تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الكويتية

almanahj.com/kw

موقع المناهج الكويتية

أحمد حسن نبيه

الملف إجابة درس نماذج الذرة ونظرية الكم
موقع المناهج ⇦ المناهج الكويتية ⇦ الصف الثاني عشر العلمي ⇦ فيزياء ⇦ الفصل الثاني

روابط مواقع التواصل الاجتماعي بحسب الصف الثاني عشر العلمي			
روابط مواد الصف الثاني عشر العلمي على تلغرام			
التربية الاسلامية	اللغة العربية	اللغة الانجليزية	الرياضيات

المزيد من الملفات بحسب الصف الثاني عشر العلمي والمادة فيزياء في الفصل الثاني	
1	تقويمية
2	الموضوعات التي تم تعليقها
3	مراجعة غير محلول فيزياء للصف الثاني عشر علمي
4	بنك اسئلة في مادة الفيزياء
5	حل مسائل في الوحدة الثانية في مادة الفيزياء

الدرس 1-1: نماذج الذرة نظرية الكم

نماذج الضوء:

اختلف العلماء في تفسير طبيعة الضوء اذا كانت موجات او جسيمات، فالموجات عبارة عن طاقة لا كتلة لها، والجسيمات عبارة عن كتل لا طاقة لها وهذه بعض التصورات للعلماء حول طبيعة الضوء.

النموذج الجسيمي	النموذج الموجي	الطبيعة المزدوجة لأينشتاين
نيوتن: اعتبر أن الضوء سيل من الجسيمات متناهية الصغر.	هيجنز: عرفّ الضوء على أنه ظاهرة موجية.	الضوء يسلك سلوك الجسيمات عندما يتفاعل مع **الذرات والإلكترونات.** • الضوء يسلكً سلوكا موجيًّا عندما يتفاعل مع **أجسام كبيرة**

المناهج الكويتية
almanahj.com/kw

علل: النموذج المفيد للذرّة يجب أن يتوافق مع نموذج الضوء.

لأن معظم ما نعرفه عن الذرّة اكتشفناه من الضوء والاشعاعات الأخرى التي تنبعث من الذرات.

فرضية بلانك للتكميم:

افترضت الفيزياء الكلاسيكية ان الشحنات عندما تهتز داخل الذرة (عندما تنتقل الالكترونات بين مستويات الطاقة داخل الذرة) تصدر سيل متصل من الاشعاعات. ولكن مع ظهور **علم الطيف** وضح ان الاشعاعات التي تصدر ليست متصلة و لكن علي صورة كمات محددة من الطاقة (ذو ترددات محددة).

علم المطيافية

هو علم يهتم بدراسة العلاقة بين المادة والاشعاع ويستخدم جهازا يعرف بالمطياف (spectroscopy)

فرضيات بلانك

1. الطاقة الاشعاعية لا تنبعث ولا تمتص من المادة بشكل سيل مستمر بل على صورة وحدات أو نبضات من الطاقة متتابعة ومنفصلة عن بعضها تسمي كمّة أو فوتون.

طاقة الفوتون هو أصغر قدر من الطاقة يمكن ان يتواجد مستقلا.

2. طاقة الفوتون تتناسب طرديا مع تردده

الطيف المنبعث من ذرّة الهيدروجين وهو غير متّصل وهذا غير ما توقّعته النظرية الكلاسيكية.

$E = h f$

طاقة الفوتون وتقاس بوحدة J

التردد ويقاس بوحدة Hz

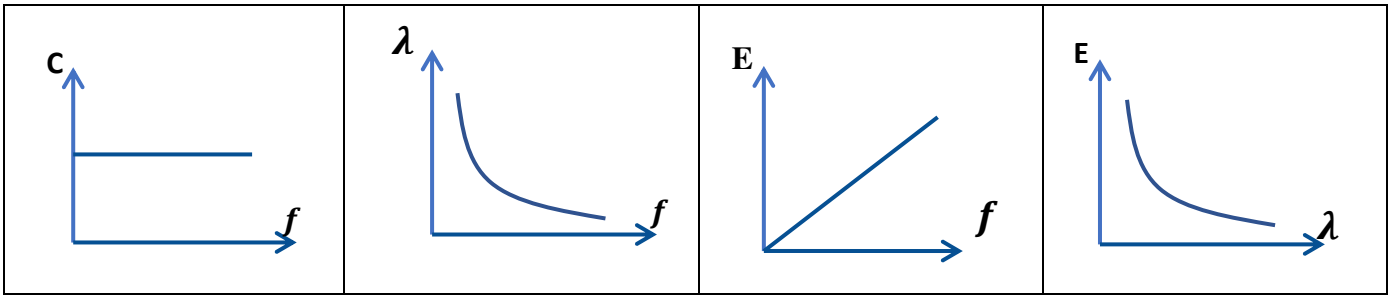
ثابت ماكس بلانك 6.6×10^{-34} J.S

$E = h \frac{C}{\lambda}$

$C = \lambda f$

سرعة الضوء 3×10^{8} m/s

الطول الموجي ويقاس بوحدة m



الطاقة الإشعاعية الطاقة التي تحملها الموجات الكهرومغناطيسية مثل موجات الضوء والحرارة واللاسلكي والاشعة السينية واشعة جاما.

ثابت ماكس بلانك h مقدار ثابت يساوي النسبة بين طاقة الفوتون و تردده .

موقع المناهج الكويتية
almanahj.com/kw

ملاحظات هامة

- الذرة تبعث الطاقة وتمتصها على شكل كمات (فوتونات)
- الضوء أو الاشعاع الكهرومغناطيسي يتكون من كمات تسمى فوتونات
- الفوتونات تتحرك بسرعة ثابته تساوي سرعة الضوء وهي أكبر سرعة يتحرك بها أي شيء
- الطاقة الكلية للفوتون هي نفسها طاقته الحركية وتتناسب طرديا مع تردد الفوتون.
- الطاقة الكلية لفوتون له تردد f هي أصغر كمية من الطاقة يمكنها أن تتحول لضوء بنفس التردد.
- هناك وحدات مختلفة لقياس الطاقة غير وحدة الجول J وهي وحدة الالكترون فولت ev حيث أن :

$$1\ ev = 1.6x10^{-19}\ J$$

الالكترون فولت ev هو الشغل المبذول لنقل الالكترون بين نقطتين فرق الجهد بينهما واحد فولت

طلابي

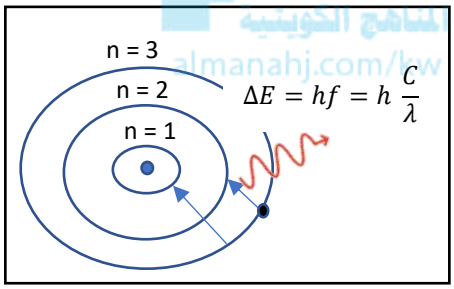
مسائل

1- أحسب بوحدة ev طاقة فوتون له تردد $2.6x10^{15}$ Hz علما بأن ثابت بلانك يساوي $6.6x10^{-34}$ J.s

أحسب كل من	الحل	المعطيات
طاقة فوتون	$E = h\,f$ $E = (6.6 \times 10^{-34})(2.6 \times 10^{15}) = 1.7 \times 10^{-18}$ J $E = \frac{1.7 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}} = 10.725$ ev	E =? h = 6.6×10^{-34} J.s f = 2.6×10^{15} Hz

2- أحسب طاقة فوتون ضوء طوله الموجي 0.6μ m علما أن سرعة الضوء تساوي 3×10^8 m/s و ثابت بلانك يساوي 6.6 ×10^-34 J.s	

أحسب كل من	الحل	المعطيات
طاقة فوتون	$E = h\frac{C}{\lambda}$ $E = 6.6x10-34x\frac{3\ x\ 10^8}{0.6x10^{-6}} = 3.3x10^{-19}$ J	λ = 0.6 μ m c = 3 x 10^8 m/s h = 6.6 x 10-34 J.s



افترض اينشتين ان المادة تطلق الفوتونات نتيجة انتقال الالكترونات داخل الذرة من مستوي طاقة أكبر الي مستوي طاقة أقل بحيث يفقد الالكترون الفرق في الطاقة بين المستويين على صورة فوتون.

ويمكن حساب طاقة الفوتون المنبعث من الذرة بالعلاقة التالية:

$E_{فوتون} = E_{الاكبر} - E_{الاصغر}$

طاقة الفوتون وتقاس بوحدة J

طاقة المستوى الاكبر وتقاس بوحدة J

طاقة المستوى الاصغر وتقاس بوحدة J

مسائل

1- انبعث فوتون نتيجة انتقال الالكترون من مستوي طاقته -3.4ev إلى مستوي طاقته -13.6ev		

أحسب كل من	الحل	المعطيات
1. طاقة الفوتون المنبعث	$E_{ph} = E_f - E_i$ $E_{ph} = -3.4 - (-13.6) = 10.2$ ev $E_{ph} = 10.2 \times 1.6x10^{-19} = 1.632x10^{-18}$ J	E_1 = - 3.4 ev E_2 = - 13.6 ev E_{ph} =?
2. تردد الفوتون المنبعث	$E = h\ f$ $1.632x10^{-18} = (6.6 \times 10^{-34})\ f$ $f = 2.47x10^{15}$ Hz	h = 6.6 x 10^{-34} J.s

2- أحسب تردد فوتون انبعث من سقوط الكترون من مستوي طاقة $-2.6x10^{-19}$ J الي مستوي طاقة $-4.6x10^{-19}$		
أحسب كل من	الحل	المعطيات
تردد الفوتون	$E_{ph} = E_f - E_i$ $h f = E_f - E_i$ $6.6 \times 10^{-34} f = -2.6X10^{-19} - (-4.6X10^{-19})$ $f = 3.03x10^{14}$ Hz	$E_1 = -2.6x10^{-19}$ J $E_2 = -4.6x10^{-19}$ $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J.s

3- أحسب بوحدة الجول كمية الطاقة التي تجب أن تمتصها ذرة الهيدروجين لينتقل داخلها الالكترون من مستوي طاقته 13.6- ev الي مستوي طاقة 3.4ev-		
أحسب كل من	الحل	المعطيات
كمية الطاقة	$\Delta E = E_f - E_i$ $\Delta E = -3.4 - (-13.6) = 10.2$ ev $\Delta E = 10.2 \times 1.6x10^{-19} = 1.632x10^{-18}$ J	$E_1 = -13.6$ ev $E_2 = -3.4$ ev $\Delta E = ?$

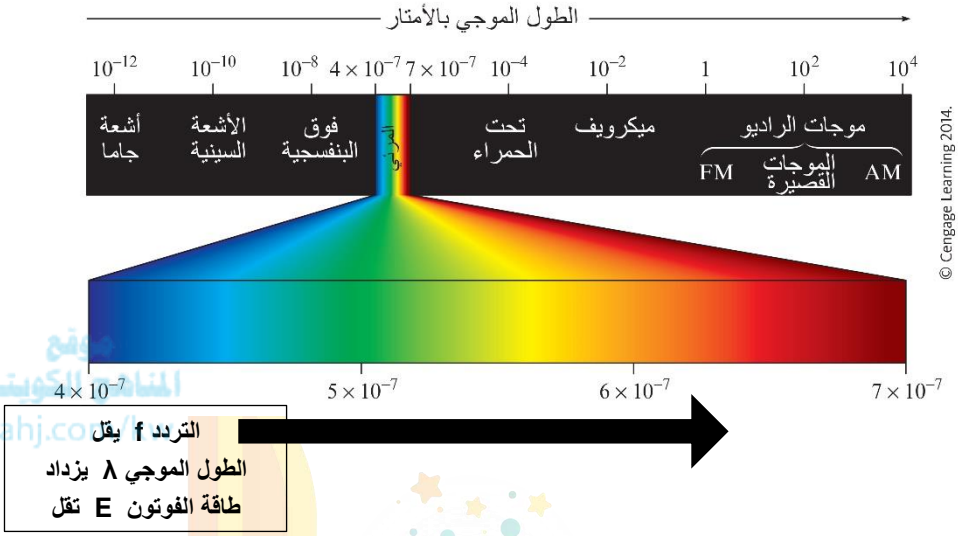
4- انتقل الكترون داخل الذرة من مستوي طاقة 1.51 ev- إلى مستوى طاقة 3.4 ev-		
أحسب كل من	الحل	المعطيات
1. طاقة الفوتون المنبعث	$E_{ph} = E_f - E_i$ $E_{Ph} = -1.51 - (-3.4) = 1.89$ ev	$E_1 = -1.51$ ev $E_2 = -3.4$ ev $E_{ph} = ?$
2. تردد الفوتون المنبعث	$E_{Ph} = hf$ $1.89 \times 1.6x10^{-19} = (6.6 \times 10^{-34}) f$ $f = 4.5x10^{14}$ Hz	$h = 6.6 \times 10^{-34}$ J.s

5- انتقل الكترون داخل الذرة من مستوي طاقة 0.85 ev- إلى مستوى طاقة 13.6 ev-		
أحسب كل من	الحل	المعطيات
1. طاقة الفوتون المنبعث	$E_{ph} = E_f - E_i$ $E_{Ph} = -0.85 - (-13.6) = 12.75$ ev	$E_1 = -0.85$ ev $E_2 = -13.6$ ev $E_{ph} = ?$
2. تردد الفوتون المنبعث	$E_{Ph} = hf$ $12.75x \ 1.6x10^{-19} = (6.6 \times 10^{-34}) f$ $f = 3.09x10^{15}$ Hz	$h = 6.6 \times 10^{-34}$ J.s

6- أحسب تردد الفوتون القادر علي جعل الكترون يقفز من مستوي طاقة 3.8 ev- إلى مستوى طاقة 2.6- ev		
أحسب كل من	الحل	المعطيات
تردد الفوتون	$E_{Ph}= E_f - E_i$ $E_{Ph}= - 2.6 - (-3.8) = 1.2$ ev $1.2 \times 1.6 \times 10^{-19} = (6.6 \times 10^{-34}) f$ $f = 2.9 \times 10^{14}$ Hz	$E_1 = -3.8$ ev $E_2 = -2.6$ ev $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J.s

7- أحسب طول موجة الفوتون المنبعث من نواة عندما تنتقل من حالة اثارة $E_3= 0.616$ Mev إلى مستوى $E_2= 0.616$ Mev		
أحسب كل من	الحل	المعطيات
طول موجة الفوتون	$E_{Ph}= E_f - E_i$ $E_{Ph}= 0.616 - 0.04 = 0.576$ Mev $E= h \frac{C}{\lambda}$ $0.576 \times 10^{6} \times 1.6 \times 10^{-19} = (6.6 \times 10^{-34}) \frac{3 \times 10^{8}}{\lambda}$ $\lambda = 2.14 \times 10^{-12}$ M	λ =? $E_3 = 0.616$ Mev $E_2 = 0.04$ Mev $c = 3 \times 10^{8}$ m/s $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J.s

الضوء هو جزء من الطيف الكهرومغناطيسي و يمثل الوان الطيف السبعة.



خواص الموجات الكهرومغناطيسية:

1. غير مشحونة ولا تتأثر بالمجالات الكهربية ولا المغناطيسية
2. تتحرك في خطوط مستقيمة و بسرعات ثابته في الاوساط المختلفة وسرعتها في الفراغ تساوي $3x10^8$ m/s .
3. تختلف الموجات الكهرومغناطيسية في التردد F و الطول الموجي λ و تظل سرعتها ثابتة C.

- تختلف ألوان الضوء المرئي في طاقتها، فاللون **الاحمر** هو أقلهم طاقة وتردد واكبرهم في الطول الموجي واللون **البنفسجي** أكبرهم طاقة وتردد وأقلهم طول موجي، ويمكن ترتيب ألوان الطيف المرئي حسب طاقاتها كما يلي

أحمر – برتقالي – أصفر – أخضر – أزرق – نيلي – بنفسجي

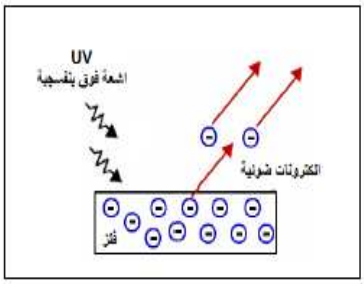
❖ **يمكن اختصار ترتيب الالوان الي الكلمة التالية (حرص خزين) يشير كل حرف الي ثاني حرف من اللون.**

- الضوء يحمل صفات الموجات وخواص الجسيمات.

- يتعامل الضوء في بعض خواصه كموجة و في خواص أخري كجسم واذا اخذنا بفرضية ان الضوء له صفه جسيمية فعندما تسقط فوتونات الضوء على السطح الفلزي فإنها تحرر الالكترونات من ذرات السطح فيما يعرف بالتأثير الكهروضوئي.

التأثير الكهروضوئي انبعاث الالكترونات من فلزات معينة نتيجة سقوط ضوء له تردد مناسب

الالكترونات الضوئية الالكترونات المنبعثة من اسطح الفلزات نتيجة سقوط ضوء ذو تردد مناسب عليها.

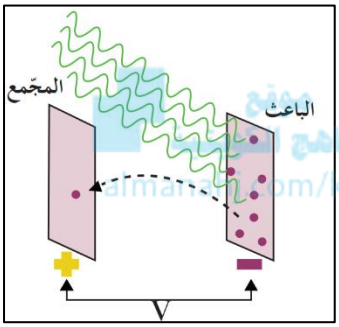


في التجارب التالية سنتناول بعض الظواهر التي تؤكد علي فرضية ان الضوء له خواص جسيمية.

تجربة :

لاحظ العلماء انبعاث الكترونات من لوح معدني حساس للضوء نتيجة سقوط أشعة فوق بنفسجية UV علية وقد تمت الاستفادة من هذه التجربة في صنع الخلية الكهروضوئية

الخلية الكهروضوئية تتكون من :

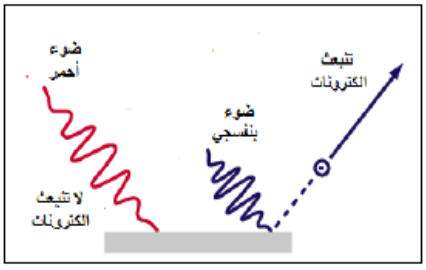


1. الباعث : وهو لوح معدني حساس للضوء ومتصل بالقطب السالب للبطارية
2. المجمع : سطح معدني اخر متصل بالقطب الموجب للبطارية

فكرة عمل الجهاز:

عند سقوط الضوء علي الباعث، فأن الالكترونات تمتص طاقة فوتونات الضوء بالكامل لتتحرر من الذرة و باقي الطاقة تحولها الي طاقة حركية تمكنها من الحركة والوصول الي المجمع المتصل بالقطب الموجب للبطارية مما يسبب مرور تيار كهربي ضعيف.

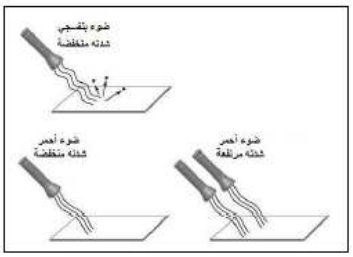
- و في ما يلي سنتناول بعض التجارب لفهم تجربة التأثير الكهروضوئي.



تجربة 1

عند اسقاط شعاع ضوء مرئي بنفسجي واخر أحمر نلاحظ انبعاث الاشعة نتيجة سقوط الشعاع البنفسجي فقط وليس الاحمر، وذلك لان اللون البنفسجي أكبر من الاحمر مما يمكن الشعاع من انبعاث الكترونات

الاستنتاج:



انبعاث الالكترونات الضوئية من الباعث تتوقف علي **طاقة فوتونات الضوء الساقط** حيث طاقة فوتونات الضوء البنفسجي الساقط مناسبة كي يمتصها الالكترون ويتحرر من ذرات الباعث لكن طاقة فوتونات الضوء الاحمر غير كافية لتحرر الالكترونات من ذرات مادة الباعث.

تجربة 2

عند اسقاط ضوء مرئي أحمر علي سطح الفز لاحظنا عدم انبعاث الكترونات ضوئية من الباعث و مع زيادة شدة الشعاع (عدد الاشعة الضوئية الساقطة) لا ينبعث ايضا الكترونات ضوئية و لكن عند اسقاط شعاع ازرق او بنفسجي علي سطح الفلز شدته منخفضة ينبعث الكترونات ضوئية من سطح الفلز

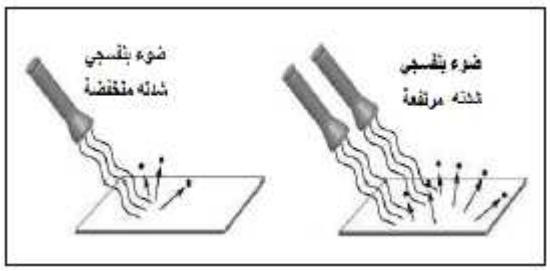
الاستنتاج:

لا يتوقف انبعاث الالكترونات الضوئية علي شدة الضوء الساقط بل على **طاقة الضوء الساقط**

-اللون الاحمر لا يبعث الكترونات ضوئية من سطح الفلز مهما زادت شدته وذلك لان طاقته منخفضة

-بينما الضوء الازرق أو البنفسجي يبعث الكترونات ضوئية من سطح الفلز حتي وان كانت شدته خافتة جدا وذلك لان طاقته كبيرة.

تجربة 3



عند سقوط ضوء بنفسجي علي الباعث، ينبعث منه الكترونات ضوئية مما يسبب مرور تيار كهربي لكن بزيادة شدة الضوء الساقط يزداد عدد الفوتونات الساقطة علي سطح الباعث مما يزيد من عدد الالكترونات الضوئية المتحررة من سطح الباعث وبالتالي يزداد شدة التيار الكهربي المار.

الاستنتاج:

بزيادة شدة الضوء الذي له طاقة (تردد) مناسب يؤدي الي **زيادة عدد الفوتونات الساقطة** وبالتالي **تزداد عدد الالكترونات الضوئية المنبعثة** لذلك **يزداد شدة التيار الكهربي المارة.**

ملاحظات هامة :-

- الالكترونات شديدة الترابط بالنواة (الالكترونات في المستويات القريبة من النواه) تحتاج الى امتصاص كمية اكبر من الطاقة مقارنة بالإلكترونات التي توجد في مستويات بعيدة عن النواة .

اسرع الالكترونات انطلاقا هو الالكترون الموجود في ذرة قريبة من السطح أما الالكترونات المنطلقة من ذرات عميقة فإنها تعاني تصادمات حتى تصل للسطح وبالتالي تنطلق بسرعة وطاقة حركية اقل .

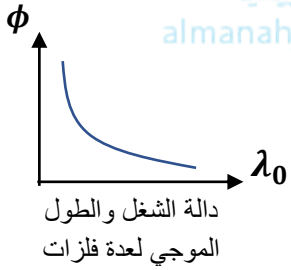
مفاهيم خاصة بالانبعاث الكهروضوئي

دالة الشغل Φ **اقل قدر من الطاقة يلزم لتحرير الالكترون من سطح الفلز وتقاس بوحدة الجول J**

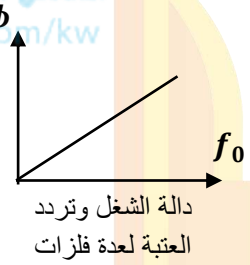
- كلما ازداد ارتباط الالكترون بالذرة فانه يحتاج الي طاقة كبير ليتحرر وبالتالي يكون له دالة شغل كبير، وكلما كان ارتباط الالكترون بالذرة ضعيف فأنه يحتاج الي طاقة صغيرة ليتحرر من الذرة وبالتالي تكون دالة الشغل له صغيرة.
- يفضل صناعة باعث الخلية الكهروضوئية من فلز دالة شغله منخفضة مثل فلز السيزيوم.
- زيادة شدة الضوء او طاقته لا يغير من مقدار دالة الشغل.

تعتبر دالة الشغل صفة مميزة لنوع الفلز حيث انه تتغير قيمتها بتغير نوع الفلز

دالة الشغل وتقاس بوحدة جول J ← $\phi = hf_0$ → تردد العتبة ويقاس بوحدة Hz



دالة الشغل والطول الموجي لعدة فلزات



دالة الشغل وتردد العتبة لعدة فلزات

$\phi = h\frac{C}{\lambda_0}$ ← الطول الموجي للعتبة ويقاس بوحدة m

تردد العتبة f_0 **هو اقل تردد للضوء يمكنه تحرير الالكترون من سطح الفلز دون تزويده بطاقة حركية.**

يعتبر تردد العتبة صفة مميزة لنوع الفلز حيث انه تتغير قيمته بتغير نوع الفلز

* لكي تتحرر الالكترونات من سطح الفلز لابد من اسقاط ضوء عليه تردده أكبر من او يساوي تردد العتبة $f \geq f_o$ لن تتحرر الالكترونات من سطح الفلز طالما ان تردد الضوء الساقط اقل من تردد العتبة $f < f_o$

* اذا سقط ضوء تردده مساوي أو أكبر من تردد العتبة، معني ذلك أن طاقة الفوتون الساقط مساوية أو أكبر من دالة الشغل، وبالتالي يستطيع شعاع الضوء تحرير الكترونات ضوئية من سطح الباعث.

* إذا سقط شعاع ضوئي تردده اقل من تردد العتبة معني ذلك ان طاقة الفوتون الساقط أقل من دالة الشغل وبالتالي لا يستطيع شعاع الضوء تحرير الالكترونات الضوئية من سطح الفلز.

المادة	تردّد العتبة f_0 (Hz)
ألومنيوم Aluminum	9.846×10^{14}
رصاص Lead	9.99×10^{14}
زنك Zinc	1.038×10^{15}
حديد Iron	1.086×10^{15}

موقع المناهج الكويتية almanahj.com/kw
طلابي

الطول الموجي للعتبة λ_0

هو أكبر طول موجي للضوء يمكنه تحرير الكترون من سطح الفلز دون تزويده بطاقة حركية.

يعتبر الطول الموجي للعتبة صفة مميزة لنوع الفلز حيث انه تتغير قيمته بتغير نوع الفلز

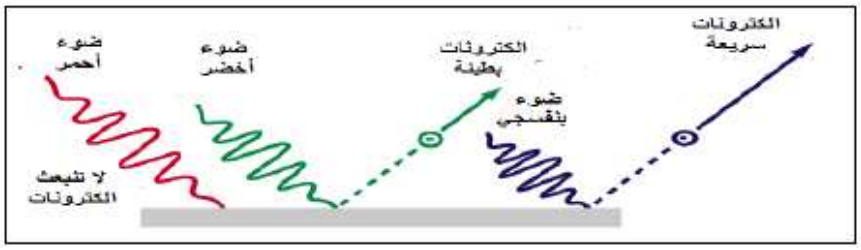
* لكي تتحرر الالكترونات من سطح الفلز لابد من اسقاط ضوء عليه طوله الموجي أكبر من او يساوي الطول الموجي للعتبة $\lambda \leq \lambda_0$ ولن تتحرر الالكترونات من سطح الفلز طالما ان الطول الموجي للضوء المستخدم أكبر من الطول الموجي للعتبة.
* إذا كانت طاقة الفوتون الساقط أكبر من دالة الشغل فأن الالكترون يمتص طاقة الفوتون بالكامل، ويتحرر الالكترون من ذرة الباعث ويتحول باقي طاقة الفوتون الي طاقة حركية للإلكترون تمكنه من الحركة وامرار التيار الكهربي ويمكن التعبير رياضيا عن ذلك كما يلي:

	دالة الشغل $\emptyset$	تردد العتبة f_0	الطول الموجي للعتبة λ_0
شروط انبعاث الكترونات ضوئية	$E_{\text{فوتون}} \geq \emptyset$ طاقة الفوتون الساقط أكبر من او تساوي دالة الشغل للفلز	$f \geq f_0$ تردد الضوء المستخدم أكبر من او يساوي تردد العتبة للفلز	$\lambda \leq \lambda_0$ الطول الموجي للضوء المستخدم أكبر من او يساوي الطول الموجي للعتبة

$$E = \Phi + KE$$

$$hf = hf_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

* بزيادة طاقة الضوء الساقط، تزداد طاقة حركة الالكترونات الضوئية، وبالتالي تزداد سرعة الالكترونات الكهروضوئية المنبعثة.

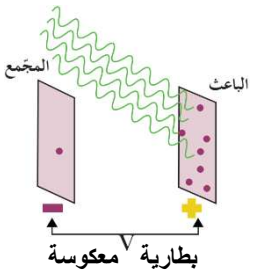


1. بزيادة شدة الضوء الساقط فان طاقة الضوء الساقط (الفوتونات) لا تتغير وبالتالي لا تتغير طاقة حركة الالكترونات الضوئية ولا سرعتها.
2. اذا سقط شعاع ضوئي طاقته تساوي دالة الشغل فان الالكترونات الضوئية المتحررة تكون طاقة حركتها تساوي صفر (تتحرر الالكترونات فقط دون ان يكون لها سرعة او طاقة حركية) .

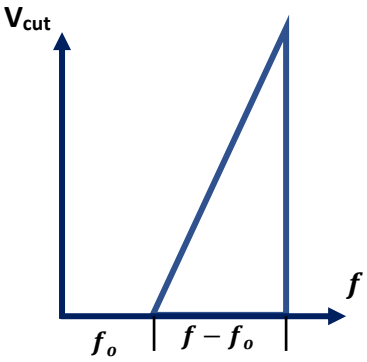
سقط ضوء تردده 10^{15} Hz علي سطح الومنيوم تردد العتبة له 9.78×10^{14} Hz		
أحسب كل من	الحل	المعطيات
1- طاقة الفوتون الساقط	$E = h f = (6.6X10^{-34})\ (10^{15}) = 6.6X10^{-19}$ J	$f = 10^{15}$ Hz $f_0 = 9.78x10^{14}$ Hz
2- دالة الشغل	$\Phi = h f_0$ $\Phi = (6.6X10^{-34})\ (9.78X10^{-14}) = 6.45X10^{-19}$ J	$h = 6.6x10^{-34}$ J.s
3- هل الفوتون قادر علي انتزاع الكترون	نعم قادر لأنه يمتلك طاقة أكبر من دالة الشغل	E =?
4- الطاقة الحركية للإلكترون المنبعث	$K.E = E - \Phi$ $K.E = 6.6X10^{-19} - 6.45X10^{-19} = 1.452X10^{-20}$J	K.E=?

موقع المناهج الكويتية
almanahj.com/kw

جهد القطع v_{cut} أكبر فرق جهد يؤدي إلى وقف حركة الالكترون المحرر من الباعث ومنع وصوله الى المجمع.



عند عكس اقطاب البطارية، يصبح المجمع جهده سالب وبالتالي ينشأ مجال كهربي معاكس لحركة الالكترونات الضوئية مما يبطئ سرعتها و يمنعها من الوصول الي المجمع وبالتالي يقل عدد الالكترونات الضوئية التي تصل الي المجمع و يقل شدة التيار المارة حتي نصل الي قيمة جهد معين يسمي (جهد القطع) عنده لا يستطيع أي الكترون الوصول الي المجمع فيتوقف (ينقطع) مرور التيار الكهربي .



زيادة شدة الضوء الساقط (زيادة عدد الفوتونات)	زيادة تردد الضوء الساقط (زيادة طاقة الفوتونات) (نقص الطول الموجي للضوء)
يزداد عدد الالكترونات المنبعثة من السطح فقط (يزداد معدل انبعاث الالكترونات) وتزداد شدة التيار الكهربائي	- يزداد جهد القطع - تزداد سرعة الالكترونات المنبعثة. - تزداد الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة

ملاحظات:

1. زيادة طاقة الضوء الساقط يؤدي الي زيادة طاقة حركة الالكترونات الضوئية وبالتالي زيادة جهد القطع.
2. زيادة شدة الضوء الساقط لا يغير من طاقة الضوء الساقط وبالتالي لا يغير من طاقة حركة الالكترونات الضوئية ولا من جهد القطع
3. **العوامل التي يتوقف عليها مقدار جهد القطع هي طاقة (تردد) الضوء الساقط .**

e : شحنة الالكترون وتساوي $1.6x10^{-19}$

$$V_{cut} = \frac{K_E}{e}$$

$$K_E = E - \phi$$

موقع المناهج الكويتية almanahj.com/kw

أكمل العبارات العلمية التالية بما يناسبها :	الإجابة	
1. تزداد الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة ب ..... الطول الموجي للضوء الساقط	إنقاص	
2. إذا اسقطت حزمة ضوئية خضراء على سطح فلز ولم تبعث منه الالكترونات فإن الحزمة التي تستطيع تحرير الالكترونات من سطح الفلز هي الحزمة ذات اللون	البنفسجي	
3. إذا سقط ضوء على سطح فلز ولم تتحرر منه الكترونات فإذا زيدت شدة الضوء الساقط فإن الالكترونات	لن تتحرر	

ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام أنسب إجابة لكل من العبارات التالية :	
1. سقط ضوء أحادي اللون شدته (T) على سطح فلز فلم تنبعث منه الإلكترونات ، ولكي تنبعث منه الإلكترونات يجب زيادة	
☐ شدة نفس الضوء بقدر كاف	
☑ تردد الضوء بقدر كاف	
☐ طول موجة الضوء بقدر كاف	
☐ زمن سقوط الضوء على السطح	
2. سقط شعاع ضوء أحمر طوله الموجي A^o(8000)وشدته (T) على سطح فلز بعاث فانبعثت منه الكترونات ، فإذا سقط شعاع ضوء بنفسجي طوله الموجي A^o(4000) بنفس الشدة (T) على سطح نفس الفلز فإن : (للتحويل من انجستروم A^o إلى متر m نضرب في 10^{-10})	
☐ معدل انبعاث الإلكترونات يزداد	
☐ عدد الالكترونات يقل	
☑ طاقة الحركة العظمى لأسرع الإلكترونات الضوئية تزيد	
☐ طاقة الحركة العظمى لأسرع الإلكترونات الضوئية تقل	

طلابي

3. تزداد الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة من سطح فلز معين	
☐	بزيادة شدة الضوء الساقط
☐	بزيادة طول موجة الضوء الساقط
☐	بإنقاص تردد الضوء الساقط
☑	بإنقاص طول موجة الضوء الساقط
4. زيادة تردد الضوء الساقط على سطح كاثود خلية كهروضوئية عن تردد العتبة يؤدي إلى	
☐	زيادة عدد الإلكترونات
☐	نقص عدد الإلكترونات
☑	زيادة الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة
☐	نقص الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة
5. الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية تتناسب	
☑	طردياً مع جهد القطع
☐	عكسياً مع جهد القطع
☐	طردياً مع شدة الضوء الساقط
☐	عكسياً مع شدة الضوء الساقط
6. يعتبر جهد القطع في الظاهرة الكهروضوئية مقياساً	
☐	عدد الإلكترونات الضوئية المنبعثة
☐	لشدة الضوء الساقط على سطح الفلز
☐	كمية الالكترونات الضوئية
☑	لطاقة حركة أسرع الإلكترونات الضوئية

موقع المناهج الكويتية almanahj.com/kw
طلابي

مسائل

1- سقط ضوء تردده 1.5×10^{15} Hz علي سطح الومنيوم تردد العتبة له 9.92×10^{14} Hz		
أحسب كل من	الحل	المعطيات
1. طاقة الفوتون	$E = h f = (6.6X10^{-34})\ (1.5x10^{15}) = 9.9X10^{-19}$ J	$f = 1.5X10^{15}$ Hz $f_0 = 9.92x10^{14}$ Hz
2. دالة الشغل	$\Phi = h f_0$ $\Phi = (6.6X10^{-34})\ (9.92X10^{-14}) = 6.55X10^{-19}$ J	$h = 6.6x10^{-34}$ J.s
3. استنتج هل يستطيع الفوتون انتزاع الكترون	ينتزع الفوتون الكترون لأن $E > \Phi$	$m_e = 9.1x10^{-31}$ Kg
4. الطاقة الحركية للألكترون	$K.E = E - \Phi$ $K.E = 9.9X10^{-19} - 6.55X10^{-19} = 3.35X10^{-20}$ J	
5. سرعة الالكترون لحظة تركه سطح الالمنيوم	$K.E = \frac{1}{2} mv^2$ $3.35x10^{-20} = \frac{1}{2} (9.1X10^{-31})\ v^2$ $v = 0.86X10^6$ m/s	
6. جهد القطع	$K.E = e\ V_{cut}$ $3.35x10^{-20} = 1.6x10^{-19}\ V_{cut}$ $V_{cut} = 2.1$ V	

2- سقط ضوء تردده $2\ X10^{15}$ Hz على سطح فلز له تردد عتبه $1.4\ X10^{15}$ Hz، استنتج أن الفوتون قادر علي انتزاع الكترون		
أحسب كل من	الحل	المعطيات
1. طاقة الفوتون الساقط	$E = h f = (6.6X10^{-34})\ (2x10^{15}) = 1.32X10^{-18}$ J	$f = 2X10^{15}$ Hz $f_0 = 1.4x10^{15}$ Hz
2. دالة الشغل	$\Phi = h f_0$ $\Phi = (6.6X10^{-34})\ (1.4X10^{-15}) = 9.24X10^{-19}$ J	$h = 6.6x10^{-34}$ J.s
3. الطاقة الحركية للإلكترون المنبعث	$K.E = E - \Phi$ $K.E = 1.32X10^{-18} - 9.24X10^{-19} = 3.96X10^{-19}$ J	$m_e = 9.1x10^{-31}$ Kg
4. سرعة الالكترون لحظة تركه سطح الفلز	$K.E = \frac{1}{2} mv^2$ $3.96X10\text{-}19 = \frac{1}{2} (9.1X10^{-31})\ v^2$ $v = 932914$ m/s	

3- إذا علمت أن دالة الشغل للبوتاسيوم تساوي (2.1 ev) و إذا سقط على سطح البوتاسيوم ضوء طول موجته 5×10^{-7} و كانت سرعة الضوء (C) = ($3X10^8$ m\S) وثابت بلانك (h) = ($6.6X10^{-34}$) j.s فأحسب ما يلي		
أحسب كل من	الحل	المعطيات
1. تردد العتبة الكهروضوئية للبوتاسيوم .	$\Phi = h f_0$ $2.1 X1.6X10^{-19} = (6.6X10^{-34}) f_0$ $f_0 = 5.09X10^{14}$ Hz	
2. تردد الفوتونات الساقطة.	$F = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{5\times10^{-7}} = 6 X10^{14}$ Hz	
3. طاقة الحركة للإلكترونات الضوئية المنبعثة من السطح.	$K.E = E - \Phi = hf - \Phi$ $K.E = [(6.6X10^{-34}) (6x10^{14})] - [(2.1) (1.6x10^{-19})] = 6X10^{-20}J$	
4. جهد الإيقاف.	$K.E = e V_{cut}$ $6x10^{-20} = 1.6x10^{-19} V_{cut}$ $V_{cut} = 0.375$ V	

4- خلية كهر وضوئية سلط على الباعث فيها إشعاع كهر ومغناطيسي طوله الموجي 3×10^{-7} m فانبعث منه إلكترونات ضوئية، فإذا علمت أن أقل تردد يلزم لتحرير الإلكترونات الضوئية من سطح الباعث يساوي $5x10^{14}$ Hz وسرعة الضوء(C)= ($3X10^8$ m/S) و ثابت بلانك (h) = ($6.6X10^{-34}$) j.s		
أحسب كل من	الحل	المعطيات
1. أدنى مقدار من الطاقة يلزم لتحرير إلكترون ضوئي بدون إكسابه طاقة حركية	$\Phi = h f_0$ $\Phi = (6.6x10^{-34}) (5x10^{14}) = 3.3x10^{-19}$ J	$\lambda = 3x10\text{-}10$ m $f_0 = 5x1014$ Hz
2. أقصى سرعة للإلكترونات الضوئية المنبعثة من سطح الباعث ، علما بأن: كتلة الالكترون = $9.1X10^{-31}$	$E = \Phi - K.E$ $K.E = E - \Phi$ $K.E = h\frac{c}{\lambda} - \Phi = [(6.6x10^{-34}) (\frac{3\times10^8}{3\times10^{-7}})] - 3.3x10^{-19} =$ $3.3x10^{-19}$ J $K.E = \frac{1}{2} mv^2$ $3.3X10^{-19} = \frac{1}{2} (9.1X10^{-31}) v^2$ $v = 851630.62$ m/s	
3. أكبر جهد للخلية يكفي لمنع مرور تيار كهرومغناطيسي في الدائرة، علما بأن: شحنة الإلكترون = $1.6x10^{-19}$ كولوم	$K.E = e V_{cut}$ $3.3x10^{-19} = 1.6x10^{-19} V_{cut}$ $V_{cut} = 2.06$ V	

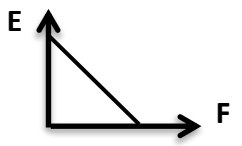
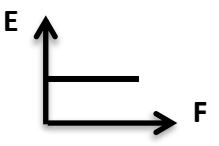
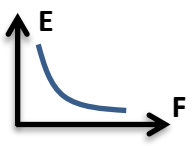
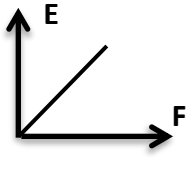
السؤال الأول: اكتب المصطلح العلمي الذي تدل عليه كل من العبارات التالية:	الإجابة	
1. انبعاث الالكترونات من فلزات معينة، نتيجة سقوط ضوء له تردد مناسب.	التأثير الكهروضوئي أو الظاهرة الكهروضوئية أو الانبعاث الكهروضوئي	ص98
2. أقل مقدار للطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون من سطح الفلز.	دالة الشغل	ص99

السؤال الثاني: أكمل العبارات العلمية التالية بما يناسبها :	الإجابة	
1. الطاقة الإشعاعية لا تمتص ولا تنبعث بشكل سيل مستمر ومتصل، إنما على صورة وحدات متتابعة ومنفصلة عن بعضها تسمى كل منها	كمة أو فوتون	ص95
2. النسبة بين طاقة الفوتون المنبعث من المادة وتردده تسمى	ثابت بلانك	ص96
3. الشغل المبذول لنقل إلكترون بين نقطتين فرق الجهد بينهما 1V يمثل	1 eV	ص97
4. نتيجة انتقال الالكترون من مستوى طاقة (-3.4 ev) إلى مستوى طاقة (-13.6 ev) ينبعث فوتون طاقته بوحدة (ev) تساوي	10.2	ص97
5. أسقط ضوء طاقة فوتوناته (10ev) على سطح فلز دالة الشغل له (3ev) فإن الطاقة الحركية للإلكترون المنبعث بوحدة (ev) تساوي	7	ص99
6. إذا كان تردد العتبة للألمونيوم (9.846×10^{14})HZ فتكون أقل مقدار للطاقة تلزم لتحرير إلكترون من سطحه دون إكسابه طاقة حركية مساوية بوحدة J	6.49×10^{-19} J	ص99

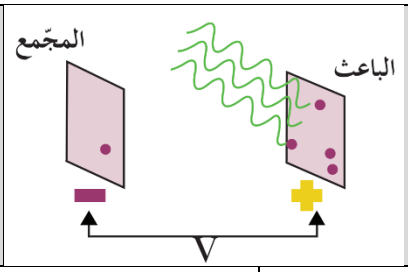
السؤال الثالث: ضع علامة (✓) امام العبارة الصحيحة او علامة (×) امام العبارة الخاطئة:	الإجابة	
1. تبعاً لفرضيات بلانك فإن الطاقة الإشعاعية (الطاقة التي تحملها الموجات الكهرومغناطيسية) تنبعث وتمتص بشكل سيل مستمر ومتصل.	×	ص95
2. الطاقة الكلية للفوتون هي نفسها طاقتة الحركية وهذة الطاقة تتناسب طرديا مع تردد الفوتون	✓	ص96
3. يمكن لضوء بنفسجي خافت (شدته صغيرة) أن يبعث إلكترونات من سطوح معدنية معينة لا يستطيع الضوء الأحمر الساطع جداً (شدته كبيرة) أن يبعثها.	✓	ص98
4. لا يستطيع أن يتحرر الإلكترون من سطح الفلز إذا كان تردد الضوء الساقط على سطح الفلز أقل من تردد العتبة.	✓	ص99
5. العامل الأساسي والمهم في تحرير الالكترون من الفلز هو تردد الضوء.	✓	ص99
6. الضوء الساقط على لوح معدني حساس للضوء لا يمكنه تحرير إلكترونات مهما كانت شدته إذا كان تردده أكبر من تردد العتبة لذلك المعدن.	×	ص99
7. ارتباط الألكترون بالذرة يحدد كمية الطاقة التي يجب تزويده بها ليتحرر	✓	ص99
8. نصف قطر المدار الثالث للإلكترون في ذرة الهيدروجين يساوي ثلاثة أمثال نصف قطر بور.	×	ص102

السؤال الرابع: ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام أنسب إجابة لكل من العبارات التالية :

1- أفضل علاقة بيانية بين طاقة الفوتون وتردده هي : ص96

			
☐	☐	☐	☑

2- طاقة الفوتون تتناسب عكسياً مع: ص96			
تردده	طوله الموجي	سرعة الضوء	دالة الشغل
☐	☑	☐	☐
3- عندما ينتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى طاقته -3.4eV إلى مستوى طاقته -13.6eV ينبعث فوتون طاقته بوحدة eV تساوي: ص96			
1.632×10^{-18}	-17	-10.2	10.2
☐	☐	☐	☑
4- انتقل الكترون داخل ذرة مادة الهيدروجين من المستوى الذي طاقته تساوي ev (-1.51) إلى مستوى طاقته تساوي ev(-3.4) فإن طول موجة الفوتون المنبعث بوحدة (m) يساوي: ص97			
6547×10^{-10}	2525×10^{-10}	3639×10^{-10}	8250×10^{-10}
☑	☐	☐	☐
5- إذا قفز الكترون ذرة الهيدروجين من المستوى الذي طاقته تساوي ev(-0.544) إلى مستوى طاقته تساوي ev(-3.4) فإن تردد الفوتون المنبعث بوحدة (Hz) يساوي: ص97			
1.32×10^{14}	7.32×10^{14}	6.92×10^{14}	82×10^{14}
☐	☐	☑	☐
6- انبعث فوتون نالإلكترون من مستوى طاقة ev(-1.51) إلى مستوى طاقته تساوي ev(-3.4) فإن تردد الفوتون المنبعث بوحدة (Hz) يساوي: ص97			
2.29×10^{14}	4.58×10^{14}	1.119×10^{15}	1.244×10^{15}
☐	☑	☐	☐
7- عند زيادة تردد الضوء الساقط على لوح معدني حساسا للضوء إلى مثلى قيمته فإن تردد العتبة لهذا اللوح المعدني: ص98			
يزداد إلى مثلى قيمته	يقل إلى نصف قيمته	لا يتغير	يزداد إلى أربعة أمثال قيمته
☐	☐	☑	☐
8- سقط فوتون طاقته (5ev) على سطح فلز دالة الشغل له (3ev) فإن الطاقة الحركية للإلكترونات الضوئية المنبعثة من السطح بوحدة (ev) تساوي: ص99			
0.6	2	8	15
☐	☑	☐	☐
9- زيادة تردد الضوء الساقط على سطح لوح معدني حساس للضوء(الباعث) عن تردد العتبة يؤدي إلى : ص99			
☐	زيادة معدل امتصاص الإلكترونات للطاقة		
☐	نقص معدل امتصاص الإلكترونات للطاقة		
☐	نقص الطاقة الحركية للالكترونات المنبعثة		
☑	زيادة الطاقة الحركية للالكترونات المنبعثة		
10- إذا زاد تردد الفوتونات الساقطة على سطح فلز ما، فإن المقدار الذي لا يتغير من المقادير التالية هو: ص99			
طاقة الفوتونات الساقطة	سرعة الالكترون المنبعثة	طاقة الالكترونات المنبعثة	سرعة الفوتون الساقط
☐	☐	☐	☑

11- إذا علمت أن أكبر فرق جهد يمنع انتقال الالكترونات من السطح الباعث للالكترونات إلى المجمع يساوي 5V فإن الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة بوحدة ev :		ص100

1.6×10^{-19}	32×10^{-19}	8×10^{-19}	5
☐	☐	☐	☑

12- إذا قلت شدة الضوء الساقط على سطح فلز باعث للالكترونات دالة شغله صغيره إلى الربع فإن الطاقة الحركية للالكترونات المنبعثة من سطح الفلز:		ص100

تقل للنصف	تزداد أربع أضعاف	تقل للربع	لا تتأثر وتظل كما هي
☐	☐	☐	☑

13- إذا كان نصف قطر المستوى الأول في ذرة الهيدروجين (r_1) فإن نصف قطر المستوى الثالث بدلالة (r_1) يساوي:		ص102

$3\ (r_1)$	$(r_1)\ 6$	$9(r_1)$	$9(r_1)^2$
☐	☐	☑	☐

14- إذا كان نصف قطر بور لإلكترون ذرة الهيدروجين (r_B) فإن نصف قطر المستوى الثاني يساوي:		ص102

$2\ (r_B)$	$\frac{1}{2}(r_B)$	$4(r_B)$	$2(r_B)^2$
☐	☐	☑	☐

15- عندما ينتقل الكترون ذرة الهيدروجين من مداره الأول إلى المدار الثاني فإن نصف قطر مداره:		ص102

يقل إلى الربع	يزداد إلى مثلى قيمته	يقل إلى النصف	يزداد إلى أربعة أمثال قيمته
☐	☐	☐	☑

16- كمية الحركة الزاوية لالكترون ذرة الهيدروجين في المدار الثاني n=2 بدلالة ثابت بلانك h تساوي:		ص102

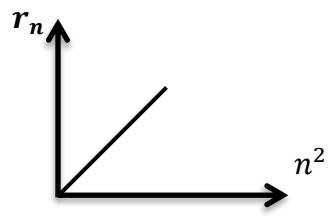
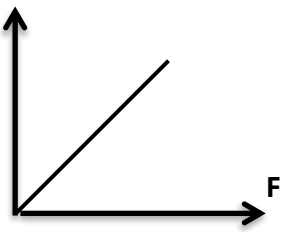
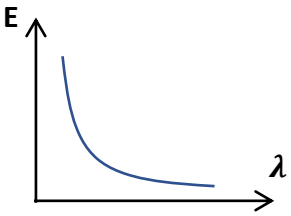
$\frac{2h}{\pi}$	$2h$	$\frac{h}{\pi}$	$\frac{h}{2\propto}$
☐	☐	☑	☐

السؤال الخامس (أ): أذكر العوامل التي يتوقف عليها كل مما يلي:	الإجابة	
1. طاقة الفوتون الساقط على سطح فلز:	* تردد الضوء أو الطول الموجي للضوء	ص96
2. الطاقة الحركية للالكترون المنبعث على سطح باعث	* طاقة الفوتون الساقط * دالة الشغل للباعث أو (تردد العتبة) أو (مادة الباعث)	ص98
3. تحرير الإلكترون الضوئي من الفلز	* تردد الضوء (طاقة الفوتون) * تردد العتبة (دالة الشغل) * طول موجة الضوء الساقط * طول موجة العتبة	ص99
4. الطاقة الحركية للإلكترونات الضوئية المنبعثة من سطح فلز نتيجة سقوط ضوء له تردد مناسب	* طاقة الفوتون أو تردده أو طوله الموجي * دالة الشغل	ص99

السؤال الخامس (ب): قارن بين كل مما يلي		
وجه المقارنة ص95	النظرية الكلاسيكية	فرضيات بلانك
طبيعة الطاقة الإشعاعية	الإشعاع يكون متصلاً	وحدات أو نبضات متتابعة ومنفصلة
وجه المقارنة ص102	المستوى الأول للطاقة في ذرة الهيدروجين	المستوى الثاني للطاقة في ذرة الهيدروجين
مقدار كمية الحركة الزاوية بدلالة (h)	$\frac{h}{2\pi}$	$\frac{h}{\pi}$

السؤال السادس (أ): فسر ما يلي تفسيراً علمياً دقيقاً:	الإجابة	
1. يمكن لضوء بنفسجي خافت (شدته صغيره) أن يبعث الكترونات من سطوح معدنية معينة لا يستطيع الضوء الأحمر الساطع جداً (شدته كبيرة) أن يبعثها	لأن ليس لسطوع الضوء وشدته علاقة بإمكانية انبعاث الالكترونات بينما لطاقة الفوتون (تردده) علاقة بانبعاث الالكترونات ولكن طاقة فوتون الضوء البنفسجي أكبر من الأحمر فيمكنها أن تبعث الالكترونات	ص98
2. انبعاث الكترونات عند سقوط ضوء على سطح لوح معدني حساس للضوء	تردد الضوء الساقط أكبر من تردد العتبة فيكون طاقته E قادرة على انتزاع الكترون من الفلز وتزويده بطاقة حركية KE	ص99
3. يبعث الضوء الساطع إلكترونات أكثر من ضوء خافت له التردد نفسه	الضوء الساطع يملك عدد فوتونات أكبر من (شدته أكبر) لذلك يكون عدد الالكترونات المحررة أكبر	ص99 ، 103

السؤال السادس (ب): ما المقصود بـ:	الإجابة	
1. التأثير الكهروضوئي ؟	انبعاث الالكترونات من فلزات معينة نتيجة سقوط ضوء له تردد مناسب	ص98
2. دالة الشغل (Ø)؟	أقل مقدار للطاقة اللزمة لتحرير الالكترون من سطح الفلز	ص99

السؤال السابع (أ): حدد على الرسم ما يلي:			
			
العلاقة بين نصف قطر مدار الإلكترون في ذرة الهيدروجين (r_n) ومربع رتبة المدار (n^2)	ص102	طاقة الفوتون (E) وتردده (F)	ص96
			
		طاقة الفوتون (E) والطول الموجي (λ)	ص115

السؤال السابع (ب): حل المسائل التالية :

1- سقط فوتون طاقته (6.6×10^{-19})J على سطح فلز تردد العتبة له (9×10^{14}) علماً بأن ثابت بلانك (h= 6.6×10^{-34} J.S) وشحنة الالكترون e=1.6×10^{-19} C	ص99 ، 100

أحسب كل من	الحل	المعطيات
1. الطاقة الحركية للالكترون المنبعث	$KE=E-hf0 = 6.6\times10^{-19} -(6.6 \times 10^{-34} \times 9\times10^{14})$ $=6.6 \times10^{-20}$	
2. مقدار جهد القطع	$V_{cut}= \frac{KE}{e} = \frac{6.6\times 10^{-20}}{1.6 \times 10^{-19}} = 0.41$ V	

2- سقط شعاع ضوئي أحادي اللون طوله الموجي (2×10^{-7}) على سطح معدني حساس للضوء دالة شغله (4.2ev) علماً بأن (c=3×10^{8} m/s , h= 6.6×10^{-34} J.S)	ص99 ، 100

أحسب كل من	الحل	المعطيات
1. طاقة الفوتون الساقط	$E= h\frac{c}{\lambda} = 6.6 \times 10\text{-}34 \times \frac{3\times10^{8}}{2\times10^{-7}} = 99\times10^{-20}$ J	
2. مقدار فرق الجهد بين سطح المجمع والباعث الذي يمنع الالكترونات من الانتقال بينهما.	$V_{cut}= \frac{KE}{e} = \frac{E-\phi}{e}$ $V_{cut}= \frac{99\times 10^{-20} - 4.2 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.98$ V	

3- سقط ضوء أحادي اللون تردده $(10^{15}$ Hz) على سطح من الرصاص تردد العتبه له $(9.99\times10^{14}$ Hz)	ص100

أحسب كل من	الحل	المعطيات
1. طاقة الفوتون الساقط	$E= hf= 6.6 \times 10^{-34} \times 10^{15}$ $= 6.6 \times 10^{-19}$ J	
2. الطاقة الحركية للالكترون المنبعث	$KE= E- \phi = 6.6 \times 10^{-19} -(6.6 \times 10^{-34} \times 9.99\times10^{14})$ $= 6.6\times10^{-22}$ J	

4- سقط ضوء تردده $(6.8 \times 10^{14}$ Hz) على سطح لوح معدني حساس للضوء، فانبعث منه الكترونات بطاقة حركية تساوي (1.3×10^{-19}) ، فإذا علمت أن ثابت بلانك (h=1.32×10^{14} J.s)	ص100

أحسب كل من	الحل	المعطيات
1. طاقة الفوتون	$E= hf= 6.8 \times 10^{-34} \times 6.8 \times 10^{14} = 4.488 \times 10^{-19}$ J	
2. تردد العتبة	$hf_0= E- KE$ $f_0= \frac{4.488 \times 10^{-19} - 1.3 \times 10^{-19}}{6.6 \times 10^{-34}} = 4.83 \times 10^{14}$ Hz	

السؤال الثامن: (أ) استنتج العلاقة الرياضية	
معادلة حساب نصف قطر مستوى الطاقة الذي يدور فيه الالكترون حول نواة ذرة الهيدروجين بدلالة نصف قطر المدار الأول. لحساب نصف قطر مستوى الطاقة الذي يدور فيه الالكترون حول نواة ذرة الهيدروجين بدلالة نصف قطر المستوى الأول للطاقة (نصف قطر بور)	ص102

$$F=\frac{Kq^2}{r^2}=\frac{m\,v^2}{r}$$

$$v^2=\frac{Kq^2}{r.m}$$

$$m\,v\,r=\frac{n\,h}{2\,\pi}$$

$$m^2v^2r^2=\frac{n^2h^2}{4\pi^2}$$

$$m^2\times\frac{Kq^2}{mr}\,r^2=\frac{n^2h^2}{4\pi^2}$$

$$r_n=\frac{n^2h^2}{4\pi^2.m.Kq^2}=r_1n^2$$

موقع المناهج الكويتية almanahj.com/kw
طلابي