها جزءًا من مشروع كان يهدف إلى تحسين الخرائط، وذلك بحساب خطوط الطول لبعض المواقع على سطح الأرض. وكان هذا مثالاً مبكرًا على أهمية التقنية المتطورة في دفع عجلة التقدم العلمي.

beadaya.com | موقع بداية التعليم





■ **الشكل 8–4** قاس رومر الفترة الزمنية بين خسوفين من اللحظة التي يبزغ فيها القمر Io من منطقة ظل المشتري. وخلال عدد من خسوفات القمر المتعاقبة وجد أن الزمن الدوري يصبح أكبر أو أصغر بصورة متزايدة اعتمادًا على حركة الأرض فيما إذا كانت مقتربة (من الموقع 3 إلى الموقع 1) أو مبتعدة (من الموقع 1 إلى الموقع 3) من المشتري. (التوضيح ليس بمقياس رسم)

استطاع رومر بعد إجراء بعض القياسات أن يتوقع وقت حدوث خسوف القمر Io ، وقارن توقعاته بالأزمنة المقيسة فعليًّا، وتوصل إلى أن زمن دوران القمر Io يزداد بمعدل 13 s لكل دورة تقريبًا عندما تتحرك الأرض مبتعدة عن المشتري، ويقل بمعدل 13 s لكل دورة عندما تتحرك الأرض مقتربة من المشتري. واعتقد رومر أن أقمار كوكب المشتري منتظمة الحركة في مداراتها كقمر الأرض تمامًا، لذا أخذ يبحث عن السبب الذي يؤدي إلى هذا الفرق في قياسات الزمن الدوري للقمر Io.

قياسات سرعة الضوء استنتج العالم رومر أنه عندما تتحرك الأرض مبتعدة عن كوكب المشتري فإن الضوء القادم عند كل ظهور للقمر Io يستغرق وقتًا أطول حتى يصل إلى الأرض؛ وذلك لازدياد البعد بين المشتري والأرض، وبطريقة مماثلة عندما تقترب الأرض من المشتري فإن الزمن الدوري للقمر Io يبدو متناقصًا. وقد لاحظ رومر أنه خلال 182.5 يومًا، وهو الزمن الذي يتطلبه انتقال الأرض من الموقع 1 إلى الموقع3، كما في **الشكل 8–4**، حدث 103 خسوفات Io ، وذلك وفقًا للحساب الآتي:

$$(185.2 \text{ days})(\text{Io القمر للواحد خسوف} / 1.8 \text{ days}) = 103$$

وقد أجرى رومر حسابات متعلقة بانتقال الضوء مسافة تعادل قطر مدار الأرض، فوجد أنه يحتاج إلى:

$$(103 \text{ خسوفات})\ (13 \text{ s/خسوف}) = 22 \text{ min}$$ أو $1.3 \times 10^3 \text{ s}$

وباستخدام القيمة المعروفة حاليًّا لقطر مدار الأرض $(2.9 \times 10^{11} \text{ m})$ فإن قيمة رومر 22 min تعطي سرعة الضوء الآتية:

$$(2.9 \times 10^{11} \text{ m}) / ((22 \text{ min})\ (60 \text{ s/min})) = 2.2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

وعرفتْ سرعة الضوء في الوقت الحاضر بأنها تساوي $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ تقريبًا، ولذلك يحتاج الضوء إلى 16.5 min، وليس إلى 22 min، ليقطع مسافة تعادل قطر مدار الأرض. وتكمن أهمية التجربة في أنّ رومر استطاع بنجاح إثبات انتقال الضوء بسرعة محدّدة.

على الرغم من أن الكثير من القياسات أُجريت لتحديد سرعة الضوء، إلا أن أبرزها تلك التي أجراها الفيزيائي الأمريكي ألبرت ميكلسون بين عامي 1880 و 1920، فقد طوّر تقنيات حديثة لقياس سرعة الضوء. وفي عام 1926 قاس مايكلسون الزمن الذي يحتاج إليه الضوء لقطع مسافة 35 km ذهابًا وإيابًا بين جبلين في كاليفورنيا، حيث استخدم مجموعة من المرايا الدوّارة لقياس مثل هذه الفترات الزمنية الصغيرة، وكانت أفضل نتيجة حصل عليها لسرعة الضوء $(2.997996 \pm 0.00004) \times 10^8 \text{ m/s}$. وبناءً على هذا الإنجاز، كان أول عالم أمريكي يحصل على جائزة نوبل في العلوم.

King Faisal PRIZE

مُنح البروفيسور ساجيف جون جائزة الملك فيصل لعام ١٤٢١هـ/ ٢٠٠١م؛ وذلك لاقتراحه طريقة جديدة لمعالجة المعلومات ونقلها من مكان إلى آخر بوسائل ضوئية. وقد نجحت مجموعات عدّة من الفيزيائيين في مناطق مختلفة من العالم، في وضع آرائه موضوع التنفيذ. وإذا بلغت هذه المحاولات غاياتها فسيصبح من الممكن الاستغناء عن استعمال الإلكترونات في نقل الإشارات داخل أجهزة الحواسيب والاتصالات ليحل محلها الضوء، وسوف يؤدي ذلك إلى صنع أجهزة أسرع وأرخص وأكثر قدرة، فتتغيَّر بذلك صناعة الحواسيب والاتصالات تغيرًا جذريًّا.

المصدر: موقع جائزة الملك فيصل/ فرع العلوم

إن قيمة سرعة الضوء في الفراغ مهمة جدًّا، ويرمز إليها بالرمز c. واعتمادًا على الطبيعة الموجية للضوء، والتي ستدرسها في الجزء القادم فإن اللجنة الدولية للأوزان والمقاييس قامت بقياس سرعة الضوء في الفراغ فكانت $c = 299{,}792{,}458\ m/s$. وتستخدم في كثير من الحسابات القيمة $c = 3.00 \times 10^8\ m/s$، إذ تكون دقيقة بصورة كافية. وبهذه السرعة ينتقل الضوء مسافة $9.46 \times 10^{12}\ km$ في السنة، حيث تسمى هذه المسافة السنةَ الضوئية.

4–1 مراجعة

6. **الاستضاءة** هل يولد مصباح كهربائي واحد استضاءة أكبر من مصباحين مماثلين يقعان على ضعف بُعد مسافة المصباح الأول؟ وضّح إجابتك.
7. **المسافة التي يقطعها الضوء** يمكن إيجاد بُعد القمر باستخدام مجموعة من المرايا وضعها روّاد الفضاء على سطح القمر. فإذا تم إرسال نبضة ضوء إلى القمر وعادت إلى الأرض خلال 2.562 s، فاحسب المسافة بين الأرض وسطح القمر، مستخدمًا القيمة المقيسة لسرعة الضوء.
8. **شدة الإضاءة** يضيء مصباحان شاشة بالتساوي بحيث يقع المصباح A على بعد 5.0 m، ويقع المصباح B على بعد 3.0 m، فإذا كانت شدة إضاءة المصباح A 75 cd، فما شدة إضاءة المصباح B؟
9. **بُعد المصدر الضوئي** افترض أن مصباحًا كهربائيًّا يضيء سطح مكتبك ويولّد فقط نصف الاستضاءة المطلوبة. فإذا كان المصباح يبعد حاليًّا مسافة 1.0 m فكم ينبغي أن يكون بعده ليولّد الاستضاءة المطلوبة؟
10. **التفكير الناقد** استخدم الزمن الصحيح الذي يحتاج إليه الضوء لقطع مسافة تعادل قطر مدار الأرض والذي يساوي 16.5 min، وقطر مدار الأرض $2.98 \times 10^{11}\ m$، وذلك لحساب سرعة الضوء باستخدام طريقة رومر. هل تبدو هذه الطريقة دقيقة؟ لماذا؟

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

6. **الاستضاءة** هل يولد مصباح كهربائي واحد استضاءة أكبر من مصباحين مماثلين يقعان على ضعف بُعد مسافة المصباح الأول؟ وضّح إجابتك.

يولد مصباح واحد استضاءة أكبر مرتين من الاستضاءة التي يولدها مصباحان مماثلان معا يقعان عند ضعف المسافة

$$E \propto \frac{P}{d^2}$$

7. **المسافة التي يقطعها الضوء** يمكن إيجاد بُعد القمر باستخدام مجموعة من المرايا وضعها روّاد الفضاء على سطح القمر. فإذا تم إرسال نبضة ضوء إلى القمر وعادت إلى الأرض خلال 2.562 s، فاحسب المسافة بين الأرض وسطح القمر، مستخدمًا القيمة المقيسة لسرعة الضوء.

$$d = ct$$

$$= (299800000\ \text{m/s})\left(\frac{1}{2}\right)(2.562\ \text{s})$$

$$= 3.840 \times 10^8\ \text{m}$$

8. **شدة الإضاءة** يضيء مصباحان شاشة بالتساوي بحيث يقع المصباح A على بعد 5.0 m، ويقع المصباح B على بعد 3.0 m، فإذا كانت شدة إضاءة المصباح A 75 cd، فما شدة إضاءة المصباح B؟

$$E = \frac{I}{d^2}$$

لما كانت الاستضاءة متساوية $E_1 = E_2$

فإن $\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I_2}{d_2^2}$

أو $I_2 = \frac{I_1 d_2^2}{d_1^2}$

$$= \frac{(75\ \text{cd})(3.0\ \text{m})^2}{(5.0\ \text{m})} = 27\ \text{cd}$$

9. **بُعد المصدر الضوئي** افترض أن مصباحًا كهربائيًا يضيء سطح مكتبك ويولّد فقط نصف الاستضاءة المطلوبة. فإذا كان المصباح يبعد حاليًا مسافة 1.0 m فكم ينبغي أن يكون بعده ليولّد الاستضاءة المطلوبة؟

تعتمد الاستضاءة على $\frac{1}{d^2}$

لذا فإن

$$\frac{E_1}{E_f} = \frac{d_f^2}{d_1^2} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{d_f^2}{(1.0\ \text{m})^2} = \frac{1}{2}$$

$$d_f = \sqrt{\frac{1}{2}m}$$

$$= 0.71m$$

10. **التفكير الناقد** استخدم الزمن الصحيح الذي يحتاج إليه الضوء لقطع مسافة تعادل قطر مدار الأرض والذي يساوي 16.5 min، وقطر مدار الأرض 2.98×10^{11} m، وذلك لحساب سرعة الضوء باستخدام طريقة رومر. هل تبدو هذه الطريقة دقيقة؟ لماذا؟

$$v = \frac{d}{t} = \frac{3.0 \times 10^{11}}{(16\ \text{min})(60\ \text{s/min})}$$

$$= 3.1 \times 10^8\ \text{m/s}$$

بداية
موقع بداية التعليمي bedaya.com

4–2 الطبيعة الموجية للضوء The Wave Nature of Light

الأهداف

- **تصف** كيف يثبت الحيود عمليًّا أن الضوء عبارة عن موجات.
- **تتوقع** تأثير ألوان الضوء المتراكبة والأصباغ الممزوجة.
- **توضّح** ظاهرتي الاستقطاب وتأثير دوبلر.

المفردات

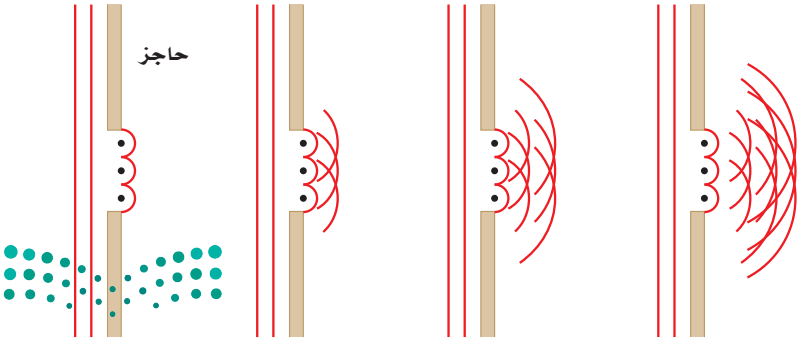
الحيود
اللون الأساسي
اللون الثانوي
اللون المتمِّم
الصبغة الأساسية
الصبغة الثانوية
الاستقطاب
قانون مالوس
إزاحة دوبلر

درست أن الضوء مكوّن من موجات، ولكن ما الأدلة على صحة ذلك؟ افترض أنك تسير في اتجاه غرفة الصف وباب الغرفة مفتوح، فستسمع بالتأكيد صوت المعلم أو الطلاب وأنت تتحرك في اتجاه باب الغرفة قبل أن تراهم من خلال الباب؛ وذلك لأن الصوت يصل إليك بانحرافه حول حافة الباب، في حين يسير الضوء الذي يجعلك ترى أيًّا منهم في خطوط مستقيمة فقط. فإذا كان الضوء مكوّنًا من موجات فلماذا لا يسلك الطريقة نفسها التي يسلكها الصوت؟ يسلك الضوء في الواقع سلوك الصوت نفسه إلا أن تأثيره يكون أقل وضوحًا مقارنة بالصوت.

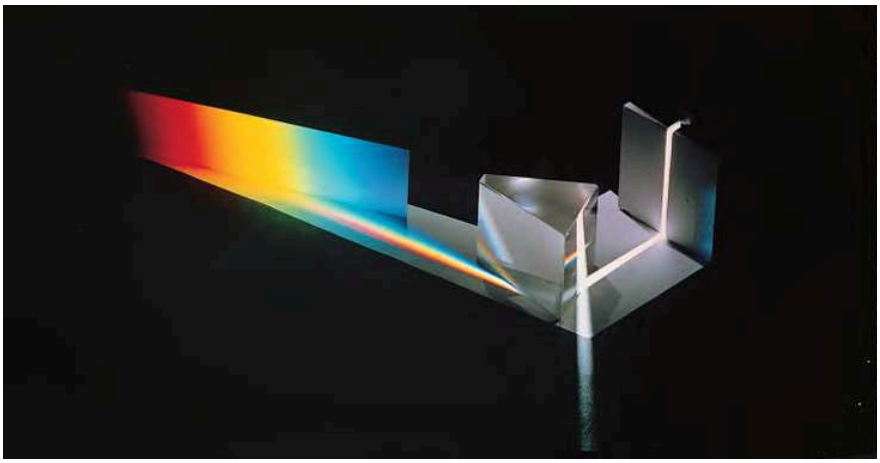
الحيود والنموذج الموجي للضوء
Diffraction and the Wave Model of Light

لاحظ العالم الإيطالي فرانسيسكو ماري جريمالدي في عام 1665 أن حواف الظلال ليست حادة تمامًا. فقد أدخل حزمة ضيّقة من الضوء إلى داخل غرفة مظلمة، وأمسك بعصا أمام الضوء حيث أسقط الظل على سطح أبيض. فكان ظل العصا المتكون على السطح الأبيض أعرض من الظل الذي ينبغي أن يكون في حالة انتقال الضوء في خط مستقيم مرورًا بحواف العصا، ولاحظ جريمالدي أيضًا أن الظل مُحاط بحزم ملونة. وعرّف جريمالدي هذه الظاهرة **بالحيود** وهي انحناء الضوء حول الحواجز.

حاول العالم الدنماركي كريستيان هيجنز في عام 1678 برهنة النموذج الموجي؛ وذلك لتفسير ظاهرة الحيود. واعتمادًا على مبدأ هيجنز يمكن اعتبار النقاط كلها على مقدمة الموجة الضوئية، وكأنها تمثل مصادر جديدة لموجات صغيرة. وتنتشر هذه الموجات الصغيرة (المويجات) في جميع الاتجاهات بعضها خلف بعض. وتتكون مقدمة الموجة المستوية من عدد غير محدود من المصادر النقطية في خط واحد، وعندما تعبر مقدمة الموجة حافة ما تقطعها الحافة، حيث تنتشر كل موجة دائرية تولدت بواسطة أي نقطة من نقاط هيجنز على شكل موجة دائرية في الحيز الذي انحنت عنده مقدمة الموجة الأصلية، كما في **الشكل 9–4** . وهذا هو الحيود.



الشكل 9–4 اعتمادًا على مبدأ هيجنز يمكن اعتبار قمة كل موجة سلسلةً من المصادر النقطية. وينشئ كل مصدر نقطي مويجة دائرية، وتتراكب المويجات لتكوين مقدمة موجة مستوية، ما عدا المناطق عند الحواف؛ حيث تتحرك المويجات الدائرية لنقاط هيجنز عندها بعيدًا عن مقدمة الموجة.



الشكل 10–4 عندما يمر الضوء الأبيض خلال منشور فإنه يتحلّل إلى ألوان الطيف.

الألوان Colors

حثّت نتائج العالم جريمالدي عام 1666 حول الحيود العالم نيوتن على إجراء تجارب على الألوان، وذلك عن طريق تمرير حزمة ضيقة من ضوء الشمس خلال منشور زجاجي، كما في **الشكل 10–4**، فلاحظ تكوّن ترتيب منظّم للألوان أطلق عليه نيوتن اسم الطيف. كما اعتقد نيوتن أن جسيمات الضوء تتفاعل بطريقة متفاوتة في الزجاج لتولّد الطيف؛ وذلك اعتمادًا على نموذجه الجسيمي للضوء.

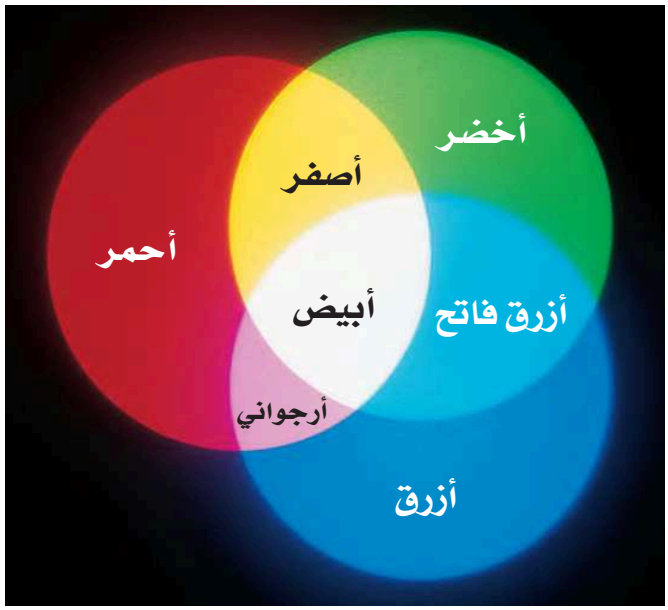
ولاختبار هذا الافتراض سمح نيوتن للطيف النافذ من المنشور الأول بالسقوط على منشور آخر، فإذا تولّد الطيف نتيجة التفاوت في تفاعل الزجاج مع جسيمات الضوء فإن المنشور الثاني سيزيد من انتشار الألوان، وبدلاً من ذلك فقد عكس المنشور الثاني تحّلل الألوان وأعاد تراكبها لتكوّن اللون الأبيض. وبعد إجراء المزيد من التجارب، استنتج نيوتن أن اللون الأبيض مركّب من ألوان عدّة، وأن هناك خاصية أخرى للزجاج غير عدم انتظامه هي التي تؤدي إلى تحلّل الضوء إلى مجموعة من الألوان.

واعتمادًا على تجارب جريمالدي وهيجنز وغيرها، فإن للضوء خصائص موجية، ولكل لون من ألوان الضوء طول موجي محدّد. وتقع منطقة الضوء المرئي ضمن نطاق من الأطوال الموجية، يتراوح بين 400 nm و700 nm تقريبًا، كما في **الشكل 11–4**. وأكبر هذه الأطوال الموجية هو طول موجة الضوء الأحمر، وكلما تناقص الطول الموجي تحوّل اللون إلى البرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلي وأخيرًا البنفسجي.

الشكل 11-4 يمتد الطيف الضوئي من الطول الموجي الكبير (اللون الأحمر) إلى الطول الموجي القصير (اللون البنفسجي).

beadaya.com | موقع بداية للتعليم

عندمـــا يعبر الضوء الأبيض الحـــد الفاصل من الهواء إلى داخـــل الزجاج ويعود مرة أخـــرى إلى الهواء كما في **الشـــكل 10–4**، فإن الطبيعة الموجية تؤدي إلى انحناء كل لون من ألوان الضوء، أو انكساره، بزاوية مختلفة. وهذا الانحناء غير المتســـاوي للألوان المختلفة يتسبب في تحلّل الضوء الأبيض على شـــكل طيف. وهذا يعني أن الأطوال الموجية المختلفـــة للضوء تتفاعل مع المادة بطرائق مختلفة يمكن التنبؤ بها.



الشكل 12–4 التراكيب المختلفة للضوء الأزرق والأخضر والأحمر يمكن أن تشكّل الضوء الأصفر، أو الأزرق الفاتح، أو الأرجواني، أو الأبيض.

اللون بواسطة مزج أشعة الضوء يتشكّل الضوء الأبيض من الضوء الملوّن بطرائق مختلفة. فمثلاً عندما يُســـلّط الضوء الأحمر والأخضر والأزرق بشـــدة مناسبة على شاشـــة بيضاء كما في **الشكل 12–4**، تظهر المنطقة التي تتداخل فيها هذه الألوان على الشاشة باللون الأبيض. أي أن هذه الألوان (الأحمر والأخضر والأزرق) تُشـــكّل الضوء الأبيض عندما تتراكب، وتســـمى عملية جمع الألوان. وهي تســـتخدم في أنابيب الأشعة المهبطية في التلفاز، حيث تحتوي هذه الأنابيب على مصادر نقطية متناهية في الصغر لكل من الضوء الأحمر والأخضر والأزرق. وعندما يكون لكل لون من ألوان الضوء الثلاثة شـــدة مناســـبة تظهر الشاشة باللون الأبيض. لذا فإن كلًّا من اللون الأحمر والأخضر والأزرق يُســـمى **لونًا أساسيًّا** أو أوليًّا. ويمكن مزج الألوان الأساســـية على شـــكل أزواج لتشكيل ثلاثة ألوان إضافية كما يتضح من **الشكل 12–4**. فالضوء الأحمر والأخضر يشكّلان معًا الضوء الأصفر، في حين يشـــكّل الضوء الأزرق والأخضر معًا الضوء الأزرق الفاتح، أما الضوء الأحمر والأزرق فيشكّلان معًا الضوء الأرجواني (الأحمر المزرق). ويُسمى كل من اللون الأصفر والأزرق الفاتح والأرجواني **لونًا ثانويًّا**؛ لأن كلًّا منها مركّب من لونين أساسيّين.

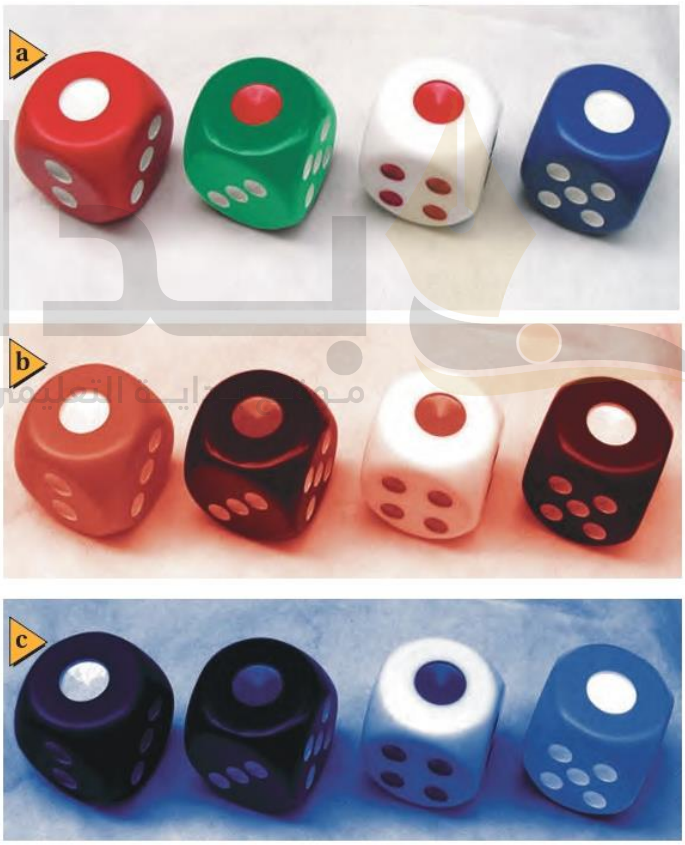
موقع بداية التعليمي | bedaaya.com

ويتضح من **الشكل 12–4**، أن الضوء الأصفر يتكون من الضوء الأحمر والضوء الأخضر، وإذا سُـــلِّط اللّونان الأصفر والأزرق على شاشة بيضاء بشدة مناسبة يظهر سطح الشاشة باللون الأبيض. ويُســـمى اللونان الضوئيان اللذان يتراكبان معًـــا لإنتاج اللون الأبيض **الألـــوان المتتامة**. لـــذا فإن اللون الأصفر لـــون مُتمِّم للّـــون الأزرق، والعكس صحيح؛ لأن اللونـــين يتراكبان معًا لينتجـــا اللون الأبيض. وبالطريقة نفســـها فإن الأزرق الفاتح والأحمر لونان متتامان، وكذلك الأرجواني والأخضر. لذا يمكن تبييض الملابس المصفرّة باستخدام عامل أزرق اللون يضاف إلى مسحوق الغسل.

اللـون بواسـطة اختـزال أشـعة الضوء يمكن للأجســـام أن تعكس الضـــوء، وتمرّره، كما يمكنها امتصاصه. ولا يعتمد لون الجســـم فقط على الأطوال الموجية للضوء الذي يضيء

الجســـم، بل يعتمد أيضًا على الأطوال الموجية التي امتصها الجسم، وعلى الأطوال الموجية التي عكسها. إن وجود المواد الملوّنة بصورة طبيعية أو إضافتها اصطناعيًّا إلى المادة المكوّنة للجسم أو إضافة أصباغ إليه يكسبه لونًا خاصًّا.

إن المـــواد الملوّنة عبارة عن جزيئات لها القدرة على امتصاص أطوال موجية معينة للضوء، وتسمح لأطوال موجية أخرى بالنفاذ من خلالها أو تعكسها. وعندما يُمتص الضوء فإن طاقته تنتقل إلى الجسم الذي سقط عليه، وتتحول إلى أشكال أخرى من الطاقة. فالقميص الأحمر لونه أحمر لأن المواد الملوّنة فيه تعكس اللون الأحمر إلى أعيننا. فعندما يسقط الضوء الأبيض على الجسم الأحمر اللون الموضح في **الشـــكل 13–4** فإن جزيئات المواد الملوّنة في الجسم تمتص الضوء الأزرق والأخضر وتعكس الضوء الأحمر. أما عندما يسقط الضوء الأزرق فقط على جســـم لونه أحمر فإن مقدارًا يسيرًا من الضوء ينعكس ويظهر الجسم غالبًا أسودَ.



■ **الشـكل 13–4** تمتص المواد الملوّنة في حجر النرد أطوالاً موجية مختلفة بشكل انتقائي وتعكسها. حجر النرد مُضاء بالضوء الأبيض (a)، والضوء الأحمر (b)، والضوء الأزرق (c).

تجـربة

علاقة الألوان بدرجة الحرارة

يشير بعض الرسامين إلى اللونين الأحمر والبرتقالي على أنهما ألوان حارة، وإلى اللونين الأزرق والأخضر على أنهما ألوان باردة. فهل ترتبط الألوان فعليًّا بدرجة الحرارة؟

1. احصل على منشور زجاجي من معلمك.
2. أحضر مصباحًا كهربائيًّا مزوّدًا بمفتاح تحكم في الشدة الضوئية، وأشعله وعتّم الغرفة، واضبط مفتاح التحكم عند أقل سطوع للمصباح.
3. زد مقدار سطوع المصباح ببطء. **تحذير: يمكن أن يسخن المصباح ويؤدي إلى حروق في الجلد.**
4. راقب لون الضوء الناتج عن المنشور، وكيف يرتبط اللون مع سخونة المصباح الكهربائي التي تشعر بها في يدك.

التحليل والاستنتاج

5. ما الألوان التي ظهرت أولاً عندما كان الضوء خافتًا؟

عندما يكون الضوء خافتا يظهر اللونان الأحمر والبرتقالي

6. ما الألوان التي ظهرت عند أقصى إضاءة ممكنة؟ **عند أقصى إضاءة ممكنة للمصباح الكهربائي يظهر اللونان الأزرق والبنفسجي**

7. كيف ترتبط هذه الألوان مع درجة حرارة فتيلة المصباح؟ **يكون المصباح الكهربائي الخافت باردا مقارنة بالمصباح الكهربائي الساطع؛ لذا يمكن لمسه. وتزداد درجة حرارة فتيلة المصباح بزيادة سطوع الضوء. لان الطول الموجي الكبير للضوء يرتبط بدرجة الحرارة المنخفضة، أما الطول الموجي القصير للضوء فيرتبط بدرجة الحرارة المرتفعة.**

الشكل 14–4 الألوان الأساسية للأصباغ هي الأحمر المزرق (الأرجواني)، والأزرق الفاتح والأصفر. وينتج عند مزج لونين من هذه الأصباغ معًا الألوان الثانوية للأصباغ، وهي: الأحمر والأخضر والأزرق.

الفرق بين المواد الملوّنة والصبغة هو أن الصبغة تكون مصنوعة من المعادن المسحوقة وليست مستخلصةً من النباتات أو الحشرات، ويمكن رؤية جسيمات الصبغة بالمجهر. وتُسمى الصبغة التي لها القدرة على امتصاص لون أساسي واحد على أن تعكس اللونين الآخرين من الضوء الأبيض **الصبغة الأساسية**. فالصبغة الصفراء تمتص الضوء الأزرق وتعكس الضوء الأحمر والضوء الأخضر، وتُعد الألوان: الأصفر والأزرق الفاتح والأرجواني ألوانًا أساسية للأصباغ. وتُسمى الصبغة التي تمتص لونين أساسيين وتعكس لونًا واحدًا **الصبغة الثانوية**. والألوان الثانوية للأصباغ هي: الأحمر (الذي يمتص الضوء الأخضر والضوء الأزرق)، والأخضر (الذي يمتص الضوء الأحمر والضوء الأزرق)، والأزرق (الذي يمتص الضوء الأحمر والضوء الأخضر). لاحظ أن الألوان الأساسية للأصباغ هي الألوان الثانوية للضوء، والألوان الثانوية للأصباغ هي الألوان الأساسية للضوء.

يوضح **الشكل 14–4** الألوان الأساسية والثانوية للأصباغ، وعند مزج لوني الأصباغ الأساسية الأصفر والأزرق الفاتح فإن الأصفر يمتص الضوء الأزرق، ويمتص الأزرق الفاتح الضوء الأحمر. ويوضح **الشكل 14–4** تراكب الأصفر والأزرق الفاتح لتكوين الصبغة الخضراء. وعند مزج الصبغة الصفراء بالصبغة الثانوية الزرقاء التي تمتص الضوء الأخضر والأحمر فإن الألوان الأساسية كلها تمتص، وينتج اللون الأسود. لذا فإن الصبغة الصفراء والصبغة الزرقاء صبغتان متتامتان، وكذلك صبغة الأزرق الفاتح والصبغة الحمراء أيضًا صبغتان متتامتان، والشيء نفسه بالنسبة لصبغة الأحمر المزرقّ والصبغة الخضراء.

الشكل 15–4 يمكن أن يظهر ضوء الشمس ضارباً إلى اللون الأصفر أو البرتقالي بسبب تشتّت الضوء البنفسجي والضوء الأزرق.

تستخدم الطابعة الملونة نقاطًا من صبغة الأصفر والأرجواني والأزرق الداكن لعمل صورة ملونة على الورقة. وتكون الأصباغ المستخدمة على الأغلب مركبات مطحونة بصورة دقيقة، مثل أكسيد التيتانيوم (IV) (أبيض)، وأكسيد الكروم (III) (أخضر)، وكبريتيد الكادميوم (أصفر). وتمزج الأصباغ لتكوّن المحاليل المعلّقة بدلاً من المحاليل الحقيقية، وتستمر هذه المركبات في امتصاص وعكس الأطوال الموجية نفسها؛ لأنها تحافظ على تركيبها الكيميائي في المزيج دون تغيير.

الربط مع الكيمياء

استخلاص النتائج من اللون تبدو النباتات خضراء بسبب صبغة الكلوروفيل فيها. حيث يمتص أحد أنواع الكلوروفيل الضوء الأحمر، ويمتص النوع الآخر اللون الأزرق، في حين يعكس كلاهما الضوء الأخضر. وتُستخدم طاقة الضوء الأحمر وطاقة الضوء الأزرق الممتصتين بواسطة النباتات في عملية البناء الضوئي؛ وهي العملية التي تصنع خلالها النباتات الخضراء غذاءها.

الربط مع الأحياء

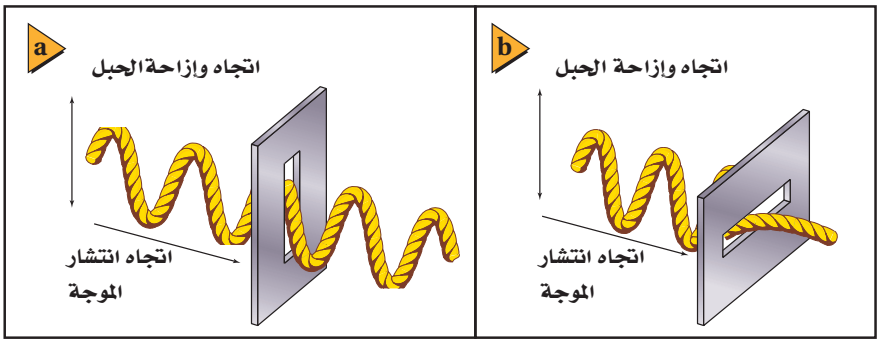
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

وتبدو السماء مزرقّة؛ لأن جزيئات الهواء تُشتّت (انعكاسات متكرِّرة) موجات الضوء البنفسجي والضوء الأزرق بمقدار أكبر من الأطوال الموجية الأخرى للضوء. أما الضوء الأخضر والضوء الأحمر فلا يتشتّتان كثيرًا بواسطة الهواء، وهذا يفسر لماذا تبدو الشمس صفراء أو برتقالية، كما يتضح في **الشكل 15–4** . ويتشتّت الضوء البنفسجي والضوء الأزرق في الاتجاهات جميعها فيضيئان السماء بلون مائل إلى الزرقة بدرجات متفاوتة.

استقطاب الضوء Polarization of Light

هل سبق أن نظرت إلى الضوء المنعكس من خلال نظارات شمسية مستقطبة؟ ستلاحظ أنه عندما تُدير النظارات تبدو الطريق في البداية مظلمة، ثم مضيئة، ثم مظلمة مرة أخرى مع استمرار التدوير. أما عند تدوير النظارات في اتجاه ضوء منبعث من مصباح كهربائي فسيكون مقدار تغير الضوء ضئيلاً. فما سبب وجود هذا الفرق؟ إن ضوء المصباح العادي غير مستقطَب، في حين أن الضوء القادم من الطريق قد انعكس وأصبح مستقطبًا.

والاستقطاب هو إنتاج ضوء يتذبذب في مستوى واحد.



■ **الشكل 16–4** في الحبل المستخدم نموذجًا لموجات الضوء، يكون الضوء عبارة عن موجة واحدة تنتقل وتتذبذب في المستوى الرأسي فقط، لذا فإنها تمر من خلال المستقطِب الرأسي (a). ولا تستطيع المرور من خلال المستقطِب الأفقي (b).

الاستقطاب بالترشيح (الفلترة) يمكن فهم الاستقطاب من خلال الحبل المستخدم كنموذج لموجات الضوء الموضح في **الشكل 16–4**، حيث تمثّل الموجة الميكانيكية المستعرضة في الحبل الموجات الضوئية المستعرضة، أما الشق فيمثل ما يعرف بمحور الاستقطاب لوسط الاستقطاب. فعندما تكون موجات الحبل موازية للشق تعبر من خلاله، أما عندما تكون الموجات متعامدة مع الشق فلا تعبر من خلاله، بل تُحجب. وتحتوي أوساط الاستقطاب جزيئات طويلة تتمكن من خلالها الإلكترونات من التذبذب، أو الحركة إلى الأمام وإلى الخلف، وجميعها في الاتجاه نفسه. فعندما ينتقل الضوء عابرًا الجزيئات تمتص الإلكترونات الموجات الضوئية التي تتذبذب في اتجاه تذبذب الإلكترونات نفسه. وتسمح هذه العملية للموجات الضوئية المتذبذبة في اتجاه معيّن بالعبور من خلالها، في حين تمتص الموجات المتذبذبة في الاتجاه الآخر. ويُسمى اتجاه وسط الاستقطاب المتعامد مع الجزيئات الطويلة محور الاستقطاب. والموجات التي تتمكن من العبور هي فقط تلك الموجات المتذبذبة بصورة موازية للمحور.

يحتوي الضوء العادي على موجات تتذبذب في كل اتجاه عموديّ على اتجاه انتقالها. فإذا وضع وسط الاستقطاب في طريق حزمة من الضوء العادي فإن مركّبات الموجات التي ستنفذ من خلاله هي فقط تلك المركّبات التي تكون في اتجاه محور الاستقطاب نفسه. وينفذ في المتوسط من خلال وسط الاستقطاب نصف اتساع الضوء الكلي، لذا تنخفض شدة الضوء بمقدار النصف. وينتُج وسط الاستقطاب ضوءًا مستقطبًا، ويُسمى مثل هذا الوسط مرشِّح (فلتر) الاستقطاب.

الاستقطاب بالانعكاس عندما تنظر من خلال مرشِّح استقطاب إلى الضوء المنعكس عن لوح زجاجيّ وتُدوّر المرشّح ستلاحظ أن الضوء يسطع ثم يخفت. وهذا يعني أنه حدث استقطاب جزئيّ للضوء في اتجاه سطح الزجاج عندما انعكس؛ أي أن الأشعة الضوئية المنعكسة تحتوي على كمية كبيرة من الضوء المتذبذب بشكل موازٍ لسطح الزجاج. واستقطاب الضوء المنعكس عن الطرق هو السبب في تقليل التوهج عند استخدام النظارات الشمسية المستقطبة. ونستدل من حقيقة تغيّر شدة الضوء المنعكس عن الطرق نتيجة تدوير النظارات الشمسية المستقطبة ـ على أن الضوء المنعكس مستقطب جزئيًّا. ويثبت مصوّرو الفوتوغراف مرشِّحات الاستقطاب على عدسات الكاميرا لحجب الضوء المنعكس، كما موضّح في **الشكل 17–4**.

■ **الشكل 17–4** التقطت هذه الصورة لمتجر دون استخدام فلتر استقطاب؛ ويظهر فيها توهج الضوء على سطح النافذة (a). والتقطت الصورة للمشهد نفسه باستخدام فلتر استقطاب (b).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

■ **الشكل 18–4** عندما يتم ترتيب مرشّحي استقطاب بحيث يكون محورا استقطابهما متوازيين، تنفذ من خلالهما أكبر كمية من الضوء **(a)**. ولن ينفذ الضوء من خلال مرشّحي الاستقطاب إذا تم ترتيبهما بحيث يكون محورا استقطابهما متعامدين **(b)**.

تحليل الاستقطاب افترض أنك حصلت على ضوء مستقطَب باستخدام مرشّح استقطاب، فماذا يحدث إذا وضعت مرشّح استقطاب آخر في مسار الضوء المُستقطَب؟ إذا كان محور الاستقطاب لمرشّح الاستقطاب الثاني موازيًا لمحور الاستقطاب لمرشّح الاستقطاب الأول فسينفذ الضوء من خلاله، كما في **الشكل 18a–4**. أما إذا كان محورا الاستقطاب لمرشّحي الاستقطاب متعامدين فلن ينفذ الضوء من خلال المرشح، كما يتضح من **الشكل 18b–4**.

ويُسمّى القانون الذي يوضح مدى انخفاض شدة الضوء عندما يعبر من خلال مرشّح استقطاب ثانٍ **قانون مالوس**. فإذا كانت شدة الضوء بعد مروره في مرشّح الاستقطاب الأول هي I_1 فإن مرشّح الاستقطاب الثاني، الذي يصنع محور استقطابه زاوية مقدارها θ مع محور استقطاب المرشّح الأول، سينتج ضوءًا شدته I_2، بحيث تكون أقل من I_1 أو تساويها.

قانون مالوس $I_2 = I_1 \cos^2 \theta$

إن شدة الضوء الخارج من مرشّح الاستقطاب الثاني تساوي شدة الضوء الخارج من مرشّح الاستقطاب الأول مضروبًا في مربع جيب تمام الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشّحين.

تستطيع باستخدام قانون مالوس أن تُقارن بين شدة الضوء الخارج من مرشّح الاستقطاب الثاني وشدة الضوء الخارج من مرشّح الاستقطاب الأول، ومن ثَم تستطيع تحديد الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشّحين. ويُسمى مرشّح الاستقطاب الذي يستخدم قانون مالوس لتحقيق ما تقدم «المحلِّل». وتستخدم المحلِّلات لتحديد استقطاب الضوء المنبعث من أي مصدر ضوئي.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

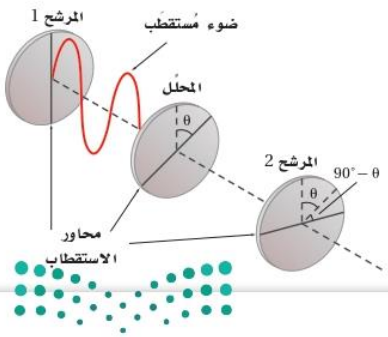
تجربة عملية

كيف يمكنك التقليل من الوهج؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

مسألة تحفيز

إذا وضعت مرشّحًا محلِّلًا بين مرشّحين متقاطعين (محورا استقطابهما متعامدان)، بحيث لا يوازي محور استقطابه أيًّا من محوري استقطاب المرشّحين المتقاطعين، كما هو موضح في الشكل المجاور.

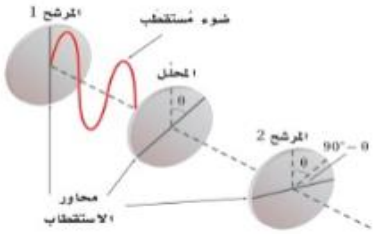


1. فإنك تلاحظ أن قسمًا من الضوء يمر من خلال المرشح 2، على الرغم من أنه لم يكن هناك ضوء يمر من خلاله قبل إدخال المرشّح المحلِّل. فلمَ يحدث ذلك؟
2. إذا وضع المرشّح المحلّل بحيث يصنع محوره زاوية θ بالنسبة لمحور استقطاب المرشّح 1 فاشتق معادلة لحساب شدة الضوء الخارج من المرشّح 2 مقارنة بشدة الضوء الخارج من المرشّح 1.

الإجابة في الصفحة التالية

مسألة تحفيز

إذا وضعت مرشّحًا محلّلًا بين مرشّحين متقاطعين (محورا استقطابهما متعامدان)، بحيث لا يوازي محور استقطابه أيًّا من محوري استقطاب المرشّحين المتقاطعين، كما هو موضح في الشكل المجاور.



1. فإنك تلاحظ أن قسمًا من الضوء يمر من خلال المرشح 2، على الرغم من أنه لم يكن هناك ضوء يمر من خلاله قبل إدخال المرشّح المحلّل. فلمَ يحدث ذلك؟

يسمح المرشّح المحلّل لبعض الضوء بالمرور من خلاله، لأن محور استقطابه ليس متعامدا مع محور استقطاب المرشّح الأول. ويستطيع الآن مرشّح الاستقطاب الثانى تمرير الضوء المار من المرشّح المحلّل لكون محور استقطاب المرشّح المحلّل غير متعامد مع محور استقطاب المرشّح الثانى.

2. إذا وضع المرشّح المحلّل بحيث يصنع محوره زاوية θ بالنسبة لمحور استقطاب المرشّح 1 فاشتق معادلة لحساب شدة الضوء الخارج من المرشّح 2 مقارنة بشدة الضوء الخارج من المرشّح 1.

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

I_1 تمثّل شدة الضوء الخارجة من المرشّح الأول، و $I_{المحلل}$ تمثّل شدة الضوء الخارجة من المرشّح المحلّل، و I_2 تمثّل شدة الضوء الخارجة من المرشّح الثاني.

$$I_{المحلل} = I_1 \cos^2\theta$$

$$I_2 = I_{المحلل} \cos^2(90° - \theta)$$

$$I_2 = I_1 \cos^2(\theta)\cos^2(90° - \theta)$$

سرعة الموجات الضوئية The Speed of a Light Waves

تعلمت سابقًا أنّ الطول الموجي λ لموجة هو دالة رياضية في سرعة الموجة v للوسط الذي تنتقل فيه، وفي ترددها الثابت f. ويمكن وصف الضوء بواسطة النماذج الرياضية نفسها التي تستخدم في وصف الموجات عمومًا؛ لأن الضوء له خصائص موجية. ويكون الطول الموجي لضوء ذي تردد معلوم ينتقل في الفراغ عبارة عن دالة رياضية في سرعة الضوء c، حيث يمكن كتابتها على النحو الآتي: $\lambda_0 = c / f$. ولقد زوّدنا تطور الليزر في ستينيات القرن الماضي بطرائق جديدة لقياس سرعة الضوء. كما يمكن قياس تردد الضوء بدقة متناهية؛ وذلك باستخدام أجهزة الليزر والزمن المعياري الذي تزودنا به الساعات الذرية. في حين يتم قياس الأطوال الموجية للضوء بدقة أقل كثيرًا.

رموز الكتب

يرمز لكمية التردد Frequency في كتاب الكيمياء بالرمز v (نيو) وبالرمز f في كتاب الفيزياء؛ وكلاهما صحيحان ويعبران عن نفس الكمية.

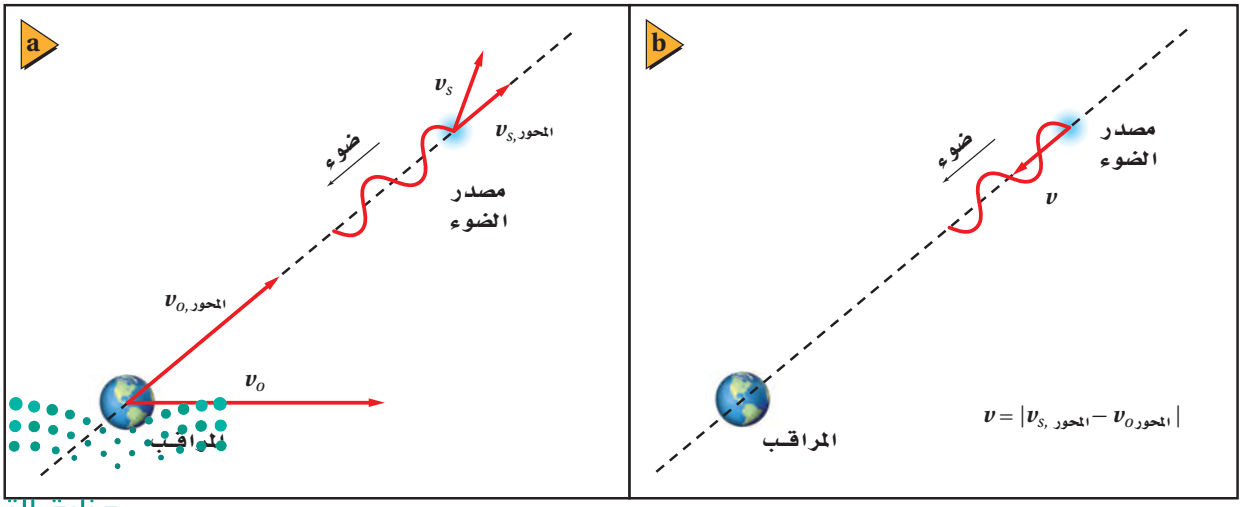
لألوان الضوء المختلفة ترددات وأطوال موجية مختلفة، ولكنها تنتقل جميعها في الفراغ بسرعة تساوي سرعة الضوء c. فإذا كان تردد موجة الضوء في الفراغ معروفًا أمكنك عندئذٍ حساب طولها الموجي، والعكس صحيح؛ وذلك لأن جميع الأطوال الموجية للضوء تنتقل في الفراغ بالسرعة نفسها. ويمكنك باستخدام القياسات الدقيقة لتردد الضوء وسرعته حساب قيمة دقيقة لطوله الموجي.

الحركة النسبية والضوء ماذا يحدث إذا تحرك مصدر الضوء في اتجاهك أو تحركت أنت في اتجاه مصدر الضوء؟ تعلّمت سابقًا أنه إذا كان مصدر الصوت أو المستمع متحركًا فسيتغير تردّد الصوت الذي يسمعه المستمع، وهذا صحيح أيضًا بالنسبة للضوء. فإذا أخذت بعين الاعتبار السرعة المتجهة لكلٍّ من مصدر الصوت والمراقب فإنك بذلك تكون قد راعيت السرعة المتجهة لكلٍّ منهما بالنسبة للوسط الذي ينتقل فيه الصوت.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

يتضمن تأثير دوبلر في الضوء السرعة المتجهة لكلٍّ من المصدر والمراقب إحداهما بالنسبة إلى الآخر فقط؛ وذلك لأن موجات الضوء ليست اهتزازات لجسيمات الوسط الميكانيكي، كما هو الحال في الموجات الصوتية. ويُسمّى مقدار الفرق بين السرعتين المتجهتين لكلٍّ

الشكل 19–4 تختلف السرعة المتجهة للمراقب عن السرعة المتجهة لمصدر الضوء **(a)**. مقدار الطرح المتجهي لمركّبتي السرعة المتجهة على امتداد المحور بين مصدر الضوء ومراقب الضوء يمثل السرعة النسبية على امتداد المحور بين المصدر والمراقب v **(b)**.



من المصدر والمراقب بالسرعة النسبية. والعوامل المؤثرة في تأثير دوبلر هي فقط مركّبتا السرعتين المتجهتين على امتداد المحور بين المصدر والمراقب، كما في **الشكل 19–4**.

تأثير دوبلر لدراسة تأثير دوبلر في الضوء يمكن تبسيط المسألة باعتبار أن السرعات النسبية المحورية أقل كثيرًا من سرعة الضوء ($v << c$). ويستخدم هذا التبسيط لتكوين معادلة حول تردد الضوء المراقَب $f_{\text{المراقب}}$؛ التي تمثل تردد الضوء كما يراه المراقِب.

تردّد الضوء المُراقَب $f_{\text{المراقب}} = f\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$

تردّد الضوء المُراقَب من مصدر يساوي التردد الحقيقي للضوء المتولد من المصدر، مضروبًا في حاصل جمع واحد إلى (السرعة النسبية على امتداد المحور بين المصدر والمراقب مقسومةً على سرعة الضوء) إذا تحرك كل منهما في اتجاه الآخر، أو حاصل طرح (السرعة النسبية مقسومةً على سرعة الضوء) من الواحد إذا تحركا مبتعدين.

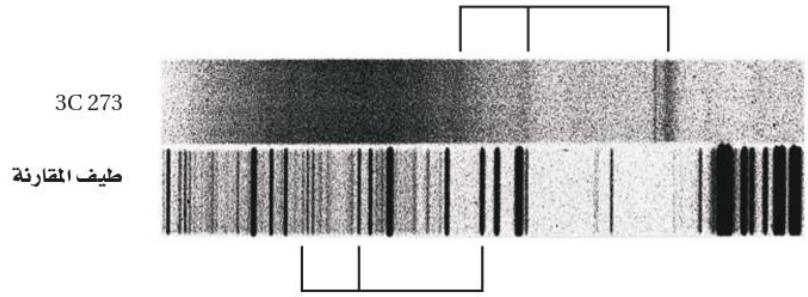
لأن معظم المشاهدات حول تأثير دوبلر في الضوء تمت في سياق علم الفلك فإن معادلة تأثير دوبلر للضوء صيغت بدلالة الطول الموجي بدلاً من التردد. ويمكن استعمال المعادلة الآتية $\lambda = c/f$ والتبسيط $v << c$ لحساب **إزاحة دوبلر** $\Delta\lambda$، التي تمثل الفرق بين الطول الموجي المراقَب للضوء والطول الموجي الحقيقي له.

ازاحة دوبلر $(\lambda_{\text{المراقب}} - \lambda) = \Delta\lambda = \pm \frac{v}{c}\lambda$

الفرق بين الطول الموجي المراقَب للضوء والطول الموجي الحقيقي للضوء الذي يولّده المصدر يساوي الطول الموجي الحقيقي للضوء الذي يولّده المصدر مضروبًا في السرعة النسبية للمصدر والمراقب مقسومًا على سرعة الضوء. وهذه الكمية تكون موجبة إذا تحرّكا مبتعدين أحدهما عن الآخر، وسالبة إذا تحرّكا مقتربين أحدهما من الآخر.

إن التغير الموجب في الطول الموجي يعني أن الضوء مُزاح نحو الأحمر، وهذا يحدث عندما تكون السرعة المتجهة النسبية للمصدر في اتجاه مبتعد عن المراقِب. والتغير السالب في الطول الموجي يعني أن الضوء مُزاح نحو الأزرق، وهذا يحدث عندما تكون السرعة المتجهة النسبية للمصدر في اتجاه مقترب من المراقب. وعندما يزاح الطول الموجي نحو الأحمر يكون التردّد المراقَب أقل؛ نتيجة للعلاقة العكسية بين هذين المتغيرين؛ لأن سرعة الضوء تبقى ثابتة. وعندما يُزاح الطول الموجي نحو الأزرق يكون التردد المراقَب أكبر.

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي



■ **الشكل 20–4** تبدو بوضوح ثلاثة خطوط انبعاث لعنصر الهيدروجين مزاحة نحو الأحمر في طيف الكوازار 3C 273، تم تحديدها من خلال إشارات الخطوط خارج الطيفين. حيث أزيحت أطوالها الموجية 16% تقريبًا مقارنة بالظروف المختبرية.

يستطيع الباحثون تحديد كيفية تحرك الأجسام الفلكية، مثل المجرات، بالنسبة للأرض، وذلك بمراقبة انزياح دوبلر للضوء. ويتم ذلك عن طريق مراقبة طيف الضوء المنبعث من النجوم في المجرة باستخدام جهاز يُسمّى المطياف، كما هو موضح في **الشكل 20–4**. حيث تبعث العناصر الموجودة في نجوم المجرات أطوالاً موجية محدّدة يمكن قياسها في المختبر. وللمطياف القدرة على قياس انزياح دوبلر لهذه الأطوال الموجية.

الربط مع الفلك

اقترح إدوين هابل في عام 1929 أن الكون يتمدد، وتوصل هابل إلى هذه النتيجة بتحليل طيف الانبعاث القادم من عدة مجرات. ولاحظ هابل أن خطوط الطيف للعناصر المألوفة كانت ذات أطوال موجية أطول من المتوقع، حيث كانت خطوط الطيف مزاحة نحو نهاية الطيف ذي اللون الأحمر. وبغض النظر عن مساحة السماء التي راقبها، فقد كانت المجرات ترسل إلى الأرض ضوءًا مزاحًا نحو الأحمر. ترى، ما سبب انزياح خطوط الطيف نحو الأحمر؟ استنتج هابل من ذلك أن المجرات جميعها تتحرك مبتعدة عن الأرض.

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

مسائل تدريبية

11. ما تردّد خط طيف الأكسجين إذا كان طوله الموجي 513 nm؟

12. تتحرك ذرة هيدروجين في مجرة بسرعة 6.55×10^6 m/s مبتعدة عن الأرض، وتبعث ضوءًا بتردّد 6.16×10^{14} Hz. ما التردّد الذي سيلاحظه فلكي على الأرض للضوء المنبعث من ذرة الهيدروجين؟

13. ينظر فلكي إلى طيف مجرة، فيجد أن هناك خطًّا لِطَيْف الأكسجين بالطول الموجي 525 nm، في حين أن القيمة المقيسة في المختبر تساوي 513 nm، احسب سرعة تحرك المجرة بالنسبة للأرض، ووضح ما إذا كانت المجرة تتحرك مقتربة من الأرض أم مبتعدة عنها، وكيف تعرف ذلك؟

الإجابة في الصفحة التالية

11. ما تردّد خط طيف الأكسجين إذا كان طوله الموجي 513 nm؟

استخدم المعادلة $f = \frac{c}{\lambda}$ وحلها بالنسبة لـ f $\quad f = \frac{c}{\lambda}$

$$= \frac{3.00 \times 10^{8}\ \text{m/s}}{5.13 \times 10^{-7}\ \text{m}}$$

$$= 5.85 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

12. تتحرك ذرة هيدروجين في مجرة بسرعة $6.55 \times 10^{6}\ \text{m/s}$ مبتعدة عن الأرض، وتبعث ضوءًا بتردّد $6.16 \times 10^{14}\ \text{Hz}$. ما التردّد الذي سيلاحظه فلكي على الأرض للضوء المنبعث من ذرة الهيدروجين؟

السرعة النسبية على طول المحور أقل كثيرًا من سرعة الضوء. لذا يمكنك استخدام معادلة تردد الضوء المُراقَب. واستخدم الصيغة السالبة لمعادلة تردد الضوء المُراقَب؛ لأن عالم الفلك والمجرة يبتعد أحدهما عن الآخر.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

$$f_{\text{المراقب}} = f\left(1 - \frac{v}{c}\right)$$

$$= (6.16 \times 10^{14}\ Hz\ (1 - \left(\frac{6.55 \times 10^{6}\ \frac{m}{s}}{3.00 \times 10^{8}\ \frac{m}{s}}\right))$$

$$= 6.03 \times 10^{14}\ Hz$$

13. ينظـر فلكي إلى طيف مجرة، فيجـد أن هناك خطًّا لِطَيْف الأكسـجين بالطول الموجـي 525 nm، في حين أن القيمة المقيسـة في المختبر تسـاوي 513 nm، احسب سرعة تحرك المجرة بالنسبة للأرض، ووضح ما إذا كانت المجرة تتحرك مقتربة من الأرض أم مبتعدة عنها، وكيف تعرف ذلك؟

افترض أن السرعة النسبية على امتداد المحور أقل كثيرًا من سرعة الضوء. لذا يمكنك استخدام معادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{المراقب}} - \lambda) = \pm \frac{v}{c}\lambda$$

ويبدو الطول الموجي المُراقب (الظاهري) أكبر من الطول الموجي الحقيقي لخط طيف الأكسجين. وهذا يعني أن الفلكي والمجرة يتحركان مبتعدًا أحدهما عن الآخر؛ لذا استخدم الصيغة الموجبة لمعادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{المراقب}} - \lambda) = +\frac{v}{c}\lambda$$

وحل المعادلة بالنسبة للمتغير المجهول

$$v = \frac{c(\lambda_{\text{المراقب}} - \lambda)}{\lambda}$$

$$= (3.00 \times 10^8 \text{ m/s})\left(\frac{(525 \text{ nm} - 513 \text{ nm})}{513 \text{ nm}}\right)$$

$$= 7.02 \times 10^6 \text{ m/s}$$

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

14. **مزج ألوان الضوء** ما لون الضوء الذي يجب أن يتّحد مع الضوء الأزرق للحصول على الضوء الأبيض؟

الأصفر (مزيج من اللونين الأساسيين الآخرين؛ الأحمر والأخضر)

15. **تفاعل الضوء مع الصبغة** مـا اللون الذي يظهر به الموز الأصفر عندما يُضاء بواسطة كلٍّ مما يأتي؟

a. الضوء الأبيض.

الأصفر

b. الضوء الأخضر والضوء الأحمر معًا.

الأصفر

c. الضوء الأزرق

الأسود

16. **الخصائص الموجية للضوء** سرعة الضوء الأحمر في الهواء والماء أقل مـن سرعته في الفراغ. فإذا علمت أن الـتردد لا يتغير عندما يدخـل الضوء الأحمر في الماء، فهل يتغير الطول الموجي؟ وإذا كان هناك تغير فكيف يكون؟

نعـم؛ لأن $v = \lambda f$ و $\lambda = v/f$؛ لـذا فعندما تقل **v** فإن λ تقل أيضًا.

17. **مزج الأصباغ** ما الألوان الأساسـية للأصباغ التي يجب أن تمـزج لإنتاج اللون الأحمـر؟ وضّح كيف ينتج اللون الأحمر باختزال لون من ألوان الصبغة؟

تستخدم الصبغتان الصفراء والحمراء المزرقة (الأرجواني) في إنتاج اللون الأحمر. فالصبغة الصفراء تختزل اللون الأزرق وصبغة الأحمر المزرق تختزل اللون الأخضر، ولا تختزل أي منهما اللون الأحمر لذا سيعكس المزيج اللون الأحمر

18. **الاستقطاب** صف تجربة بسـيطة يمكنك إجراؤها لتحديد ما إذا كانت النظارات الشمسية المتوافرة في المتجر مستقطبة أم لا.

تحقق ما إذا كانت النظارات تقلل من السطوع الصادر عن السطوح العاكسة، ومنها النوافذ والطرق المعبدة. ويستفيد المصورون الفوتوجرافيون من استقطاب الضوء المنعكس بتصوير الأجسام لحظة التخلص من السطوع

19. **التفكير الناقد** توصّـل الفلكيـون إلى أن مجـرّة الأندروميدا، وهي المجـرّة القريبة من مجرتنا (مجرة درب التبانة)، تتحـرك في اتجاه مجرتنا. وضّح كيف تمكّن العلماء من تحديد ذلك. وهل يمكنك التفكير في دليـل محتمل لاقـتراب مجـرة الأندروميدا من مجرتنا؟

خطوط طيف الانبعاث للذرات المعروفة مزاحة نحو الأزرق في الضوء الذي نراه قادما من جرة الأندروميدا. لذا، فإن مجرة الأندروميدا تتحرك في اتجاه مجرتنا؛ وذلك بسبب قوة الجاذبية. وقد تكون المجرتان متحركتين في مدار متذبذب بعضها حول بعض

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

مختبر الفيزياء

استقطاب الضوء Polarization of Light

إن مصدر الضوء الذي يولّد موجات ضوئية مستعرضة جميعها في المستوى الثابت نفسه يقال إنها مُستقطَبة في ذلك المستوى. ويمكن استخدام مرشّح الاستقطاب لإيجاد مصادر الضوء التي تنتج ضوءًا مستقطبًا. فبعض الأوساط تستطيع أن تُدوّر مستوى استقطاب الضوء في أثناء نفاذ الضوء من خلالها. ومثل هذه الأوساط يقال إنها فعّالة بصريًّا. وستستقصي في هذا النشاط هذه المفاهيم للضوء المستقطب.

سؤال التجربة

ما أنواع الإضاءة؟ وما مصادر الضوء التي تولّد ضوءًا مُستقطبًا؟

الأهداف

- **تجرّب** مستخدمًا مصادر ضوء ومرشِّحات استقطاب مختلفة.
- **تصف** نتائج تجربتك.
- **تميّز** الاستخدامات الممكنة لمرشِّحات الاستقطاب في الحياة اليومية.

احتياطات السلامة

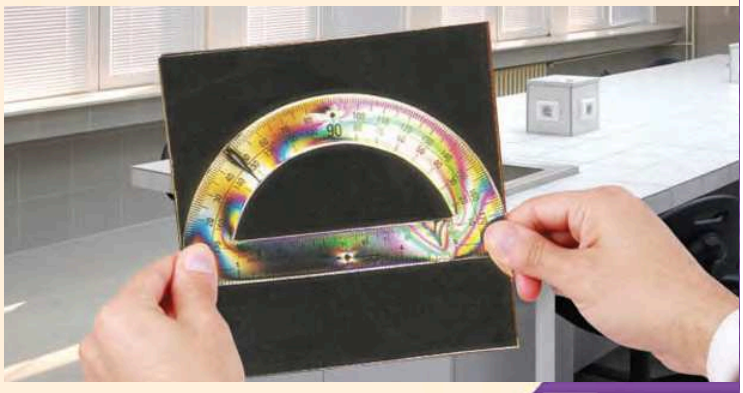
- **قلِّل فترة النظر مباشرة إلى مصادر الضوء الساطعة.**
- **لا تجرِ هذه التجربة باستخدام مصادر أشعة الليزر.**
- **لا تنظر إلى الشمس، حتى لو كنت تستخدم مرشِّحات استقطاب.**
- **تسخن مصادر الضوء وقد تؤدي إلى حرق الجلد.**

المواد والأدوات

لوحا مرشِّح استقطاب
مصدر ضوء متوهج أو ساطع
مصدر ضوء فلورسنتي
قطع من الورق الأبيض والأسود
آلة حاسبة مزودة بشاشة مصنوعة من البلورات السائلة
منقلة بلاستيكية شفافة
مرآة

الخطوات

1. انظر من خلال مرشِّح الاستقطاب إلى مصدر الضوء الساطع، ثم دوّر المرشح، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
2. انظر من خلال مرشّح الاستقطاب إلى مصدر ضوء فلورسنتي، ثم دوّر المرشّح، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
3. استخدم مرشّح الاستقطاب لرؤية الضوء المنعكس بزاوية 45° تقريبًا عن سطح المرآة، ثم دوّر المرشِّح، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
4. استخدم مرشِّح الاستقطاب لرؤية الضوء المنعكس بزاوية 45° تقريبًا عن قطعة ورق، ثم دوّر المرشّح، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
5. استخدم مرشِّح الاستقطاب لرؤية الضوء المنعكس بزاوية 45° تقريبًا عن قطعة ورق سوداء، ثم دوّر المرشِّح، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.



beadaya.com | موقع بداية التعليمي

جدول البيانات		
	مصدر الضوء	الملاحظات
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

6. استخدم مرشِّح الاستقطاب لرؤية الشاشة المصنوعة من البلورات السائلة، ثم دوّر المرشِّح، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
7. ضع مرشِّح استقطاب فوق مرشِّح الاستقطاب الآخر، وانظر إلى المصدر الضوئي المتوهج من خلال هذين المرشِّحين. ثم دوّر أحد المرشِّحين بالنسبة للآخر، وأكمل دورة كاملة، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
8. ضع منقلة بلاستيكية شفافة بين مرشِّحي الاستقطاب، ثم انظر إلى المصدر الضوئي المتوهج من خلال هذه المجموعة، وأكمل دورة كاملة لأحد المرشِّحين. ثم ضع المرشِّحين بالطريقة نفسها التي اتبعتها في الخطوة 7 والتي لم ينتج عندها الضوء، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.

التحليل

1. **فسّر البيانات** هل ينتج الضوء المتوهج ضوءًا مستقطبًا؟ كيف تعرف ذلك؟
2. **فسّر البيانات** هل ينتج الضوء الفلورسنتي ضوءًا مستقطبًا؟ كيف تعرف ذلك؟
3. **فسّر البيانات** هل ينتج انعكاس الضوء عن سطح مرآة ضوءًا مستقطبًا؟ كيف تعرف ذلك؟
4. **قارن** كيف يُقارَن الضوء المنعكس عن الورقة البيضاء بالضوء المنعكس عن الورقة السوداء بدلالة الضوء المستقطب؟ ولماذا يختلفان؟
5. **فسّر البيانات** هل الضوء المنبعث من شاشات البلورات السائلة مستقطب؟ كيف تعرف ذلك؟

الاستنتاج والتطبيق

1. **حلّل واستنتج** كيف يمكن استخدام مرشِّحي استقطاب بحيث يمنعان عبور أي ضوء خلالهما؟
2. **حلّل واستنتج** لماذا يمكن رؤية المنقلة البلاستيكية الشفافة بين مرشِّحي الاستقطاب بينما لا يمكن رؤية أي شيء آخر من خلال مرشِّحي الاستقطاب؟
3. **استخلاص النتائج** أيّ نوع من الحالات تُنتج عمومًا ضوءًا مستقطبًا؟

التوسع في البحث

1. انظر في يوم مشمس، إلى استقطاب السماء الزرقاء في المناطق القريبة من الشمس والمناطق البعيدة عنها مستخدمًا مرشِّح استقطاب. **تحذير: لا تنظر مباشرة إلى الشمس.** ما خصائص الضوء المستقطب التي تلاحظها؟
2. هل الضوء المنعكس عن الغيوم مستقطب؟ أعط دليلاً على ذلك.

الفيزياء في الحياة

1. لماذا تُستعمل عدسات مستقطبة في صناعة النظارات ذات الجودة العالية؟
2. لماذا تعد النظارات المستقطبة أفضل من النظارات الملوّنة عند قيادة السيارة؟

الإجابة في الصفحة التالية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التحليل

1. فسّر البيانات هل ينتج الضوء المتوهج ضوءًا مستقطبًا؟ كيف تعرف ذلك؟

لا، الضوء المتوهج غير مستقطب. يولد مصدر الضوء المتوهج ضوءا ينتشر في جميع الاتجاهات المتعامدة مع اتجاه الانتشار

2. فسّر البيانات هل ينتج الضوء الفلورسنتي ضوءًا مستقطبًا؟ كيف تعرف ذلك؟

الضوء الفلورسنتي مستقطب قليلا. وعندما يدور مرشح الاستقطاب يخفت الضوء بعض الشيء.

3. فسّر البيانات هل ينتج انعكاس الضوء عن سطح مرآة ضوءًا مستقطبًا؟ كيف تعرف ذلك؟

نعم تولد السطوح اللامعة ضوءا مستقطبا

4. قارن كيف يُقارَن الضوء المنعكس عن الورقة البيضاء بالضوء المنعكس عن الورقة السوداء بدلالة الضوء المستقطب؟ ولماذا يختلفان؟

يكون الضوء المنعكس عن الورقة البيضاء غير مستقطب، أما الضوء المنعكس عن الورقة السوداء فيكون مستقطبا؛ لان اللون الأسود يمتص معظم الضوء غير المستقطب

5. فسّر البيانات هل الضوء المنبعث من شاشات البلورات السائلة مستقطب؟ كيف تعرف ذلك؟

تولد شاشات البلورات السائلة ضوءاً مستقطبا، فعندما يدار المرشح فإن الشاشة تصبح سوداء عند زاوية معينة

الاستنتاج والتطبيق

1. حلّل واستنتج كيف يمكن استخدام مرشّحي استقطاب بحيث يمنعان عبور أي ضوء خلالهما؟

لن يمر ضوء خلال مرشحي الاستقطاب عندما يكون محورا استقطابهما متعامدين

2. حلّل واستنتج لماذا يمكن رؤية المنقلة البلاستيكية الشفافة بين مرشّحي الاستقطاب بينما لا يمكن رؤية أي شيء آخر من خلال مرشّحي الاستقطاب؟

تدور المنقلة البلاستيكية مستوى استقطاب الضوء بعد مروره من مرشح الاستقطاب الأول؛ لذا فإن كمية قليلة من الضوء يمكن أن تمر من خلال مرشح الاستقطاب الثاني، كما تم توضيحه بوساطة قانون مالوس

3. استخلاص النتائج أيّ نوع من الحالات تُنتج عمومًا ضوءًا مستقطبًا؟

يكون معظم الضوء مستقطبا عندما ينعكس عن السطوح الامعة أو عندما يمر خلال وسط فعال بصريا كشاشات البلورات السائلة

التوسع في البحث

1. انظر في يوم مشمس، إلى استقطاب السماء الزرقاء في المناطق القريبة من الشمس والمناطق البعيدة عنها مستخدمًا مرشّح استقطاب. تحذير: لا تنظر مباشرة إلى الشمس. ما خصائص الضوء المستقطب التي تلاحظها؟

ضوء السماء الزرقاء مستقطب بشكل كبير

2. هل الضوء المنعكس عن الغيوم مستقطب؟ أعط دليلاً على ذلك.

الضوء المنعكس عن الغيوم غير مستقطب

الفيزياء في الحياة

1. لماذا تُستعمل عدسات مستقطبة في صناعة النظارات ذات الجودة العالية؟ **تساعد العدسات المستقطبة على حجب الوهج أو السطوع الناشئ عن انعكاس الضوء عن السطوح العاكسة**

2. لماذا تعد النظارات المستقطبة أفضل من النظارات الملوّنة عند قيادة السيارة؟

توجد في السيارات عدة سطوح لامعة يمكنها استقطاب الضوء بسهولة

موقع بداية التعليم والتعلم

التقنية والمجتمع

تطورات الإضاءة Advances In Lighting

سجّل التاريخ استخدام الزيت والشموع والغاز لتوفير الإضاءة، فكان هناك دائمًا خطر كامن في استخدام اللهب المكشوف للحصول على الضوء. وجاء اختراع الإضاءة الكهربائية في القرن التاسع عشر، فزودنا بضوء أكثر سطوعًا، كما تحسنت وسائل الأمان والسلامة العامة للناس.

والمصابيح المتوهجة هي الشكل التقليدي للإضاءة الكهربائية الشائعة حتى الآن، حيث تُسخّن فتيلة التنجستن بالكهرباء حتى تتوهّج باللون الأبيض. والتنجستن لا يحترق ولكنه يتبخر، مما يؤدي إلى تلف فتيلة التنجستن، لذا فلن يكون الحصول على الضوء منه فعالًا جدًّا. وقد حدث تطوير في الإضاءة الكهربائية لإنتاج مصادر إضاءة أطول عمرًا وأقل إنتاجًا للحرارة.

تظهر الصور من أعلى اليسار وفي اتجاه حركة عقارب الساعة، الثنائيات الباعثة للضوء، ومصابيح فلورسنتية، ومصباح الهالوجين، ومصباح الغازات المخلخلة في صورة مصابيح النيون.

الصمامات الثنائية الباعثة للضوء

يمكن أن تكون الصمامات الثنائية الباعثة للضوء مصادر الضوء في المستقبل. حيث ينتج الصمام الثنائي ضوءًا أبيض، وذلك بإضاءة شاشة فوسفورية صغيرة جدًّا داخله باستخدام ضوء أزرق. وتعطي هذه الصمامات إضاءة كافية للقراءة، ولا تكاد تنتج حرارة. وتتميز بكفاءتها العالية حيث يمكن لبطارية سيارة تزويد هذه المصابيح بالطاقة الكهربائية لتعمل في المنزل أيامًا عدة دون الحاجة إلى إعادة شحنها.

المصابيح الفلورسنتية يكون التوهج الناتج عن بخار الزئبق غير مرئي؛ لأن معظم طيفه يكون في نطاق الضوء فوق البنفسجي، وهو غير مرئي. لذا يُصنع المصباح الفلورسنتي بطلاء السطح الداخلي لمصباح تخلخل الزئبق بالفوسفور، وهو عنصر كيميائي يتوهّج عندما يصطدم به الضوء فوق البنفسجي. وتصنع المصابيح الفلورسنتية بأي لون؛ وذلك بتغيير المزيج المتكوّن من الفوسفور الأحمر والأخضر والأزرق. وهي مصابيح اقتصادية، وتعمر طويلا؛ لأنها تنتج حرارة قليلة، إضافةً إلى إنتاجها كمية كبيرة من الضوء.

مصابيح الكوارتز-الهالوجين لحماية الفتيلة من التلف يُصنع المصباح صغيرًا جدًّا ومملوءًا بغاز البرومين أو اليود. حيث تتّحد أيونات التنجستن الموجودة في الفتيلة بجزيئات الغاز في الحيز البارد من المصباح لتكوين مركّب يدور خلال المصباح ويتحد ثانية بالفتيلة. ويكون الضوء الناتج ناصع البياض وساطعًا، لكنه يولد حرارة تؤدي إلى صهر المصباح الزجاجي العادي، لذا يستخدم الكوارتز الذي له درجة انصهار عالية.

مصابيح الغازات المخلخلة يصنع هذا النوع من المصابيح من أنبوب زجاجي مع أسلاك كهربائية (قطب كهربائي) مثبتة عند طرفي الأنبوب، ويستخرج الهواء جميعه من داخل الأنبوب ويوضع مكانه كمية قليلة جدًّا من غاز محدد. وعند تطبيق فرق جهد بين طرفي الأنبوب، تؤين الكهرباء ذرات الغاز. ويُعدّ الغاز المؤيّن موصلاً جيدًا للكهرباء، لذا يسري التيار الكهربائي خلاله، ويتوهّج الغاز.

يعتمد استخدام مصابيح الغازات المخلخلة على نوع الغاز؛ إذ يستخدم غاز النيون في لوحات الإعلانات، ويستخدم غاز الزنون في الكشّافات وفي وامضات آلات التصوير، كما يستخدم غاز الصوديوم في مصابيح إنارة الشوارع. ويعطي كل غاز لونًا مختلفًا إلا أن تراكيب المصابيح تكون متشابهة إلى حدٍّ كبير.

التوسع

1. **لاحظ** بمساعدة معلمك بعض الأجهزة التي تستخدم الأضواء، وافحص بعضها لترى أنواع التقنيات المستخدمة في المصابيح.

الأجهزة الغريبة (مثل كرات البلازما) عبارة عن مصابيح غازات مخلخلة لا تحتوي على أقطاب

2. **ابحث** في التركيب الداخلي لبعض أنواع مصابيح تفريغ الغاز بالإضافة إلى خصائص لون الضوء لكل منها ومجالات استخدامها اليومية العادية.

بداية | موقع بداية التعليمي beadaya.com

الفصل 4
دليل مراجعة الفصل

4–1 الاستضاءة Illumination

المفردات

- نموذج الشعاع الضوئي
- المصدر المضيء
- المصدر المستضيء (المُضَاء)
- الوسط غير الشفاف (المعتم)
- الوسط الشفاف
- الوسط شبه الشفاف
- التدفق الضوئي
- الاستضاءة

المفاهيم الرئيسة

- ينتقل الضوء في خط مستقيم خلال أي وسط منتظم.
- يمكن تصنيف المواد على أنها شفافة، أو شبه شفافة أو غير شفافة (معتمة)، اعتمادًا على كمية الضوء التي تعكسها، أو تنفذها أو تمتصها.
- التدفق الضوئي لمصدر ضوئي هو المعدل الذي ينبعث به الضوء، ويقاس بوحدة لومن lm.
- الاستضاءة هي التدفق الضوئي لكل وحدة مساحة، وتقاس بوحدة لوكس lx، أو لومن لكل متر مربع lm/m^2.
- الاستضاءة بفعل مصدر ضوء نقطي تتناسب عكسيًّا مع مربع المسافة وطرديًّا مع التدفق الضوئي.

$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$

- سرعة الضوء في الفراغ ثابتة وتساوي $c = 3.00 \times 10^8\ m/s$.

4–2 الطبيعة الموجية للضوء The Wave Nature of Light

المفردات

- الحيود
- اللون الأساسي
- اللون الثانوي
- الصبغة الأساسية
- الصبغة الثانوية
- الألوان المتمِّمة
- الاستقطاب
- قانون مالوس
- إزاحة دوبلر

المفاهيم الرئيسة

- للضوء المرئي أطوال موجية تتراوح بين 400 nm و 700 nm.
- يتكوّن الضوء الأبيض من تراكب ألوان الطيف، ولكل لون طول موجي خاص به.
- تراكب الألوان الأساسية (الأحمر والأخضر والأزرق) يكوّن الضوء الأبيض. ويشكّل تراكب لونين أساسيين أحد الألوان الثانوية الآتية: الأصفر، الأزرق الفاتح، الأحمر المزرقّ.
- يتكوّن الضوء المستقطَب من موجات تتذبذب في المستوى نفسه.
- عند استخدام مرشِّحي استقطاب لاستقطاب الضوء فإن شدة الضوء الخارج من المرشِّح الأخير تعتمد على الزاوية بين محوري الاستقطاب لمرشِّحي الاستقطاب.

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta$$

- يمكن تمييز موجات الضوء المنتقلة خلال الفراغ بدلالة كل من تردّدها وطولها الموجي وسرعتها.

$$\lambda_0 = \frac{c}{f}$$

- تتعرّض موجات الضوء لإزاحة دوبلر، التي تعتمد على السرعة النسبية على امتداد المحور بين المراقِب ومصدر الضوء.

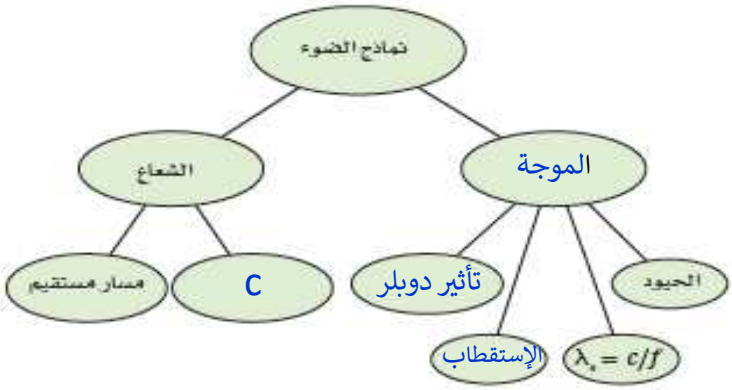
$$f_{\text{المراقَب}} = f\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$$

$$\Delta\lambda = (\lambda_{\text{المراقَب}} - \lambda) = \pm \frac{v}{c}\lambda$$

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

خريطة المفاهيم

20. أكمل خريطة المفاهيم الآتية باستخدام المصطلحات الآتية: الموجة، c، تأثير دوبلر، الاستقطاب.



إتقان المفاهيم

21. لا ينتقل الصوت خلال الفراغ، فكيف تعرف أن الضوء ينتقل في الفراغ؟(1-4)

يصل ضوء الشمس إلينا من خلال الفراغ

22. فرّق بين المصدر المضيء والمصدر المستضيء. (1-1)

يبعث الجسم المضيء الضوء أما الجسمُ المستضيء (المضاء) فهو ذلك الجسم الذي يسقط عليه الضوء ثم ينعكس

23. انظر بعناية إلى مصباح متوهج تقليدي. هل هو مصدر مضيء أم مصدر مستضيء؟ (1-1)

إنه مضاء بصورة رئيسة؛ فالفتيلة مضيئة، أما زجاج المصباح فهو مستضيء (مضاء)

24. اقترح طريقة تمكنك من رؤية الأجسام العادية غير المضيئة في غرفة الصف. (1-1)

ترى الأجسام العادية غير المضيئة عن طريق عكسها للضوء

25. فرّق بين الأجسام الشفافة وشبه الشفافة وغير الشفافة (المعتمة). (1-1)

يمر الضوء من خلال الوسط الشفاف دون تشوه ونرى الأجسام من خلاله و يمرر الوسط شبه الشفاف الضوء إلا أنه يشوهه؛ لذلك لا يمكن تمييز الأجسام عند النظر إليها من خلاله، أما الوسط المعتم فلا يمرر الضوء ولا نرى الأجسام من خلاله

26. ما الذي يتناسب طرديًا مع استضاءة سطح بمصدر ضوئي؟ وما الذي يتناسب معه عكسيًا؟ (1-1)

تتناسب الاستضاءة على سطح ما طرديا مع شدة إضاءة مصدر الضوء وتتناسب عكسيا مع مربع المسافة بين السطح ومصدر الضوء

27. ما افتراض جاليليو بالنسبة لسرعة الضوء؟ (1-4)

سرعة الضوء كبيرة جدا إلا أنها محددة

28. لماذا يعد حيود الموجات الصوتية أكثر شيوعًا في الحياة اليومية من حيود الموجات الضوئية؟ (2-1)

يكون الحيود أكثر وضوحا حول العوائق التي تكون أبعادها مساوية للطول الموجي للموجة تقريبا. وأغلب العوائق التي حولنا ذات أبعاد تحيد موجات الصوت ذات الطول الموجي الكبير

29. ما لون الضوء الذي لديه أقصر طول موجي؟ (2-1)

الضوء البنفسجي

beadaya.com | بداية التعليمي

30. ما مدى الأطوال الموجية للضوء، بدءًا من الأقصر إلى الأطول؟ (2-1)

من 400 nm إلى 700 nm .

31. ما الألوان التي يتكوّن منها الضوء الأبيض؟ (2-1)

يتركب الضوء الأبيض من الألوان جميعها، أو من الألوان الأساسية على الأقل

32. لماذا يظهر جسم ما باللون الأسود؟ (2-1)

يظهر الجسم باللون الأسود ، لأن قليلا من الضوء – إن وجد – ينعكس عن الجسم

33. هل يمكن أن تكون الموجات الطولية مستقطبة؟ وضح إجابتك. (2-4)

لا؛ لانه ليس لها مركبات مستعرضة.

34. تبعث مجرة بعيدة خطًّا طيفيًّا في منطقة اللون الأخضر من الطيف الضوئي، فهل ينزاح الطول الموجي المُراقَب على الأرض إلى الضوء الأحمر أو إلى الضوء الأزرق؟ وضح إجابتك. (2-1)

لما كانت المجرة بعيدة فانها ستبدو كانها تتحرك مبتعدة عن الأرض، وسيزاح الطول الموجي في اتجاه اللون الأحمر ذي الطول الموجي الكبير

35. ماذا يحدث للطول الموجي للضوء عندما يزداد تردده؟ (2-1)

كلما ازداد التردد قل الطول الموجي

تطبيق المفاهيم

36. يقع مصدر ضوء نقطي على بُعد 2.0 m من الشاشة A، وعلى بُعد 4.0 m من الشاشة B، كما يتضح من الشكل 21-1. قارن بين الاستضاءة على الشاشة B والاستضاءة على الشاشة A؟

الشكل 21-1

لما كانت الاستضاءة $E\alpha\frac{1}{2}$

ستكون عند الشاشة B ربع الاستضاءة عند الشاشة A.

37. **مصباح الدراسة** يبعد مصباح صغير مسافة 35 cm من صفحات كتاب، فإذا ضاعفت المسافة:

a. فهل تبقى الاستضاءة على الكتاب هي نفسها دون تغيير؟

لا.

b. إذا لم تكن كذلك فكم تكون أكبر أو أصغر؟

الاستضاءة على بُعد 35 cm أكبر، وتكون الاستضاءة عند مضاعفة المسافة $\frac{1}{4}$ القيمة الأولى

38. لماذا يُطلى السطح الداخلي للمناظير وآلات التصوير باللون الأسود؟

يُطلى السطح الداخلي باللون الأسود؛ لأنه لا يعكس أي كمية من الضوء؛ لذا لا يكون هناك تداخل للضوء في أثناء مشاهدة الأجسام أو في أثناء تصويرها.

بدايـة
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

39. **لون إضاءة الشوارع** تحتوي بعض مصابيح الشوارع الفعّالة جدًّا على بخار الصوديوم تحت ضغط عالٍ. وتنتج هذه المصابيح ضوءًا معظمه أصفر وجزء قليل منه أحمر. هل تستخدم المجتمعات التي فيها مثل هذه المصابيح سيارات شرطة ذات لون أزرق فاتح؟ ولماذا؟

لن تكون سيارات الشرطة ذات اللون الأزرق الفاتح مرئية ، لأنها تمتص الضوء الأحمر والضوء الأصفر. ويتعين عليهم شراء سيارات صفراء أو طلاء سيارتهم باللون الأصفر، حيث

ارجع إلى الشكل 22–1 عند حل المسألتين الآتيتين.

الشكل 22–1

40. ماذا يحدث للاستضاءة على صفحات الكتاب عند تحريك المصباح بعيدًا عن الكتاب؟

تتناقص الاستضاءة كما تم وصفها بقانون التربيع العكسي.

41. ماذا يحدث لشدّة إضاءة المصباح عند تحريكه بعيدًا عن الكتاب؟

لا يوجد تغير، لا تؤثر المسافة في شدة الإضاءة.

42. **الصور المستقطبة** يضع مصورو الفوتوجراف مرشّحات استقطاب فوق عدسات الكاميرا لكي تبدو الغيوم أكثر وضوحًا، فتبقى الغيوم بيضاء في حين تبدو السماء داكنة بصورة أكبر. وضح ذلك معتمدًا على معرفتك بالضوء المستقطَب.

يعد الضوء المُشتّت من الغلاف الجوي ضوءًا مستقطبًا، إلا أن الضوء المُشتّت عن الغيوم غير مستقطب. حيث يقلّل المصوّر كمية الضوء المستقطب الذي يصل إلى الفيلم عن طريق تدوير المرشّح.

43. إذا كان لديك الأصباغ الآتية: الصفراء والزرقاء الفاتحة والحمراء المزرقّة فكيف تستطيع عمل صبغة زرقاء اللون؟ وضح إجابتك.

مزج الصبغة الزرقاء الفاتحة بالصبغة الحمراء المزرقة (الأرجوانية).

44. إذا وضعت قطعة سلوفان حمراء على مصباح يدوي، ووضعت قطعة سلوفان خضراء على مصباح آخر، وسلّطت حزمًا ضوئية على حائط أبيض اللون فما الألوان التي ستراها عندما تتراكب الحزم الضوئية للمصباحين؟

الأصفر.

بداية
موقع بداية التعليمي
bedaya.com

45. تبدو التفاحة حمراء لأنها تعكس الضوء الأحمر وتمتص الضوء الأزرق والضوء الأخضر.

a. لماذا يظهر السلوفان الأحمرُ أحمرَ اللون عند النظر إليه من خلال الضوء المنعكس؟

يعكس السلوفان الضوء الأحمر، ويمتص أو يمرّر الضوءين الأزرق والأخضر.

b. لماذا يظهر مصباح الضوء الأبيض أحمر اللون عند النظر إليه من خلال السلوفان الأحمر؟

يمر ر السلوفان الضوء الأحمر

c. ماذا يحدث لكل من: الضوء الأزرق والضوء الأخضر؟

تم امتصاص الضوء الأزرق والضوء الاخضر

46. في المسألة السابقة، إذا وضعت قطعتي السلوفان الحمراء والخضراء على أحد المصباحين، وسلّطت حزمة ضوئية منه على حائط أبيض اللون، فما اللون الذي ستراه؟ وضح إجابتك.

الأسود؛ غالبًا لا ينفذ ضوء؛ لأن الضوء المار من خلال المرشح الأول يُمتص عن طريق المرشح الثاني.

47. **مخالفة السير** تخيل أنك شرطي مرور، وأوقفت سائقًا تجاوز الإشارة الحمراء، وافترض أيضًا أن السائق وضّح لك من خلال رسم **الشكل 23–4** أن الضوء كان يبدو أخضر بسبب تأثير دوبلر عندما قطع الإشارة. وضّح له مستخدمًا معادلة إزاحة دوبلر، كم يجب أن تكون سرعته حتى يبدو الضوء الأحمر ($\lambda = 645\ nm$) على شكل ضوء أخضر ($\lambda = 545\ nm$). تلميح: افترض لحل هذه المسألة أن معادلة إزاحة دوبلر يمكن تطبيقها عند هذه السرعة.

الشكل 23–4

$$(\frac{645nm - 545nm}{645nm})(3.00 \times 10^8 m/s) = 4.65 \times 10^7 m/s$$

حتى يبدو الضوء الأحمر على شكل ضوء أخضر يجب أن تكون سرعة السيارة $4.65 \times 10^7 m/s$ ، لذا فإنه إن لم يحصل على مخالفة بسبب تجاوز الإشارة فإنه سيخالف لأنه تجاوز حد السرعة المقررة.

موقع بداية التعليمي

إتقان حل المسائل

48. أوجد الاستضاءة على مسافة 4.0 m أسفل مصباح تدفقه الضوئي 405 lm.

$$E = \frac{P}{4\pi d^2} = \frac{405\ \text{lm}}{4\pi(4.0\ \text{m})^2} = 2.0\ \text{lx}$$

49. يحتاج الضوء إلى زمن مقداره 1.28 s لينتقل من القمر إلى الأرض. فما مقدار المسافة بينهما؟

$$d = vt = (3.00\times10^8\ \text{m/s})(1.28\ \text{s})$$

$$= 3.84\times10^8\ \text{m}$$

50. يستهلك مصباح كهربائي ثلاثي الضبط قدرة كهربائية 150 W، 100 W، 50 W لإنتاج تدفق ضوئي 2285 lm، 1620 lm، 665 lm في أزرار ضبطه الثلاثة. إذا وضع المصباح على بُعد 80 cm فوق ورقة وكانت أقل استضاءة لازمة لإضاءة الورقة هي 175 lx، فما أقل زر ضبط ينبغي أن يُستخدم؟

$$E = \frac{P}{4\pi d^2}$$

$$P = 4\pi E d^2 = 4\pi(175\ \text{lx})(0.80\ \text{m})^2$$

$$= 1.4\times10^3\ \text{lm}$$

لذا يجب ضبطه على 100 W (1620 lm).

beadaya.com | بداية للتعليمي

51. **سرعة الأرض** وجد العالم أولي رومر أن متوسط زيادة التأخير في اختفاء القمر Io أثناء دورانه حول المشتري من دورة إلى التي تليها يساوي 13 s، فأجب عما يلي:

a. ما المسافة التي يقطعها الضوء خلال 13 s؟

$$3.9\times10^{9}\ \text{m}$$

b. تحتاج كل دورة للقمر Io إلى 42.5 h، وتتحرك الأرض المسافة المحسوبة في الفرع a خلال 42.5 h. أوجد سرعة الأرض بوحدة km/s.

$$v=\frac{d}{t}$$

$$=\left(\frac{3.9\times10^{9}\ \text{m}}{1.53\times10^{5}\ \text{s}}\right)\left(\frac{1\ \text{km}}{1000\ \text{m}}\right)$$

$$=25\ \text{km/s}$$

c. تحقق أن إجابتك للفرع **b** منطقية، واحسب سرعة الأرض في المدار مستخدمًا نصف قطر المدار $1.5\times10^{8}\ \text{km}$ والفترة 1.0 yr.

$$v=\frac{d}{t}=\left(\frac{2\pi(1.5\times10^{8}km)}{365\ day}\right)\left(\frac{1\ day}{24\ h}\right)\left(\frac{1\ h}{3600\ s}\right)$$

$$=3.0\times10^{1}\ km/s,$$

وهذه النتيجة دقيقة إلى حد ما.

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

52. يريد أحد الطلاب مقارنة التدفق الضوئي لمصباح ضوئي يدوي بمصباح آخر تدفقه الضوئي 1750 lm، وكان كل منهما يضيء ورقة بالتساوي. فإذا كان المصباح 1750 lm يقع على بُعد 1.25 m من الورقة، في حين كان المصباح الضوئي اليدوي يقع على بُعد 1.08 m، فاحسب التدفق الضوئي للمصباح اليدوي.

$$E = \frac{P}{4\pi d^2}$$

لما كانت الاستضاءة متساوية

$$E_1 = E_2$$

فإن

$$\frac{P_1}{d_1^2} = \frac{P_2}{d_2^2}$$

أو

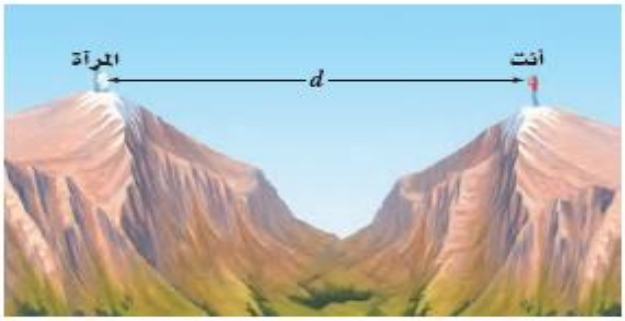
$$P_2 = \frac{P_1 d_2^2}{d_1^2}$$

$$= \frac{(1750\ \text{lm})(1.08\ \text{m})^2}{(1.25\ \text{m})^2}$$

$$= 1.31 \times 10^3\ \text{lm}$$

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

53. افترض أنك أردت قياس سرعة الضوء، وذلك بوضع مرآة على قمة جبل بعيد، ثم قمت بضغط زر وميض آلة تصوير وقياس الزمن الذي احتاج إليه الوميض لينعكس عن المرآة ويعود إليك، كما موضّح في **الشكل 24–4**. وتمكّن شخص من تحديد فترة زمنية مقدارها 0.10 s تقريبًا دون استخدام أجهزة. ما بعد المرآة عنك؟ قارن بين هذه المسافة وبعض المسافات المعروفة.



الشكل 24–4

$$d = vt$$

$$= (3.00 \times 10^8 m/s)(0.1\ s)\left(\frac{1\ km}{1000\ m}\right)$$

$$= 3.0 \times 10^4\ km$$

تكون المرآة عند منتصف المسافة التي ينتقلها الضوء خلال 0.10 s، أي 15000 km.

وهذه المسافة تمثل $\frac{3}{8}$ محيط الأرض، حيث أن:

محيط الأرض يساوى 40000 km.

4—2 الطبيعة الموجية للضوء

54. حوّل الطول الموجي للضوء الأحمر 700 nm إلى وحدة الأمتار.

$$(700\ \text{nm})\left(\frac{1\times10^{-9}\ \text{m}}{1\ \text{nm}}\right) = 7\times10^{-7}\ \text{m}$$

55. حركة المجرة ما السرعة التي تتحرك بها مجرة بالنسبة للأرض، إذا كان خط طيف الهيدروجين 486 nm قد أزيح نحو الأحمر 491 nm؟

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

افترض أن السرعة النسبية على طول المحور أقل كثيرًا من سرعة الضوء، لذا

يمكنك استخدام معادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = \pm\frac{v}{c}\lambda$$

يكون الضوء منزاحا نحو الأحمر ، لذا يكون الفلكى والمجرة متحركين مبتعدا أحدهما عن الآخر، لذا استخدم الصيغة الموجبة لمعادلة الطول الموجى الظاهرى للضوء.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = +\frac{v}{c}\lambda$$

وحل المعادلة بالنسبة إلى المتغير المجهول

$$v = c\frac{(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda)}{\lambda}$$

$$= (3.00\times10^8\ \text{m/s})\left(\frac{491\ \text{nm} - 486\ \text{nm}}{486\ \text{nm}}\right)$$

$$= 3.09\times10^6\ \text{m/s}$$

ونستنتج من ذلك أن الافتراض الأصلي صحيح.

56. **النظارات الشمسية المستقطبة** في أي اتجاه يجب توجيه محور النفاذ للنظارات الشمسية المستقطبة للتخلّص من الوهج الصادر عن سطح الطريق: في الاتجاه الرأسيّ أم الأفقي؟ فسّر إجابتك.

يجب أن يتجه محور النفاذ رأسيًّا؛ لأن الضوء المنعكس عن الطريق يكون مستقطبًا جزئيًّا في الاتجاه الأفقي، فلا يمرّر محور النفاذ الرأسي الموجات الأفقية.

57. **حركة المجرة** إذا كان خط طيف عنصر الهيدروجين المعروف بطول موجي 434 nm مزاحًا نحو الأحمر بنسبة 6.50% في الضوء القادم من مجرة بعيدة، فما سرعة ابتعاد المجرة عن الأرض؟

افترض أن السرعة النسبية على طول المحور أقل كثيرًا من سرعة الضوء؛ لذا يمكنك استخدام معادلة انزياح دوبلر.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = \pm \frac{v}{c}\lambda$$

يكون الضوء منزاحًا نحو الأحمر، لذا يكون الفلكي والمجرة متحركين مبتعدًا أحدهما عن الآخر، لذا استخدم الصيغة الموجبة لمعادلة الطول الموجي الظاهري للضوء.

$$(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = + \frac{v}{c}\lambda$$

وحل المعادلة بالنسبة إلى المتغير المجهول

$$v = c\frac{(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda)}{\lambda}$$

$$= (3.00\times10^{8}\ \text{m/s})\left(\frac{(1.065)(434\ \text{nm}) - 434\ \text{nm}}{434\ \text{nm}}\right)$$

$$= 1.95\times10^{7}\ \text{m/s}$$

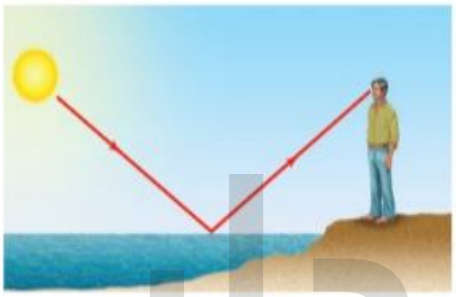
ونستنتج من ذلك أن الافتراض الأصلي صحيح.

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

58. لأي خط طيفي، ما القيمة غير الحقيقية للطول الموجي الظاهري لمجرة تتحرك مبتعدة عن الأرض؟ ولماذا؟

إن القيمة غير الحقيقية للطول الموجي هي التي تجعل المجرة تبدو لنا وكأنها تتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء أو أكبر منها. وباستخدام معادلة إزاحة دوبلر لسرعة قليلة تعطي فرقًا في الطول الموجي مقداره $(\lambda_{\text{الظاهري}} - \lambda) = +\frac{c}{c}\lambda$، وبحل هذه المعادلة فإنها تُعطي طولا موجيًا ظاهريًا مقداره 2λ ؛ وأي طول موجي ظاهري قريب أو أكبر من ضعف الطول الموجي الحقيقي سيكون غير حقيقي.

59. افترض أنك كنت تتجه إلى الشرق عند شروق الشمس. وينعكس ضوء الشمس عن سطح بحيرة، كما في الشكل 25–9، فهل الضوء المنعكس مستقطَب؟ إذا كان كذلك ففي أي اتجاه؟



الشكل 25–1

الضوء المنعكس مستقطب جزئيا في اتجاه موازٍ لسطح البحيرة،ومتعامد مع اتجاه انتشار الضوء من البحيرة إلى عينيك.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

مراجعة عامة

60. إضاءة مصابيح الطرق عمود إنارة يحوي مصباحين متماثلين يرتفعان 3.3 m عن سطح الأرض. فإذا أراد مهندسو البلدية توفير الطاقة الكهربائية وذلك بإزالة أحد المصباحين، فكم يجب أن يكون ارتفاع المصباح المتبقي عن الأرض لإعطاء الاستضاءة نفسها على الأرض؟

$$E = \frac{P}{4\pi d^2}$$

إذا قلّت P بمعامل مقداره 2، وجب أن يقل المقدار d^2 بالمعامل نفسه.

لذا يقل d بمعامل مقداره $\sqrt{2}$ ليصبح

$$\frac{(3.3\ m)}{\sqrt{2}} = 2.3\ m$$

61. مصدر ضوء نقطي شدة إضاءته 10.0 cd ويبعد 6.0 m عن جدار. كم يبعد مصباح آخر شدة إضاءته 60.0 cd عن الجدار إذا كانت استضاءة المصباحين متساوية عنده؟

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

$$E = \frac{I}{d^2}$$

لما كانت استضاءة المصباحين على الجدار متساوية فإن

$$E_1 = E_2$$

لذا فإن

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I_2}{d_2^2}$$

أو

$$d_2 = d_1\sqrt{\frac{I_2}{I_1}} = (6.0\ m)\sqrt{\frac{60.0\ cd}{10.0\ cd}}$$

$$= 15\ m$$

62. **الرعد والبرق** وضح لماذا تحتاج إلى 5 s لسماع الرعد عندما يبعد البرق مسافة 1.6 km.

لا يحتاج الضوء إلى زمن يذكر (5.3 μs)، في حين يحتاج الصوت إلى 4.7 s.

63. **الدوران الشمسي** لأن الشمس تدور حول محورها فإن أحد جوانبها يتحرك في اتجاه الأرض، أما الجانب المقابل فيتحرك مبتعدًا عنها. وتكمل الشمس دورة كاملة كل 25 يومًا تقريبًا، ويبلغ قطرها $1.4\times10^{9}\ m$. فإذا بعث عنصر الهيدروجين في الشمس ضوءًا بتردّد $6.16\times10^{14}\ Hz$ من كلا الجانبين فما التغير في الطول الموجي المراقَب؟

سرعة الدوران تساوي المحيط مقسومًا على الزمن الدوري للدوران

$$v_{\text{دوران}} = \frac{(1.4\times10^{9}\ m)\pi}{(25\ days)(24\ h/day)(3600\ s/h)}$$

$$= 2.04\times10^{3}\ m/s$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$= \frac{3.00\times10^{8}\ m/s}{6.16\times10^{14}\ Hz}$$

$$= 4.87\times10^{-7}\ m$$

$$\Delta\lambda = \pm\frac{v}{c}\lambda$$

$$\Delta\lambda = \pm\frac{v_{\text{دوران}}}{c}\lambda$$

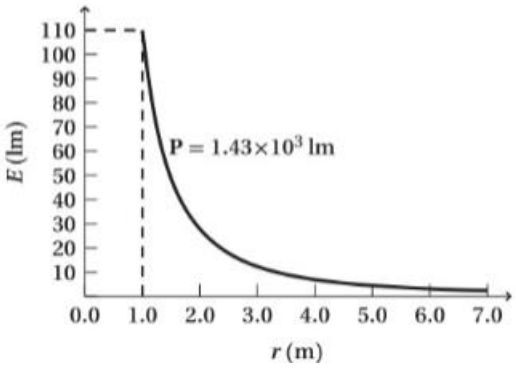
$$= \pm\frac{(2.04\times10^{3}\ m/s)}{(3.00\times10^{8}\ m/s)}(4.87\times10^{-7}\ m)$$

$$= \pm 3.3\times10^{-12}\ m$$

بداية
beadaya.com | منصة عربية التعليمي

التفكير الناقد

64. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها يبعد مصدر ضوئي شدة إضاءته 110 cd مسافة 1.0 m عن شاشة. حدِّد الاستضاءة على الشاشة في البداية، وأيضًا عند كل متر تزداد فيه المسافة حتى 7.0 m، ومثّل البيانات بيانيًّا.



a. ما شكل المنحنى البياني؟

قطع زائد

b. ما العلاقة بين الاستضاءة والمسافة الموضحة بواسطة الرسم البياني؟

تربيع عكسي

65. حلّل واستنتج إذا كنت تقود سيارتك عند الغروب في مدينة مزدحمة ببنايات جدرانها مغطّاة بالزجاج، حيث يؤدي ضوء الشمس المنعكس عن الجدران إلى انعدام الرؤيا لديك مؤقتًا. فهل تحلّ النظارات المستقطبة هذه المشكلة؟

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

نعم، الضوء المنعكس عن الزجاج مستقطب جزئيًا؛ لذا ستقلل نظارات الاستقطاب من السطوع أو الوهج إذا رتّبت محاور استقطابها بصورة صحيحة.

الكتابة في الفيزياء

66. ابحث لماذا لم يتمكن جاليليو من قياس سرعة الضوء؟

67. اكتب مقالاً تصِف فيه تاريخ المعرفة البشرية المتعلقة بسرعة الضوء، وضمّنه إنجازات العلماء المهمة في هذا المجال.

68. ابحث في معلومات النظام الدولي للوحدات SI المتعلقة بوحدة الشمعة cd، وعبّر بلغتك الخاصة عن المعيار الذي يستخدم في تحديد قيمة 1 cd.

مراجعة تراكمية

69. وضِع مرشِّحان ضوئيّان على مصباحين يدويين بحيث يُنفِّذ أحدهما ضوءًا أحمر، ويُنفِّذ الآخر ضوءًا أخضر. إذا تقاطعت الحزمتان الضوئيتان فلماذا يبدو لون الضوء في منطقة التقاطع أصفر، ثم يعود إلى لونه الأصلي بعد التقاطع؟ فسّر بدلالة الموجات. (الفصل 4).

مراجعة تراكمية

69. 8.8 cm

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. شوهد نجم مستعِرٌ في عام 1987 في مجرة قريبة، واعتقد العلماء أن المجرة تبعد 1.66×10^{21} m. ما عدد السنوات التي مضت على حدوث انفجار النجم فعليًّا قبل رؤيته؟

(A) 5.53×10^{3} yr (C) 5.53×10^{12} yr
(B) 1.75×10^{5} yr (D) 1.74×10^{20} yr

2. تتحرك مجرة مبتعدة بسرعة 5.8×10^{6} m/s، ويبدو تردد الضوء الصادر عنها 5.6×10^{14} Hz بالنسبة لمراقب. ما تردد الضوء المنبعث منها؟

(A) 1.1×10^{13} Hz (C) 5.7×10^{14} Hz
(B) 5.5×10^{14} Hz (D) 6.2×10^{14} Hz

3. إذا احتاج الضوء الصادر عن الشمس إلى 8.0 min للوصول إلى الأرض فكم تبعد الشمس عنها؟

(A) 2.4×10^{9} m (C) 1.4×10^{8} km
(B) 1.4×10^{10} m (D) 2.4×10^{9} km

4. ما مقدار تردد ضوء طوله الموجي 404 nm في الفراغ؟

(A) 2.48×10^{-3} Hz (C) 2.48×10^{6} Hz
(B) 7.43×10^{5} Hz (D) 7.43×10^{14} Hz

5. إذا كانت الاستضاءة الناتجة بفعل مصباح ضوئي قدرته 60.0 W على بعد 3.0 m تساوي 9.35 lx، فما التدفق الضوئي الكلي للمصباح؟

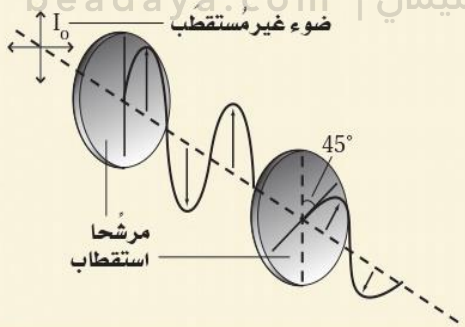
(A) 8.3×10^{-2} lm (C) 1.2×10^{2} lm
(B) 7.4×10^{-1} lm (D) 1.1×10^{3} lm

6. ماذا نعني بالعبارة "إنتاج اللون باختزال أشعة الضوء"؟

(A) مزج الضوء الأخضر والأحمر والأزرق ينتج عنه الضوء الأبيض.
(B) ينتج لون عن إثارة الفوسفور بالإلكترونات في جهاز التلفاز.
(C) يتغير لون الطلاء باختزال ألوان معينة، ومنها إنتاج الطلاء الأزرق من الأخضر بالتخلص من اللون الأصفر.
(D) يتكوّن اللون الذي يظهر به الجسم نتيجة امتصاص أطوال موجية محدّدة للضوء وانعكاس بعضها الآخر.

الأسئلة الممتدة

7. يسقط ضوء غير مستقطب شدته I_o على مرشِّح استقطاب، ويصطدم الضوء النافذ بمرشِّح استقطاب ثانٍ، كما يتضح من الشكل أدناه. ما شدة الضوء النافذ من مرشح الاستقطاب الثاني؟



إرشاد

طرح الأسئلة

عندما يكون لديك استفسار حول الاختبار، مثل طريقة توزيع الدرجات، أو الزمن المخصص لكل جزء، أو أي شيء آخر، فاسأل المعلم أو الشخص المشرف على الاختبار حول ذلك.

7. $I_2 = 0.25\ I_o$

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي