

محاكاة لهيكل اختبار الفيزياء للصف
الثاني عشر عام - الفصل الثالث
(التعليم الخاص)

اعداد : المعلم علاء الفقيه

التداخل والحيود	
$m\lambda = \frac{x \cdot d}{L}$	قانون الشق المزدوج
$2x = \frac{2\lambda \cdot L}{w}$	قانون الشق المفرد
$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$ $m = 0, 1, 2, 3 \dots$	قانون الأغشية الرقيقة (تداخل بناء + إنقلاب) أو (تداخل هدام + إنقلابين)
$2d = \frac{m\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$ $m = 1, 2, 3 \dots$	قانون الأغشية الرقيقة (تداخل بناء + إنقلابين) أو (تداخل هدام + إنقلاب)
$m\lambda = d \cdot \sin\theta$	قوانين محزوز الحيود
$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)$	
$d = \frac{1}{N}$	
$x_{obj} = \frac{1.22\lambda L_{obj}}{D}$	معياري ريلييه

علاء الفقيه

- أسقط يونج ضوء أحادي اللون (ذو طول موجي معين) من مصدر نقطي على حاجز ذو شق ضيق، لينفذ جزءا منه الى حاجز ذو شقين ضيقين ، وذلك للحصول على ضوء مترابط ، فيسقط الضوء الخارج من الشقين على شاشة تبعد مسافة معينة عن الحاجز.
- لاحظ يونج تكون نمط مكون من حزم مضيئة تفصلها فراغات معتمة متساوية الأبعاد تقريبا ، سماها يونج "أهداب التداخل". كما ؟
- ولاحظ أن الهدبة المركزية تكون مضيئة وتتناقص شدة الأهداب المضيئة كلما ابتعدنا عن الهدب المركزي.

- التفسير: تتداخل الموجات الضوئية القادمة من الشقين على الشاشة، فعندما تتلاقى قمة إحدى الموجتين مع قمة الموجة الأخرى ، والقاع مع القاع ، (متفقتان في الطور) يحدث تداخل بناء (تقوية)، فتتكون أهدابا مضيئة. وعندما تتلاقى قمة إحدى الموجتين مع قاع الموجة الأخرى (متعاكستان في الطور) يحدث تداخل هدمي، فتتكون أهدابا معتمة. وقد أثبت توماس يونج من هذه التجربة أن للضوء خصائص موجية (التداخل)

- يحدث التداخل البنائي (الهدبات المضيئة) على الشاشة عند مواقع معينة على جانبي الهدبة المركزية ، يمكن حسابها باستخدام المعادلة التالية:

$$m\lambda = \frac{x_m d}{L}$$

m : رتبة الهدبة المضيئة ($m=0,1,2,3,\dots$)
 فمثلا عند $m=0$ (الهدبة المركزية) ، $m=1$ (الهدبة المضيئة من الرتبة الأولى) ، $m=2$ (الهدبة من الرتبة الثانية)

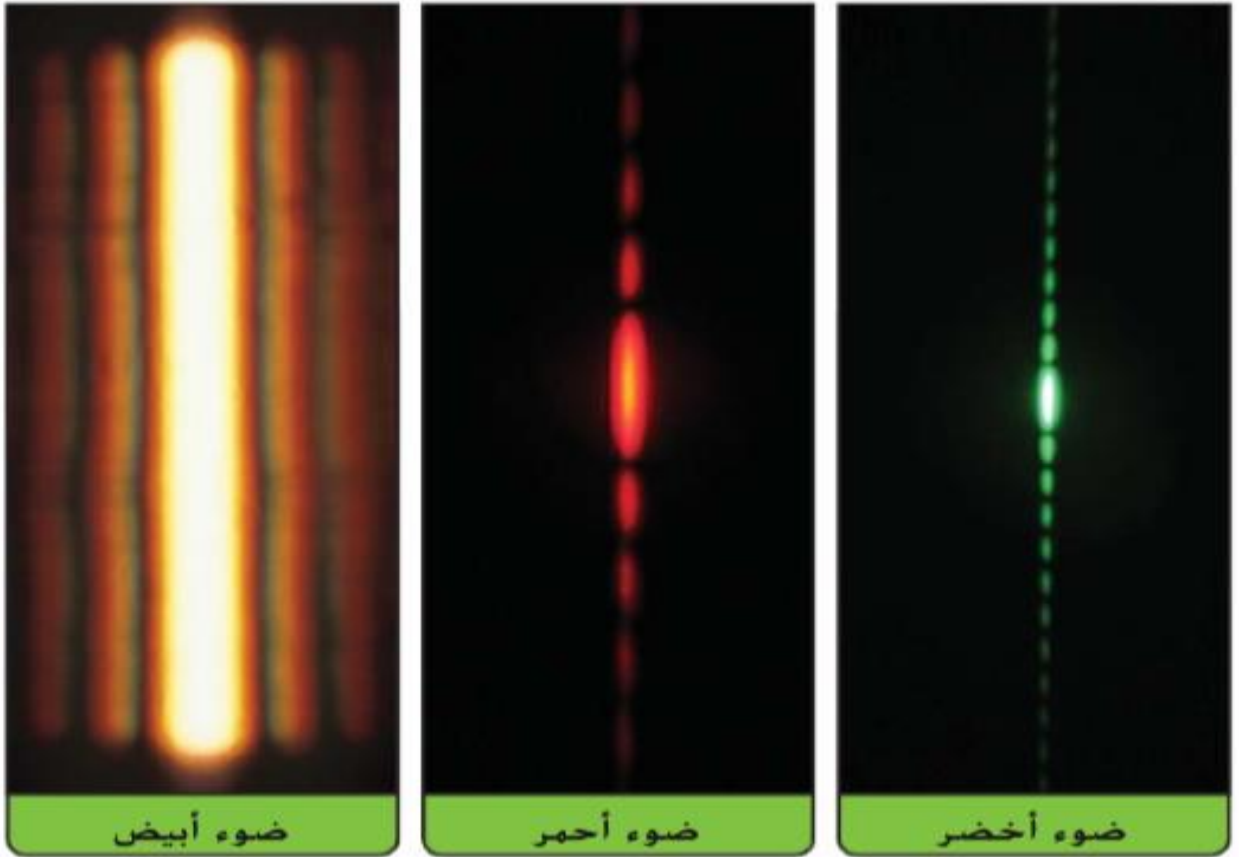
يحدث التداخل البناء (الاهداب المضيئة) عندما يكون فرق المسار يساوي 1λ و 2λ و 3λ و

من الأمثلة علي التداخل البناء و الهدام في الطبيعة :

- 1- ظهور ألوان الطيف علي فقائيع الصابون .
- 2- ظهور ألوان الطيف علي الغشاء الزيتي العائم .
- 3- ظهور ألوان الطيف جناحي الفراشة .

الشكل 12 تنتج عن حيود الشق الأحادي حزمة مركزية واحدة مضئية وعريضة وحزم أقل عرضًا وأقل إضاءة على كلا الجانبين.

قارن بين ألوان الحزم المركزية وعرضها الناتجة عن ألوان الضوء المختلفة.



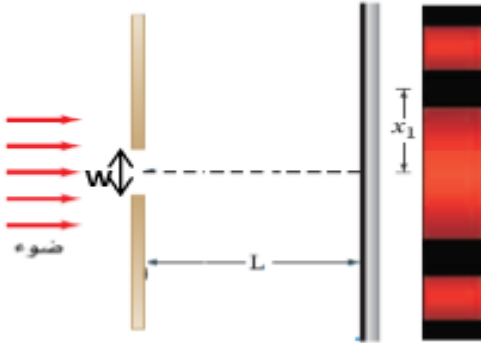
حيث

عندما يمر الضوء الأخضر المترابط عبر فتحة ضيقة يظهر نمط ذو حزمة مركزية مضئية وعريضة مع حزم أقل عرضًا وإضاءة على كلا الجانبين .

وعند استخدام الضوء الأحمر يزداد عرض الهدبة المركزية المضئية وعند استخدام الضوء الأبيض يكون النمط مزيجًا من ألوان الطيف كلها .

نمط الحيود المتكون من الشق الأحادي : عبارة عن أهداب مضيئة ومعتمة. يكون فيها الهدب المركزي عريض ومضيء ، وتصبح الأهداب أكثر ضيقا وأقل اضاءة على الجانبين.

يزداد عرض الهدبة المركزية المتكونة عندما يكون الطول الموجي للضوء أكبر.



عرض الحزمة المضيئة في حيود الشق الأحادي

يساوي عرض الحزمة المركزية المضيئة حاصل ضرب ضعف الطول الموجي في البعد عن الشاشة مقسوماً على عرض الشق.

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

تطبيقات

16. يسقط ضوء أخضر أحادي اللون طوله الموجي 546 nm على شق أحادي عرضه 0.095 mm. وبيعد الشق مسافة 75 cm عن الشاشة، فكم يبلغ عرض الحزمة المركزية المضيئة؟

17. مرّ ضوء أصفر طوله الموجي 589 nm عبر شق عرضه 0.110 mm فنتج نمط على الشاشة. إذا كان عرض الحزمة المركزية المضيئة 2.60×10^{-2} m، فما بُعد الشقوق عن الشاشة؟

18. سقط ضوء من ليزر هيليوم - نيون ($\lambda = 632.8$ nm) على شق عرضه مجهول، وتكوّن نمط على شاشة تبعد 1.15 m. وكان عرض الحزمة المركزية عليها 15.0 mm. فكم عرض الشق؟

19. سقط ضوء أصفر على شق أحادي عرضه 0.0295 mm. وكان عرض الحزمة المركزية المضيئة 24.0 mm على شاشة تبعد 60.0 cm. فما الطول الموجي للضوء؟

20. مسألة تحفيزية سقط ضوء أبيض على شق أحادي عرضه 0.050 mm، ووُضعت شاشة على بُعد 1.00 m. ووضع طالب مرشحا أزرق بنفسجيا ($\lambda = 441$ nm) على الشق أولاً، ثم وضع مرشحا أحمر ($\lambda = 622$ nm). ثم قاس الطالب عرض الحزمة المركزية المضيئة.

a. أي من المرشحين نتجت عنه حزمة أكثر عرضاً؟

b. احسب عرض الحزمة المركزية المضيئة لكل من المرشحين.

16- يسقط ضوء أخضر أحادي اللون طوله الموجي 546 nm على شق مفرد عرضه 0.095 mm. إذا كان بُعد الشق عن الشاشة يساوي 75 cm، فما عرض الهدب المركزي المضيء؟

$$\lambda = \frac{x_{\text{ق}} w}{L}$$

$$x_{\text{ق}} = \frac{\lambda L}{w}$$

$$= \frac{(5.46 \times 10^{-7} \text{ m})(0.75 \text{ m})}{9.5 \times 10^{-5} \text{ m}}$$

$$= 4.3 \text{ mm}$$

عرض الهدب المركزي المضيء = $2x_{\text{ق}}$

$$2x_{\text{ق}} = 2(4.3 \text{ mm})$$

$$= 8.6 \text{ mm}$$

19- سقط ضوء أصفر على شق مفرد عرضه 0.0295 mm، فظهر نمط على شاشة تبعد عنه مسافة 60.0 cm. فإذا كان عرض الهدب المركزي المضيء 24.0 mm، فما الطول الموجي للضوء؟

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$\lambda = \frac{(2x_1)w}{2L}$$

$$= \frac{(24.0 \times 10^{-3} \text{ m})(0.0295 \times 10^{-3} \text{ m})}{(2)(60.0 \times 10^{-2} \text{ m})}$$

$$= 5.90 \times 10^2 \text{ nm}$$

20- سقط ضوء أبيض على شق مفرد عرضه 0.050 mm، فإذا وضعت شاشة على بُعد 1.00 m منه، ووضع طالب مرشحا أزرق- بنفسجيا ($\lambda = 441 \text{ nm}$) على الشق، ثم أزاله ووضع مرشحا أحمر ($\lambda = 622 \text{ nm}$)، ثم قاس الطالب عرض الهدب المركزي المضيء:

- a. فأَيّ المرشحين ينتج هدباً ضوئياً أكثر عرضاً؟
الأحمر؛ لأن عرض الهدب يتناسب طردياً مع الطول الموجي.
- b. احسب عرض الهدب المركزي المضيء لكل من المرشحين.

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

للأزرق:

$$2x_1 = \frac{2(4.41 \times 10^{-7} \text{ m})(1.00 \text{ m})}{5.0 \times 10^{-5} \text{ m}}$$

$$= 18 \text{ mm}$$

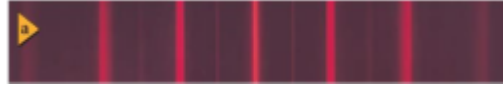
للأحمر:

$$2x_1 = \frac{2(6.22 \times 10^{-7} \text{ m})(1.00 \text{ m})}{5.0 \times 10^{-5} \text{ m}}$$

$$= 25 \text{ mm}$$

• **محزوز الحيود** : أداة مكونة من عدد كبير من الشقوق المفردة المتقاربة جدا ، تسبب حيود الضوء ، وتكون نمط حيود ناتجا عن تراكب الأنماط الناتجة عن شق أحادي

نمط الحيود المتكون بواسطة محزوز الحيود : عبارة عن أهداب مضيئة ضيقة تفصلها مسافات متساوية. وكلما زاد عدد الشقوق في وحدة الطول أصبحت الأهداب أكثر ضيقا في نمط الحيود.



أنواع محزوزات الحيود



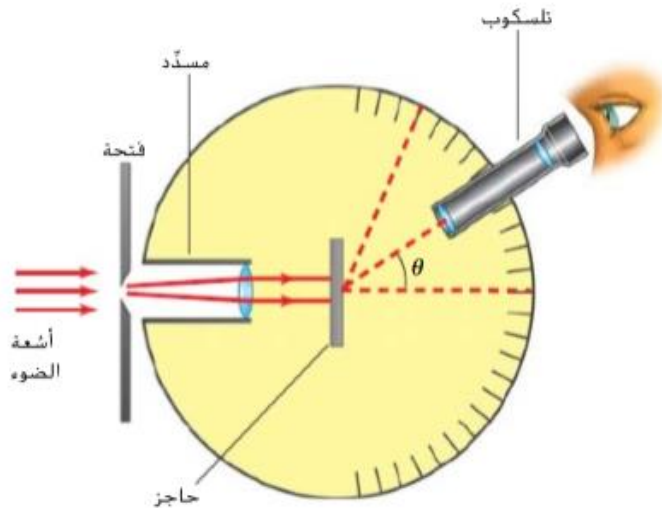
1- **محزوز النفاذ**: محزوز يصنع بعمل خدوش (خطوط) رفيعة جدا على الزجاج المنفذ للضوء، بواسطة رأس من الألماس، وتعمل الفراغات بين الخدوش كالشقوق. (مثال: المجوهرات تصنع أحيانا في صورة محزوز نفاذ وينشأ عنها أطيافا ضوئية)

2- **المحزوز الغشائي (محزوز طبق الأصل)**: محزوز يصنع بضغط صفيحة رقيقة من البلاستيك على محزوز زجاجي، ثم يتم سحب الصفيحة ويبقى أثر على سطحها مماثل للمحزوز الزجاجي.



3- **محزوزات الانعكاس**: محزوز يصنع عن طريق حفر خطوط رفيعة جدا على طبقة معدنية أو على سطوح الزجاج العاكس. مثال: CD أو DVD يعتبر محزوز انعكاس حيث يتكون طيف من الألوان عندما ينعكس الضوء الأبيض عنها.

المطياف : هو جهاز يستخدم لقياس الأطوال الموجية للضوء في وجود محزوز الحيود.



يحدث التداخل البنائي بواسطة محزوز الحيود عند زوايا معينة على جانبي الخط المركزي المضيء ويمكن حسابها باستخدام العلاقة:

$$m\lambda = d \sin \theta$$

حيث: m : رتبة الهدية المضيئة ($m=0,1,2,3,4,\dots$)

λ : الطول الموجي للضوء المستخدم.

d : المسافة الفاصلة بين الشقوق في محزوز الحيود.

θ : الزاوية التي تقع عندها هدية من رتبة معينة.

❖ فبالنسبة للهدية المضيئة من الرتبة الأولى نضع ($m=1$) في القانون السابق ، ومن خلاله يمكن حساب الطول الموجي للضوء الساقط

$$\lambda = d \sin \theta$$

ملاحظة : 1- يوفر نمط محزوز الحيود قياساً أكثر دقة من الشق المزدوج .

2- تستخدم محزوزات الحيود في تركيب المناظير الطيفية المستخدمة في تحليل الأحجار الكريمة .

قدرة التحليل للعدسات

تعمل العدسة المستديرة في التلسكوب والمجهر وحتى عينك عمل فجوة، وتسمى فتحة، ليمر الضوء من خلالها، وتسبب الفتحة حيود الضوء، تماماً كما يفعل الشق الأحادي، وتنتج حلقات مضيئة ومعتمة متعاقبة بواسطة سطحتها. ينص **معيار ريليه** على أنه إذا سقط مركز البقعة المضيئة لصورة أحد النجمين على الحلقة المعتمة الأولى للنجم الثاني، فإن الصورتين تكونان عند حد التمييز. وإذا كانت صورتا النجمين عند حد التمييز، فسيكون المشاهد قادراً على تحديد وجود نجمين بدلاً من نجم واحد فقط.

معيار ريليه

نساوي المسافة الفاصلة بين جسمين عندما يكونان عند حد التمييز 1.22 مضروباً في الطول الموجي للضوء والمسافة من الفتحة المستديرة إلى الجسمين مقسوماً على قطر الفتحة المستديرة.

$$x_{obj} = \frac{1.22\lambda L_{obj}}{D}$$

أسئلة سنوات سابقة :

ترغب عائشة في ملاحظة ظاهرة التداخل ذي نمط الهدب المعتمة والمضيئة. ما نوع مصدر الضوء الذي يجب أن تستخدمه للحصول على نمط التداخل هذا؟

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| a. ضوء مترابط | <input type="radio"/> |
| b. ضوء ثنائي اللون | <input type="radio"/> |
| c. ضوء أبيض | <input type="radio"/> |
| d. أضواء متساوية الشدة | <input type="radio"/> |

بـ

Interference
 $\Delta x = m \lambda$ (للتداخل البناء) $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ فرق الطور

$\Delta x = (m - \frac{1}{2}) \lambda$ (للتداخل الهدبي) $m = 1, 2, 3, \dots$ فرق الطور

In an interference pattern of a double-slit experiment, why does a bright band occur where constructive interference takes place?

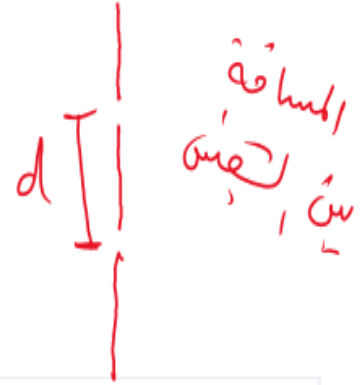
(في نمط التداخل الناتج عن تجربة الشق المزدوج، لماذا تظهر الحزمة المضيئة في موقع حدوث التداخل البناء؟)

- | | |
|---|-----------------------|
| a. <input checked="" type="radio"/> The two wavefronts have a phase difference of quarter-half wavelength.
فرق الطور بين مقدمة الموجتين يعادل ربع طول موجي | <input type="radio"/> |
| b. <input checked="" type="radio"/> The two wavefronts have a phase difference of one-half wavelength.
فرق الطور بين مقدمة الموجتين يعادل نصف طول موجي | <input type="radio"/> |
| c. <input checked="" type="radio"/> The two wavefronts have a phase difference of one-third wavelength.
فرق الطور بين مقدمة الموجتين يعادل ثلث طول موجي | <input type="radio"/> |
| d. <input checked="" type="radio"/> The two wavefronts have a phase difference of one wavelength.
فرق الطور بين مقدمة الموجتين يعادل طولاً موجياً واحداً | <input type="radio"/> |

فرق الطور للتداخل الهدبي = $\frac{1}{2} \lambda, \frac{3}{2} \lambda, \frac{5}{2} \lambda, \dots$

Interference

In a double-slit experiment, what does d in the equation $\lambda = \frac{x d}{L}$ represent?



في تجربة الشق المزدوج، ماذا يمثل الرمز d في المعادلة $\lambda = \frac{x d}{L}$ ؟

- a. The distance from the slits to the screen. L ☐
- المسافة من الشقين إلى الشاشة.
- b. The distance between the central bright band and the first bright band. \times ☐
- المسافة بين الحزمة المضيئة المركزية والحزمة المضيئة الأولى.
- c. The wavelength of light. λ ☐
- الطول الموجي للضوء.
- d. The distance between the two slits. d ☐
- المسافة بين الشقين.

الفئة

When sunlight falls on a soap bubble on a water puddle, a spectrum of colors is observed. The colors are a result of the

عند سقوط ضوء الشمس على فقاعة صابون على سطح بركة ماء، يظهر طيف من الألوان. تنشأ هذه الألوان نتيجة

- a. constructive and destructive interference of light waves reflected by the soap bubble ☐
- التداخل البناء والهدام لموجات الضوء المنعكسة عن فقاعة الصابون
- b. absorption of colors in a pigment present in the soap bubble ☐
- امتصاص الألوان في الصبغة الموجودة في فقاعة الصابون
- c. absorption of light by the soap bubble ☐
- امتصاص الضوء بواسطة فقاعة الصابون
- d. refraction of light by the soap bubble ☐
- انكسار الضوء بواسطة فقاعة الصابون

In Young's double-slit experiment using monochromatic light, the interference pattern consists of a central

عند استخدام ضوء أحادي اللون في تجربة يونغ (الشق المزدوج)، فإن النمط الناتج يحتوي على حزمة مركزية

- bright band with alternating dark and bright bands on either side ☐
- a. مضينة وحزم معتمة ومضينة بالتناوب على الجانبين ☐
- white band with multi-colored bands on either side ☐
- b. بيضاء وحزم متعددة الألوان على الجانبين ☐
- dark band with multi-colored bands on either side ☐
- c. معتمة وحزم متعددة الألوان على الجانبين ☐
- dark band with alternating bright and dark bands on either side ☐
- d. معتمة وحزم مضينة ومعتمة بالتناوب على الجانبين ☐

الدخول المسام (معتمة) $\Delta x = (m - \frac{1}{2}) \lambda$
 موقع

Interference

In an interference pattern of a double-slit experiment, why does a dark band occur where destructive interference takes place?

في نمط التداخل الناتج عن تجربة الشق المزدوج، لماذا تظهر الحزمة المعتمة في موقع حدوث التداخل الهدام؟
 $\Delta x = \frac{1}{2} \lambda, \frac{3}{2} \lambda, \frac{5}{2} \lambda, \dots$
 فرق الطور

The two wavefronts have a phase difference of one-half wavelength.

a. فرق الطور بين مقدمة الموجتين يعادل نصف طول موجي. ☐

The two wavefronts have a phase difference of one wavelength.

b. فرق الطور بين مقدمة الموجتين يعادل طولاً موجياً واحداً. ☐

The two wavefronts have a phase difference of one-quarter wavelength.

c. فرق الطور بين مقدمة الموجتين يعادل ربع طول موجي. ☐

The two wavefronts have a phase difference of one-third wavelength.

d. فرق الطور بين مقدمة الموجتين يعادل ثلث طول موجي. ☐

$\Delta x = \frac{1}{2} \lambda, \frac{1}{2} \lambda, \frac{3}{2} \lambda, \frac{5}{2} \lambda, \dots$
 $\Delta x = 0.5 \lambda, 1.5 \lambda, 2.5 \lambda, \dots$
 3.5λ

In a double-slit experiment, what does L in the equation $\lambda = \frac{x d}{L}$ represent?

في تجربة الشق المزدوج، ماذا يمثل الرمز L في المعادلة $\lambda = \frac{x d}{L}$ ؟

- a. The distance from the slits to the screen. L ☐
المسافة من الشقين إلى الشاشة.
- b. The distance between the two slits. d ☐
المسافة بين الشقين.
- c. The wavelength of light. λ ☐
الطول الموجي للضوء.
- d. The distance between the central bright band and the first bright band. ☐
المسافة بين الحزمة المضيئة المركزية والحزمة المضيئة الأولى.

When sunlight falls on an oily film spread on a water puddle, a spectrum of colors is observed. The colors are a result of the

عند سقوط ضوء الشمس على طبقة زيتية رقيقة منتشرة على سطح بركة ماء، يظهر طيف من الألوان. تنشأ هذه الألوان نتيجة

- a. absorption of light by the oily film ☐
امتصاص الضوء بواسطة الطبقة الزيتية الرقيقة
- b. refraction of light by the oily film ☐
انكسار الضوء بواسطة الطبقة الزيتية الرقيقة
- c. absorption of colors in a pigment present in the oily film ☐
امتصاص الألوان في الصبغة الموجودة في الطبقة الزيتية الرقيقة
- d. constructive and destructive interference of light waves reflected by the oily film ☐
التداخل البناء والهدام لموجات الضوء المنعكسة عن الطبقة الزيتية الرقيقة

أحري اللون

In Young's double-slit experiment using blue light, the interference pattern consists of

عند استخدام ضوء أزرق في تجربة يونغ (الشق المزدوج)، فإن النمط الناتج يحتوي على

a central bright band with alternating dark and bright bands on either side

a. حزمة مركزية مضيئة وحزم معتمة ومضيئة بالتناوب على الجانبين

☐

a central dark band with alternating bright and dark bands on either side

b. حزمة مركزية معتمة وحزم مضيئة ومعتمة بالتناوب على الجانبين

☐

a central white band with multi-colored bands on either side

c. حزمة مركزية بيضاء وحزم متعددة الألوان على الجانبين

☐

a central dark band with multi-colored bands on either side

d. حزمة مركزية معتمة وحزم متعددة الألوان على الجانبين

☐

علاء الفقيه

علاء الفقيه

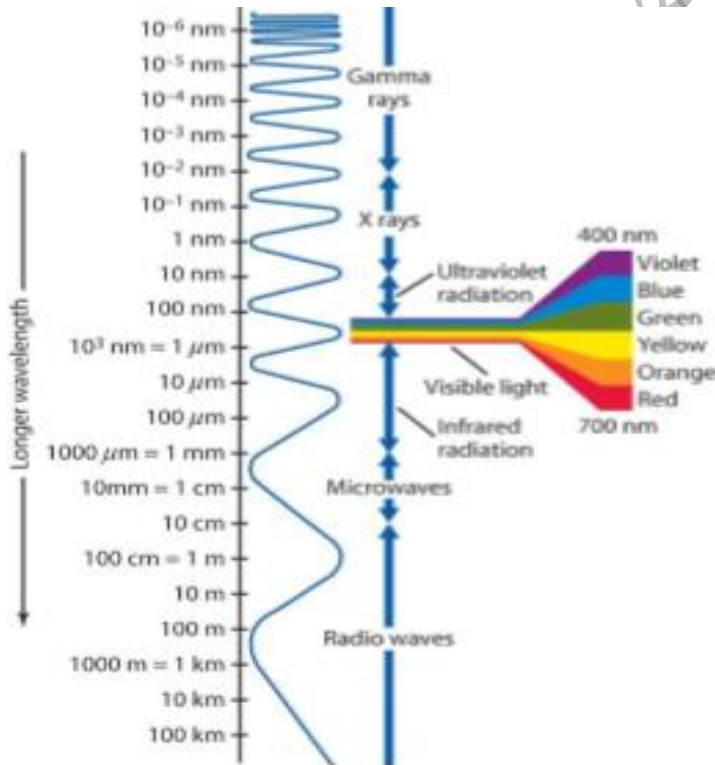
الوحدة التاسعة :

نظرية الكم	
$E = h.f$	طاقة الفوتون
$E = h.c/\lambda$	
$E = \frac{1240}{\lambda_0}$	
$W = hf_0$	دالة الشغل
$W = h.c/\lambda_0$	
$W = \frac{1240}{\lambda_0}$	
$KE = E - W$	الطاقة الحركية القصوى للإلكترون الضوئي
$KE = -e.V_0$	
$KE = \frac{1}{2} m.v^2$	
$p = \frac{h}{\lambda} \quad \text{or} \quad p = \frac{hf}{c}$	زخم الفوتون
$c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ $h = 6.63 \times 10^{-34} J/Hz$ $ev \rightarrow J \times (1.6 \times 10^{-19})$ $J \rightarrow ev \div (1.6 \times 10^{-19})$	

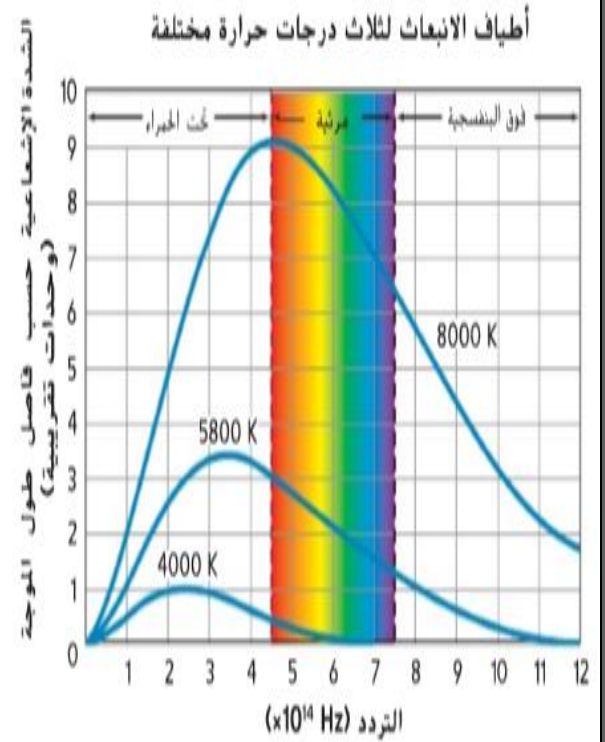
أمثلة على اشعاع الأجسام الساخنة 1- الاشعاع المنبعث من الشمس.

2 - فتيلة المصباح المتوهجة

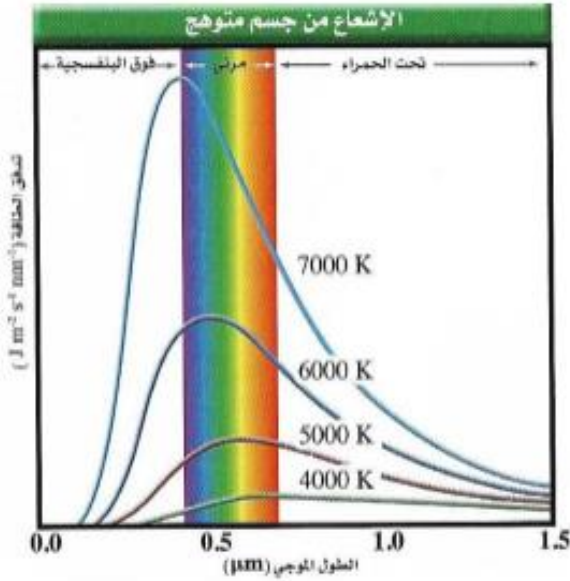
- يعتمد لون الوهج الصادر عن المصباح علي درجة حرارة الفتيلة .حيث تختلف شدة الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة بترددات مختلفة .



الطيف الكهرومغناطيسي



الرسم البياني لطيف الانبعاث لجسم متوهج عند درجات حرارة مختلفة .



• تبعث الفتيلة المتوهجة عند درجة حرارة معينة

اشعاعا على مدى من الأطوال الموجية في

نفس الوقت ويشمل ذلك الطيف المرئي و

الغير مرئي مثل الأشعة تحت الحمراء

والأشعة فوق البنفسجية ويسمى ذلك بطيف

الانبعاث.

• عند زيادة درجة حرارة فتيلة مصباح متوهج

فإن الطول الموجي الذي تبعث عنه الكمية

العظمى من الطاقة يقل ، وبالتالي يتغير لونها

من الأحمر إلى البرتقالي فالأصفر وأخيرا

الأبيض (لأنها تشع جميع ألوان الطيف

المرئي). (أي يحدث الزياح للمحنى لليسار)

• عند زيادة درجة الحرارة تزداد الطاقة المنبعثة

من الجسم في كل ثانية على شكل موجات كهرومغناطيسية (القدرة الكلية المنبعثة)

حيث وجد أن (القدرة تتناسب طرديا مع الأس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة (كلفن).

أي أن الأجسام الأسخن تشع قدرة أكبر بالمقارنة بالأجسام الأبرد.

ملاحظة 1 : تعتمد الألوان التي تراها العين من الأجسام المتوهجة على الشدة النسبية للموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة ذات الترددات المختلفة وعلى حساسية العينين لهذه الموجات.

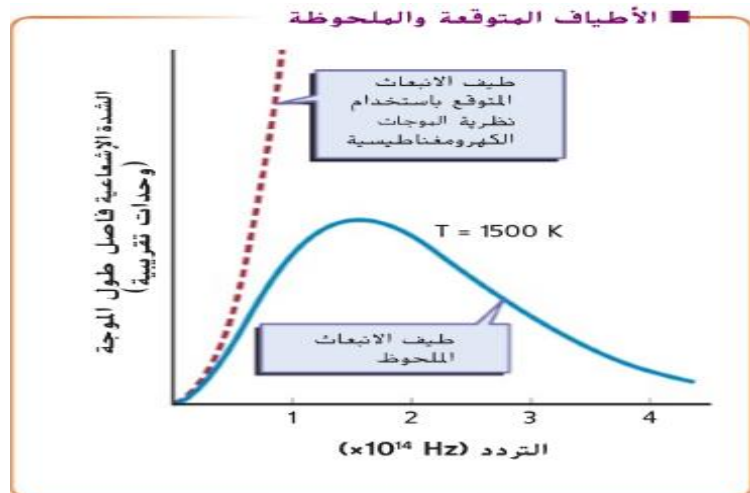
ملاحظة 2 : لم تستطع نظرية ماكسويل تفسير شكل الطيف الموضح بالرسم (طيف الانبعاث). وقد استطاع بلانك تفسير شكل الطيف .

سؤال : بالرجوع للرسم البياني بين الطول الموجي وشدة الاشعاع المنبعث لجسم متوهج. وضح أثر زيادة درجة الحرارة على كل من

أ- الطول الموجي للطاقة العظمى المنبعثة (.يقل)

ب- شدة الاشعاع للطاقة العظمى المنبعثة. (تزداد)

ت- التردد للطاقة العظمى المنبعثة . (يزداد)



فروض ماكس بلانك:

1- الذرات غير قادرة على تغيير طاقتها بشكل مستمر.

$$E = nhf$$

2 - طاقة اهتزاز الذرات في الجسم الصلب لها ترددات محددة فقط. وتساوي :

أي أن طاقة الذرة المهتزة تساوي حاصل ضرب عدد صحيح في ثابت بلانك وفي تردد الاهتزاز. حيث أن ثابت بلانك $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}$.

3- الطاقة كمماة، أي أنها توجد على شكل حزم أو كميات معينة .

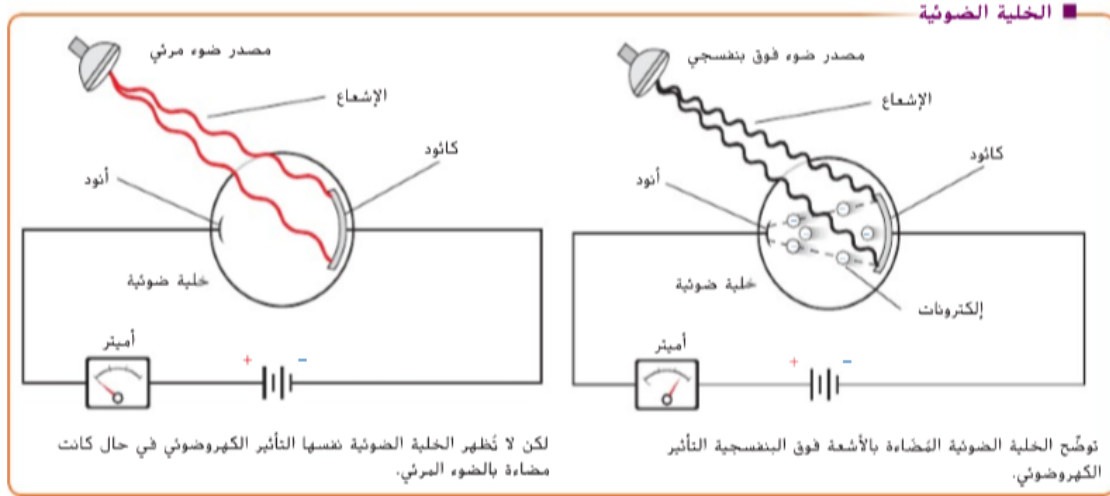
من المستحيل أن تساوي قيمة كسرية

$$E=0, hf, 2hf, 3hf, \dots \quad (n=0,1,2,\dots)$$

التأثير الكهروضوئي (الانبعاث الكهروضوئي)

- ظاهرة التأثير (الانبعاث) الكهروضوئي: ظاهرة انبعاث الكترونات من سطوح الفلزات عند تعرضها لاشعاع كهرومغناطيسي ذو تردد مناسب.

الخلية الكهروضوئية : أداة تستخدم لدراسة ظاهرة الانبعاث الكهروضوئي



- عندما لا يسقط اشعاع كهرومغناطيسي على المهبط في الخلية الكهروضوئية لا يسري تيار كهربائي (لأن الدائرة الكهربائية مفتوحة).
- عندما يسقط اشعاع كهرومغناطيسي ذو تردد معين f بحيث يكون أكبر من أو يساوي تردد العتبة f_0 فإنه تتحرر الالكترونات من المهبط وتتدفق باتجاه المصعد ، فيمر تيار كهربائي في الدائرة يتم قياسه بواسطة الجلفانومتر.

ملاحظات هامة:

1- يتغير تردد العتبة بتغير نوع مادة الفلز في المهبط.

2 - لا تعتمد تحرير الالكترونات (مرور التيار) على شدة الضوء الساقط ولكن يعتمد على تردده (أكبر من أو يساوي تردد العتبة).

3- زيادة شدة الاشعاع يؤدي لزيادة تدفق الالكترونات الضوئية أي زيادة شدة التيار بشرط أن يكون تردد الضوء أكبر من تردد العتبة .

• تفسير نظرية اينشتاين لظاهرة الانبعاث الكهروضوئي.

1. تتركز الطاقة على شكل كمات تسمى فوتونات ، طاقتها ترتبط بتردها من خلال العلاقة ($E = hf$)
2. ترتبط الالكترونات الحرة بالذرات بقوة معينة تختلف من فلز لآخر. ولتحريرها يجب تزويدها بحد أدنى من الطاقة ($E_0 = hf_0$)
3. اذا كان تردد الفوتون في الانتعاش الساقط أقل من تردد العتبة f_0 فإنه ليس لديه الطاقة الكافية لتحرير الالكترونات.
4. كل فوتون يتفاعل مع الالكترون واحد ، وبالتالي لا يمكن تجميع الطاقة الغير كافية لعدة فوتونات لتحرير الكترون.
5. اذا كان تردد الفوتون f في الانتعاش الساقط أكبر من تردد العتبة f_0 ، فإن جزءا من الطاقة يستخدم لتحرير الالكترون (وتسمى دالة اقتران) الشغل ويرمز لها بالرمز W أو Φ بينما تتحول الطاقة الزائدة الى طاقة حركية للالكترون المتحرر.

حيث أن:

h : ثابت بلانك ومقداره 6.626×10^{-34} J/Hz

f : تردد الفوتون الساقط (Hz)

f_0 : تردد العتبة للفلز (Hz)

W : اقتران الشغل (Joule or eV)

$$KE = hf - W$$

$$KE = hf - hf_0$$

6. الضوء ذو الشدة العالية يحتوي على فوتونات أكثر لكل ثانية ، وبالتالي يتسبب بتحرير عدد الكترونات ضوئية أكثر لكل ثانية أي تيار كهربائي أكبر (بشرط أن يكون تردد الضوء أكبر من تردد العتبة).

ملاحظة هامة: في الأنظمة ذات الحجم الذري نستخدم وحدة الالكترون. فولت (eV) لقياس الطاقة بدلا من الجول ، لأن وحدة الجول تعتبر وحدة طاقة كبيرة جدا للحجوم الذرية، حيث أن ($1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$) ، وبناءا عليه تصبح طاقة الفوتون:

حيث أن:

E : طاقة الفوتون بوحدة الجول (J)

λ : الطول الموجي للفوتون بوحدة المتر (m)

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

حيث أن:

E : طاقة الفوتون بوحدة الالكترون. فولت (eV)

λ : الطول الموجي للفوتون بوحدة النانومتر (nm)

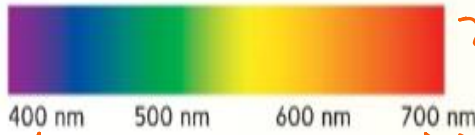
$$E = \frac{1240}{\lambda}$$

تطبيقات على ظاهرة الانبعاث الكهروضوئي :

- 1- الألواح الشمسية: تحويل ضوء الشمس الى طاقة كهربائية.
- 2- فاتحات باب المواقف (الكراجات): التحكم في فتح الأبواب آليا باستخدام دوائر كهربائية تحتوي على خلية كهروضوئية.
- 3- التحكم في اضاءة مصابيح الشوارع واطفاءها (المفاتيح الالكترونية).

تطبيقات

4. تحفيز يوضح الرسم التخطيطي في الشكل 6 طيف الضوء المرئي، ما مدى الطاقات المرتبطة بالفوتونات في طيف الضوء المرئي؟



$$\frac{1240}{400} = 3.1 \text{ eV}$$

$$\approx 5 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\frac{1240}{700} = 1.7 \text{ eV}$$

الشكل 6

استخدم $E = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm} / \lambda$ لحل المسائل التالية.

1. ما مقدار طاقة الفوتون الذي يساوي طوله الموجي 515 nm؟

2. إذا كانت طاقة الفوتون تساوي 2.03 eV، فما الطول الموجي للفوتون؟

3. رتب الفوتونات التالية حسب الطاقة من الأصغر إلى الأكبر.

A. 4.0 eV

B. 320 nm

C. 811 nm

D. 2.1 eV

$$E = \frac{1240}{320} = 3.8 \text{ eV}$$

$$= \frac{1240}{811} = 1.5 \text{ eV}$$

C → D → B → A
الأكبر ← الأصغر

$$E = \frac{1240}{\lambda} \Rightarrow E = \frac{1240}{515} = 2.4 \text{ eV}$$

$$E = 2.4 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.84 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = \frac{1240}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1240}{E} = \frac{1240}{2.03} = 610 \text{ nm}$$

$$= 610 \times 10^{-9} \text{ m}$$



س: كيف يمكن قياس الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة؟

وذلك باستخدام الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل والتي تتكون من خلية كهروضوئية جلفانومتر- مجزيء الجهد للتحكم في فرق الجهد المستخدم.

1- يتم توصيل الخلية الكهروضوئية بالبطارية بحيث يتصل مصعد الخلية بالقطب السالب للبطارية والمهبط بالقطب الموجب.

2- يتم تعريض مهبط الخلية لضوء (اشعاع) ذو تردد مناسب. فنلاحظ انحراف مؤشر الجلفانومتر وهو دليل مرور تيار كهربائي.

3- يتم زيادة فرق الجهد المعاكس تدريجياً، فنلاحظ نقصان التيار المار في الدائرة بسبب نقصان عدد الإلكترونات التي تصل للمصعد، فتصل تلك التي لديها طاقة حركية (أو سرعة) كبيرة فقط.

4- نزيد فرق الجهد المعاكس حتى ينعدم التيار المار في الدائرة. ونعين فرق الجهد الذي أدى لانقطاع التيار (يسمى جهد الإيقاف أو القطع V_0).

5- عند جهد الإيقاف تكون الطاقة الحركية للإلكترونات مساوية للشغل المبذول من المجال الكهربائي لإيقافها. أي أن:

حيث أن:

KE : الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المتحرر (J)

q : شحنة الإلكترون وتساوي $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

V_0 : جهد الإيقاف أو القطع (J/C or V)

v : سرعة الإلكترونات العظمى (m/s)

$$KE = -qV_0 = \frac{1}{2}mv^2$$

5. طاقة أحد الإلكترونات تساوي 2.3 eV. ما مقدار الطاقة الحركية للإلكترون بالجول؟
6. ما السرعة المتجهة للإلكترون في المسألة السابقة؟
7. ما مقدار الطاقة الحركية بوحدة eV لإلكترون مقدار سرعته المتجهة 6.2×10^6 m/s؟
8. يبلغ مقدار جهد الإيقاف في خلية كهروضوئية 5.7 V. احسب أعلى طاقة حركية للإلكترون الضوئي المنبعث بوحدة eV.
9. يبلغ فرق جهد الإيقاف في خلية كهروضوئية 5.1 V. ما مقدار الطاقة الحركية التي ينقلها الضوء الساقط إلى الإلكترونات بالجول؟
10. يبلغ مقدار أعلى طاقة حركية للإلكترونات الضوئية المنبعثة في خلية كهروضوئية 7.5×10^{-19} J. ما مقدار جهد الإيقاف؟

ما طاقة إلكترون بوحدة الجول إذا كانت طاقته 2.3 eV؟

$$(2.3 \text{ eV}) \left(\frac{1.60 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} \right) = 3.7 \times 10^{-19} \text{ J}$$

-5

ما سرعة الإلكترون في المسألة 1؟

$$m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}, KE = \frac{1}{2} mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(3.7 \times 10^{-19} \text{ J})}{9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}}}$$

$$= 9.0 \times 10^5 \text{ m/s}$$

-6

إذا كانت سرعة إلكترون 6.2×10^6 m/s فما طاقته بوحدة eV؟

-7

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

$$= \left(\frac{1}{2} \right) (9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}) (6.2 \times 10^6 \text{ m/s})^2$$

$$= (1.75 \times 10^{-17} \text{ J}) \left(\frac{1 \text{ eV}}{1.60 \times 10^{-19} \text{ J}} \right)$$

$$= 1.1 \times 10^2 \text{ eV}$$

إذا كان جهد الإيقاف لخلية كهروضوئية 5.7 V فاحسب
الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة بوحدة eV.

-8

$$KE = -qV_0$$

$$= -(-1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(5.7 \text{ J/C}) \left(\frac{1 \text{ eV}}{1.60 \times 10^{-19} \text{ J}} \right)$$

$$= 5.7 \text{ eV}$$

$$KE = -q_e \Delta V = -(-1.6 \times 10^{-19}) \times 5.1$$

$$= 8.16 \times 10^{-19} \text{ J}$$

-9

$$KE = q_e \Delta V \Rightarrow \Delta V = \frac{KE}{q_e} = \frac{7.5 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

-10

$$\Delta V = 4.68 \text{ V} \text{ جهد إيقاف}$$

س: المقصود بكل من المصطلحات التالية:

- 1- ظاهرة الانبعاث الكهروضوئي: ظاهرة انبعاث الإلكترونات من سطوح الفلزات عند تعرضها لاشعاع كهرومغناطيسي ذو تردد مناسب.
- 2- الخلية الكهروضوئية: أداة تستخدم لدراسة ظاهرة الانبعاث الكهروضوئي.
- 3- تردد العتبة: أقل تردد للاشعاع يمكنه تحرير الإلكترونات من سطح الفلز.
- 4- دالة (اقتزان) الشغل لفلز: أقل طاقة لازمة لتحرير الإلكترون الأضعف ارتباطا بالذرة (المدار الأخير) دون تزويده بطاقة حركية.
- 5- جهد الأيقاف (القطع): أقل فرق جهد بين قطبي الخلية الكهروضوئية تتعدم عنده شدة التيار الكهروضوئي.
- 6- الإلكترون فولت (eV): الطاقة التي يكتسبها إلكترون يتسارع عبر فرق جهد مقداره فولت واحد.

12. إذا كان طول موجة العتبة للزنك 310 nm. أوجد تردد العتبة للزنك بوحدة Hz. ودالة الشغل بوحدة eV.

13. إذا كانت دالة الشغل للسيزيوم 1.95 eV. فما الطاقة الحركية القصوى، بوحدة eV، للإلكترونات الضوئية

المنبعثة عندما يسقط الضوء البنفسجي بطول موجي 425 nm على السيزيوم؟

14. عند تسليط إشعاع فوق بنفسجي طوله الموجي 193 nm على فلز، تنبعث الإلكترونات بطاقة حركية

مقدارها 3.5 eV. ما دالة الشغل للفلز؟

$$3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$C = \lambda_0 f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{C}{\lambda_0} = \frac{3 \times 10^8}{310 \times 10^{-9}} = 9.7 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

↑
C ← طول موجة العتبة
λ₀ ← دالة العتبة

$$W = hf_0 = 6.63 \times 10^{-34} \times 9.7 \times 10^{14} = 6.4 \times 10^{-19} \text{ J}$$

← دالة الشغل

$$\therefore W = \frac{6.4 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 4 \text{ eV}$$

← بوحدة الإلكترون فولت

ما مقدار الطاقة الحركية بوحدة eV للإلكترونات المتحررة من السيزيوم عندما يسقط عليه ضوء بنفسجي طوله الموجي 425 nm إذا كان اقتران الشغل له 1.96 eV؟

-13

$$\begin{aligned} KE_{\max} &= \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{\lambda} - hf_0 \\ &= \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{425 \text{ nm}} - 1.96 \text{ eV} \\ &= 0.960 \text{ eV} \end{aligned}$$

تحرر من فلز إلكترونات بطاقات 3.5 eV عندما يضاء بإشعاع فوق بنفسجي طوله الموجي 193 nm. ما مقدار اقتران الشغل لهذا الفلز؟

-14

$$\begin{aligned} KE &= hf - hf_0 \\ hf_0 &= hf - KE = \frac{hc}{\lambda} - KE \\ &= \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{\lambda} - KE \\ &= \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{193 \text{ nm}} - 3.5 \text{ eV} \\ &= 2.9 \text{ eV} \end{aligned}$$

طول موجة دي برولي

- اقترح دي برولي أن الجسيمات المادية كالإلكترونات والبروتونات لها خصائص موجية كالتداخل والحيود وغيرها.

زخم الجسيم المادي المتحرك $p = mv$

زخم الموجات الكهرومغناطيسية (الفوتونات) $p = \frac{h}{\lambda}$

ويعساواة الطرفين

$$p = mv = \frac{h}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

أي أن طول موجة دي برولي المصاحبة لجسيم متحرك تساوي حاصل قسمة ثابت بلانك على زخم الجسيم.

تضرب كرة بيسبول كتلتها 0.145 kg بسرعة 38 m/s بواسطة مضرب. استخدم معادلة طول موجة دي برولي لاحتساب طول موجة كرة البيسبول.

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}}{(0.145 \text{ kg})(38 \text{ m/s})} = 1.2 \times 10^{-34} \text{ m}$$

25. إذا تسارع إلكترون تحت تأثير فرق جهد مقداره 250 V، فما طول موجة دي برولي المصاحبة له؟ وما سرعته؟

26. تتدحرج كرة بولينج كتلتها 7.0 kg بسرعة منجهة قدرها 8.5 m/s.

a. ما طول موجة دي برولي لكرة البولينج؟

b. لماذا لا يظهر على كرة البولينج سلوك موجي ملحوظ؟

إذا تسارع إلكترون خلال فرق جهد 250 V، فاحسب مقدار سرعته وطول موجة دي برولي المصاحبة له.

$$\frac{1}{2}mv^2 = qv$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(250 \text{ J/C})}{9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}}}$$

$$= 9.4 \times 10^6 \text{ m/s}$$

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

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}}{(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(9.4 \times 10^6 \text{ m/s})}$$

$$= 7.7 \times 10^{-11} \text{ m}$$

-25

تدحرج كرة بولينج كتلتها 7.0 kg بسرعة 8.5 m/s، أجب عما يلي:

a. ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للكرة؟

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}}{(7.0 \text{ kg})(8.5 \text{ m/s})}$$

$$= 1.1 \times 10^{-35} \text{ m}$$

b. لماذا لا تُظهر كرة البولينج سلوك موجي ملاحظ؟

لأن طول موجة دي برولي المصاحبة لكرة البولينج قصير جداً، ولا يكفي لإحداث تأثيرات يمكن مشاهدتها.

-26

أسئلة سنوات سابقة :

Which of the following statements is correct?

أي من العبارات التالية صحيحة؟

$E = hf$	$E = hf - hf_0$	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}$
$E = \frac{hc}{\lambda}$	$c = \lambda f$	$c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$

a.

The photon obeys the energy conservation priciple.
الفوتون يخضع لمبدأ حفظ الطاقة.

b.

The photon travels with the speed of sound.
الفوتون يتحرك بسرعة الصوت.

c.

The photon does not have energy.
الفوتون لا طاقة له.

d.

The photon has a mass.
الفوتون له كتلة.

Which phenomenon demonstrates the particle nature of light?

أي من الظواهر التالية توضح الطبيعة الجسيمية للضوء؟

$E = hf$	$E = hf - hf_0$	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}$
$E = \frac{hc}{\lambda}$	$c = \lambda f$	$c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$

a.

Photoelectric effect
التأثير الكهروضوئي

b.

Interference
التداخل

c.

Diffraction
الحيود

d.

Refraction
الانكسار

When radiation of frequency of $(3.1 \times 10^{15} \text{ Hz})$ falls on the surface of a metal of threshold frequency of $(1.7 \times 10^{15} \text{ Hz})$, what is the kinetic energy of each emitted electron?

عند سقوط شعاع تردده $(3.1 \times 10^{15} \text{ Hz})$ على سطح معدن تردد

عتبه $(1.7 \times 10^{15} \text{ Hz})$ ، ما مقدار الطاقة الحركية لكل إلكترون متبعث؟

$E = hf$	$E = hf - hf_0$	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}$
$E = \frac{hc}{\lambda}$	$c = \lambda f$	$c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$

a. $9.3 \times 10^{-19} \text{ J}$

$f = 3.1 \times 10^{15} \text{ Hz}$
 $f_0 = 1.7 \times 10^{15} \text{ Hz} \leftarrow \text{كحد لعتبة}$

b. $1.7 \times 10^{-19} \text{ J}$

$KE = ??$
 $\therefore E = KE + w \rightarrow \text{دالة}$

c. $3.1 \times 10^{-15} \text{ J}$

$\therefore KE = E - w$
 $= hf - hf_0$

d. $3.0 \times 10^8 \text{ J}$

$\therefore KE = h(f - f_0)$

$KE = 6.636 \times 10^{-34} (3.1 \times 10^{15} - 1.7 \times 10^{15})$
 $= 9.3 \times 10^{-19} \text{ J}$

The energy of a photon is inversely proportional to its

تناسب طاقة الفوتون عكسياً مع

$E = hf$	$E = hf - hf_0$	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}$
$E = \frac{hc}{\lambda}$	$c = \lambda f$	$c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$

a.

wavelength
طوله الموجي

b.

intensity
شدته

c.

frequency
تردده

d.

mass
كتلته

مبدأ عدم اليقين لهايزنبرغ

- يتضح مما سبق أن النموذج الجسيمي للضوء قد نجح في تفسير بعض الظواهر كالتأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون وانبعثات وامتصاص الاشعاع الكهرومغناطيسي ، فيما نجح النموذج الموجي للضوء في تفسير ظواهر أخرى كالحيود والتداخل والاستقطاب. ولذا فإن النموذجان معا يلزمان = لتفسير سلوك الضوء .

تحديد الموقع والزخم لجسيم متحرك ومبدأ عدم التحديد لهيزنبرج

- لتحديد موقع جسيم صغير متحرك كالالكترون مثلا يجب أن نسقط عليه ضوءا ، ثم نقوم بتجميع وتحليل الضوء المنعكس عنه بواسطة جهاز أو العين البشرية.
- يصعب تحديد الموقع بدقة بسبب تأثير ظاهرة الحيود. ولتقليل ذلك نستخدم ضوء أو اشعاع ذو طول موجي قصير (تردد كبير وطاقة عالية).
- عند استخدام اشعاع ذو طول موجي صغير وطاقة عالية فإن الجسيم يكتسب جزءا من الطاقة وبالتالي يتغير زخمه. أي أن كلما زادت الدقة في تحديد موقع الجسم زاد عدم التحديد في قياس زخمه ، والعكس صحيح. وهو ما نص عليه مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج

مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج: لا يمكن قياس زخم جسيم وتحديد موقعه بدقة في الوقت نفسه.

بالتوفيق والنجاح إن شاء الله