

الصف الثاني عشر علمي

الفيزياء

دوراه محمد فيزياء الكم

شرح مبسط للمفاهيم

امثلة متنوعة واسئلة خارجية

حلول لجميع اسئلة الكتاب واسئلة الوزارة

إعداد : الاستاذ لؤي حمد الله

٠٧٩٨٢٨٠٨٧٧

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
اللَّهُمَّ صَلِّ وَسَلِّمْ وَبَارِكْ عَلَى سَيِّدِنَا مُحَمَّدٍ وَعَلَى آلِهِ وَصَحْبِهِ أَجْمَعِينَ

والله اعلم
بِمواطنيهم
سنة ٢٠٢٢
٢٠٢٢

٢٠٢٢ / ٢٠٢٢
٢٠٢٢ / ٢٠٢٢

فيزياء الكم

مع بداية القرن العشرين اكتشف العلماء ظواهر فيزيائية جديدة نتيجة التقدم في التطور في الادوات العلمية ولم تستطع النظريات والقوانين الفيزيائية التي كانت موجودة في ذلك الوقت (الفيزياء الكلاسيكية) من تفسير هذه الظواهر

من الظواهر التي لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية تفسيرها : الظاهرة الكهروضوئية، ظاهرة كومبتون او ما يعرف بتفاعل الاشعاع مع المادة بشكل عام وهذا ما دفع العلماء للبحث عن نظريات وقوانين جديدة لتفسير هذه الظواهر مما ادى لظهور فيزياء جديدة سميت بالفيزياء الحديثة او فيزياء الكم.

مراجعة عامة لبعض المفاهيم الضرورية في هذا الفصل:

تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية عبر الفراغ ومن هذه الموجات الضوء المرئي والضوء غير المرئي مثل امواج الراديو والاشعة السينية.

تتشابه الموجات الكهرومغناطيسية جميعها في الطبيعة اي انها تتكون من مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين على بعضهما، ومن خصائص هذه الموجات انها تسير بسرعة ثابتة في الوسط المتجانس وتبلغ سرعة هذه الموجات عبر الهواء او الفراغ (س = 3×10^8 م/ث).

تختلف الموجات الكهرومغناطيسية عن بعضها بالتردد (ت) والطول الموجي (λ) والعلاقة بينهما علاقة عكسية حيث ($\lambda \times \text{ت} = \text{س}$) وبما ان سرعة الموجات ثابتة فتكون العلاقة بينهما علاقة عكسية.

التردد : هو عدد الموجات الكاملة التي تعبر نقطة خلال ١ ثانية، ويقاس بوحدة الهرتز

الطول الموجي : هو المسافة بين اي قمتين متتاليتين او قاعين متتاليتين في الموجة، وتقاس بالمتر.

الزخم: هو كمية الحركة التي يمتلكها الجسم وهي حاصل ضرب الكتلة في سرعة الجسم.

$\text{خ} = \text{ك} \times \text{ع}$ ، والزخم كمية متجهة تقاس بوحدة (كغم. م / ث) وله اتجاه سرعة الجسم دائماً.

اذا تحرك جسم في مسار دائري فانه يمتلك زخماً زاوياً يعطى بالعلاقة ($\text{خ زاوي} = \text{ك ع نق}$) ويقاس الزخم الزاوي بوحدة (كغم. م^٢ / ث)

تكمية الطاقة:

تشع جميع الاجسام والمواد الموجودة في الطبيعة طاقة على شكل اشعاعات كهرومغناطيسية عندما تكون درجة حرارتها اعلى من الصفر المطلق (-٢٧٣° س)

سؤال ١: ما هي العوامل التي يعتمد عليها انبعاث الطاقة من جسم ما؟

١- درجة حرارة الجسم

٢- طبيعة سطح الجسم

سؤال ٢ : كيف فسرت الفيزياء الكلاسيكية عملية اشعاع الطاقة او امتصاصها؟

فسرت نظريات الفيزياء الكلاسيكية الاشعاع الكهرومغناطيسي على انه موجات كهرومغناطيسية تصدر عن الاجسام على شكل سيل متصل (مستمر) من الطاقة، نتيجة اهتزاز الجسيمات المشحونة داخل المادة.

سؤال ٣ : ماذا نعني بقولنا ان انبعاث الطاقة من الجسم انبعاث مستمر؟

هذا يعني انه يمكن للجسيم المهتز بتردد معين (ثابت) ان يبعث او يمتص اي مقدار من الطاقة عندما يتغير اتساع اهتزازه ، اي ان كمية الطاقة التي يبعثها او يمتصها الجسم تعتمد على اتساع موجة اهتزاز الجسيمات المشحونة فقط.

اتساع الموجة : هو اقصى ازاحة عمودية تحققها الموجة.

تتناسب طاقة الاشعاع طردياً مع شدة الاشعاع (شدة الضوء) وتعتمد شدة الاشعاع بدورها على اتساع اهتزاز الجسيمات المهتزة، اي عند استخدام مصباحان من نفس النوع فأنا نحصل على ضوء شدته اكبر ولكن تردد الضوء الناتج (نوعه) يبقى كما هو.

الطاقة المنبعثة او الممتصة ← شدة الاشعاع ← اتساع موجة اهتزاز الجسيمات

سؤال ٤ : اذكر الظواهر التي لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية تفسيرها؟

١- الظاهرة الكهروضوئية

٢- ظاهرة كومتون

في عام ١٩٠٠ قدم العالم بلانك فرضية جديدة قال من خلالها ان انبعاث وامتصاص الطاقة يكون على شكل منفصل اي ان المادة لا تستطيع ان تشع او ان تمتص طاقة الا بكميات محددة اسمها (كمات) ومفردها كمة حيث يتناسب تردد هذه الكمة مع تردد مصدر الاشعاع (الجسيمات المهتزة)حيث:

$$ط = ه \times ت \quad ط: \text{طاقة الكمة الواحدة} ، ه: \text{ثابت بلانك} = ٦,٦٣ \times ١٠^{-٣٤} \text{ جول} ، ت: \text{تردد الاشعاع}$$

سؤال ٥ : اذكر نص مبدأ بلانك؟

الطاقة الاشعاعية المنبعثة او الممتصة تساوي عدداً صحيحاً من مضاعفات (ه ت).

سؤال ٦ : ما هي الفرضية التي وضعها بلانك لتفسير الاشعاع الصادر عن الجسم ؟

لا يمكن للمادة ان تمتلك اي مقدار من الطاقة وانما تستطيع امتلاك مقادير محددة من الطاقة من مضاعفات المقدار (ه ت) و عليه فان انبعاث او امتصاص الطاقة يكون على شكل كمات محددة منفصلة

سؤال ٧: ما الفرق بين تفسير الفيزياء الكلاسيكية للإشعاع وبين تفسير بلانك؟

افترضت الفيزياء الكلاسيكية ان الجسيمات المهتزة تستطيع ان تشع او تمتص اي مقدار من الطاقة اي ان انبعاث وامتصاص الطاقة يكون على شكل مستمر ويعتمد مقدار اشعاع الطاقة على اتساع موجة الجسيمات المهتزة، بينما افترض بلانك ان انبعاث الطاقة وامتصاصها يكون بشكل منفصل اي ان الجسيمات المهتزة تشع كميات محددة من الطاقة فقط هي مضاعفات (هـ تـ) اي ان اشعاع الطاقة يعتمد على تردد موجة الجسيمات المهتزة .

سؤال ٨ : **وضح المقصود بوحدة الالكترن فولت (ev)؟** هي وحدة تستخدم في الفيزياء الذرية والنوية للتعبير عن الطاقة الصغيرة جداً الناتجة عن حركة الجسيمات الذرية وهي مقدار الطاقة الحركية التي يمتلكها الكترون عندما يتسارع عبر فرق جهد مقداره ١ فولت.

سؤال ٩: كم تساوي وحدة الالكترن فولت بالجول؟

$$١ \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$١ \text{ eV} \leftarrow 1.6 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

سؤال ١٠: اذا علمت ان طاقة الكمة الواحدة لضوء اصفر اللون تساوي $١٣,٢٦ \times ١٠^{-١٨}$ جول، احسب تردد هذا الضوء وطوله الموجي؟

$$١ - ط = هـ \times ت \leftarrow ١٣,٢٦ \times ١٠^{-١٨} = ٦,٦٣ \times ١٠^{-٣٤} \times ت \leftarrow ت = ٢ \times ١٠^{-١٦} \text{ هرتز}$$

$$٢ - ط = هـ \times ت \leftarrow ١٣,٢٦ \times ١٠^{-١٨} = ١,٥ \times ١٠^{-١٨} \times ت \leftarrow ت = ٨,٨ \times ١٠^{-١٦} \text{ هرتز}$$

سؤال ١١: تستخدم الاشعة السينية في تصوير العظام فاذا علمت ان تردد كمة واحدة من هذه الاشعة ٣×١٠^{١٨} هرتز، فجد مقدار الطاقة التي تمتلكها هذه الكمة من الاشعاع:

١- بوحدة الجول ٢- بوحدة الالكترن فولت

$$\text{الحل: } ١ - ط = هـ \times ت = ٦,٦٣ \times ١٠^{-٣٤} \times ٣ \times ١٠^{١٨} = ١٩,٨ \times ١٠^{-١٦} \text{ جول}$$

$$٢ - ١ \text{ الكترن فولت} \leftarrow ١,٦ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$\text{س} \leftarrow ١٩,٨ \times ١٠^{-١٦} \text{ جول}$$

$$\text{س} = \frac{١٩,٨ \times ١٠^{-١٦}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ١٢,٣٧٥ \times ١٠^٣ \text{ الكترن فولت}$$

سؤال ١٢: اذا علمت ان ذرة مادة اشعت طاقة بمقدار ٥ الكترن فولت، احسب تردد موجة هذه الطاقة؟

سؤال ١٣ : وفقاً للتصور الموجي للضوء، فإن الجسيم المشحون المهتز عند تردد معين يستطيع ان يبعث او يمتص مقداراً غير محدد من الطاقة عند تغير اتساع اهتزازه.

١ - ماذا تعني هذه العبارة. هذا يعني ان الاشعاع الكهرومغناطيسي يصدر من الاجسام على هيئة طيف متصل من الطاقة (سيل مستمر من الطاقة) ويعتمد على اتساع الاهتزاز.

٢ - هل تتفق هذه الفرضية مع مبدأ تكمية الطاقة. فسر اجابتك.

هذا لا يتفق مع مبدأ تكمية الطاقة، حيث ان انبعاث الطاقة او امتصاصها يكون على شكل كمات منفصلة، لكل منها طاقة محددة (كممة) $E = h \times \nu$ ، اي توجد مقادير محددة لهذه الطاقة. تنتج عن اهتزاز الجسيمات المشحونة وتعتمد على تردد الجسيمات المهتزة.

الظاهرة الكهروضوئية:

سؤال ١٤ : عرف الظاهرة الكهروضوئية؟

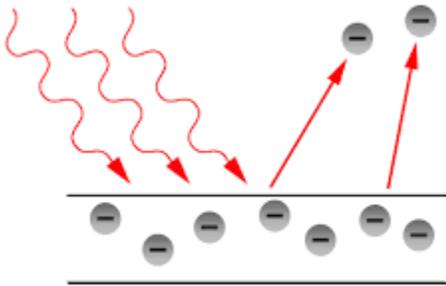
هي ظاهرة انبعاث الالكترونات من سطح فلز عند سقوط ضوء بتردد مناسب عليه. (بتردد مناسب تعني ان انبعاث الالكترونات قد لا يحدث احياناً)، تسمى الالكترونات في هذه الحالة بالالكترونات الضوئية.

قام العالم لينارد بدراسة عملية للظاهرة الكهروضوئية في محاولة لتفسير الظاهرة ومعرفة العوامل التي تعتمد عليها هذه الظاهرة، حيث قام لينارد بدراسة العوامل التي تتحكم في التيار الكهروضوئي وايضاً قام بدراسة العوامل التي تحدد مقدار الطاقة الحركية التي تمتلكها الالكترونات المتحررة.

استفاد العالم اينشتاين من مفهوم تكمية الشحنة للعالم بلانك وفسر النتائج التجريبية التي توصل اليها العالم لينارد (كما سنرى لاحقاً) حيث لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية والمفهوم الموجي للضوء من تفسير هذه النتائج، حيث تعارضت النتائج التجريبية مع النظريات التي كانت سائدة في ذلك الوقت.

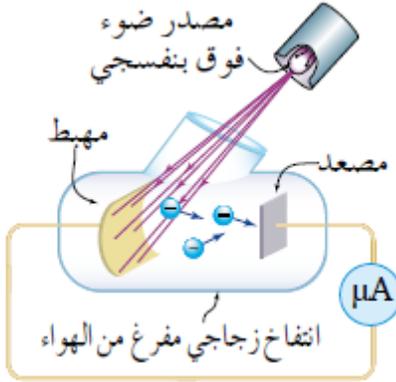
افترض اينشتاين ان الضوء يتكون من كمات منفصلة من الطاقة اسمها بالفوتونات وطاقة كل فوتون ($E = h \times \nu$) وتردد الفوتون يعتمد على تردد مصدر الضوء، وعند سقوطه على سطح الفلز يتفاعل مع الكترون واحد فقط ويعطيه كل طاقته.

يرتبط الالكترن بذرات الفلز بمقدار من الطاقة يسمى اقتران الشغل (Φ) فاذا كانت طاقة الفوتون مساوية لهذا المقدار من الطاقة فان الفوتون يستطيع تحرير هذا الالكترن من ارتباطه بالفلز (تحدث الظاهرة) اما اذا كانت طاقة الفوتون اقل من اقتران الشغل فلن يستطيع تحرير الالكترونات من سطح الفلز (تحدث اشارة للالكترن ولكن لا يغادر الذرة) ، اما اذا كانت طاقة الفوتون اكبر من اقتران الشغل فان الالكترن يتحرر ويحول باقي الطاقة الى طاقة حركية.



فشل النموذج الموجي في تفسير هذه الظاهرة لأنه افترض ان امتصاص الطاقة وانبعث الطاقة يعتمد على اتساع موجة الضوء الساقط على الالكترونات مما جعل العلماء غير قادرين على تفسير النتائج التجريبية. هنا ظهر الاختلاف بين الفيزياء الكلاسيكية والفيزياء الحديثة في تحديد العوامل التي تعتمد عليها الطاقة التي يمتلكها الضوء (الاشعاع).

سؤال ١٥ : اذكر الاجزاء الرئيسية في الدارة التي استخدمها لينارد (الخلية الكهروضوئية) لدراسة الظاهرة الكهروضوئية؟



- ١ - انبوب مفرغ من الهواء لكي يضمن ان لا يعيق الهواء حركة الالكترونات
- ٢ - صفيحتان فلزيتان احدهما يسقط عليها الضوء لبعث الالكترونات وتسمى المهبط، واخرى لتجميع الالكترونات تسمى المصعد.
- ٣- جهاز ميكرو اميتر لقياس التيار

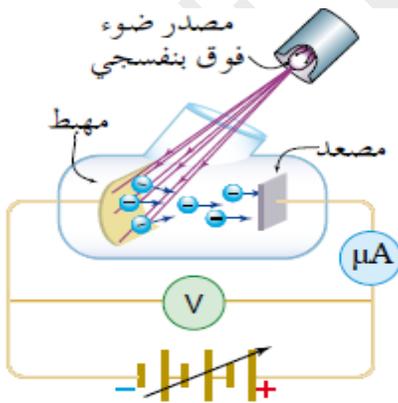
سؤال ١٦ : ماذا لاحظ لينارد من خلال دراسته لهذه الدارة ؟

لاحظ لينارد ان سقوط ضوء بتردد مناسب على المهبط يؤدي الى انحراف مؤشر الأميتر مما يدل على تولد تيار كهربائي ناتج من انبعث الكترونات من المهبط الى المصعد بدون وجود مصدر لفرق الجهد، واستنتج لينارد ان هذه الالكترونات زودت بمقدار من الطاقة الحركية مكنها من الانتقال من المهبط الى المصعد.

التيار الكهروضوئي: هو التيار الناتج من حركة الالكترونات الضوئية من المهبط الى المصعد

سؤال ١٧ : ما هي الخطوات التي قام بها لينارد لدراسة الظاهرة الكهروضوئية؟

اولاً: وصل لينارد الخلية الكهروضوئية مع مصدر متغير لفرق الجهد كما في الشكل المجاور.



سؤال ١٨ : ماذا استنتج لينارد حين جعل المهبط سالباً والمصعد موجبا في الخلية الكهروضوئية؟ لاحظ ان مقدار التيار قد ازداد، وذلك لان فرق الجهد بين المهبط والمصعد يبذل شغلاً على الالكترونات مما يزودها بطاقة تمكنها من الانتقال الى المصعد.

ثانياً: استمر لينارد بزيادة فرق الجهد بين المهبط والمصعد وقام بقياس التيار الناتج في هذه الحالة.

سؤال ١٩ : ماذا لاحظ لينارد عندما قام بزيادة فرق الجهد بين المهبط والمصعد ؟

لاحظ لينارد ان التيار يزداد الى ان يصل الى قيمة محددة اسمها تيار الاشباع وبعد ذلك يبقى التيار ثابتاً مهماً ازداد فرق الجهد بين المصعد والمهبط

سؤال ٢٠: كيف فسر لينارد هذه النتائج؟ فسر لينارد ذلك بان جميع الالكترونات التي استطاعت التحرر من سطح الفلز قد وصلت الى المصعد واستنتج ان زيادة فرق الجهد بين المصعد والمهبط لا تؤثر على عدد الالكترونات المتحررة من سطح الفلز.

سؤال ٢١: عرف تيار الاشباع؟ هو التيار الكهروضوئي الناتج من حركة الالكترونات الضوئية جميعها المتحررة من المهبط والواصلة الى المصعد.

مثل لينارد العلاقة بين التيار الكهروضوئي في الخلية الكهروضوئية وفرق الجهد بين المصعد والمهبط

حيث نلاحظ ان التيار يصل الى قيمته العظمى (تيار الاشباع) عند النقطة د ويبقى ثابتاً بزيادة فرق الجهد.

تمثل النقطة (أ) في الشكل المجاور تيار الخلية الكهروضوئية بدون وجود مصدر فرق الجهد الكهربائي.

سؤال ٢٢ : فسر ثبات التيار الكهربائي بين النقطتين (د ، هـ) مع استمرار زيادة فرق الجهد بين المصعد والمهبط؟ ذلك لان جميع الالكترونات المتحررة من المهبط قد وصلت جميعاً الى المصعد.

ثالثاً: قام لينارد بعكس اقطاب البطارية جاعلاً المهبط موجباً والمصعد سالباً

سؤال ٢٣: لماذا قام لينارد بعكس اقطاب البطارية؟ حتى يتمكن من معرفة اذا ما كانت جميع الالكترونات المتحررة تمتلك نفس المقدار من الطاقة الحركية حيث ان عكس الاقطاب ينشأ فرق جهد كهربائي عكسي يبذل شغلاً سالباً على الإلكترونات وينقص طاقتها الحركية، ويعيق وصول بعض الالكترونات الى المصعد.

سؤال ٢٤: ماذا لاحظ لينارد بعد عملية عكس الاقطاب؟ لاحظ لينارد ان الالكترونات المتحررة لا تمتلك نفس المقدار من الطاقة الحركية وذلك لان قيمة التيار الكهروضوئي بدأت بالتناقص تدريجياً مع زيادة قيمة فرق الجهد العكسي

سؤال ٢٥: كيف فسر لينارد ذلك؟ فسر لينارد ذلك بان الالكترونات التي تمتلك مقداراً كافياً من الطاقة الحركية يمكنها من التغلب على قوة التنافر تصل الى المصعد بينما تتوقف الالكترونات التي لا تمتلك الطاقة الكافية، مما يدل على تفاوت الالكترونات في طاقتها الحركية.

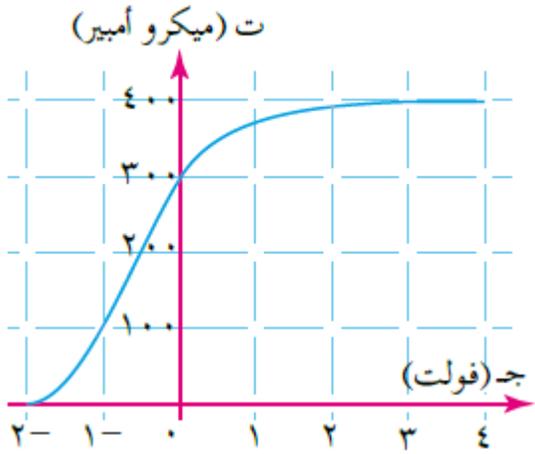
سؤال ٢٦: متى يندعم التيار الكهروضوئي تماماً؟ عندما يكون فرق الجهد العكسي بين المهبط والمصعد كافي لإيقاف اكثر الالكترونات امتلاكاً للطاقة الحركية ويسمى فرق الجهد بهذه الحالة جهد القطع

سؤال ٢٧: **وضح المقصود بجهد القطع؟** هو اقل فرق جهد كهربائي عكسي يكفي لجعل التيار الكهروضوئي يساوي صفر او اقل فرق جهد عكسي يكفي لإيقاف اسرع الالكترونات الضوئية. ونلاحظ في الرسم البياني السابق ان جهد القطع هو النقطة (و) التي يندم عندها التيار ويرمز له بالرمز (ج ق)

ط حركية عظمى = $eV \times ج ق$ (هذا القانون يربط بين جهد القطع والطاقة الحركية العظمى)

يمكن حساب الطاقة الحركية العظمى للالكترونات من القانون ط ح = $\frac{1}{2} eK$ ، وتعوض الطاقة بالجول .

سؤال ٢٧: ادرس الشكل المجاور الذي يبين العلاقة بين التيار الكهروضوئي وفرق الجهد بين قطبي خلية كهروضوئية ، ادرس الشكل واجب عما يلي:



١- حدد قيمة تيار الاشباع؟ 4.00 ميكرو امبير وهي المنطقة التي تكون عندها قيمة التيار ثابتة

٢- حدد مقدار اقل فرق جهد يكفي لكي يصل التيار الى قيمته العظمى؟ 3 فولت

٣- جد قيمة جهد القطع؟ جهد القطع (-) فولت والاشارة السالبة تدل على ان الجهد عكسي اي ناتج من انعكاس اقطاب البطارية)

٤- احسب الطاقة الحركية العظمى للالكترونات. ط ح عظمى = $eV \times ج ق = 2 \times 10^{-19} \times 3.2 = 6.4 \times 10^{-19}$ جول

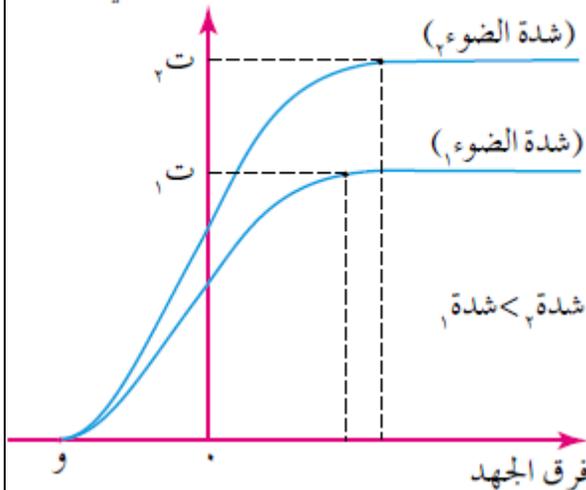
٥- احسب سرعة اكثر الالكترونات امتلاكاً للطاقة الحركية اكثر الالكترونات امتلاكاً للطاقة الحركية هو الالكترون الذي يمتلك الطاقة الحركية العظمى ط ح = $\frac{1}{2} eK$

$$eK = \frac{2 \times 6.4 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 8 \text{ eV} \approx 1.28 \times 10^{-18} \text{ J} = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \times 1.28 \times 10^{-18}}{9.11 \times 10^{-31}}} = 5.3 \times 10^5 \text{ m/s}$$

(في هذا النوع من الاسئلة لا داعي لإيجاد الجواب النهائي)

رابعاً: اراد لينار دراسة العلاقة بين شدة الضوء الساقط على المهبط والطاقة الحركية للالكترونات من جهة وبين شدة الضوء الساقط ومقدار التيار من جهة اخرى فقام بزيادة عدد المصابيح في الخلية الكهروضوئية مما ادى الى زيادة شدة التيار مع بقاء تردد (نوع) الضوء كما هو.

التيار الكهروضوئي



سؤال ٢٨: ماذا لاحظ لينارد عند زيادة شدة الاضاءة؟

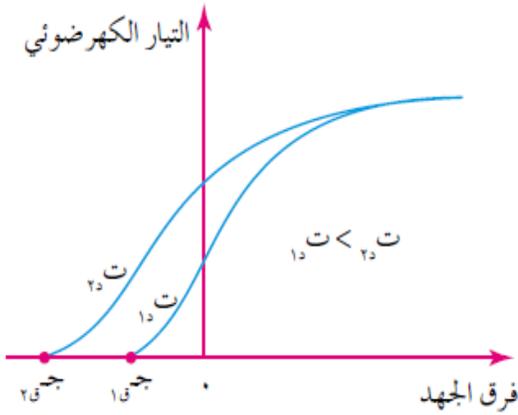
لاحظ لينارد ان فرق جهد القطع (النقطة و) بقي ثابتاً حتى مع زيادة شدة الضوء ولكن لاحظ ان مقدار التيار الكهروضوئي قد ازداد كما في الشكل المجاور.

سؤال ٢٩: ماذا استنتج لينارد من النتائج التي حصل عليها عند زيادة شدة الضوء؟

- ١- استنتج لينارد ان الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية لا تعتمد على شدة الضوء الساقط
- ٢- زيادة شدة الضوء الساقط تؤدي الى زيادة التيار الكهروضوئي عند ثبوت فرق الجهد بين المصعد والمهبط وفسر لينارد ذلك بان عدد الالكترونات الضوئية الكلي الذي يصل المصعد يزداد بزيادة شدة الضوء.

خامساً: قام لينارد بتغيير تردد (نوع) الضوء الساقط مع ثبات شدته.

لاحظ لينارد ان زيادة تردد الضوء الساقط على المهبط يؤدي الى زيادة القيمة المطلقة لجهد القطع وهذا يعني زيادة الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية اي ان الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط ولا تعتمد على شدة الاضاءة، والشكل المجاور يوضح التمثيل البياني للتيار الكهروضوئي وفرق الجهد لشعاعين من الضوء مختلفان بالتردد.



سؤال ٣٠: ماذا استنتج لينارد من تغيير تردد الضوء الساقط؟

- ١- لاحظ لينارد ان الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط على المهبط
- ٢- لاحظ لينارد ان تيار الاشباع لم يتغير وبقي ثابتاً بتغيير تردد الضوء الساقط وهذا يدل على ان العدد الكلي للإلكترونات المنبعثة لا يعتمد على تردد الضوء وانما يعتمد على شدة الضوء.
- ٣- لاحظ لينارد انبعاث الالكترونات بشكل فوري بمجرد سقوط الضوء عليها

سادساً: قام لينارد بتغيير الضوء الى ضوء ذو تردد اقل فلاحظ انعدام التيار الكهروضوئي اي ان الالكترونات لا تنبعث من المهبط اذا كان تردد الضوء الساقط اقل من تردد معين مهما بلغت شدة الضوء.

سؤال ٣١: عرف تردد العتبة، طول موجة العتبة؟ هو اقل تردد للضوء الساقط يلزم لتحرير الالكترونات من سطح الفلز (ت_٠)، ولكل فلز تردد عتبة خاص به يميزه عن باقي المواد.

طول موجة العتبة: اكبر طول موجي يكفي لتحرير الكترونات من سطح الفلز

سؤال ٣٢: ماذا استنتج لينارد من هذه النتائج؟ ان الضوء الساقط على المهبط يجب ان يكون اكبر من تردد معين يسمى تردد العتبة حتى يتمكن الضوء من تحرير الالكترونات من سطح الفلز اما اذا كان التردد اقل من ذلك فلن يتمكن من تحرير الالكترونات من سطح الفلز.

سؤال ٣٣: ماهي الاستنتاجات التي توصل اليها لينارد من تجاربه جميعاً؟

- ١- ان سقوط ضوء على سطح فلز يؤدي الى تحرر الالكترونات من سطح الفلز
- ٢- ان الالكترونات الضوئية المتحررة تتفاوت في طاقتها الحركية
- ٣- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات (طع عظمى = $eV_{\text{cut-off}}$ ج قطع)
- ٤- جهد القطع : هو اكبر فرق جهد عكسي يكفي لإيقاف اسرع الالكترونات (اكثر الالكترونات امتلاكاً للطاقة الحرارية)
- ٥- فرق جهد القطع لا يعتمد على شدة الضوء الساقط
- ٦- التيار الكهروضوئي يزداد بزيادة شدة الضوء الساقط على المهبط مهما اختلف تردد الضوء الساقط
- ٧- ان تردد الضوء الساقط يجب ان يكون اكبر من تردد معين يسمى تردد العتبة حتى يتمكن الضوء من تحرير الالكترونات من سطح الفلز اما اذا كان تردد الضوء اقل من تردد العتبة فلن يتمكن الضوء من تحرير الالكترونات من سطح الفلز.
- ٨- انبعاث الالكترونات من سطح الفلز يكون بشكل فوري (لحظي) بمجرد سقوط الضوء.

تفسير الظاهرة الكهروضوئية

كما قلنا سابقاً فان الفيزياء الكلاسيكية فسرت الضوء على انه موجات كهرومغناطيسية تحمل طاقة وان مقدار هذه الطاقة تزداد بزيادة شدة الضوء، ولا يعتمد على تردد الضوء

فشلت الفيزياء الكلاسيكية في تفسير الظاهرة الكهروضوئية لان النتائج التجريبية التي توصل اليها لينارد تعارضت مع الفرضيات التي كانت سائدة آنذاك.

سؤال ٣٤: اذكر اسباب فشل الفيزياء الكلاسيكية في تفسير الظاهرة الكهروضوئية؟

- ١- وفقاً للفيزياء الكلاسيكية فان عملية امتصاص الطاقة تكون بشكل مستمر اي ان الالكترون يستطيع امتصاص اي مقدار من الطاقة وعليه فان زيادة شدة الضوء الساقط تؤدي الى زيادة امتصاص الطاقة وهذا يعني زيادة الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية وهذا يتعارض مع النتائج التجريبية التي دلت ان مقدار الطاقة الحركية العظمى يعتمد على تردد الضوء الساقط ولا تعتمد على شدة الضوء
- ٢- عملية امتصاص الطاقة وفقاً للفيزياء الكلاسيكية تحتاج الى وقت حتى يتمكن الالكترون من تحرير نفسه من سطح الفلز بينما دلت التجارب على ان الالكترون يتحرر من سطح الفلز فور سقوط الضوء.
- ٣- وفقاً لفيزياء الكلاسيكية فان زيادة شدة الضوء يجب ان تؤدي الى تحرر الالكترونات من سطح الفلز مهما كان تردد الضوء الساقط وهذا يتنافى مع النتائج التجريبية التي دلت على ان سقوط ضوء بتردد اقل من تردد العتبة لن يحرر الالكترونات من سطح الفلز مهما كانت شدة الضوء الساقط.

ولحل هذه المشكلة استفاد اينشتاين من مبدأ تكمية الطاقة لبلاك وعمم هذا المفهوم ليشمل الموجات الكهرومغناطيسية وساعده هذا على تفسير الظاهرة الكهروضوئية عام ١٩٠٥.

سؤال ٣٥: ما هو الافتراض الذي وضعه اينشتاين لتفسير الظاهرة الكهروضوئية؟

افترض اينشتاين ان طاقة الضوء كلها تتركز في حزم منفصلة او كمات اسماها فوتونات وكل فوتون يحمل طاقة مقدارها (هـ.ت) وعند سقوط الضوء على الفلز يتفاعل هذا الفوتون مع الكترون واحد فقط فيعطيه طاقته كلها، وهذه الطاقة قد تمكن الفلز من التحرر من سطح الفلز اما باقي الطاقة فيتحول الى طاقة حركية عظمى يتحرك بها الالكترون، ووضع اينشتاين معادلة لتفسير هذه الظاهرة:

$$h \nu = \phi + E_{\text{ك}} \quad \text{هـ.ت}$$

ϕ : اقتران الشغل للفلز وهو اقل طاقة يملكها فوتون الضوء تلزم لتحرير الكترون من سطح الفلز من دون اكسابه طاقة حركية. ولكل فلز اقتران شغل خاص به

ط الفوتون = هـ.ت = طاقة الفوتون الساقط $\phi >$ ، لا يتحرر اي الكترون من سطح الفلز

ط الفوتون = هـ.ت = ϕ ، يتحرر الالكترون من سطح الفلز ولكن بدون ان يمتلك اي طاقة حركية

ط الفوتون = هـ.ت < ϕ ، يتحرر الالكترون من سطح الفلز ويتحول باقي الطاقة الى طاقة حركية يتحرك من خلالها الالكترون.

سؤال ٣٦: كيف فسّر اينشتاين النتائج التجريبية التي توصل اليها لينارد؟

- ١- فسّر اينشتاين زيادة التيار الكهروضوئي عند زيادة شدة الضوء الساقط بان عدد الفوتونات الساقطة على وحدة المساحة من المهبط يزداد بزيادة شدة الضوء مما يؤدي الى زيادة عدد الالكترونات المتحررة في الثانية من الفلز، بينما يبقى فرق جهد القطع ثابت لأنه يعتمد على تردد الضوء الساقط فقط.
 - ٢- زيادة تردد الضوء الساقط تؤدي الى زيادة الطاقة التي يملكها الفوتون مما يؤدي الى زيادة الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات مما يؤدي الى زيادة جهد القطع بينما يبقى تيار الاشباع ثابت لان عدد الالكترونات المتحررة لا يتغير لان عدد الفوتونات لا يتغير
 - ٣- فسّر اينشتاين الانبعاث الفوري للإلكترونات بان عملية انتقال الطاقة بين الفوتون والالكترون تكون بشكل فوري بمجرد سقوط الفوتون على سطح الفلز بشرط ان تكون طاقة الفوتون اكبر من اقتران الشغل للفلز.
 - ٤- لا ينبعث الكترون من سطح الفلز اذا كان تردد الفوتون اقل من تردد العتبة للفلز اي ان طاقة الفوتون تكون اقل من اقتران الشغل فلا تكفي طاقته لتحرير اي الكترون من سطح الفلز.
- ملاحظة مهمة: طاقة الفوتون تعتمد على تردده، عدد الفوتونات يعتمد على شدة الاضاءة (عدد المصابيح المستخدمة)
- ملاحظة مهمة : للتعويض في القانون السابق يجب ان تكون الطاقة بوحدة الجول واذا كانت بوحدة الالكترون فولت نحولها للجول.

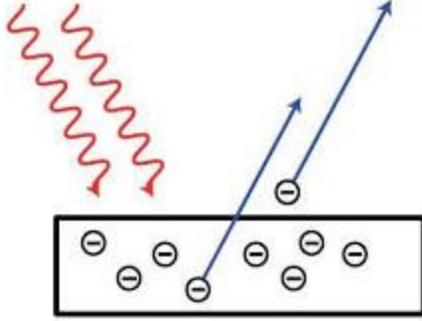
سؤال ٣٧: كيف فسّر أينشتاين تفاوت الإلكترونات في الطاقة الحركية؟

١- فسّر أينشتاين ذلك بأن الفوتونات الساقطة على الفلز قد تتفاعل مع الإلكترونات السطح وقد تتعدى ذلك إلى الإلكترونات موجودة داخل السطح

٢- وبما أن جميع الفوتونات لها نفس المقدار من الطاقة فإن جميع الإلكترونات المتحررة من سطح الفلز تمتلك نفس المقدار من الطاقة الحركية

٣- بينما تصطدم الإلكترونات المتحررة من داخل المادة بالذرات والإلكترونات الأخرى الموجودة في المادة مما يؤدي إلى نقصان طاقتها الحركية واختلاف سرعتها

٤- يعتمد فقدان الطاقة على العمق الذي تتحرر منه الإلكترونات ويمكن معرفة سرعة الإلكترونات من القانون (ط ح = $\frac{1}{2} ك ع^2$)



قام العالم مليكان تجربة للتحقق من فرضية أينشتاين واستطاع من خلال تجاربه:

١- اثبات صحة فرضية أينشتاين

٢- قياس قيمة ثابت بلانك تجريبياً والتأكد من صحته

الشكل المجاور الذي يمثل العلاقة بين الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات وتردد الضوء الساقط، نلاحظ أن:

١- أن الخطوط متوازية أي أن ميلها ثابت باختلاف نوع الفلز الذي يسقط عليه الضوء ويكون ميل هذه العلاقة هو ثابت بلانك

٢- تقاطع المنحنى مع محور السينات هو تردد العتبة (وعنده تكون الطاقة الحركية العظمى = صفر)

٣- امتداد المنحنى ليتقاطع مع محور الصادات يمثل القيمة المطلقة لاقتران الشغل للفلز.

سؤال ٣٨: احسب تردد العتبة للحديد ثم احسب طول موجة العتبة للحديد إذا علمت أن اقتران الشغل للحديد ٤,٥ إلكترون فولت؟ نحول الطاقة من وحدة الإلكترون فولت إلى جول

$$٤,٥ \text{ إلكترون فولت} \leftarrow \text{ط} = ١٩-١٠ \times ١,٦ \times ٤,٥ = ١٩-١٠ \times ٧,٢ \text{ جول}$$

$$\Phi = ٥ \times ١٠^{-19} \text{ جول} \leftarrow ١٩-١٠ \times ٧,٢ = ١٩-١٠ \times ٦,٦ \times ٣ \text{ ت} \leftarrow ١٩-١٠ \times ٧,٢ = ٣٤-١٠ \times ٦,٦ = ٣٤-١٠ \times ١,١ = ١٥+١٠ \times ١,١ \text{ هرتز}$$

$$\lambda = \frac{٣٠٠ \times ١٠^٣}{٣٤-١٠ \times ١,١} \approx ٧-١٠ \times ٣ \text{ م. (طول الموجة العتبة للحديد)}$$

سؤال ٣٩: سقط ضوء فوق بنفسجي طول موجته (٢٤٠ نانومتر) على مهبط خليه كهروضوئية، فانطلقت منه الكترونات باتجاه المصعد، وعندما اصبح فرق الجهد العكسي (٤، ١) فولت انقطع التيار في الدارة، احسب :

١- طاقة الفوتون الساقط .

$$ط = ه \times ت = \frac{ه \times ت}{\lambda} = \frac{١٠ \times ٦.٦ \times ١٠^{-١٩} \times ٣ \times ١٠^{-٨}}{٢٤ \times ١٠^{-٩}} = ٨,٢٥ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

٢- الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية

$$ط ح عظمى = e \times \Delta \phi = ١,٤ \times ١٠^{-١٩} \times ١,٦ = ٢,٢٤ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

٣- اقتران الشغل لمادة المهبط

$$ط = \Phi + ط ح عظمى \leftarrow \Phi = ط - ط ح عظمى$$

$$\Phi = (٢,٢٤ - ٨,٢٥) \times ١٠^{-١٩} \approx ٦ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

سؤال ٤٠: سقط ضوء على سطح فلز اقتران الشغل له (٥ الكترون فولت) فتحرر منه الكترونات طاقتها الحركية العظمة (٨ × ١٠^{-١٩} جول) جد:

١- تردد الضوء الساقط

٢- اذا سقط ضوء طول موجته ٦٠٠ نم فهل ستحرر الكترونات من سطح الفلز ام لا.

سؤال ٤١: في تجربة لدراسة الظاهرة الكهروضوئية استخدمت اشعة فوق بنفسجية لتحرير الكترونات من سطح الرصاص فاذا علمت ان Φ رصاص = ٤,٢٥ الكترون فولت وان الطاقة العظمى للإلكترونات المتحررة تساوي ٢٠ الكترون فولت احسب تردد الضوء الساقط.

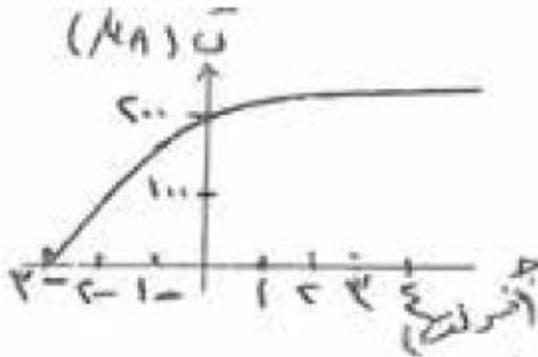
$$ط فوتون = \Phi + ط ح عظمى \leftarrow ط فوتون = ٤,٢٥ + ٢٠ = ٢٤,٢٥ \text{ الكترون فولت}$$

$$\text{نحول الطاقة الى وحدة الجول : } ط (\text{جول}) = ١,٦ \times ٢٤,٢٥ \times ١٠^{-١٩} = ٣٨,٨ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$ط = ه \times ت = \frac{ه \times ت}{\lambda} \leftarrow ٣٨,٨ \times ١٠^{-١٩} = ٦,٦ \times ١٠^{-١٩} \times ت$$

$$ت = \frac{٣٨,٨ \times ١٠^{-١٩}}{٦,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ٥,٩ \times ١٠^{١٠} \text{ هرتز}$$

سؤال ٢٤ : في تجربة لدراسة الظاهرة الكهروضوئية رسمت العلاقة بين فرق الجهد والتيار الكهروضوئي بيانياً كما في الشكل المجاور ادرس الشكل واجب عما يلي:



١ - احسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات

$$ط_{ح} = eV_{قطع} = 1.6 \times 10^{-19} \times 3 = 4.8 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

٢ - حدد قيمة التيار المتولد في هذه الخلية بغياب فرق الجهد.
٢٠٠ ميكرو أمبير

ماذا يحدث لكل من التيار وفرق جهد القطع عند زيادة شدة الضوء الساقط مع بقاء تردده ثابت. فسر اجابتك.

التيار : يزداد التيار بزيادة شدة الضوء الساقط وذلك بسبب زيادة عدد الفوتونات الساقطة على مهبط الخلية مما يؤدي الى زيادة عدد الالكترونات المتحررة.

فرق جهد القطع: يبقى ثابت لان فرق جهد القطع يعتمد على تردد الضوء الساقط.

سؤال ٤٣ : يمثل الشكل المجاور العلاقة بين فرق الجهد بين المصعد والمهبط في خلية كهروضوئية والتيار

الكهروضوئي ، ادرس الشكل واجب عما يلي:

١ - ما مقدار تيار الاشباع؟ ٦ ميكرو أمبير

٢ - ما مقدار فرق جهد القطع؟ -٣ فولت

٣ - ما اصغر فرق جهد موجب يصل فيه التيار لقيمته العظمى؟
٤,٥ فولت

٤ - عند اي النقطتين (س، ص) يكون جهد المصعد موجباً؟ س

٥ - عند اي النقطتين (ب، هـ) يكون جهد المهبط موجباً؟ ب

٦ - حدد النقاط التي يعمل عندها فرق الجهد بين المصعد والمهبط على انقاص الطاقة الحركية للإلكترونات؟ ب، أ، ص

٧ - فسر تزايد التيار الكهربائي بين النقطتين (د، و)؟ لان فرق الجهد الموجب يبذل شغلاً على الالكترونات

المتحررة فتكتسب طاقة حركية، مما يؤدي الى زيادة عدد الالكترونات الضوئية الواصلة الى المصعد فيزداد

التيار، وتستمر هذه العملية حتى تصل جميع الالكترونات المتحررة في الى المصعد فيصل التيار الى قيمته العظمى ويسمى بتيار الاشباع.

٨ - فسر وجود تيار كهربائي عند النقطة (د) على الرغم من ان فرق الجهد بين المصعد والمهبط يساوي

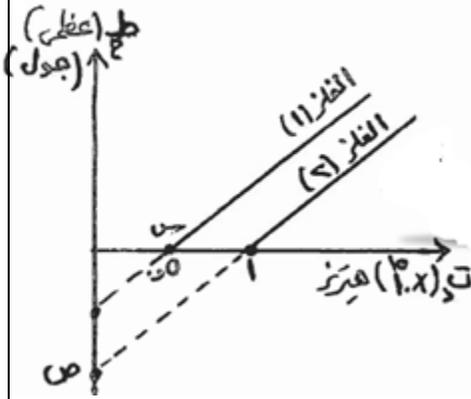
صفر؟ هذا يدل على ان بعض الالكترونات المتحررة عند سقوط الضوء على المهبط تمتلك طاقة حركية تمكنها من الوصول الى المصعد.

٩ - احسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة؟

$$ط_{ح} = eV_{قطع} = 1.6 \times 10^{-19} \times 3 = 4.8 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

١٠ - ماذا يحدث للتيار الكهربائي عندما يصل فرق الجهد العكسي الى جهد القطع؟ يصبح التيار الكهربائي صفر وذلك بسبب انعدام وصول الالكترونات الى المهبط.

سؤال ٤٤: يبين الشكل المجاور العلاقة بين تردد الضوء الساقط على فلزتين (١) و (٢) والطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة، معتمداً على الشكل



وبيانته، اجب عما يلي:

١ - اي الفلزين يتطلب طاقة اقل لتحرير الالكترونات من سطحه؟ لماذا؟

الفلز (١) وذلك لان تردد العتبة له اقل (ت_٢ = ٠,٥ × ١٠^{١٥} هرتز)

٢ - على ماذا تدل النقطة (س)؟ تردد العتبة للفلز (١)

٣ - احسب مقدار (ص)

ص هي اقتران الشغل للفلز (٢)

$$\Phi = h \times \nu = 6,6 \times 10^{-34} \times 10^{15} = 6,6 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

٤ - اذا سقط ضوء طول موجته (٤٠٠ نـم) على كل من الفلزين، بين اي الفلزين ستنبعث منه الالكترونات، ثم احسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة.

نحسب تردد الضوء الساقط: ت_٣ = $\frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{400} = 7,5 \times 10^{14}$ هرتز، يستطيع هذا الضوء تحرير الالكترونات من

الفلز (١) لان ت_٢ < ت_٣، بينما لا يستطيع تحرير الالكترونات من الفلز (٢) لان ت_٢ > ت_٣ للفلز (٢).

لحساب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة من الفلز (١):

$$h \nu_3 = h \nu_2 + \text{ط.عظمى}$$

$$\text{ط.عظمى} = h(\nu_3 - \nu_2) = (7,5 \times 10^{14} - 0,5 \times 10^{15}) \times 6,6 \times 10^{-34} = 3,3 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$= 3,3 \times 10^{-19} \times 6,6 \times 10^{-34} = 2,16 \times 10^{-19} \text{ جول، او } \left(\frac{6,6}{4} \times 10^{-19} \text{ جول} \right)$$

سؤال ٤٥: الشكل المجاور يمثل العلاقة البيانية بين تردد الضوء الساقط على

سطح فلز والطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة من سطح هذا الفلز

معتمداً على الرسم اجب عما يلي:

١ - ماذا تمثل كل من النقطتين (أ) و (ب).

أ: تردد العتبة للفلز، ب: اقتران الشغل للفلز

٢ - احسب ميل الخط المستقيم

$$\text{الميل} = \frac{\Delta \text{ط.ع}}{\Delta \text{ت.د}} = \frac{4 - 2}{10^{14} \times (1,5 - 2)} = \frac{2}{-5 \times 10^{14}} = -4 \times 10^{-15} \text{ فولت / هرتز}$$

لو قمنا بتحويل (ev) الى الجول، وبمان الهرتز = $\frac{1}{\text{ث}}$

$$4 \times 10^{-19} \times 1,6 \times 10^{-19} \times 6,4 = 4,1 \times 10^{-38} \text{ جول. ث}$$

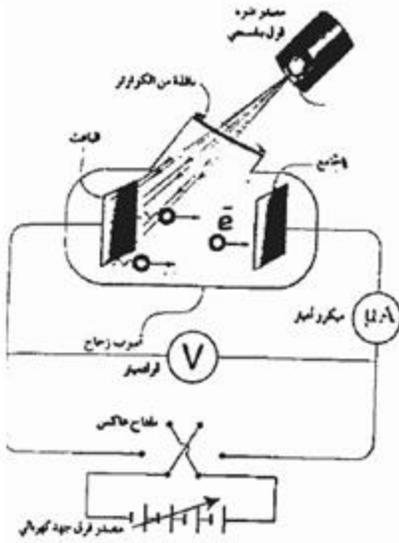
٣ - ماذا يمثل الميل وما وحد قياسه؟ يمثل الميل ثابت بلانك ووحدة قياسه (جول. ث)

٤ - اذا سقط ضوء تردده (٢ × ١٠^{١٥} هرتز) على سطح الفلز احسب جهد القطع.

من المنحنى عندما يكون التردد (٢ × ١٠^{١٥}) تكون الطاقة الحركية العظمى ٤ الكترون فولت، نحولها للجول:

$$4 \times 1,6 \times 10^{-19} = 6,4 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$\text{ط.ع} = h \nu - \text{جهد القطع} \Rightarrow 6,4 \times 10^{-19} = 6,6 \times 10^{-19} \times 2 - \text{جهد القطع} \Rightarrow \text{جهد القطع} = 6,8 \times 10^{-19} \text{ فولت}$$



سؤال ٤٦: في تجربة لدراسة الظاهرة الكهروضوئية تم استخدام الدارة المبينة في الشكل المجاور، اجب عما يأتي:

- ١ - كيف تتفسر انبعاث الكترونات من سطح المهبط.
- ان الضوء زود الالكترونات بمقدار كافي من الطاقة ، مكنها من التحرر من ارتباطها بالفلز والاحتفاظ بالباقي على شكل طاقة حركية.
- ٢- ما العوامل التي تعتمد عليها الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة؟
 - ١ - تردد الضوء الساقط
 - ٢- اقتران الشغل للفلز
- ٣ - عند عكس اقطاب البطارية وزيادة فرق الجهد تدريجيا لوحظ ان قراءة الميكرو اميتر تتناقص الى ان تصبح صفر. على ماذا يدل ذلك؟
يدل ذلك على تفاوت الالكترونات الضوئية في طاقتها الحركية
- ٤ - ارسم العلاقة بيانيا بين فرق الجهد (بين الباعث والجامع) و تيار الخلية، ثم حدد على الرسم فرق جهد القطع.

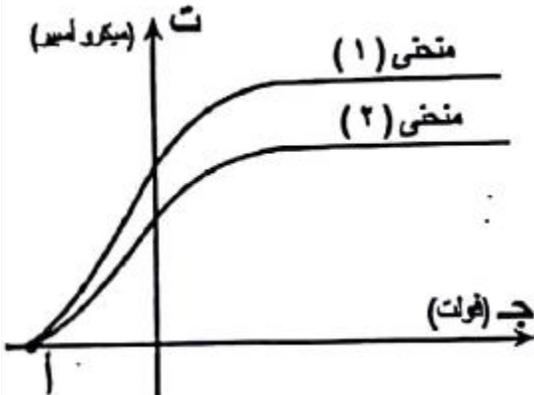
سؤال ٤٧: سقط ضوء على سطح فلز فتحررت منه الكترونات تراوحت طاقتها الحركية بين صفر و $(٢, ٣ \times 10^{-19})$ جول اجب عما يلي:

١ - فسّر سبب اختلاف الطاقة الحركية للالكترونات المنبعثة

٢ - احسب جهد القطع.

سؤال ٤٨: يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين التيار المنبعث من خلية كهروضوئية وفرق الجهد بين المصعد والمهبط، ادرس الشكل واجب عما يلي:

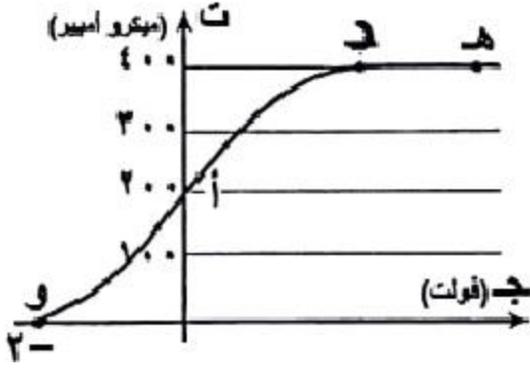
١ - اي المنحنيين (١) (٢) يمثل الضوء الذي تكون شدته اكبر، لماذا؟



٢ - ماذا تمثل النقطة (أ)؟

٣ - عملياً كيف يمكن زيادة الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة من مهبط الخلية.

سؤال ٤٩ : يوضح الشكل المجاور العلاقة البيانية بين فرق جهد قطبي خلية كهروضوئية والتيار الكهروضوئي، معتمداً على الشكل اجب عما يلي:



١ - ما مقدار تيار الاشباع.

٢ - علل: بقاء التيار ثابتاً بين النقطتين د، هـ على الرغم من زيادة فرق الجهد.

٣ - ما مقدار التيار الكهروضوئي الناتج عن سقوط الضوء على مهبط الخلية عند غياب مصدر فرق الجهد؟

٤ - ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بوحدة الكترون فولت؟

الاطياف الذرية

تبعث الاجسام الساخنة اشعاعاً حرارياً متصلأً، فمثلاً توهج فتيل التنغستن يؤدي الى انبعاث طيف حراري متصل يحتوي على جميع الترددات.

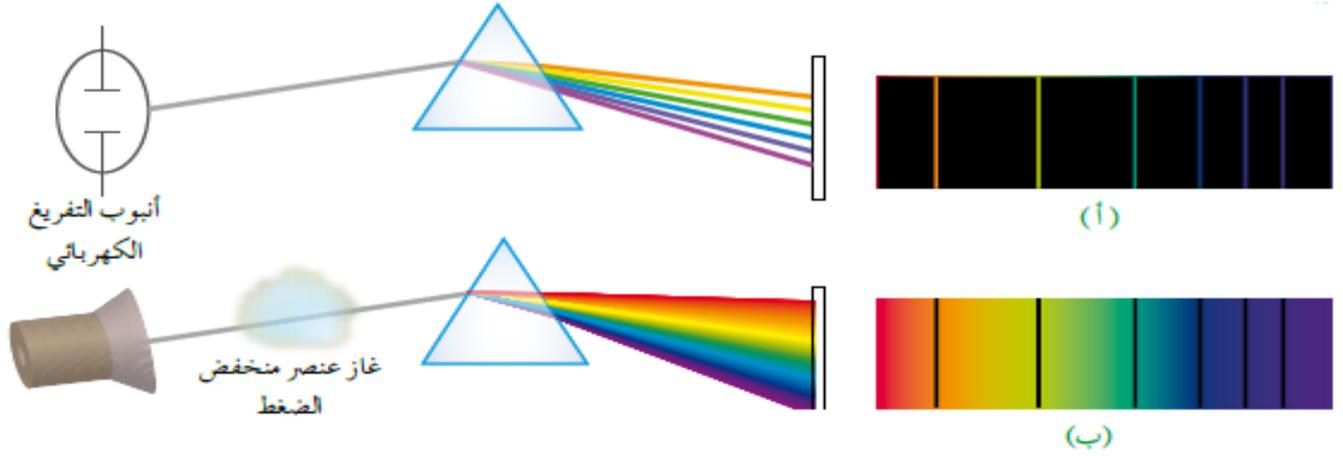


سؤال ٥٠ : عرف طيف الانبعاث المتصل؟ هو الطيف الناتج عن تسخين المادة حيث يحتوي هذا الطيف على جميع ترددات الموجات الكهرومغناطيسية المرئية وغير المرئية ويكون على شكل خطوط ملونة متصلة (الوان قوس قزح)

تذكر : الطيف الكهرومغناطيسي هو مجموعة من الموجات الكهرومغناطيسية المختلفة في الترددات ويقع ضمنها ما يعرف بالطيف المرئي الذي يبدأ باللون الاحمر وينتهي بالبنفسجي.

سؤال ٥١ : عرف طيف الانبعاث المنفصل (الخطي)؟ هي خطوط ملونة منفصلة تظهر على خلفية سوداء، وينتج هذا الطيف من تحليل الغازات المنخفضة الضغط في انابيب التفريغ الكهربائي .

سؤال ٥٢ : عرف طيف الامتصاص الخطي؟ هو طيف ينتج عند مرور اشعاع متصل (ضوء الشمس) عبر غاز منخفض الضغط حيث يظهر هذا الطيف على شكل خطوط سوداء تتخلل الطيف المتصل للضوء

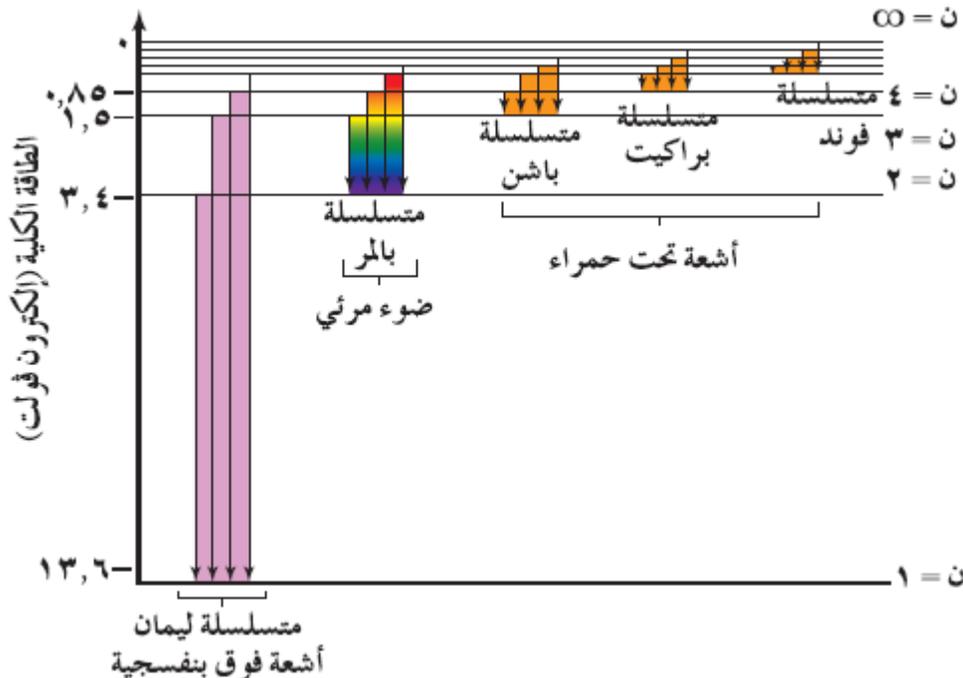


سؤال ٥٣: ماذا لاحظ العلماء عند مقارنة طيف الانبعاث وطيف الامتصاص لنفس الغاز؟ لاحظ العلماء ان الخطوط السوداء في طيف الامتصاص تظهر تماماً في مكان الخطوط الملونة لطيف الانبعاث وهذا يدل على ان المادة تشع او تمتص مقادير محددة من الطاقة.

سؤال ٥٤: لماذا يعتبر طيف الانبعاث او الامتصاص خاصية مميزة للمادة؟ هذا لان طيف الانبعاث لكل مادة يظهر عند اطوال موجية محدد تختلف باختلاف مادة العنصر ولا يوجد عنصران لهما نفس الطيف الخطي.

لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية تفسير طيف الانبعاث الخطي للغازات ولكن استطاع بعض العلماء التوصل الى معادلات رياضية لحساب الاطوال الموجية للطيف الخطي لغاز الهيدروجين، حيث يعتبر الهيدروجين ابسط الذرات لأنه يتكون من بروتون والكترون، ولاحظ العلماء وجود نمطية او تسلسل في الاطوال الموجية للخطوط التي تظهر في طيف الانبعاث الخطي للهيدروجين.

سؤال ٥٥: وضح كيف يظهر طيف الانبعاث لذرة الهيدروجين؟



يظهر طيف الهيدروجين على هيئة تجمعات عدة من الخطوط الطيفية التي يمكن حساب اطوالها الموجية باستخدام معادلات (متسلسلات حسابية)

نستطيع حساب الاطوال الموجية لطيف الانبعاث الخطي من خلال متسلسلات حسابية سميت بأسماء مكتشفها وهذه السلاسل هي :

١- متسلسلة ليمان: وتقع الخطوط الطيفية لهذه المتسلسلة في منطقة الضوء فوق البنفسجي:

$$\dots, 4, 3, 2 = n, \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{2^2} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

٢- متسلسلة بالمر: وتقع خطوطها في منطقة الطيف المرئي.

$$\dots, 5, 4, 3 = n, \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{3^2} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

٣- متسلسلة باشن: وتقع خطوطها في منطقة الاشعة تحت الحمراء

$$\dots, 6, 5, 4 = n, \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{4^2} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

٤- متسلسلة براكنت: وتقع خطوطها في منطقة الاشعة تحت الحمراء

$$\dots, 7, 6, 5 = n, \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{5^2} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

٥- متسلسلة فوند: وتقع خطوطها في منطقة الاشعة تحت الحمراء

$$\dots, 8, 7, 6 = n, \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{6^2} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

حيث: λ : طول موجة الطيف الخطي، R_H : ثابت ريد بيرغ = $1.097 \times 10^7 \text{ م}^{-1}$

n : عدد صحيح موجب يمثل رقم المدار الذي يوجد به الالكترون كما سنعرف لاحقاً.

اول من لاحظ وجود نمط في الاطوال الموجية لأطياف ذرة الهيدروجين هو معلم رياضيات سويسري يدعى بالمر

حيث لاحظ النمطية في اطوال الخطوط التي تقع في منطقة الضوء المرئي .

ملاحظات مهمة:

- يرتبط الطول الموجي مع التردد بالعلاقة : $s = c \times \lambda$ (s : سرعة الضوء في الفراغ)

- ط فوتون = $h \times \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ ، اي انه كلما زاد الطول الموجي تقل طاقة الضوء .

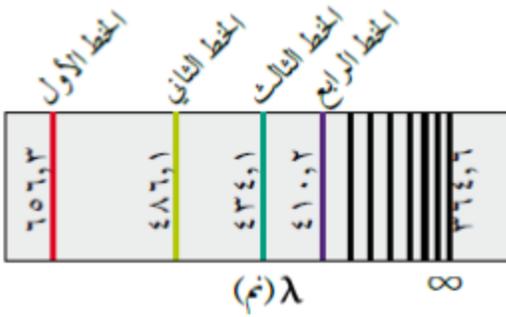
- يتألف الضوء المرئي من مجموعة من الالوان تبدأ باللون الاحمر وتنتهي باللون البنفسجي

اللون الاحمر ← البنفسجي

(اقل λ ، اكبر تردد، اعلى طاقة)

(اكبر λ ، اقل تردد، اقل طاقة)

سؤال ٥٦: ادرس الشكل المجاور واجب عما يلي:



- ١- كيف نستطيع الحصول على اقصر طول موجي في متسلسلة بالمر؟
بتعويض ∞ بدل ن في المعادلة الخاصة بمتسلسلة بالمر
- ٢- كيف نستطيع الحصول على اكبر طول موجي في متسلسلة بالمر؟
بتعويض ٣ بدل ن في معادلة بالمر

نلاحظ ان الاطوال الموجية تقل بالانتقال من الخط الطيفي الاول الى الثاني وهذا يعني زيادة طاقة الضوء الناتج وانزياحه نحو اللون البنفسجي، ونحصل على اقصر خط في كل سلسلة بتعويض ∞ بدل (ن) في كل معادلة، بينما نستطيع الحصول على اطول موجة بتعويض الرقم الذي يلي الرقم الموجود في المعادلة بدل (ن) في كل متسلسلة.

سؤال ٥٧: احسب اقصر طول موجي في :

٢ - متسلسلة فوندر.

- ١- متسلسلة براكيت.
- $\frac{1}{n} - \frac{1}{4} R_H = \frac{1}{\lambda}$ ، نعوض ∞ بدل ن في المعادلة للحصول على اقصر طول موجي
- $\frac{1}{\infty} - \frac{1}{16} R_H = \frac{1}{\lambda}$ ، (تذكر: $\frac{1}{\infty} = 0$ صفر دائماً)

$$\lambda = \frac{16}{1.0 \times 10^7 \times 16} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ م}$$

ملاحظة مهمة : نحصل على الخط الاول في كل متسلسلة بتعويض قيمة (ن) بالرقم الذي يلي الرقم الثابت في كل متسلسلة مثلاً في متسلسلة ليمان يكون الرقم الثابت (١) وبالتالي نحصل على الخط الاول بتعويض (٢) بدل (ن) والخط الثاني بتعويض (٣) بدل (ن) وهكذا لباقي الخطوط وباقي المتسلسلات.

سؤال ٥٨: احسب الطول الموجي للخط الطيفي الثالث في كل من :

٢-متسلسلة باشن

١- متسلسلة ليمان

لإيجاد طول هذا الخط في متسلسلة ليمان نعوض

ن = ٤ في المعادلة الخاصة بهذه المتسلسلة:

$$\frac{1}{16} - \frac{1}{1} R_H = \frac{1}{\lambda}$$

$$\frac{1}{16} - \frac{1}{1} \times 1.097 \times 10^7 = \frac{1}{\lambda}$$

$$\lambda \approx 1.0 \times 10^{-7} \text{ م}$$

استطاعت هذه المعادلات التنبؤ بالأطوال الموجية لأطياف ذرة الهيدروجين بدون معرفة او تفسير انبعاث هذه الاطياف الى ان تمكن العالم بور من تفسير هذه الظاهرة في عام ١٩١٣ عندما وضع بور نموذج لذرة الهيدروجين.

استفاد بور من نموذج رذرفورد للذرة ومن مفهوم الزخم الزاوي ومن مبدأ تكمية الطاقة لبلانك وربط بين الفيزياء الكلاسيكية وفيزياء الكم ووضع نموذجاً يرتكز على اربعة فروض اساسية.

سؤال ٥٩: **وضح المقصود بالزخم الزاوي؟** هو الزخم الذي يمتلكه الجسم الذي يتحرك حركة دائرية ويعطى بالعلاقة (خ زاوي = ك ع نق)

سؤال ٦٠: **اذكر الفروض التي وضعها بور لنموذج ذرة الهيدروجين؟**

- ١- يتحرك الالكترون حول النواة في مدار دائري بتأثير قوة التجاذب الكهربائية بين الالكترون السالب والنواة الموجبة
 - ٢- يوجد الالكترون في مدارات محددة مستقرأً، وكل مدار له مقدار محدد من الطاقة يختلف عن باقي المدارات وتسمى هذه المدارات (مستويات الطاقة) ولا يمكن للذرة ان تشع طاقة طالما بقي الالكترون في مستوى طاقة معين.
 - ٣- ينبعث الاشعاع من الذرة عندما ينتقل الالكترون من مستوى طاقة عال الى مستوى طاقة منخفض، حيث تكون طاقة الفوتون المنبعث مساوية للفرق في الطاقة بين المستويين الذين انتقل الالكترون بينهما، بينما ينتقل الالكترون من مستوى طاقة منخفض الى مستوى طاقة عال عندما يمتص فوتون طاقته تساوي الفرق في الطاقة بين المستويين ويمكن حساب هذه الطاقة من المعادلة:
- ط فوتون = ه ت_r = ط - ط_i . حيث: ط : طاقة المستوى النهائي الذي ينتقل اليه الالكترون
ط_i : طاقة المستوى الابتدائي الذي يوجد به الالكترون
- ٤- المدارات التي يسمح للالكترون بالتواجد فيها هي التي يكون الزخم الزاوي للالكترون فيها من مضاعفات المقدار $(\frac{h}{\pi})$ حيث: χ الزاوي = $\frac{h}{\pi 2} \leftarrow$ ك ع نق = $\frac{h}{\pi 2} N$
- ن : لرقم المدار الذي يوجد به الالكترون نق : نصف قطر المدار الذي يوجد به الالكترون
ع: سرعة الالكترون ك: كتلة الالكترون
- تمكن بور بواسطة هذه الفرضيات من تحديد انصاف اقطار المدارات في ذرة الهيدروجين وحساب طاقتها.

سؤال ٦٠: **بماذا يتفق نموذج بور مع مبدأ تكمية الطاقة؟**

ينص مبدأ تكمية الطاقة ان الطاقة المنبعثة او الممتصة من المادة تكون على شكل مقادير محددة وهذا يتفق تماماً فرضيات بور حيث تكون الطاقة المنبعثة او الممتصة في ذرة الهيدروجين ذات مقادير محددة.

سؤال ٦١: **وفقاً لنموذج بور في ذرة الهيدروجين، يكون الالكترون في مستويات طاقة محددة، ما هو الشرط الذي وضعه بور للالكترون حتى يكون متواجداً في مدار ما؟**

افترض بور ان الالكترون يجب ان يمتلك زخماً زاوياً من مضاعفات الكمية $(\frac{h}{\pi 2})$ حتى يتواجد في أي مدار.

سؤال ٦٥: فسر سبب وجود الاشارة السالبة في هذا القانون؟ الاشارة السالبة تعني انه يجب تزويد الالكترن بهذا المقدار من الطاقة حتى يتمكن من التحرر من الذرة بدون ان يمتلك طاقة حركية وتسمى هذه الطاقة بطاقة التأين.

سؤال ٦٦: عرف :

١ - طاقة التأين؟ هي مقدار الطاقة التي يجب تزويد الالكترن به حتى يتمكن من التحرر من الذرة بدون أي طاقة حركية.

٢ - طاقة الاثارة: هي اقل طاقة تكفي لنقل الالكترن من مستوى طاقة الى مستوى طاقة اعلى مع بقاءه مرتبطاً بالذرة وهي كميات محدد تساوي فرق الطاقة بين المستويين اللذان انتقل الالكترن بينهما .

سؤال ٦٧: متى تكون ذرة الهيدروجين مستقرة، ومتى نقول ان هذه الذرة مثارة؟ تكون ذرة الهيدروجين مستقرة عندما يكون الالكترن موجود في المستوى الاول (مستوى الاستقرار)، اما اذا كان الالكترن في مستوى اعلى من المستوى الاول فان الذرة تعتبر مثارة

سؤال ٦٨: هل تبقى ذرة الهيدروجين مثارة ام تعود لحالة الاستقرار؟ تميل الذرات جميعها في الطبيعة الى الاستقرار ولذلك تحاول ذرة الهيدروجين العودة الى حالة الاستقرار وذلك بعودة الالكترن الى مستوى الاستقرار باعثة فوتوناً طاقته مساوية لفرق الطاقة بين مستوى الاستقرار ومستوى الاثارة الذي يكون به الالكترن.

أي اذا كان الالكترن في المستوى الثاني مثلاً فان هذا الالكترن يعود الى مستوى الاستقرار باعثة فوتوناً طاقته تساوي الفرق في الطاقة بين المستوى الثاني والمستوى الاول (مستوى الاستقرار)

سؤال ٦٩: هل تكون عودة الالكترن لمستوى الاستقرار بخطوة واحدة ام على عدة مراحل؟

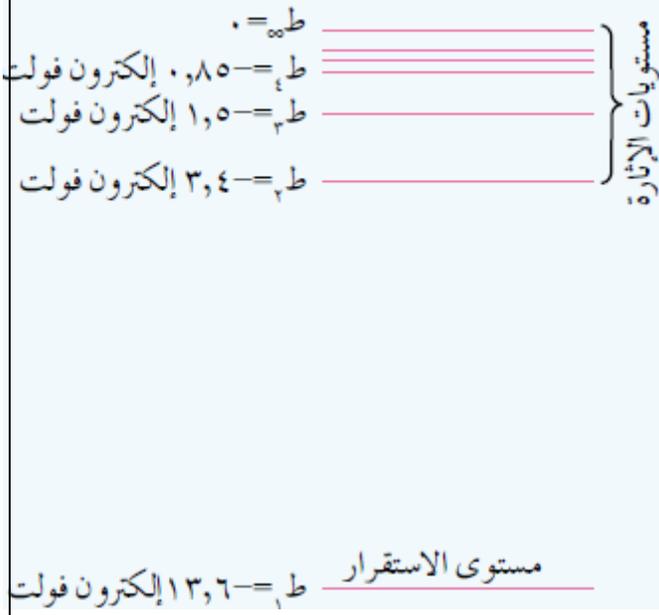
تكون عودة الالكترن لمستوى الاستقرار اما مرة واحدة واما على شكل عدة مراحل ولكن تكون طاقة الفوتون في كل مرحلة مساوية لفرق الطاقة بين المستويين .

سؤال ٧٠: هل يمكن ان تكون طاقة مستوى في ذرة الهيدروجين (- ٢ eV) ؟ لا لان طاقة المدارات وفقاً لنظرية بور تكون مقادير محددة وفقاً للمعادلة $(\frac{13.6}{n^2})$.

سؤال ٧١: هل يمكن لذرة الهيدروجين ان تبعث فوتوناً طاقته ١٥ الكترون فولت، وضح اجابتك؟

لا ، لان اكبر طاقة يمكن ان تبعثها ذرة الهيدروجين هي عندما يعود الالكترن من مستوى اللانهاية الى مستوى الاستقرار، وبما ان طاقة مستوى الاستقرار (- ١٣,٦ eV) وبالتالي فان اكبر طاقة يمكن ان يمتلكها الفوتون المنبعث هي (١٣,٦ eV).

تذكر: تشع ذرة الهيدروجين طاقة عندما يعود الالكترن من مستوى طاقة عال الى مستوى طاقة اقل (طيف الانبعاث الخطي) وتمتص الذرة فوتونات ذات طاقة محددة تساوي فرق الطاقة بين اي مستويين مما يؤدي الى انتقال الالكترن من مستوى طاقة منخفض الى مستوى طاقة اعلى.



سؤال ٧٢: ادرس الشكل المجاور الذي يمثل طاقة المستويات في ذرة الهيدروجين ثم اجب عما يلي:

١- احسب طاقة الفوتون المنبعث من الذرة عند عودة الالكترون من المستوى الثالث الى مستوى الاستقرار؟

٢- احسب طاقة الفوتون المنبعث من الذرة عند عودة الالكترون من المستوى الرابع الى المستوى الثاني؟

٣- ما اقل طاقة تلزم لتحرير الكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الاستقرار؟

٤- احسب مقدار الطاقة التي يجب ان يمتصها الالكترون للانتقال من المستوى الاول الى المستوى الثاني؟

٥- اذا عاد الكترون من المستوى الرابع الى المستوى الثاني احسب قيم الطاقة التي يمكن ان تنبعث من الذرة.

ملاحظة مهمة: جميع الفوتونات التي تخرج من ذرة الهيدروجين تظهر على شكل خطوط في طيف الانبعاث الخطي لذرة الهيدروجين

سؤال ٧١: هل هنالك علاقة بين فرضيات بور وطيف الانبعاث الخطي لذرة الهيدروجين؟

بالنظر الى الافتراضات التي وضعها بور فان جميع الفوتونات التي من الممكن ان تبعثها ذرة الهيدروجين هي فوتونات تحمل مقادير محددة من الطاقة هي الفرق في الطاقة بين مستويات الطاقة في ذرة الهيدروجين وهذا ما يفسر ظهور خطوط تحمل اطوال موجية محددة فوق خلفية سوداء، كذلك فان ظهور خطوط سوداء على خلفية ملونة فهذا دلالة على ان الذرة امتصت فوتونات لها طاقة تساوي الفرق في الطاقة بين المستويات التي ينتقل بينها الالكترون في ذرة الهيدروجين.

ولكي يثبت بور ذلك كان عليه التنبؤ بالأطوال الموجية للخطوط الموجود في متسلسلات طيف ذرة الهيدروجين.

سؤال ٧٢: وضح كيف توافقت نتائج بور التجريبية مع النتائج التي توصل اليها العلماء في حساب الاطوال الموجية في متسلسلات طيف الانبعاث الخطي لذرة الهيدروجين؟

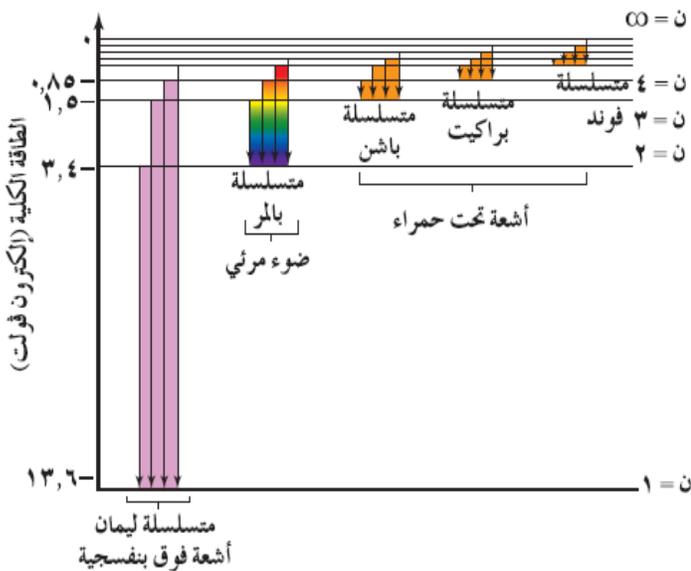
من الفرض الثالث لنظرية بور : ط فوتون = | ط - ط. | وبما ان ط فوتون = $\frac{h \nu}{\lambda}$

$$\text{ط فوتون} = \left| \frac{13.6}{2n} - \frac{13.6}{n} \right| = \frac{h \nu}{\lambda} \leftarrow \frac{13.6}{2n} - \frac{13.6}{n} = \frac{h \nu}{\lambda} \quad \left(\text{بجب دائماً التحويل للجول} \right)$$

$$\text{بتعويض قيمة كل من ثابت بلانك وسرعة الضوء في الفراغ :} \quad \left| \frac{1}{2n} - \frac{1}{n} \right| \frac{13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}}{h} = \frac{1}{\lambda}$$

$$\left| \frac{1}{2n} - \frac{1}{n} \right| RH = \left| \frac{1}{2n} - \frac{1}{n} \right| \times 1.097 \times 10^7 = \frac{1}{\lambda}$$

وبالتالي توصل بور الى قيمة ثابت ريد بيرغ باستخدام هذه الفرضية مما عزز من قبول فرضية بور لدى العلماء واستطاع بور تقديم تفسير لأطياف الانبعاث والامتصاص الخطي لذرة الهيدروجين.



باستخدام العلاقة السابقة وبتعويض ($n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$) نستطيع الحصول على الاطوال الموجية في المتسلسلات ابتداء من سلسلة ليمان ($n = 1$) وانتهاء بسلسلة فوند ($n = 5$) أي ان فروض نظرية بور توافقت مع النتائج التجريبية لطيف ذرة الهيدروجين ويمكن استخدام معادلة واحدة فقط في التنبؤ بالأطوال الموجية لأي خط في أي سلسلة.

توضيح مهم: المطلوب من حفظ معادلة واحدة هي المعادلة التي توصل اليها بور وحفظ المدار الذي يعود اليه الالكترون في كل متسلسلة مع اسم صاحب هذه المتسلسلة وذلك حسب المدار الذي يعود اليه الالكترون:

- عندما يعود الالكترون للمستوى الاول ($n = 1$) ← ليمان (موجات فوق بنفسجية)
- عندما يعود الالكترون للمستوى الثاني ($n = 2$) ← بالمر (ضوء مرئي)
- عندما يعود الالكترون للمستوى الثالث ($n = 3$) ← باشن (اشعة تحت حمراء)
- عندما يعود الالكترون للمستوى الرابع ($n = 4$) ← براكيت (اشعة تحت حمراء)
- عندما يعود الالكترون للمستوى الخامس ($n = 5$) ← فوند (اشعة تحت حمراء)

سؤال ٧٣: الى أي متسلسلات طيف ذرة الهيدروجين ينتمي الخط الطيفي ذو الطول الموجي الاقصر؟

الطول الموجي الاقصر يعني التردد الاعلى أي ان الفوتون يمتلك اعلى طاقة ويكون هذا الفوتون في متسلسلة لييمان عند عودة الالكترون من اللانهاية الى مستوى الاستقرار.

ملاحظات مهمة :

١ - لمعرفة السلسلة التي ينتمي اليها الفوتون او طيف الانبعاث نحدد المستوى الذي عاد اليه الالكترون وقد يتضمن السؤال ذلك بشكل مباشر او يشير الى نوع الاشعاع المنبعث (فوق بنفسجي، ضوء مرئي، تحت حمراء).

٢ - دائماً اقصر طول موجي في كل السلاسل هو في متسلسلة لييمان لان الالكترون يعود لمستوى الاستقرار دائماً اقصر طول موجي ← اعلى تردد ← اكبر مقدار من الطاقة

٣ - اكبر طول موجي في كل سلسلة عندما يعود الالكترون من مستوى طاقة عال الى المستوى الادنى منه مباشرةً ، مثلاً في متسلسلة بالمر اكبر طول موجي عندما يعود الالكترون من المستوى ٣ الى المستوى ٢

٤ - اقصر طول موجي في أي سلسلة عندما يعود الالكترون من اللانهاية الى المستوى الخاص بهذه السلسلة، مثلاً في سلسلة باشن اقصر خط موجي عندما يعود الالكترون من اللانهاية الى المستوى ٣.

سؤال ٧٤: يمتلك الكترون ذرة الهيدروجين في احد المدارات طاقة كلية تساوي (-٤, ٣) الكترون فولت، اجب عما يأتي:

١ - ما رقم المدار الذي يوجد به الالكترون؟ $\frac{13.6}{n} = -4, 3 \leftarrow \frac{13.6}{n} = 2$

٢ - ما معنى الاشارة السالبة في مقدار طاقة الالكترون؟ هذا يعني ان الالكترون يحتاج الى ٤, ٣ eV حتى يتحرر من المستوى الثاني في ذرة الهيدروجين.

٣ - احسب تردد الفوتون المنبعث عندما يعود الالكترون الى مستوى الاستقرار.

$$n = 1, 2 \text{ ، } 3, 6 \text{ eV} = 13.6 \text{ ، } 2 \text{ eV} = 3, 4 \text{ eV}$$

ط فوتون = | ط - ط | = | ١٣,٦ - ٣,٤ | = ١٠,٢ eV ، نحول الطاقة للجول حتى نستطيع حساب التردد

$$\text{هـ ت} = 10,2 \times 1,6 \times 10^{-19} \leftarrow 1,63 \times 10^{-18} \text{ جول}$$

$$\text{تد} = \frac{1,63 \times 10^{-18}}{6,6 \times 10^{-34}} = 2,46 \times 10^{16} \text{ هرتز}$$

٤- احسب الزخم الزاوي للإلكترون في مستوى الاستقرار.

$$خ = \frac{h}{\pi^2} = \frac{3.14 \times 10^{-34}}{6.28} = 1.0 \times 10^{-34} \text{ جول. ث}$$

سؤال ٧٥ : اثبت ان وحدة قياس الزخم الزاوي (جول. ث).

$$\text{جول. ث} = \frac{\text{كغم. م}^2}{\text{ث}} = \frac{\text{كغم. م}^2}{\text{ث}}$$

$$خ \text{ زاوي} = \text{ك ع نق} = \text{كغم. م} \cdot \frac{\text{م}}{\text{ث}} = \frac{\text{كغم. م}^2}{\text{ث}}$$

الطبيعة المزدوجة للمادة

افترض اينشتاين في تفسيره للظاهرة الكهروضوئية ان الضوء يسلك سلوك الجسيمات واثبت كومبتون ان الفوتون يمتلك زخماً مثله مثل الجسيمات ولكن هناك بعض الظواهر مثل تداخل وحيود الضوء لا يمكن تفسيرها بفرض ان الضوء جسيمات مادية وانما يفرض ان الضوء موجات كهرومغناطيسية ولحل هذه المشكلة افترض العلماء ان الضوء له طبيعة مزدوجة جسيمية وموجية حيث يسلك سلوك الجسيمات في تجارب معينة وسلوك الجسيمات في تجارب اخرى

سؤال ٧٦ : اذكر بعض الظواهر التي يفسرها السلوك الموجي للجسيمات؟

١- تداخل الضوء ٢- حيود الضوء ٣- انكسار الضوء

سؤال ٧٧ : اذكر بعض الظواهر التي فسرتها الطبيعة الجسيمية للضوء؟

١- الظاهرة الكهروضوئية ٢- ظاهرة كومبتون

كان السؤال المطروح في ذلك الوقت: بما ان للفوتونات خصائص جسيمية وموجية، فهل يمكن ان يكون للجسيمات المادية خصائص موجية ايضاً، في عام ١٩٢٣ افترض العالم دي بروي ان جميع الاجسام في الكون يصاحبها موجات اثناء حركتها وتسمى هذه الموجات بموجات دي بروي او موجات المادة.

سؤال ٧٧ : هل افترض دي بروي ان الموجات التي تصاحب الاجسام هي موجات كهرومغناطيسية؟

لا، افترض دي بروي ان هذه الموجات هي موجات لها خواص ترتبط بصفات وخواص الجسم المتحرك فهي ليست موجات كهرومغناطيسية او موجات ميكانيكية.

سؤال ٧٨ : اذكر نص فرضية دي بروي؟ بما ان للفوتونات صفات جسيمية وموجية، فمن المحتمل ان يكون لأشكال المادة جميعها صفات موجية كما لها صفا جسيمية.

افترض دي بروي ان جميع الاجسام المادية تمتلك خصائص موجية أي ان لها طبيعة مزدوجة (جسيمية – موجية) حيث افترض دي بروي ان زخم الجسم يتناسب عكسياً مع طول الموجة المصاحب له:

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

ومن العلاقة السابقة نلاحظ ان طول الموجة المصاحبة للجسم يتناسب عكسياً مع كتلة الجسم وسرعته وعليه فان الموجات التي تصاحب الاجسام الجاهرية ذات طول موجي صغير جداً لم يستطع العلماء تصميم تجربة لقياسه حتى الآن، بينما استطاع العلماء تصميم تجارب لقياس موجة دي بروي المصاحبة للأجسام المجهرية مثل البروتونات والالكترونات والنيوترونات، لان الطول الموجي المصاحب لهذه الاجسام يقع ضمن رتبة الاطوال الموجية الموجات الكهرومغناطيسية

سؤال ٨٨: احسب طول موجة دي بروي ل:

١- رصاصة كتلتها ١٠ غم وسرعتها ١٠٠ م/ث

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{10 \times 100} = 6.6 \times 10^{-36} \text{ م (طول موجي صغير جداً لا يمكن تصميم تجربة لقياسه)}$$

٢- الكترون سرعته 2×10^6 م/ث

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 2 \times 10^6} = 3.6 \times 10^{-10} \text{ م (وهو طول موجي يمكن قياسه بالمختبر)}$$

١ ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

١ تزداد الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة في الخلية الكهروضوئية بزيادة:

- أ) شدة الضوء الساقط
ب) تردد الضوء الساقط
ج) اقتران الشغل للفلز
د) تردد العتبة للفلز

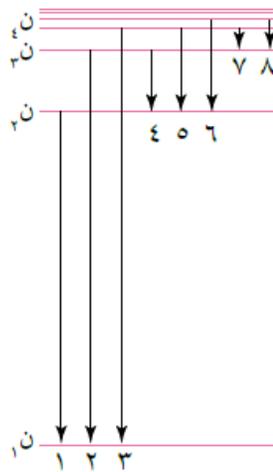
٢ عند اصطدام فوتون بإلكترون حر ساكن في ظاهرة كومبتون، فإن الفوتون المتشتت يماثل الفوتون الساقط في مقدار:

- أ) سرعته
ب) تردده
ج) زخمه الخطي
د) طوله الموجي

٣ يعتمد مبدأ عمل المجهر الإلكتروني على:

- أ) التأثير الكهروضوئي
ب) تأثير كومبتون
ج) الطبيعة الموجية للمادة
د) الطبيعة الجسيمية للإشعاع

يبين الشكل (٧-٢٨) بعضًا من خطوط طيف ذرة الهيدروجين. مستعينًا بالشكل أجب عن الفقرات (٤، ٥، ٦) الآتية.



٤ إلى أي المتسلسلات الطيفية الآتية ينتمي الخطان الطيفيان (٧، ٨):

- أ) لييمان
ب) باشن
ج) براكيت
د) فوند

٥ رقم الخط الطيفي ذي الطول الموجي الأقصر في متسلسلة بالمر هو:

- أ) ١
ب) ٣
ج) ٤
د) ٦

الشكل (٧-٢٨): سؤال (١)، الفقرات (٤، ٥، ٦).

٦ رقم الخط الطيفي ذي التردد الأكبر في الخطوط جميعها هو:

- أ) ١
ب) ٣
ج) ٧
د) ٨