

The Photoelectric effect الظاهرة الكهروضوئية

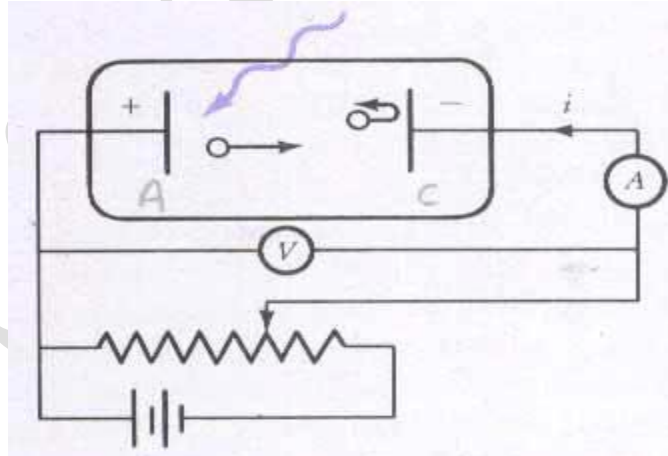
هدف التجربة:

تعيين كل من: ثابت بلانك عملياً - تردد كل موجة ضوئية في جدول البيانات ٢ - طاقة كل تردد في جدول

البيانات ٢ - دالة الشغل

نظرية التجربة:

الظاهرة الكهروضوئية هي عملية انبعاث الإلكترونات من أسطح المعادن عندما يسقط عليها إشعاع كهرومغناطيسي (عادة أشعة مرئية أو فوق بنفسجية) ذي تردد مناسب أو أعلى منه ، فعندما يصطدم فوتون ضوء بسطح قطعة فلزية فإنه إذا كان يملك طاقة كافية سيدفع إلكترونًا خارج سطح الفلز ، ويسمى هذا الإلكترون بالإلكترون الضوئي والظاهرة بظاهرة التأثير الكهروضوئي ، ولتفسير ما يحدث هو أن جزء من طاقة الشعاع الكهرومغناطيسي يمتصها الإلكترون المرتبط بالمعدن فيتحرك منه ويكتسب طاقة حركة ، ونتيجة لتحرر هذه الإلكترونات يتولد تيار يسمى بالتيار الكهروضوئي
ويمكن توضيح آلية التأثير الكهروضوئي بالشكل التالي :



في الشكل أعلاه يمثل اللوح A الأنود والذي يسقط عليه الشعاع الكهرومغناطيسي ، واللوح C يُمثل الكاثود الذي تتجمع فيه الإلكترونات المتحررة من السطح A

ذكرنا سابقاً أنه نتيجةً لتحرر الإلكترونات المرتبطة بسطح المعدن عند اصطدام الفوتونات ذات الطاقة المناسبة بها ينتج تيار كهروضوئي ، وتعتمد هذه العملية على العديد من المتغيرات وهي : تردد الشعاع الكهرومغناطيسي ، شدة الشعاع الكهرومغناطيسي ، التيار الكهروضوئي الناتج ، طاقة حركة الإلكترون المتحرر من سطح المعدن ، نوع المعدن

لقد وُجد من هذه التجربة أن شدة التيار الكهروضوئي الناتج يتناسب طردياً مع المعدل الزمني لانبعاث الإلكترونات الضوئية وذلك عند ثبوت التردد وفرق الجهد بين اللوحين ، وبمعنى آخر أن التيار الكهروضوئي يزداد بزيادة شدة الأشعة الكهرومغناطيسية الساقطة على الأنود

أما إذا ثبتنا تردد الأشعة الساقطة وشدتها، فإن التيار الكهروضوئي يقل بزيادة فرق الجهد المطبق بين اللوحين، حتى تصل قيمته إلى الصفر عندها تكون هذه القيمة فرق الجهد V_0 والتي تُسمى بجهد الإيقاف (stopping potential) وتجدر الإشارة هنا أن أدنى تردد (n_0) مطلوب لانبعاث الإلكترونات من السطح المعدني ، ولا يمكن أن نحصل على تيار كهروضوئي إلا إذا كان تردد الأشعة الكهرومغناطيسية أكبر من هذا التردد

لم يتمكن العلماء من إيجاد تفسير لنتائج التجارب العملية للظاهرة الكهروضوئية إلا بعد أن قام العالم ألبرت آينشتاين في عام ١٩٠٥ م بتطبيق نظرية الكم Quantum theory على الإشعاع الكهرومغناطيسي ، فطبقاً لنظرية الكم إن الأشعة الكهرومغناطيسية التي تعاملنا معها في الفيزياء الكلاسيكية على إنها موجات تنتشر في الفراغ تصبح في نظرية الكم جسيمات تسمى الفوتونات (photons) وكل فوتون يحمل طاقة E تعتمد على تردده من خلال المعادلة التالية :

$$E = hn$$

حيث $h = 6.63 \times 10^{-34} J.s$ هو ثابت بلانك (Planck constant) ويُمثل ميل المنحنى وهو ثابت لكل المعادن

من وجهة نظر ميكانيكا الكم، يحتوي الشعاع الضوئي ذو التردد ν على عدد من الفوتونات طاقة كل فوتون $h\nu$ ،
ويصطدم كل فوتون مع إلكترون واحد مرتبط بسطح المعدن، فإذا كانت طاقة الفوتون أكبر من طاقة ربط الإلكترون
بالمعدن فإن الفوتون يُحرر الإلكترون من سطح المعدن، وتتحول بقية طاقة الفوتون إلى الإلكترون المتحرر على صورة
طاقة حركة (kinetic energy) تمكنه من الوصول إلى الكاثود ، ويعبر عن طاقة ربط الإلكترون بسطح المعدن
بالرمز $f_0 = h\nu_0$ والذي يعرف على أنه دالة الشغل (work function) والتي تُعرف على إنها مقدار
الشغل اللازم بذله لتحرير الإلكترون الأقل ارتباطاً بسطح المعدن

أدوات التجربة:

أنبوب ضوئي ، أميتر ، فولتميتر ، مصدر كهرباء ، لمبة زئبق ، مصدر طاقة ، مجموعة من فلاتر (مرشحات) الزئبق
الخطية ، أسلاك توصيل

قبل التجربة :

صِف ما يحدث عندما يصطدم فوتون ضوئي ذو طاقة كافية بصفيحة فلزية ؟!

يدفع الفوتون إلكترونات خارج سطح الفلز

وضح المقصود بالتأثير الكهروضوئي ؟!

هو انبعاث الإلكترون من سطح المعدن عندما يقع عليه ضوء بتردد معين أو أعلى منه

اشرح مفهوم الكم الميكانيكي للضوء ؟!

إن الضوء ينتقل على هيئة حزم موجية أو فوتونات لها خصائص تشبه الجسيمات والموجات معاً

كوّن فرضية حول كيفية ارتباط تردد الفوتون وطاقته وإمكانية استخدامها في حساب ثابت بلانك ، سجل فرضيتك في

العمود المجاور ؟!

بما أن آينشتاين افترض أن الضوء عبارة عن كمات من الطاقة (فوتونات) فإنه عند سقوط الضوء الذي يملك قدراً

مناسباً من التردد أو أعلى منه على سطح المعدن تتعامل الفوتونات مع إلكترونات السطح بصورة فردية وتمنحها

طاقتها حيث تستغل الإلكترونات هذه الطاقة في أمرين : الأول استنفاد جزء من الطاقة في التحرر من سطح المعدن

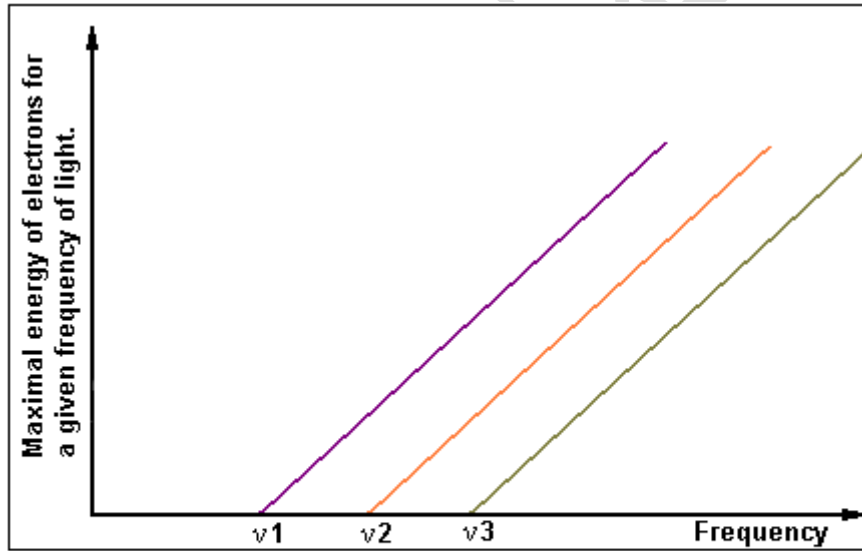
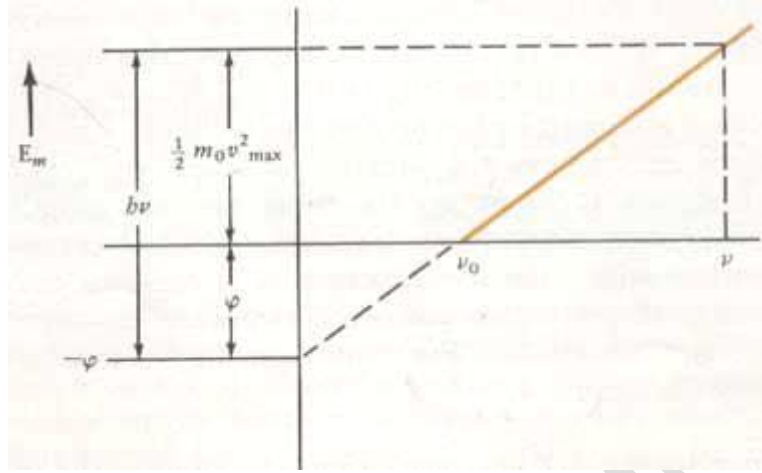
(قيمة دالة الشغل) ، والآخر استنفاد الجزء المتبقي من الطاقة في اكتساب طاقة حركية للخروج من السطح

من فرض آينشتاين نجد أن هناك تناسب بين الطاقة والتردد : $E \propto \nu$

نستبدل α بعلامة = ثابت والثابت هنا هو h (ثابت بلانك) $E = hn$

خطوات العمل والبيانات والملاحظات :

- ١- صل الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل أعلاه الوارد في نظرية التجربة
- ٢- ضع أحد مرشحات الضوء بين المصدر الضوئي والخلية الكهروضوئية
- ٣- حرك الريوستات إلى أن يصل تدريج الجلفانومتر إلى الصفر ثم سجل قراءة جهد الإيقاف من الفولتميتر
- ٤- كرر الخطوات السابقة مع بقية مرشحات الألوان ثم سجل ذلك في جدول البيانات ١
- ٥- ارسم فرق الجهد V مقابل التيار A بيانياً لكل المرشحات ثم دوّن نتائجك في جدول البيانات ٢ (خانة فرق جهد الإيقاف)
- ٦- احسب مقدار التردد المناظر لكل لون باستخدام العلاقة $\nu = c/\lambda$ ، $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ثم دوّن نتائجك في جدول البيانات ٢ (خانة التردد)
- ٧- احسب طاقة كل تردد في جدول البيانات ٢ وذلك بضرب كل فرق جهد إيقاف في شحنة الإلكترون $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- ٨- ارسم العلاقة بين التردد و الطاقة كما في الشكل التالي :



The diagram shows the interdependence between light frequency and the maximal energy of electrons emitted from metal. It shows the interdependence for three different metals. See that it clearly shows the limiting frequencies - different for different metals

٩- احسب ميل الخط المستقيم (الميل = فرق الصادات على فرق السينات) ثم استنتج قيمة ثابت بلانك h

التحليل والاستنتاج :

١- القياس واستخدام الأرقام :

مقارنة القيمة المحسوبة تجريبياً (الميل) مع القيمة المقبولة $6,62 \times 10^{-34}$ جول. ثانية

$$h = \dots\dots\dots J \cdot S$$

٢- القياس واستخدام الأرقام :

اضرب قيمة المقطع (قيمة المقطع هي القيمة المثلى التي يقطع فيها الخط المستقيم محور الطاقة العمودي عند القيمة

$v=0$) - اضربه هذه القيمة - في ١ - لتحصل على قيمة دالة الشغل ثيتا

$$f = \dots\dots\dots eV$$

٣- التفكير الناقد :

فسر كيف تؤدي هذه الملاحظة إلى الاستنتاج بأن للضوء طبيعة جسيمية ؟!

٤- تحليل الخطأ :

ما النسبة المئوية للخطأ في القيمة التي حصلت عليها لثابت بلانك ؟! عدد مصادر الخطر المحتملة في التجربة ؟!

الكيمياء في واقع الحياة :

أيهما أكثر طاقة : فوتونات الضوء الأزرق أم الأحمر ؟! فسّر إجابتك

موجة الضوء الأزرق يتراوح طولها الموجي بين ٤٤٠-٤٩٠ نانومتر ، أما موجة اللون الأحمر فيبلغ طولها الموجي ٧٠٠

نانومتر

يمكن إجراء الحسابات من خلال العلاقة : $E_{\text{photon}} = h\nu$ ، $\nu = c/\lambda$ ومن ثم مقارنة قيمة الطاقة لكل من فوتون

اللونين

أو مباشرةً نحن نعلم أن هناك علاقة عكسية بين الطول الموجي والتردد ، فكلما زاد الطول الموجي قلّ التردد ،
والعكس صحيح فكلما قلّ الطول الموجي زاد التردد ، ونلاحظ كما ورد في أطوال موجتي اللونين الأحمر والأزرق أعلاه
أن الطول الموجي للون الأزرق منخفض مقارنةً بالطول الموجي للون الأحمر ، أي أن تردد الضوء الأزرق عالي بينما
تردد الضوء الأحمر منخفض ، كما نعلم بأن هناك علاقة طردية بين التردد وطاقة الفوتون فكلما زاد التردد زادت
الطاقة وكلما قل التردد قلت الطاقة ، ونستنتج من ذلك أن طاقة الضوء الأزرق أعلى من طاقة الضوء الأحمر