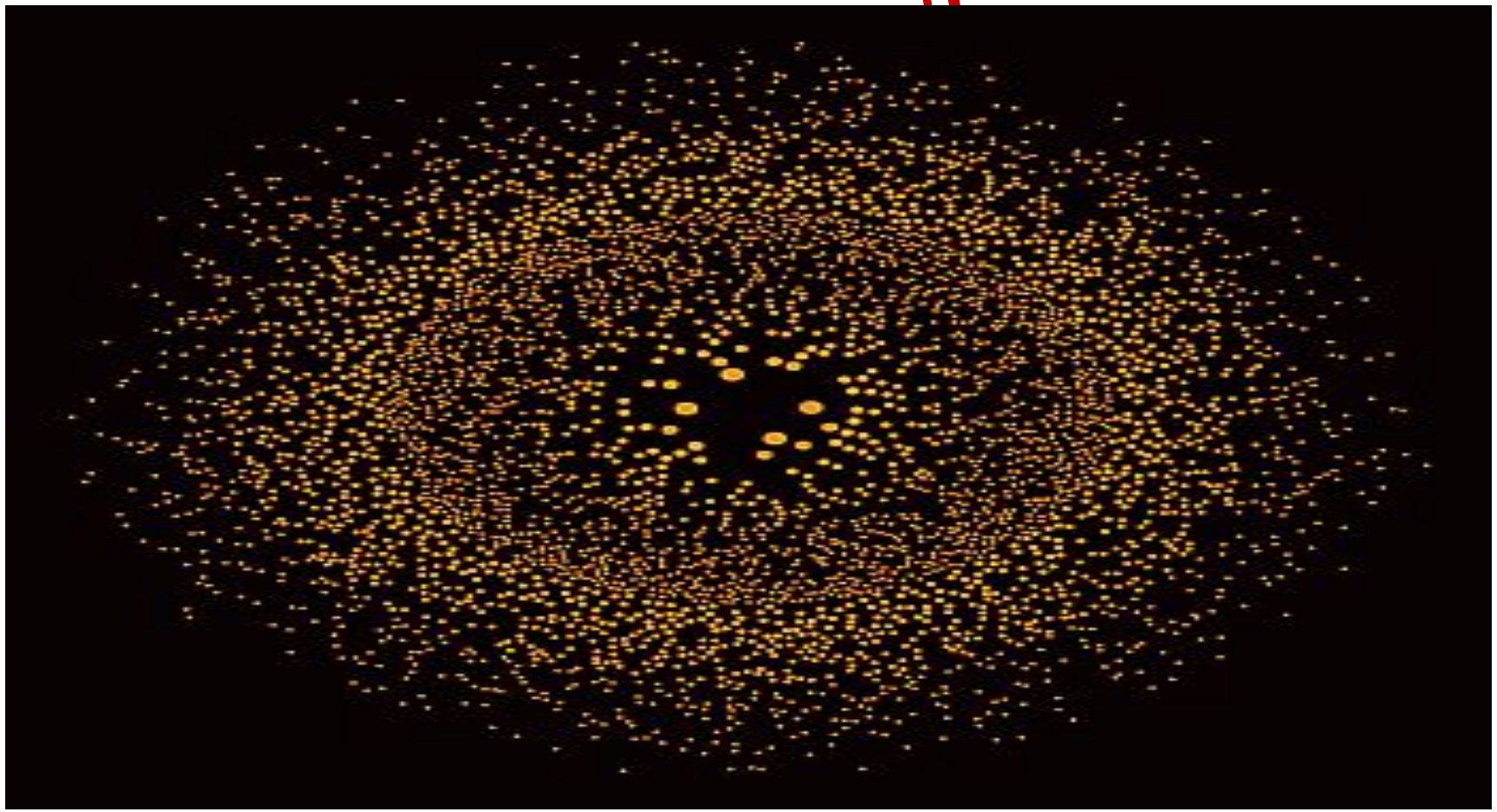
8-1 : النموذج الجسيمي والنموذج

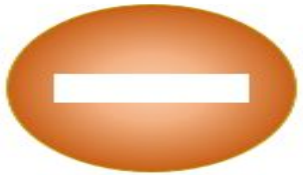


8-1	يذكر أن الإشعاع الكهرومغناطيسي له طبيعة جسيمية.	• يشرح سبب استخدام مصطلح الطبيعة الجسيمية لوصف الإشعاع الكهرومغناطيسي.
8-2	يذكر أن الفوتون هو كمة من الطاقة الكهرومغناطيسية	• يُعرّف مصطلحَي الفوتون والكمّة.
8-3	يستخدم المعادلة: $E = hf$	• يصف ثابت بلانك h. • يستخدم المعادلة التي تربط طاقة الفوتون بتردده في عمليات حسابية، ويعيد ترتيب المعادلة حسب الحاجة.
8-4	يستخدم الإلكترون فولت (eV) كوحدة للطاقة.	• يُعرّف مصطلح الإلكترون الفولت (eV). • يحوّل بين القيم المعطاة بالإلكترون فولت (eV) والمعطاة بالجول (J). • يصف كيفية استخدام المعادلة $eV = \frac{hc}{\lambda}$ لتقدير قيمة ثابت بلانك h.

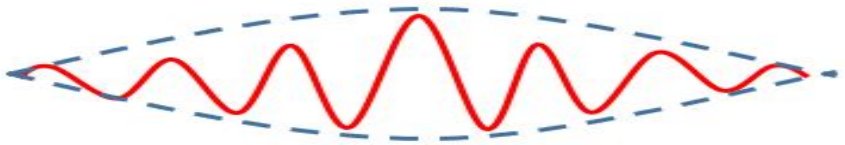
سندرس في هذه الوحدة اثنين من أقوى النماذج العلمية وهما:

النموذج الجسيمي والنموذج الموجي

جسيم



خصائص جسيمية

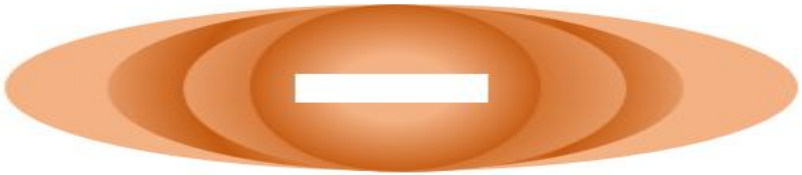


له كتلة

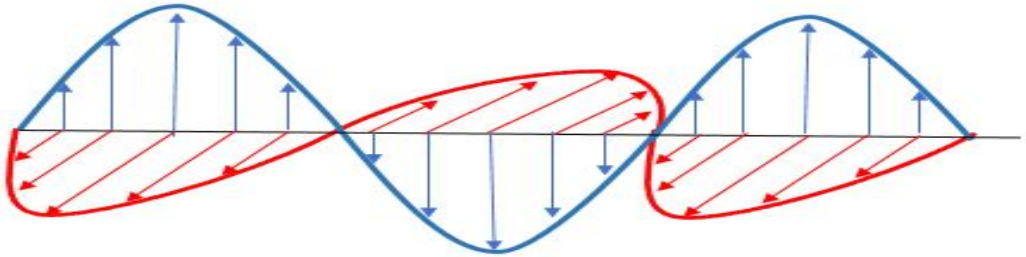
تصادم

طاقة حركة (اتفاع درجة الحرارة).

خصائص موجية



موجة



لها طول موجي λ

يحدث لها حيود وانكسار وانعكاس وتداخل

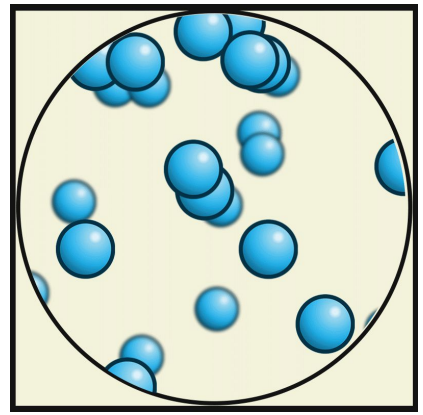
النمـــــوذج الجـــسيمي:

معرفة الجسيمات التي تتكون منها المادة والطريقة التي تتصرف بها يعد مهما لشرح خصائص المادة

بدراسة سلوك الجسيمات يمكن تفسير التصادمات والتنبؤ بكيفية تحركها بعد التصادم بناءا على معرفة الكتل والسرعات

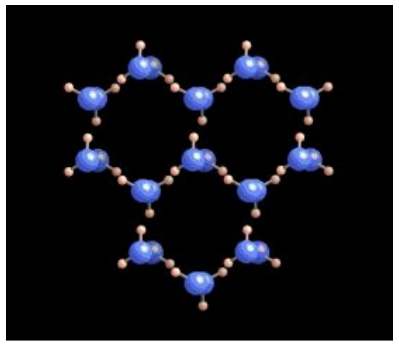
النموذج الجسيمي نموذج جهري يمكن ملاحظته على المقياس الجهري (العياني) ويفسر بعض الظواهر الجهرية :

الغازات



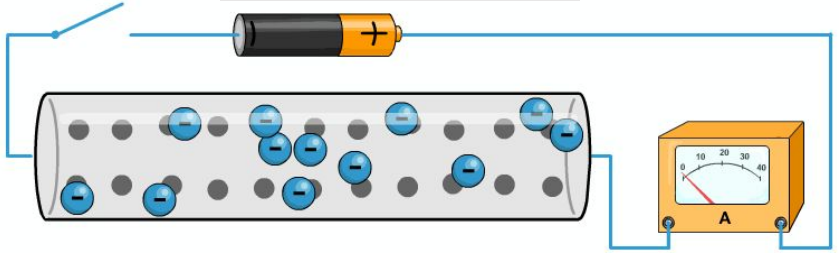
النظرية الحركية
(الضغط ودرجة الحرارة والحجم لغاز ما)

المواد الصلبة



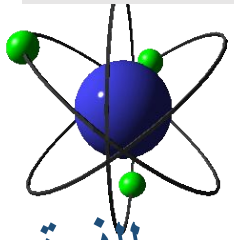
المواد البلورية (الخصائص الميكانيكية)

الكهرباء



تدفق الالكترونات (التيار الكهربائي)

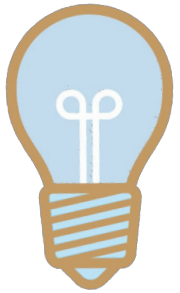
النشاط الاشعاعي



النموذج النووي للذرة
(الانحلال الاشعاعي وتفاعلات الانشطار والاندماج النووي)

الكيمياء

البنية الذرية
(التفاعلات الكيميائية)



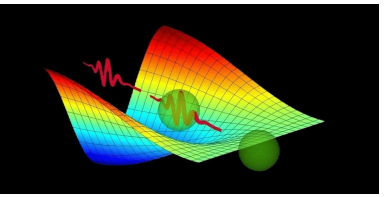
النمـــــوذج الجـــسيمي

يمتلك خصائص جسيمية مثل الكتلة والكثافة والشحنة

يسلك سلوك الجسيمات (له كمية تحرك وطاقة حركة ووضع)

يفسر ظاهرة الانعكاس والانكسار

لاحظ أنه مثلا حدوث الانعكاس والانكسار يكون غير كافيا للحكم على الضوء بأن له طبيعة موجية لأنه حتى الجسيمات يحدث لها ارتداد (انعكاس ويمكن أن تغير اتجاه حركتها



النمـــــوذج الموجي

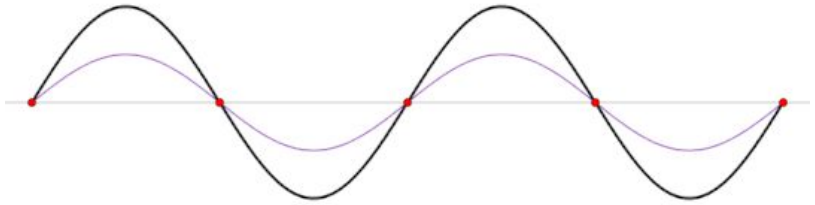
الموجات هي طريقة تنتقل بها الطاقة من مكان الى آخر.

ويمكن ان يفسر النموذج الموجي والكمية المتغيرة لبعض ظواهر :

(الصوت)

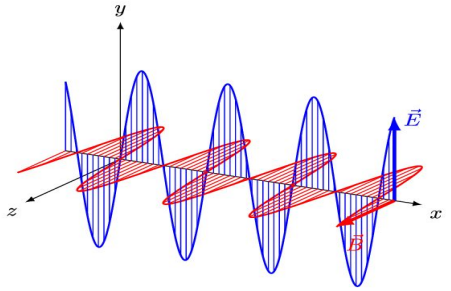
الضغط او الكثافة

(الضوء والموجات الكهرومغناطيسية)

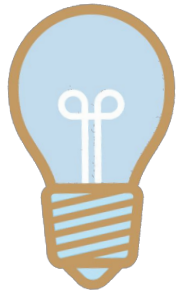


شدة المجال الكهربائي
وكثافة الفيض المغناطيسي

(الموجات في الاوتار)



الكمية المتغيرة: الازاحة



النمـــــوذج الموجي

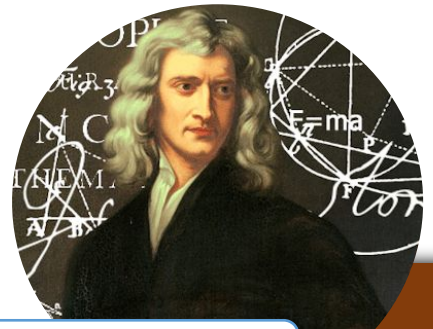
يسلك سلوك الموجات وله نفس خصائصها من طول موجي وتردد وسعة

يحدث له ظواهر موجية كالتداخل والحيود

ينقل الطاقة وليس له كتلة وشحنة

موجات أم جسيمات ؟؟

هل الضوء موجة ام جسيم؟



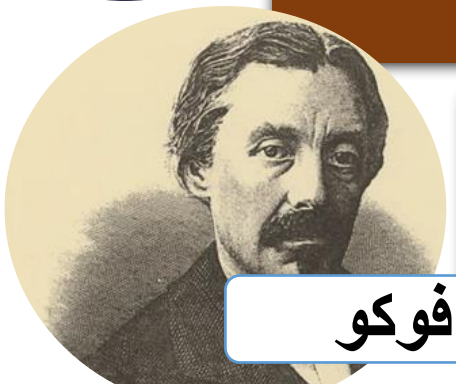
نيوتن

- الضوء ينتقل كجسيمات يمكن أن ينكسر وينعكس
- الضوء ينتقل أسرع في الماء عن الهواء

لم يستطع تفسير حيود وتداخل الضوء لكنه استطاع تفسير الطبيعة الجسيمية للضوء

يونج

- أثبت حيود الضوء وتداخله في تجربة الشق المزدوج
- الضوء موجة

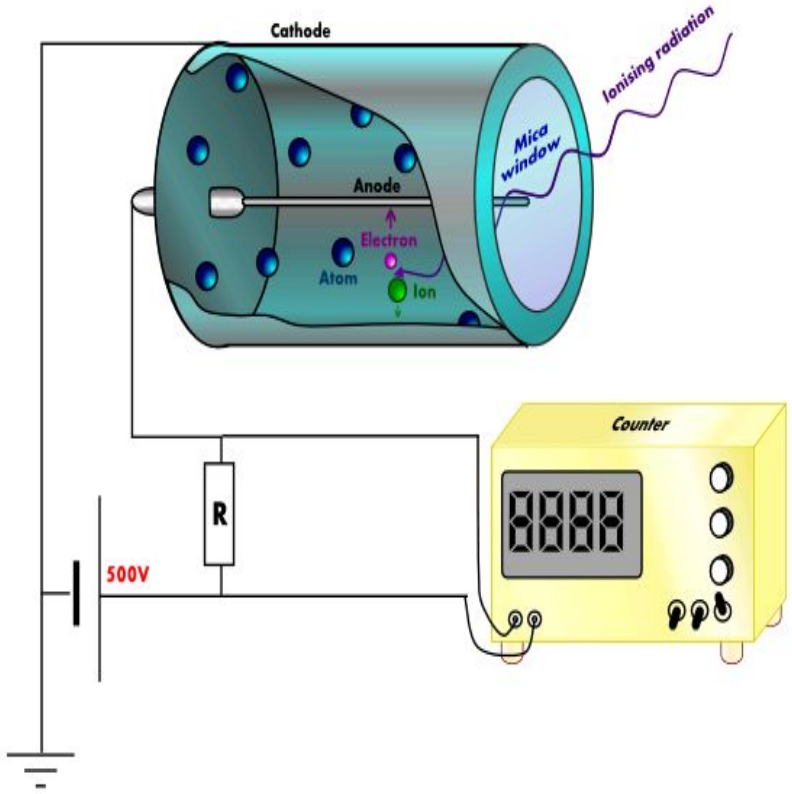


فوكو

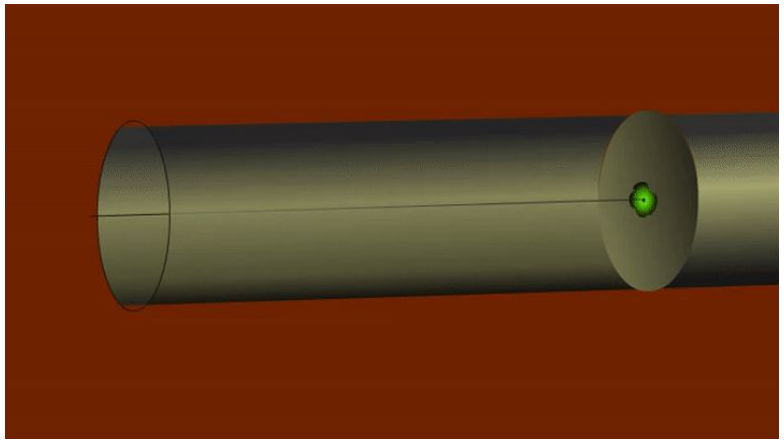
- أثبت أن الضوء ينتقل في أبطأ في الماء عن الهواء
- الضوء عبارة عن موجات

الطبيعة الجسيمية للضوء

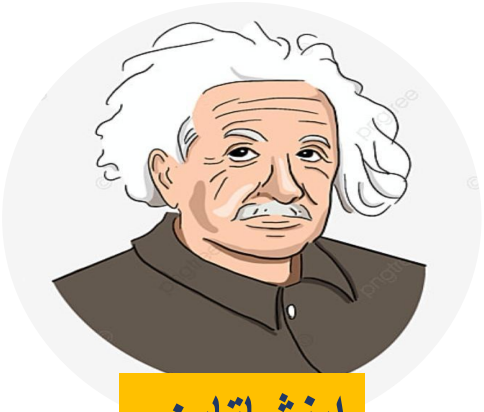
يصدر عداد جايجر نقرات فردية او منفصلة عند وضعه بجوار مصدر اشعاع جاما ويمكن استنتاج ان اشعة جاما تسلك سلوك الجسيمات عندما تتفاعل مع جسيمات الغاز داخل عداد جيجر



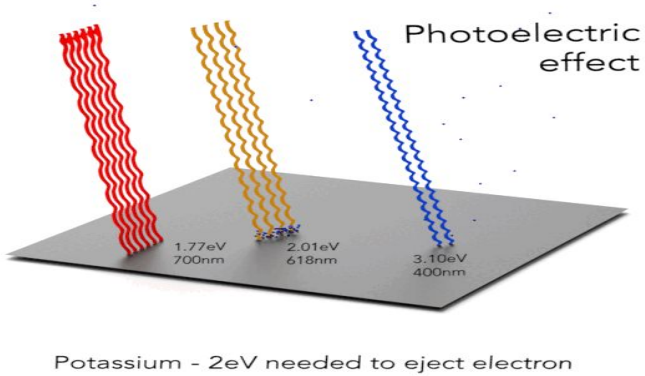
يمكن وضع هذا كدليل على أن للضوء طبيعة جسيمية

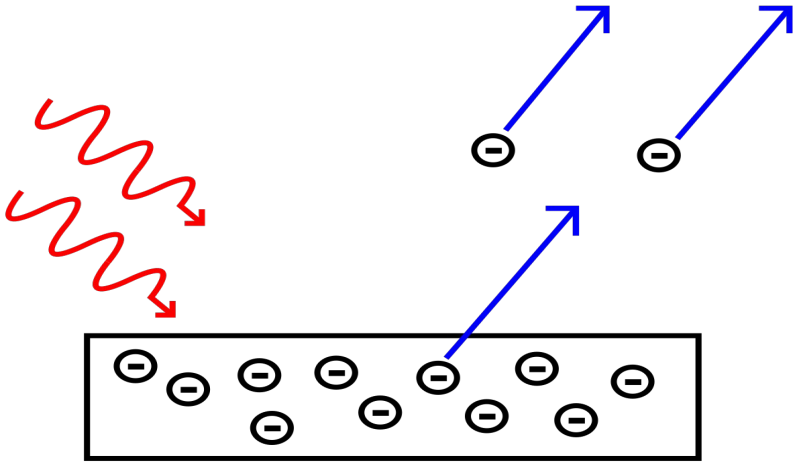


الفوتـــــونات



اينشاتاين



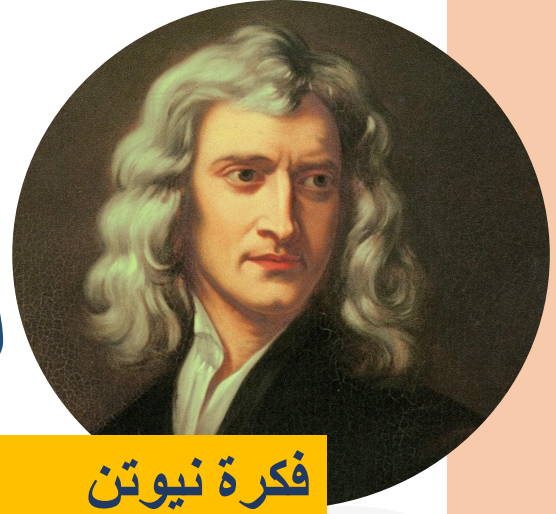


التأثير الكهروضوئي : تفاعل بين فوتون والكترون في فلز ما حيث يتحرر الالكترون من سطح الفلز

ظاهرة التأثير الكهروضوئي وتفسير أينشتاين لها أقنعت العلماء بأن الضوء يمكن أن يسلك سلوك الجسيمات والتي سميت بالفوتونات

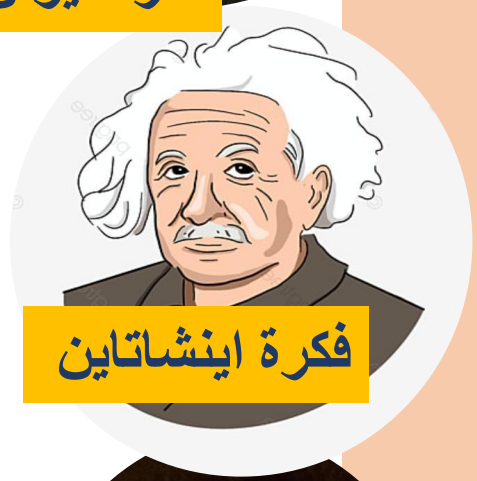
الفوتون : كمة من الطاقة الكهرومغناطيسية

الفوتـــــونات



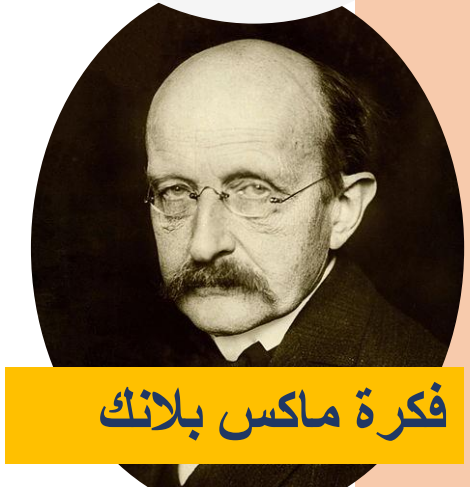
فكرة نيوتن

استخدم نيوتن كلمة كريات صغيرة للجسيمات التي كان يعتقد ان الضوء يتكون منها



فكرة اينشاتاين

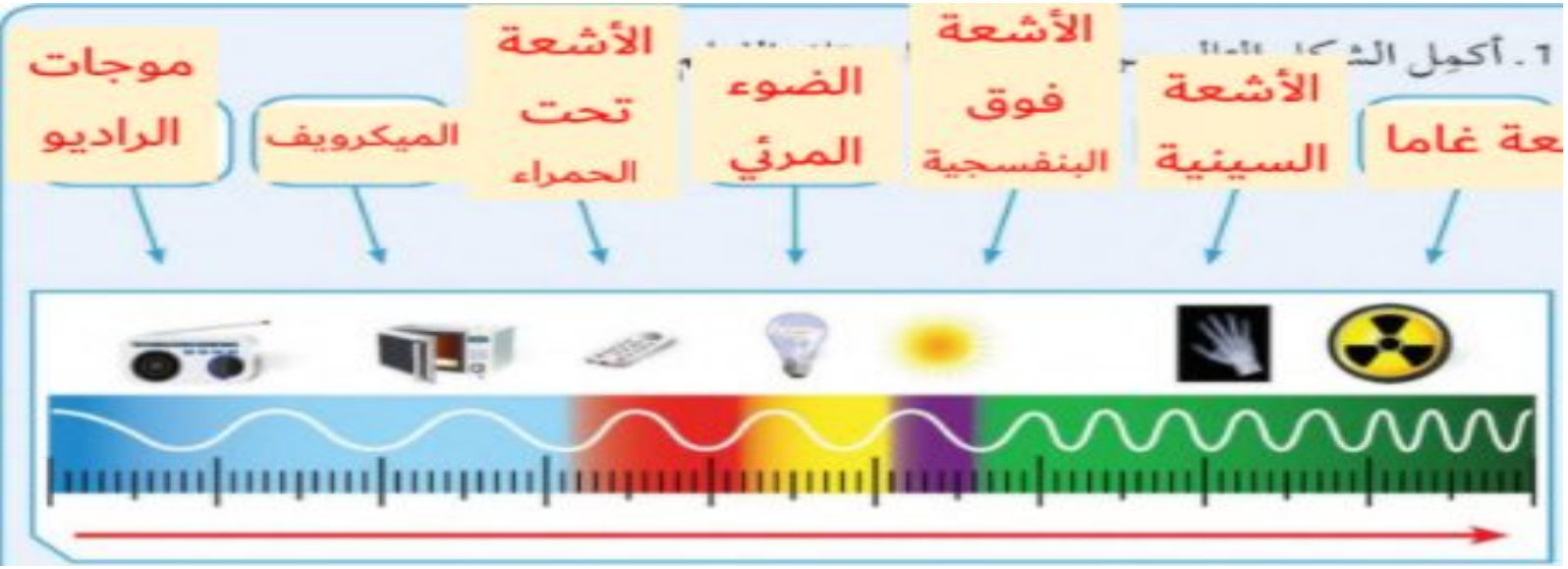
الفوتون هو حزمة من الطاقة او كمة من الطاقة الكهرومغناطيسية والكمة هي كمية محددة منفصلة من شي ما



فكرة ماكس بلانك

وضع ماكس بلانك نظرية الكم التي تقول ان الضوء عبارة عن كمات منفصلة او حزم منفصلة لها تردد معين يتناسب مع طاقة هذه الكمة (طاقة الكمة E=hf)

علاقة أينشتـــــاين



العلاقة بين خاصية جسيمية (الطاقة) وخاصية موجية (التردد):

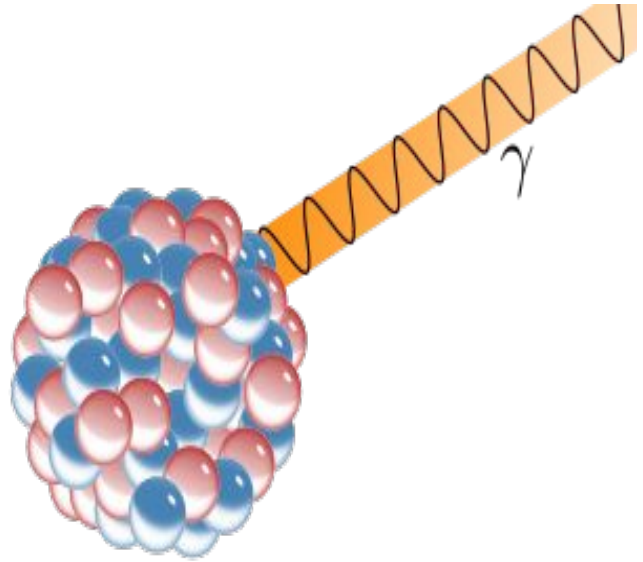
$$E=hf$$

ثابت بلانك $h=6.63\times10^{-34}\ J\,S$

- طاقة الفوتون تتناسب طردية مع تردد الموجات الكهرومغناطيسية
- الاشعاع عالي التردد يعني أن طاقة فوتوناته عالية
- طاقة الفوتون تتناسب عكسيا مع طول الموجة

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

$E=hf$,$h=6.63\times10^{-34}$



لأشعة جاما ترددات أكبر من 10^{20} هيرتز

طاقة فوتون جاما

$E=6.63\times10^{-34}\times10^{20}=10^{-13}$ J

تعتبر هذه الكمية من الطاقة صغيرة جدا لذلك نحن لا نلاحظ الفوتونات الفردية لأشعة جاما

قد تكون طاقة الفوتونات الفردية صغيرة جدا لكن معدل انبعاث الفوتونات من المصدر هائل

$$\text{معدل الفوتونات المنبعثة} = \frac{\text{القدرة}}{\text{طاقة الفوتون الواحد}}$$

مثال

١. تبعث وصلة ثنائية ضوئية (LED) ضوءًا بطول موجة (670 nm)، احسب طاقة الفوتون الواحد لهذا الضوء، ثم احسب معدل انبعاث الفوتونات من هذه الوصلة إذا علمت أن القدرة الإشعاعية للضوء الصادر من الوصلة الثنائية تبلغ (50.0 mW).

سرعة الضوء في الفراغ: $c = 3.00 \times 10^8\ \text{m s}^{-1}$

ثابت بلانك: $h = 6.63 \times 10^{-34}\ \text{J s}$

الخطوة ١: احسب الطاقة (E) لفوتون واحد.

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

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^8}{670 \times 10^{-9}}$$

$$= 2.97 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

وتُعدّ طاقة الفوتون هذه صغيرة جدًا.

الخطوة ٢: احسب معدل الفوتونات المنبعثة.

معدل الفوتونات المنبعثة هو عدد الفوتونات المنبعثة في الثانية. بالنظر إلى أن القدرة هي إجمالي الطاقة المنتقلة في الثانية، فإن قسمة القدرة على طاقة الفوتون الواحد تجعلنا نحصل على عدد الفوتونات المنبعثة في الثانية.

$$\text{معدل الفوتونات المنبعثة} = \frac{\text{القدرة}}{\text{طاقة الفوتون الواحد}}$$

$$= \frac{50.0 \times 10^{-3}}{2.97 \times 10^{-19}} = 1.68 \times 10^{17}\ \text{s}^{-1}$$

(لاحظ أن: $1\ \text{mW} = 10^{-3}\ \text{W}$).

أي أن هناك نحو 1.7×10^{17} فوتونًا ينبعث من الوصلة الثنائية الضوئية (LED) في الثانية الواحدة، وهو عدد كبير جدًا من الفوتونات.

أسئلة

للإجابة عن الأسئلة من ١ إلى ٤، ستحتاج إلى هذه القيم:

سرعة الضوء في الفراغ: $c = 3.00 \times 10^8\ \text{m s}^{-1}$؛

ثابت بلانك: $h = 6.63 \times 10^{-34}\ \text{J s}$.

(١) احسب طاقة فوتون-γ عالي الطاقة الذي تردده $(1.0 \times 10^{26}\ \text{Hz})$.

(٢) الأطوال الموجية للضوء المرئي في المدى (400 nm) (بنفسجي) إلى (700 nm) (أحمر). احسب طاقة فوتون من الضوء الأحمر وفوتون من الضوء البنفسجي.

١. طاقة فوتون-γ:

$$E = hf = 6.63 \times 10^{-34} \times 1.0 \times 10^{26}$$

$$= 6.63 \times 10^{-8}\ \text{J} \approx 6.6 \times 10^{-8}\ \text{J}$$

٢. طاقة فوتون ما: $E = \dfrac{hc}{\lambda}$

للضوء الأحمر:

$$E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^8}{700 \times 10^{-9}} \approx 2.8 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

للضوء البنفسجي:

$$E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}} \approx 5.0 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

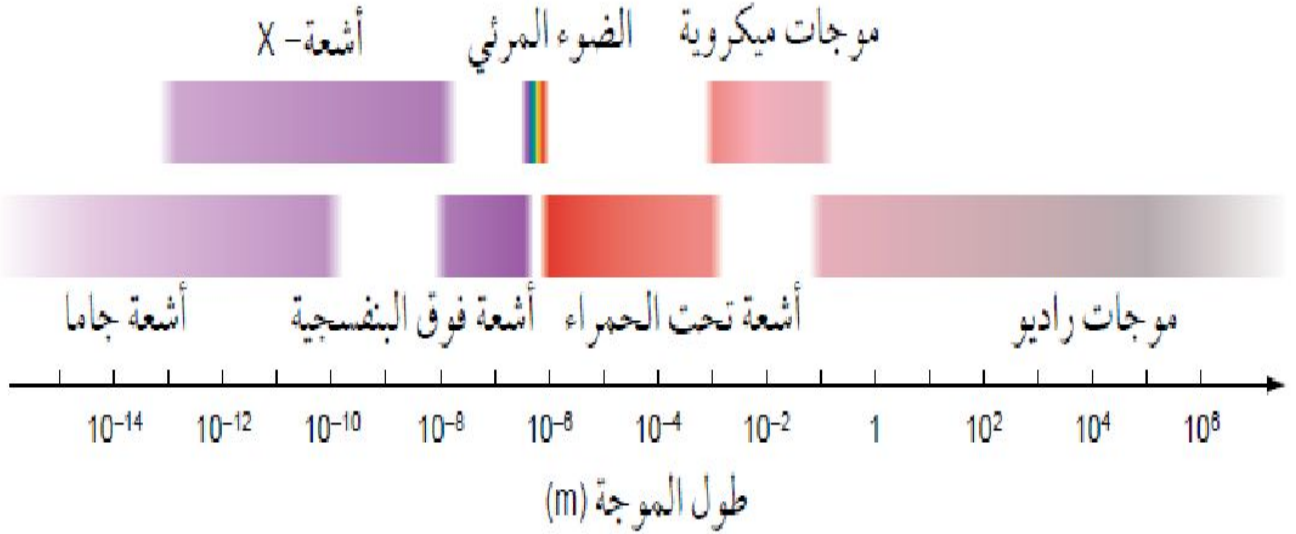
(٣) احسب طول الموجة للموجات الكهرومغناطيسية لكل فوتون من (أ) إلى (هـ) فيما يأتي، ثم استخدم الشكل ٨-١ لتحديد المنطقة في الطيف الكهرومغناطيسي التي ينتمي إليها كل فوتون.

طاقة الفوتونات هي:

أ. 10^{-12} J ب. 10^{-15} J

ج. 10^{-18} J د. 10^{-20} J

هـ. 10^{-25} J



الشكل ٨-١ الأطوال الموجية للطيف الكهرومغناطيسي (الحدود بين بعض المناطق غير واضحة).

بإعادة ترتيب المعادلة $E = \frac{hc}{\lambda}$ لتعطي طول الموجة: $\lambda = \frac{hc}{E}$

أ. $\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{10^{-12}} \approx 2.0 \times 10^{-13}\ \text{m}$

أشعة-γ

ب. $\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{10^{-15}} \approx 2.0 \times 10^{-10}\ \text{m}$

الأشعة السينية (أشعة-X)

ج. $\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{10^{-18}} \approx 2.0 \times 10^{-7}\ \text{m}$

الأشعة فوق البنفسجية

د. $\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{10^{-20}} \approx 2.0 \times 10^{-5}\ \text{m}$

الأشعة تحت الحمراء

هـ. $\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{10^{-25}} \approx 2.0\ \text{m}$

موجات الراديو

٤ ليزر قدرته (1.0 mW) ينتج ضوءًا أحمرَ طول موجته (6.40×10^{-7} m). احسب عدد الفوتونات التي ينتجها الليزر في الثانية.

٤. طاقة الفوتون: $E = \frac{hc}{\lambda}$

$$E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{6.48 \times 10^{-7}} = 3.07 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

معدل الفوتونات المنبعثة = عدد الفوتونات المنبعثة في الثانية

$$= \frac{\text{القدرة}}{\text{الطاقة لكل فوتون}}$$

$$= \frac{0.0010}{3.07 \times 10^{-19}} = 3.26 \times 10^{15}\ \text{s}^{-1} \approx 3.3 \times 10^{15}\ \text{s}^{-1}$$

الإلكترون فولت(eV)

الإلكترون فولت : الطاقة التي يكتسبها إلكترون عندما ينتقل بواسطة فرق جهد مقداره (1V)

طاقة الفوتون صغيره جدا وأقل من الجول لذلك تستخدم وحدة الالكترون فولت

عندما ينتقل الكترون بواسطة فرق جهد يحدث انتقال طاقة

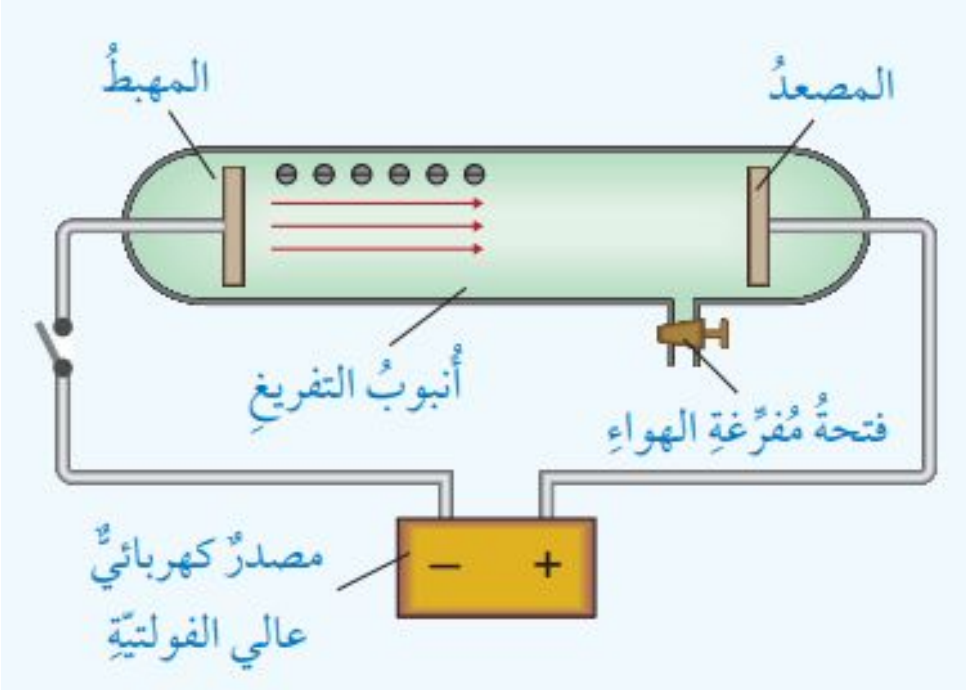
الشغل المبذول او الطاقة المنتقلة W=QV

$$W = QV = 1.60 \times 10^{-19} \times 1 = 1.60 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

$$1\ \text{eV} = 1.60 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

مهمّ

- للتحويل من (eV) إلى (J) اضرب في (1.60×10^{-19}).
- للتحويل من (J) إلى (eV) اقسم على (1.60×10^{-19}).



عندما يتحرك الكترون بواسطة فرق جهد 1V فإن 1eV من الطاقة التي يكتسبها هذا الالكترون أو تنقل إليه

عندما يسرع جسيم مشحون الى سرعة v بواسطة فرق جهد V فإن طاقة حركته تزداد

$$eV = \frac{1}{2} m v^2$$

ومنها فإن سرعة الالكترون :

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

للإجابة عن الأسئلة من ٥ إلى ٧ ستحتاج إلى هذه القيم:

سرعة الضوء في الفراغ: $c = 3.00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$

ثابت بلانك: $h = 6.63 \times 10^{-34}\ \text{J s}$

٥ ينتقل إلكترون عبر خلية قوتها الدافعة الكهربائية (1.2 V)، احسب الطاقة المنقولة إلى الإلكترون، واكتب إجابتك بوحدَتي الإلكترون فولت (eV) والجول (J).

الطاقة المنقولة إلى الإلكترون بوحدة الجول:

$$W = QV$$

$$= 1.6 \times 10^{-19} \times 1.2 = 1.92 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

$$\approx 1.9 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

الطاقة بوحدة eV:

$$W = \frac{1.92 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.2\ \text{eV}$$

٦ احسب الطاقة بوحدة (eV) لفوتون أشعة-X (الأشعة السينية) الذي تردده (3.0×10^{18} Hz).

طاقة الفوتون بوحدة الجول: $E = hf$

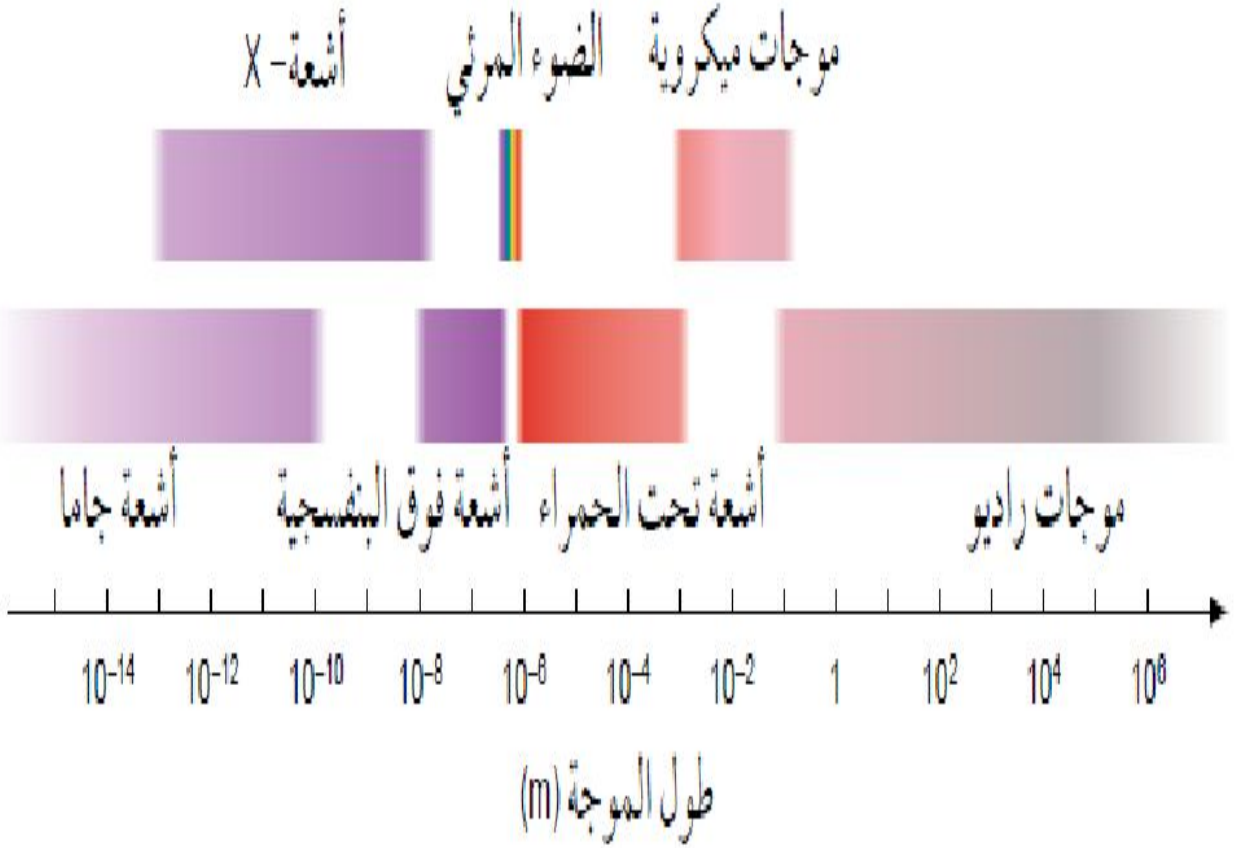
$1\ \text{eV} = 1.60 \times 10^{-19}\ \text{J}$

الطاقة بوحدة eV:

$$E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.0 \times 10^{18}}{1.60 \times 10^{-19}} \approx 12000\ \text{eV}$$

$$= 12\ \text{keV}$$

(٧) مستعينًا بالعمليات الحسابية، حدّد المنطقة من الطيف الكهرومغناطيسي (الشكل ٨-١) التي ينتمي إليها فوتون طاقته (10 eV).



بإعادة ترتيب المعادلة $E = \frac{hc}{\lambda}$ لتعطي طول الموجة:

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

$$\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{10 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 1.24 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

أشعة فوق بنفسجية

(٨) يتسارع بروتون من السكون بواسطة فرق جهد مقداره (1500 V). شحنة البروتون ($+1.60 \times 10^{-19}$ C) وكتلته (1.67×10^{-27} kg)؛ احسب:

أ. طاقة حركته النهائية بوحدة الجول (J).

ب. سرعته النهائية.

أ. الطاقة المكتسبة = الشغل المبذول على البروتون بواسطة فرق الجهد الكهربائي.

طاقة الحركة المكتسبة:

$$KE = QV = 1.60 \times 10^{-19} \times 1500$$

$$= 2.4 \times 10^{-16} \text{ J}$$

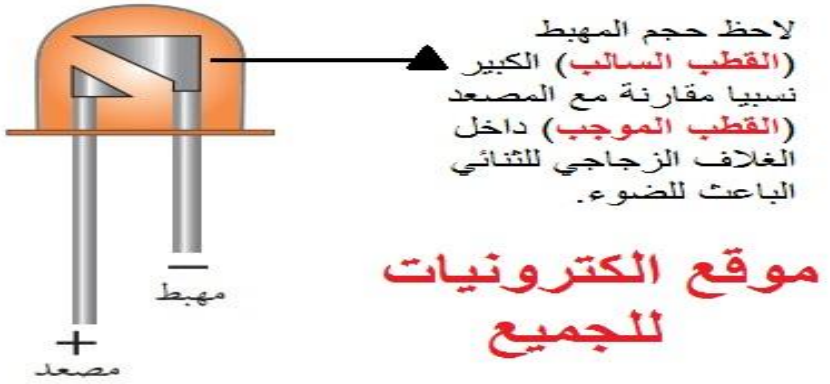
ب. طاقة الحركة: $K.E = \frac{1}{2}mv^2$، لذلك فالسرعة:

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.4 \times 10^{-16}}{1.67 \times 10^{-27}}} \approx 5.4 \times 10^{5} \text{ m s}^{-1}$$

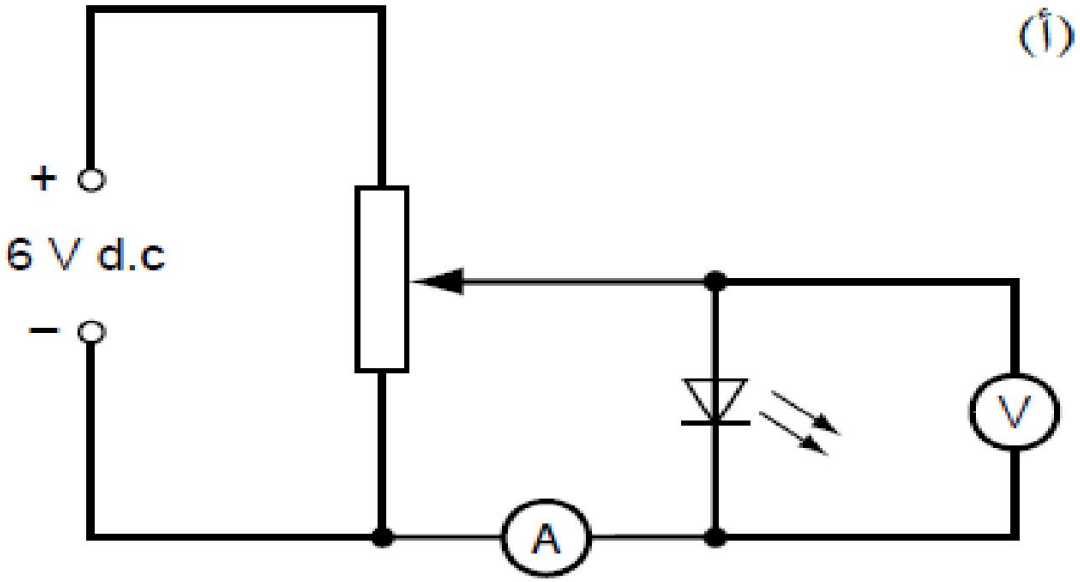
مهارة عملية :تقدير ثابت بلانك h

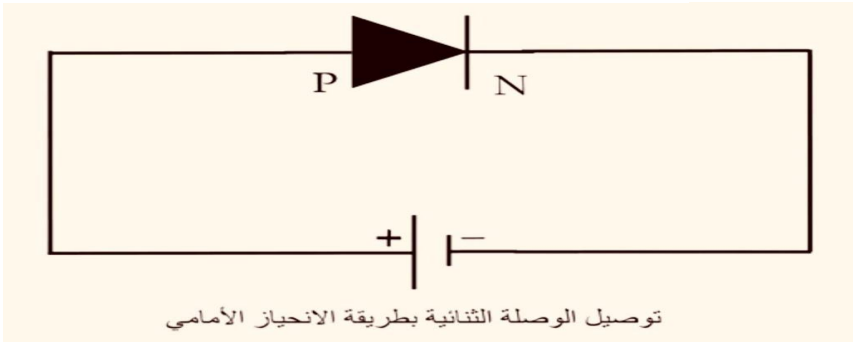
يمكن الحصول على تقدير لقيمة ثابت بلانك عن طريق تجربة باستخدام الوصلة الثنائية الضوئية

الوصلة الثنائية الضوئية : مكون كهربائي يعمل في اتجاه واحد فقط (الاتجاه الامامي)



(أ)





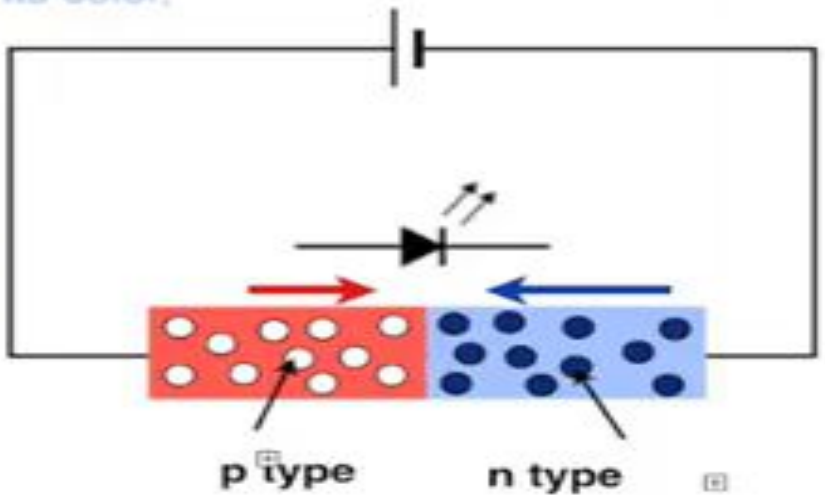
توصيل الوصلة الثنائية بطريقة الانحياز الأمامي

The LED consists of a chip of semiconducting material doped, with impurities at each end, to create a p-n junction. The conventional current flows easily from the p-side, or anode, to the n-side, or cathode, but not in the reverse direction. The direction of flow is shown by the arrow in the diode symbol. Charge-carriers—electrons and holes—flow into the junction providing the potential difference reaches a threshold level. When an electron meets a hole, it falls into a lower energy level, and releases energy in the form of a photon.

The wavelength of the light emitted, and therefore its color, depends on the energy change.

If we assume that all of the energy supplied by the PD to each pair of charge carriers becomes one photon of light, then by measuring the smallest PD which causes light to be emmitted and the wavelength of that light we can evaluate Planck's constant:

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

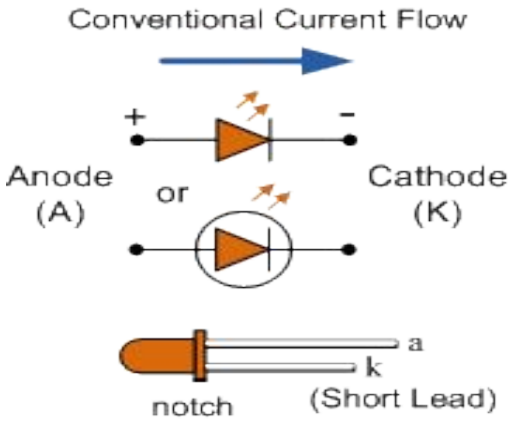


مهارة عملية :تقدير ثابت بلانك h

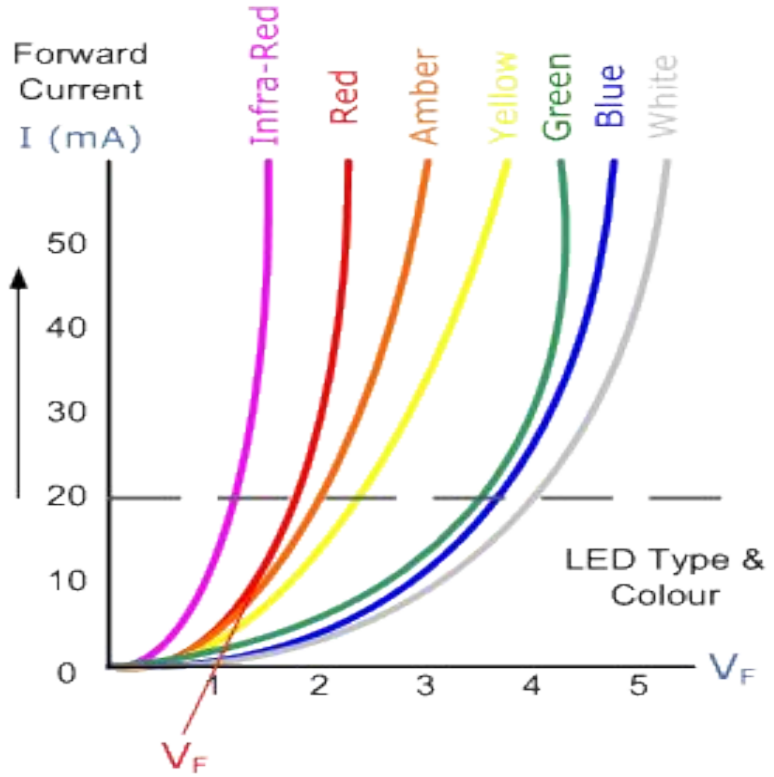
الوصلة الثنائية الضوئية تتطلب حد أدنى من فرق الجهد الكهربائي **يسمى جهد العتبة** ومصابيح الوصلات الثنائية ذات الألوان المختلفة لها قيم مختلفة لجهد العتبة

الوصلة الثنائية الباعثة للضوء الأحمر تتطلب جهد عتبة منخفض لجعلها في حالة توصيل لذلك تعطي فوتونات منخفضة الطاقة

الوصلة الثنائية الباعثة للضوء الأزرق تتطلب جهد عتبة مرتفع لجعلها في حالة توصيل لذلك تعطي فوتونات عالية الطاقة



LED and its
I-V Characteristics



عندما تكون الوصلة الثنائية الضوئية موصلة في الانحياز الامامي فإن الطاقة الكهربائية لالكترون واحد يمر عبر الوصلة الثنائية تنتقل لتصبح طاقة فوتون واحد

الطاقة المنقولة بواسطة الإلكترون = طاقة الفوتون

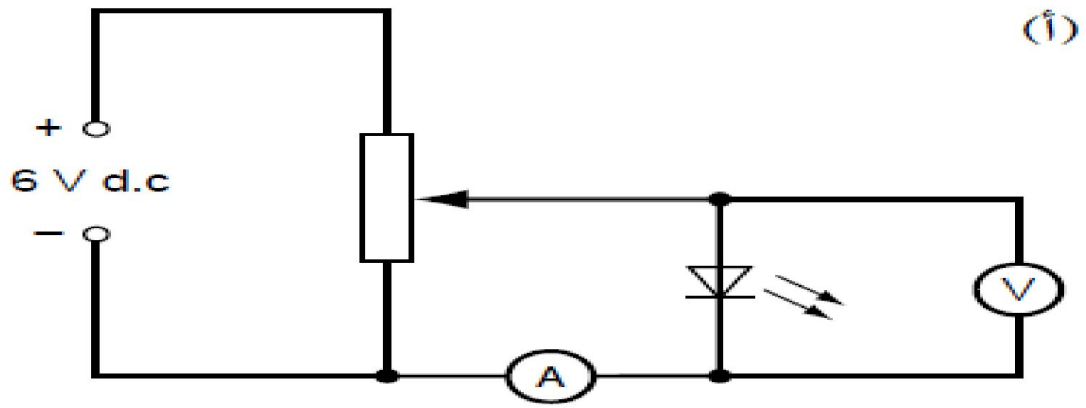
$$eV = \frac{hc}{\lambda}$$

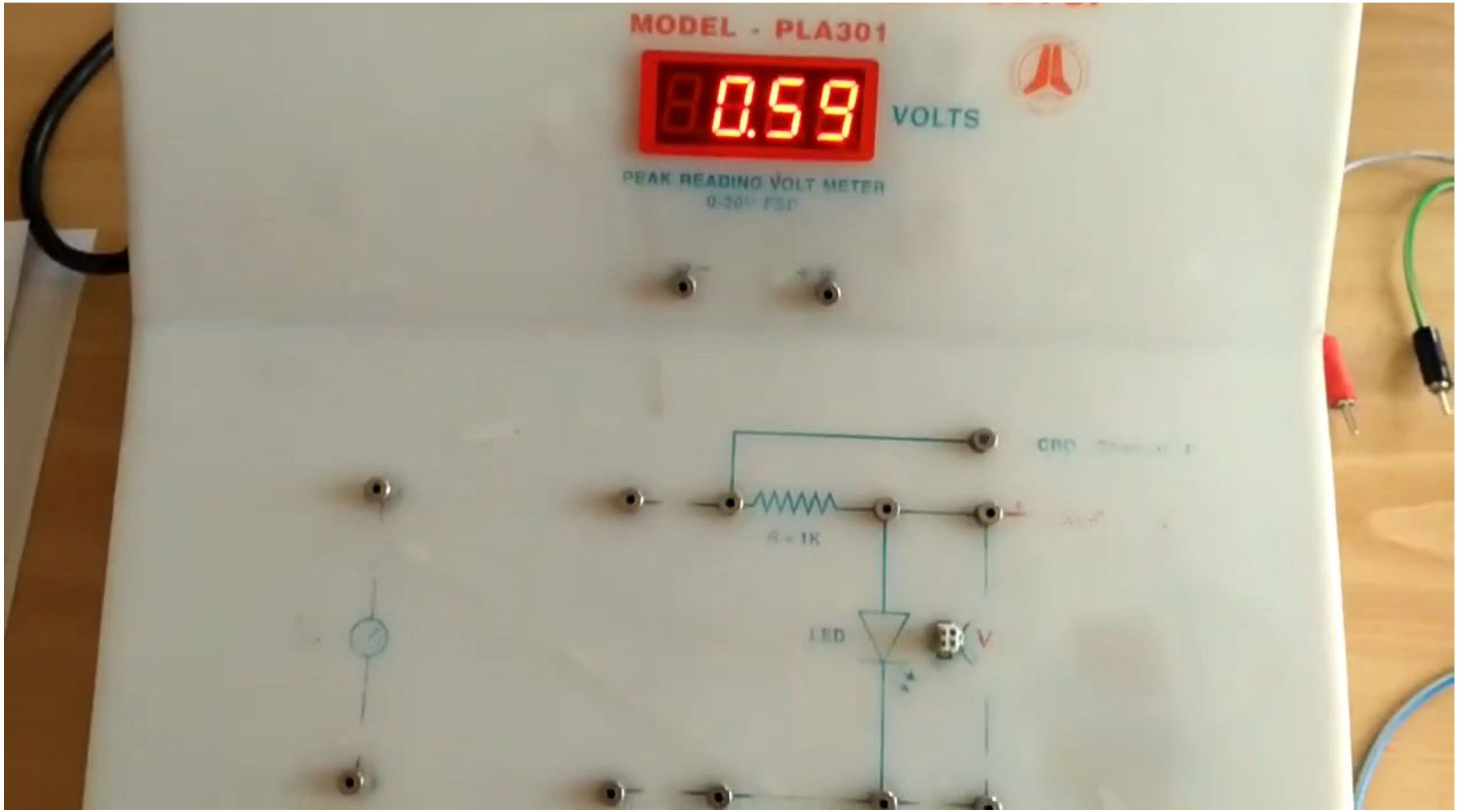
القياسات في التجربة

فرق الجهد الكهربائي بين طرفي الوصلة الثنائية

طول الموجة للضوء المنبعث من الوصلة الثنائية

يمكن الحصول عليه من خلال تجربة محزوز الحيود او من خلال الطول الموجي المكتوب على الوصلة الثنائية الضوئية



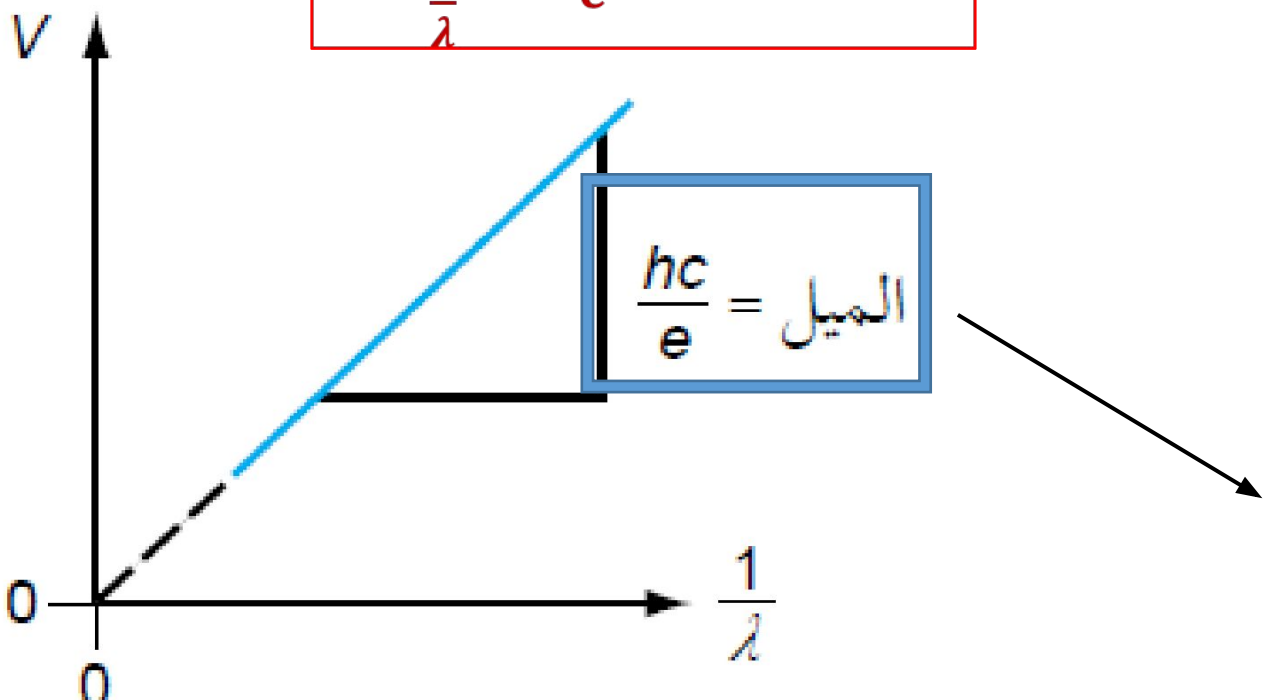

MODEL - PLA301
0.59
VOLTS
PEAK READING VOLT METER
R = 1K
LED
V

عند استخدام عدة وصلات ثنائية بألوان مختلفة يمكن تحديد فرق الجهد الكهربائي والطول الموجي ورسم تمثيل بياني بين فرق الجهد ومقلوب الطول الموجي

$$V = \frac{1}{\lambda} \times \frac{hc}{e} + 0$$

$$\frac{V}{\frac{1}{\lambda}} = \frac{hc}{e}$$ = الميل

V(v)		



يمكن من خلال ميل المنحنى حساب ثابت بلانك بمعلومية ان سرعة الضوء وشحنة الالكترون ثابتة

سؤال

(٩) اُستُخدمت في تجربة لتحديد ثابت بلانك (h) وصلات ثنائية ضوئية ذات ألوان مختلفة، وحُدِّد الجهد المطلوب لجعل كل من هذه الوصلات في حالة توصيل، وأُخذ طول الموجة للضوء من كُتيِّب الشركة المصنِّعة، والنتائج مبيَّنة في الجدول ٨-٣ لكل وصلة ثنائية. احسب القيمة التجريبية لثابت بلانك (h)، ثم حدِّد متوسط قيمة ثابت بلانك.

لون الوصلة الثنائية	طول الموجة (10^{-9} m)	جهد العتبة (V)
الأشعة تحت الحمراء	910	1.35
الضوء الأحمر	670	1.70
الضوء الكهرماني (amber)	610	2.00
الضوء الأخضر	560	2.30

الجدول ٨-٣ نتائج من تجربة ما لتحديد قيمة h.

بإعادة ترتيب المعادلة $eV = \frac{hc}{\lambda}$ لتعطي ثابت بلانك:

$$h = \frac{eV\lambda}{c}$$

ثابت بلانك للوصلة الثنائية الضوئية للأشعة تحت الحمراء:

$$h_{\text{infrared}} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.35 \times 910 \times 10^{-9}}{3.00 \times 10^{8}}$$
$$= 6.55 \times 10^{-34}\ \text{J s}$$

ثابت بلانك للوصلة الثنائية الضوئية للضوء الأحمر:

$$h_{\text{red}} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.70 \times 670 \times 10^{-9}}{3.00 \times 10^{8}}$$
$$= 6.07 \times 10^{-34}\ \text{J s}$$

ثابت بلانك للوصلة الثنائية الضوئية للضوء الكهرماني:

$$h_{\text{amber}} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 2.00 \times 610 \times 10^{-9}}{3.00 \times 10^{8}}$$
$$= 6.51 \times 10^{-34}\ \text{J s}$$

ثابت بلانك للوصلة الثنائية الضوئية للضوء الأخضر:

$$h_{\text{green}} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 2.30 \times 560 \times 10^{-9}}{3.00 \times 10^{8}}$$
$$= 6.87 \times 10^{-34}\ \text{J s}$$

متوسط قيمة ثابت بلانك h:

$$= \frac{1}{4}(6.55 \times 10^{-34} + 6.07 \times 10^{-34} + 6.51 \times 10^{-34} + 6.87 \times 10^{-34})$$
$$\approx 6.5 \times 10^{-34}\ \text{J s}$$