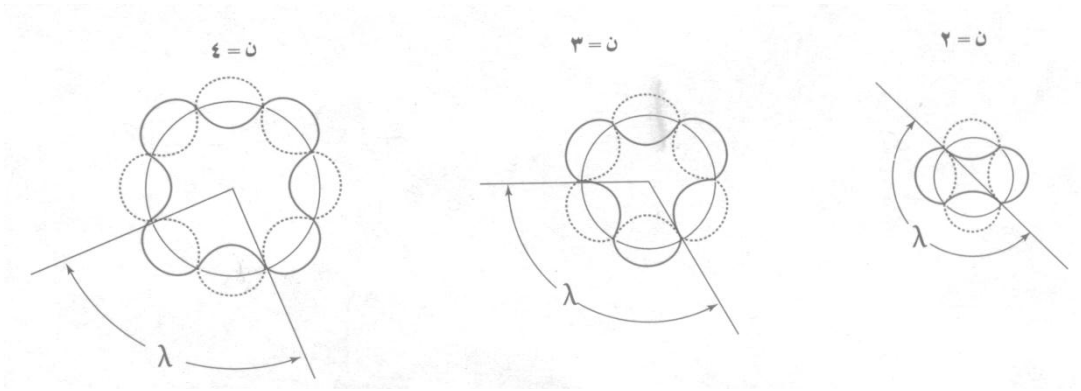
بسم الله الرحمن الرحيم

مادة الفيزياء للصف الثاني ثانوي

علمي

الفصل السابع : فيزياء الكم



اعداد الاستاذ : جمعة عليان

ت / 0788243842-0775152141

المفاتيح العشرة للنجاح

*عزيزي الطالب تأمل النقاط التالية قبل دراسة المادة فهي اختصار لكتاب " المفاتيح العشرة للنجاح "للكاتب والمحاضر العالمي د. ابراهيم الفقي ، وهو مؤسس علم قوة الطاقة البشرية :

1. الدوافع :

ان الرغبة هي اول قاعدة للنجاح ، فالرغبة هي غرس البذور في ارض النجاح ، وسر النجاح هو الرغبة المشتعلة.

2.الطاقة " وقود الحياة " :

تجنب مصاحبة الاشخاص الذين نطلق عليهم لصوص الطاقة وهم دائمي الشكوى لانهم سيهبطون من عزيمتك ويسرقون طاقتك ويشعرونك بالاحباط ، وبالتالي ستجد ان مستواك في هبوط مستمر.

3.المهارة (المعرفة) :

المعرفة هي قوة ، وبمقدار المعرفة التي لديك ستكون مبدعا وستكون لديك فرصا اكبر لتصبح سعيدا وناجحا ..فبالمعرفة ترتفع درجة ذكائك ويتفتح ذهنك لآفاق ومجالات جديدة.

4-التصور:

دع خيالك يبسح ،ان خيالك له القوة التي يمكن ان تساعدك على تغيير حياتك ، ثق بنفسك وكرر كثيرا " باستطاعتي ان انجح..انا واثق من قدرتي على النجاح ، وستصل باذن الله لأعلى الدرجات ".

5-الفعل :

المعرفه وحدها لا تكفي ، لابد أن يصحبه التطبيق ..والاستعداد وحده لايكفي فلا بد من العمل .

6-التوقع :

ابتداء من اليوم ارتفع بتوقاتك وكن دائما متفائلا ..كيف تنسى الحديث الشريف الذي يقول " تفاءلو بالخير تجدوه " ،ونحن الآن حيث احضرتنا افكارنا .... وسنكون غدا حيث تاخذنا افكارنا .

7- الالتزام :

ألزم نفسك ان تكون الافضل في كل شئ ، وان تكون وسط الأشخاص الايجابيين والناجحين ، وان تقوم بعبادة الله ، وبتأدية صلواتك واطلب من الله المساعدة وستكون اسعد الناس .

8-المرونة:

المرونة والتاقلم يقربانك اكثر من تحقيق اهدافك ، فقائد الطائرة يكون دائما مستعدا لتعديل مساره طوال الرحلة الى ان يصل الى غايته في النهاية .

9-الصبر

يقول توماس أديسون (مخترع المصباح) :كثير من حالات الفشل في الحياة كانت لاشخاص لم يدركو كم كانوا قريبين من النجاح عندما اقدموا على الاستسلام .

10- الانضباط

قم بعمل الواجبات المفروضة عليك الان ولا تقم بعمل أي شئ آخر حتى تؤدي هذه الواجبات ، ابدأ بالتدريج بناء عضلة الانضباط الذاتي ، وستجد نفسك متجها لحياة مليئة بالسعادة والصحة والنجاح .

والله ولي التوفيق

الفصل السابع : فيزياء الكم

فرضية التكميم لبلانك

الاجسام فوق درجة الصفر المطلق تشع طاقة ، حيث يتألف من موجات كهرومغناطيسية ولكن واجهت الفيزياء الكلاسيكية صعوبات في تفسير الظواهر المتعلقة بامتصاص المادة او بعثها للاشعاع ، ومن هذه المشاكل:

(اشعاع الجسم الاسود ، الظاهرة الكهرضوئية ، ظاهرة الاطياف الذرية).

وفقا للنظرية الكلاسكية فان انبعاث الطاقة يكون متصلا ولكن مع بداية القرن العشرين طرح بلانك مفهوما جديدا للاشعاع فرضية بلانك: (اذ افترض ان الطاقة الكهرومغناطيسية تشع او تمتص على شكل مضاعفات لكمية اساسية غير قابلة للتجزئة) وتحسب الوحدة الاساسية للطاقة من العلاقة :

$$ط = هـ ت_د$$

حيث : $ت_د$ (تردد الجسيم) .

وحيث : هـ (ثابت بلانك = 6.6×10^{-34} جول . ث)

القانون السابق يعطي الطاقة بوحدة الجول وهي كمية كبيرة وللتحويل الى (الالكترون فولتُ ev) نقسم على شحنة الالكترون .

ويعرف الاكترون فولت :

وهي الطاقة الحركية التي يكتسبها الكترون عندما يتسارع عبر فرق جهد كهربائي مقداره (1) فولت .

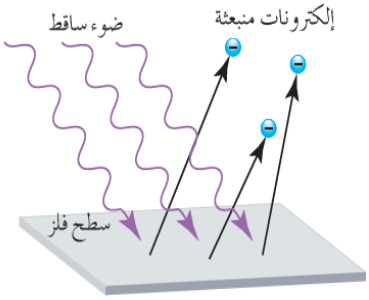
وهذا يعني ان الطاقة المنبعثة تكون مكممة مثل الشحنة ومن مضاعفات ($هـ ت_د$) ، حيث لم تكن هذه الفرضية مقبولة في البداية ، لأنها لم تكن منسجمة مع ما كان سائدا آنذاك من قوانين ، الا ان هذه النظرية شكلت فيما بعد الأساس لتفسير الظاهرة الكهروضوئية و الاطياف الذرية .

مبدأ تكمية الطاقة :

الطاقة الاشعاعية المنبعثة او الممتصة تساوي عددا صحيحا من مضاعفات الكمية ($هـ ت_د$) .

الفصل السابع : فيزياء الكم

الظاهرة الكهروضوئية



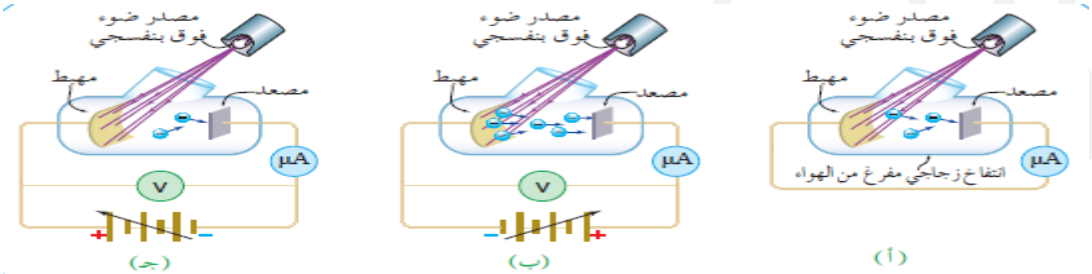
سؤال : ماهي الظاهرة الكهروضوئية ؟

وجد تجريبيا على ان سقوط ضوء على اسطح فلزات معينة تنبعث الكترونات من اسطح تلك الفلزات وقد سميت هذه الظاهرة الكهروضوئية .

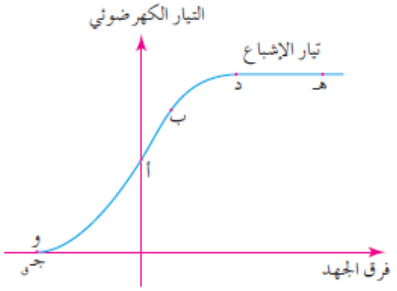
تجربة لينارد :

اول من درس الظاهرة الكهروضوئية العالم لينارد ، حيث :

1- ركب دارة كما في الشكل المقابل .



2- لاحظ ان سقوط ضوء فوق بنفسجي على الباعث ينحرف مؤشر الميكروأميتر مما يدل على سريان تيار كهربائي بين اللوحين منشؤه الالكترونات المنبعثة من الباعث والمتجه نحو الجامعويسمى تيارا كهروضوئيا .



3- مع زيادة فرق الجهد الموجب يزداد التيار الكهروضوئي الى ان يصل الى قيمة معينة يثبت عندها انظر النقطة د في الشكل ويسمى تيار الاشباع.

ويعرف تيار الاشباع :

هو التيار الكهروضوئي الناتج من حركة الالكترونات الضوئية جميعها المتحررة من المهبط والواصلة الى المصعد .

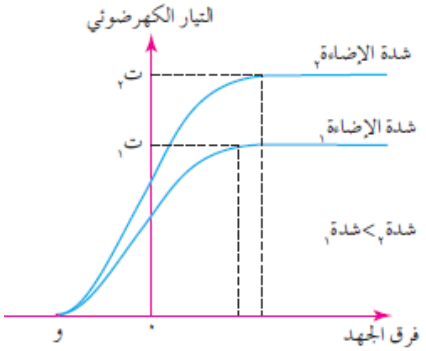
4- بعد ذلك قام لينارد بعكس اقطاب البطارية كي ينشأ مجال كهربائي يعاكس حركة الالكترونات وبدأ بمقدار صغير لفرق الجهد .

5- بدأ بزيادة فرق الجهد تدريجيا فلاحظ ان قرأءة الميكروميتر تتناقص تدريجيا الى ان تصبح صفر .

6- عندما يصبح فرق الجهد بين اللوحين كافيا لايقاف الالكترونات وتصبح قراءة الميكروأميتر صفرا يسمى هذا المقدار جهد الايقاق او جهد القطع : (وهو اقل فرق جهد عكسي يلزم لجعل التيار الكهروضوئي صفرا).

وبما أن ط = ش جـ ⟸ ط ح عظمى = ش Δ_e جـ ق

الفصل السابع : فيزياء الكم

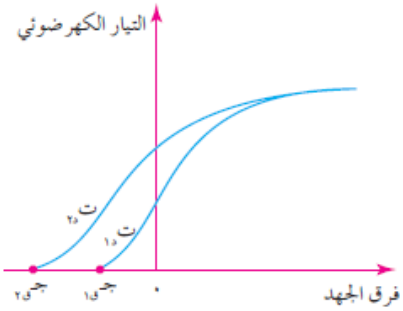


سؤال : ما أثر كل من شدة الضوء وتردد الضوء على :
الطاقة الحركية العظمى (ط ح عظمى) وجهد القطع (جـ ق) ؟

الشكل المقابل يمثل العلاقة بين فرق الجهد والتيار بيانا المنحنى (1) والمنحنى (2) عند زيادة شدة الضوء .

شدة الضوء :

من الشكل المقابل نلاحظ ان فرق جهد القطع بقي ثابتا ، مما يعني ان الطاقة الحركية العظمى للالكترونات بقيت ثابتة، اي ان (ط ح عظمى) لا تعتمد على شدة الضوء .



تردد الضوء :

لوحظ ان فرق الجهد يزداد عند استخدام ضوء ذي تردد اكبر ، مما يعني ان فرق الجهد يؤدي الى زيادة الطاقة الحركية العظمى للالكترونات المبعثة ، اي ان ط ح عظمى تزداد بزيادة تردد الضوء .

سؤال : ماذا نعني بتردد العتبة ؟

بما ان انبعاث الالكترونات يعتمد على تردد الضوء ، فاذا كان تردد الضوء اقل من قيمة معينة ، فلن تنبعث الالكترونات من الفلز مهما كانت شدة الضوء الساقط ، وتعد قيمة التردد هذه خاصية مميزة للفلز ، وتسمى تردد العتبة (ت د) .

ويعرف تردد العتبة : اقل تردد للضوء يلزم لتحرير الكترونات من سطح فلز .

سؤال : ماذا يعني ان تردد العتبة للصوديوم = 5.2×10^{14} هيرتز ؟

هذا يعني انه اذا سقط على سطح الصوديوم ضوء تردده اقل من المقدار (5.2×10^{14}) فلن تنبعث الالكترونات .

الفصل السابع : فيزياء الكم

سؤال : كيف فشلت الفيزياء الكلاسيكية في تفسير الظاهرة الكهروضوئية ؟

1. **لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية تفسير ان الطاقة الحركية للالكترونات المنبعثة تعتمد فقط على تردد الضوء ، اذ ووفقا للفيزياء الكلاسيكية فالضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تسقط على سطح الفلز على نحو مستمر ، لذلك فمن المتوقع انه عند زيادة شدة الضوء الساقط يزداد معدل امتصاص الالكترونات للطاقة ، وبالتالي تزداد الطاقة الحركية للالكترونات وهذا ما نقضته نتائج التجربة ، اذ تبين ان الطاقة الحركية العظمى تعتمد على تردد الضوء الساقط ولا تعتمد على شدته.**

2. **وفقا للفيزياء الكلاسكية من المتوقع ان يحتاج الالكترون الى بعض الوقت لامتصاص الطاقة الكافية وتجميعها ليتحرر من الفلز ، الا ان التجربة اثبتت ان الالكترونات تنبعث فور سقوط الضوء على الفلز .**

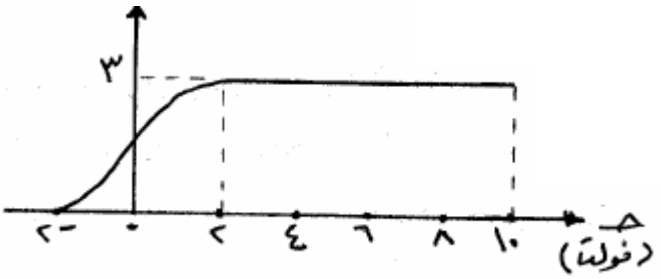
3. **وفقا للفيزياء الكلاسكية ، فمن المتوقع عند سقوط ضوء ذي شدة عالية على فلز ان تحرر من الكترونات ، بغض النظر عن تردد الضوء الساقط عليه وهذا لا يتفق مع التجربة ، اذ تبين انه لا تتحرر الكترونات من الفلز اذا كان تردد الضوء الساقط اقل من تردد العتبة لهذا الفلز.**

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال 1 : وزارة **2009** الدورة الصيفية : يمثل الرسم البياني العلاقة بين الجهد الكهربائي والتيار المار في الخلية الكهروضوئية ، مستعينا بالقيم المثبتة على الرسم أوجد :

1- مقدار فرق جهد القطع للفلز .

2- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات المنبعثة من سطح الفلز بالجول .

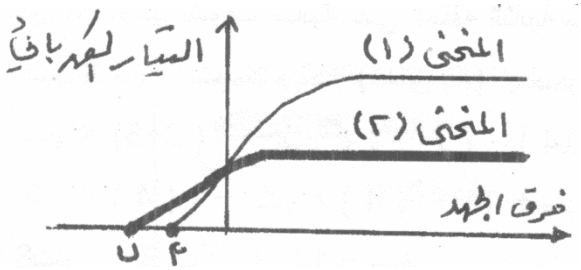


مثال 2 : وزارة 2008 الدورة الصيفية : الرسم البياني المجاور يمثل نتائج تجربة أجريت باستخدام خلية كهروضوئية وذلك لدراسة العلاقة بين فرق الجهد والتيار الكهربائي المار فيها . معتمدا على الرسم ، أجب عما يأتي :

1- أي المنحنيين مثل شدة الضوء الساقط الأكبر على باعث الخلية ولماذا ؟

2- ماذا تمثل كل من النقطتين (أ ، ب) ؟

3- أي المنحنيين يمثل تردد الضوء الساقط الأكبر ؟



مثال (3) ص102 : يبين الشكل تمثيلا بيانيا للعلاقة بين فرق الجهد (جـ) في خليه كهروضوئية والتيار الكهروضوئي (ت) ، مستعينا بالبيانات المثبتة في الشكل ، اجب عما ياتي :

1.ما قيمة تيار الاشباع.

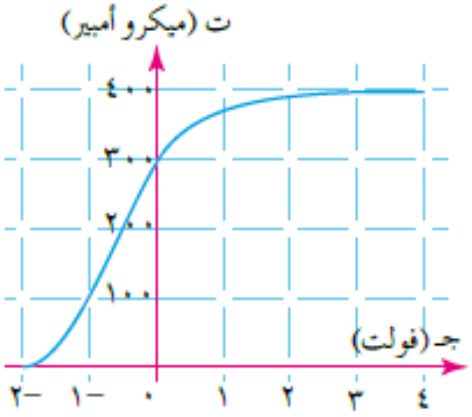
2.ما قيمة اقل فرق جهد بين طرفي الخلية الكهرضوئية عندا يصل التيار الى قيمته العظمى؟

3.ما قيمة جهد القطع؟

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

5.احسب الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية بوحدة الكترون فولت .

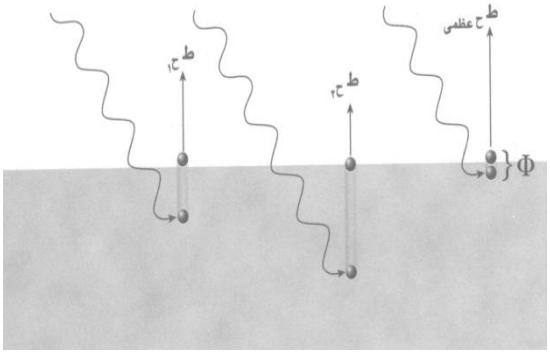
6.احسب السرعة العظمى للالكترونات الضوئية .



الفصل السابع : فيزياء الكم

تفسير آينشتين للظاهرة الكهروضوئية

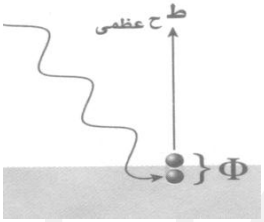
عمل آينشتين على الربط بين فرضية بلانك والظاهرة الكهروضوئية ، اذ عمم مبدأ تكميم الطاقة لبلانك ، وافترض ان الضوء ينبعث على شكل كمات من الطاقة اسماها الفوتونات .



وكما تلاحظ من الشكل فانه كي يتحرر الالكترون من سطح الفلز يجب تزويده بطاقة ، وتتفاوت الالكترونات المتحررة في طاقتها الحركية تبعا لموقعها ، فالالكترونات القريبة من السطح لا تصطدم بذرات الفلز فتمتلك اكبر قدر من الطاقة الحركية تسمى (ط ح عظمى) وتسمى اقل طاقة لازمة لتحرير الالكترونات من سطح الفلزمن غير اكسابه طاقة حركية بـ اقتران الشغل ويرمز له بالرمز (Φ) و يعطى بالعلاقة :

$$\Phi = هـ \, ت_د$$

طاقة الفوتون (ط)



ومن الشكل المقابل نلاحظ أن طاقة الفوتون المتبقية بعد تحرير الالكترون من المادة يتحول الى طاقة حركية ، حيث :

طاقة الفوتون (ط) = اقتران الشغل (Φ) + الطاقة الحركية العظمى (ط ح عظمى)

وبالرموز :

$$هـ \, ت_د = هـ \, ت_د + ط_{\text{ح عظمى}}$$

تسمى المعادلة السابقة معادلة أينشتين الكهروضوئية .

$$س = \lambda \, ت_د$$

وكما مر بك سابقا فأن :

حيث س : ثابت سرعة الضوء = 3×10^8 م/ث ، λ : الطول الموجي للضوء ، ت د : تردد الضوء الساقط .

الفصل السابع : فيزياء الكم

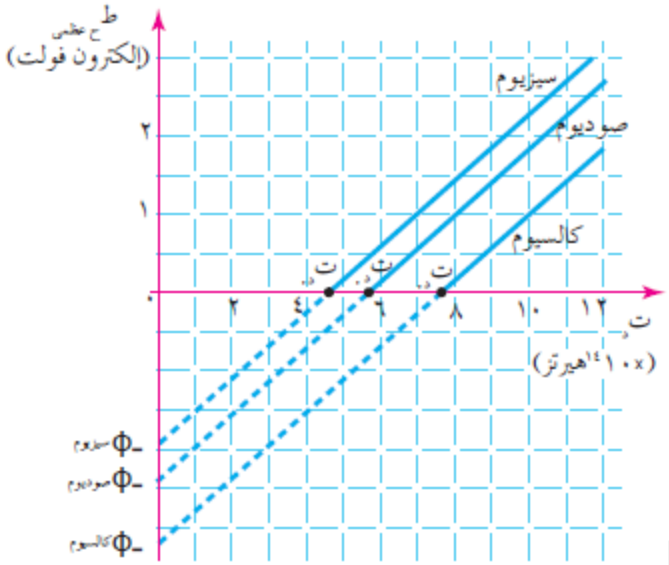
مقارنة بين الفيزياء الكلاسكية وتفسير أينشتين للظاهرة الكهروضوئية :

الفيزياء الكلاسكية	تفسير أينشتين
عند زيادة شدة الضوء الساقط يزداد معدل امتصاص الالكترونات للطاقة ، وبالتالي تزداد الطاقة الحركية للالكترونات وهذا ما نقضته نتائج التجربة ، اذ تبين ان الطاقة الحركية العظمى تعتمد على تردد الضوء الساقط ولا تعتمد على شدته. زيادة شدة الضوء ينتج زيادة الطاقة الحركية العظمى	زيادة شدة الضوء تعني زيادة عدد الفوتونات وعدد الالترونات المتحررة يزداد فيزداد التيار الكهربائي ويزداد تيار الاشباع ، الا ان الطاقة الحركية العظمى لا تتغير ، بسبب عدم تغير جهد القطع عند ثبات تردد الضوء الساقط. زيادة شدة الضوء ينتج زيادة تيار الاشباع
وفقا للفيزياء الكلاسكية من المتوقع ان يحتاج الالكترون الى بعض الوقت لامتصاص الطاقة الكافية وتجميعها ليتحرر من الفلز ، الا ان التجربة اثبتت ان الالكترونات تنبعث فور سقوط الضوء على الفلز . الالكترون يحتاج الى وقت لتجميع الطاقة ليتحرر من سطح الفلز .	فسر أينشتين الانبعاث الفوري للالكترونات الضوئية بانه اذا كانت طاقة اكبر من اقتران الشغل للفلز ، فان الالكترون يتحرر وينبعث ممتلكا طاقة حركية فور سقوط الفوتون. الالكترون يتحرر فورا من سطح الفلز اذا امتلك الطاقة الحركية.
وفقا للفيزياء الكلاسكية ، فمن المتوقع عند سقوط ضوء ذي شدة عالية على فلز ان تحرر من الكترونات ، بغض النظر عن تردد الضوء الساقط عليه وهذا لا يتفق مع التجربة ، اذ تبين انه لا تتحرر الكترونات من الفلز اذا كان تردد الضوء الساقط اقل من تردد العتبة لهذا الفلز. تحرر الالكترون من سطح الفلز يعتمد على شدة الضوء.	وفق معادلة أينشتين فان اقل طاقة يمتلكها فوتون تلزم لتحرير الكترون من سطح فلز يجب ان تساوي اقتران الشغل للفلز ، لذا فلن تحرر الالكترونات من سطح الفلز اذا كان تردد الضوء الساقط اقل من تردد العتبة للفلز . تحرر الالكترون من سطح الفلز يعتمد على تردد الضوء الساقط.

الفصل السابع : فيزياء الكم

تجربة مليكان :

كان العالم مليكان أول من اجري تجربة للتحقق من صحة ما تنبأ به آينشتين ، حيث درس العلاقة بين تردد الضوء والطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية ، ويبين الشكل المقابل النتائج التي حصل عليها مليكان :



1- الخطوط الناتجة في الرسمة متوازية وثابتة الميل

2- القيمة الثابتة لهذه الخطوط تمثل ثابت بلانك .

3- تمثل نقطة تقاطع امتداد المنحنى مع محور الصادات اقتران الشغل للفلز .

4- تمثل نقطة تقاطع المحنى مع محور السينات تردد العتبة.

بعد ان اثبت مليكان صحة ما تنبأ به آينشتين زادت ثقة المجتمع العلمي بنظرية الفوتون ، وأن الضوء يتكون من وحدات منفصلة من الطاقة ، وهذا يعني ان للضوء طبيعة جسيمية اضافة الى طبيعتها الموجية .

مثال 1 : سقط ضوء طوله 300 نم على سطح فلز اقتران الشغل له 2.46 الكترون فولت . اذا كانت سرعة الضوء 3 × 10^8 م/ ث ، احسب :

1- الطاقة الحركية العظمى للالكترون المنبعث من سطح الفلز .

2- تردد العتبة لفلز الصوديوم .

3- فرق جهد القطع .

4- اكبر طول موجي يستطيع تحرير الكترونات من هذا السطح .

مثال 2 : وزارة **2003** : سقط ضوء تردده **0.8** × 10^{15} هيرتز على سطح فلز الصوديوم اذا كان اقتران الشغل للصوديوم يساوي **2.5** الكترون فولت ، فاحسب ما يلي :

1- تردد العتبة للصوديوم .

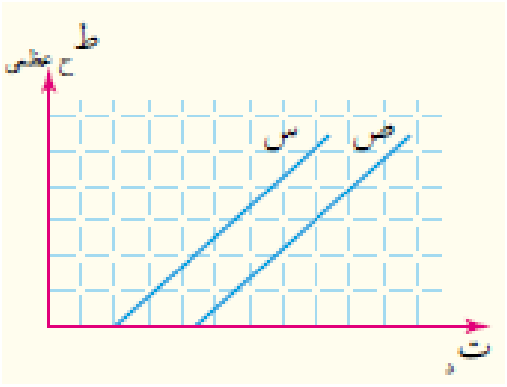
2- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات المنبعثة من سطح الفلز .

مثال 3 ص 210 يوضح الشكل العلاقة البيانية بين تردد الضوء الساقط على فلزين مختلفين (س، ص) والطاقة الحركية العظمى للالكترونات المنبعثة . أجب عما ياتي :

أ.اي الفلزين (س، ص) طول موجة العتبه له اكبر.

ب.اذا سقط ضوء له تردد نفسه على الفلزين ، وانبعثت الكترونات من كل منهما ، فاي الفلزين تبعث منه الكترونات ممتلكة طاقة حركية اكبر ؟ فسر اجابتك.

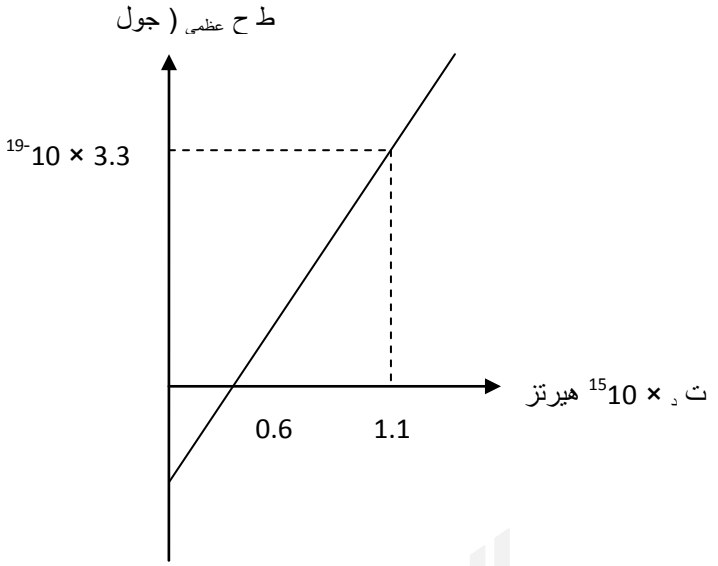
جـ.فسر : يتساوى ميل المنحيين الممثلين للفلزين .



مثال 4 : وزارة **2003** : **يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين تردد الضوء الساقط والطاقة الحركية العظمى للالكترونات المنبعثة في الخلية الكهروضوئية بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الرسم ، احسب ما يأتي :**

1- اكبر طول موجي يستطيع تحرير الالكترونات من مهبط الخلية .

2- ثابت بلانك .



الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال 5 : وزارة **2002** : **في الخلية الكهروضوئية اذا كانت الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنطلقة من الباعث (3.4×10^{-19}) جول والطول الموجي اللازم لبدء مرور التيار في الخلية (6000) انغستروم ، احسب :**

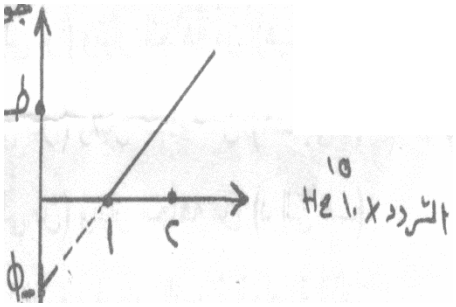
1- اقتران الشغل لمادة الباعث .

2- جهد القطع (الايقاف) .

<u>مثال 6:</u> وزارة 2008 الدورة الشتوية : يمثل الشكل العلاقة بين تردد الضوء الساقط على سطح فلز والطاقة الحركية العظمى للالكترونات المنطلقة من سطح الفلز . اعتمادا عليه احسب قيمة كل مما يأتي :

1-اقتران الشغل (Φ) .

2-فرق جهد القطع .



الفصل السابع : فيزياء الكم

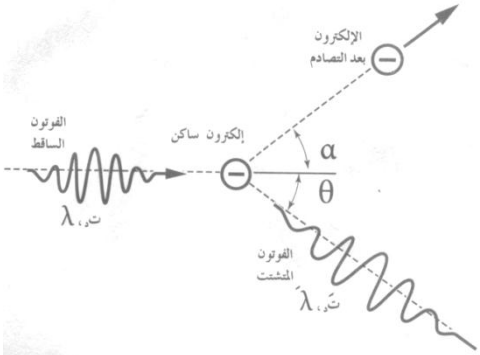
مثال 7 : وزارة 2007 الدورة الصيفية : سقط ضوء طول موجته (250×10^{-9}) م على سطح فلز ، فأذا وجد ان فرق جهد القطع للفلز حينئذ يساوي 2 فولت . فاحسب ما يأتي :

1- الطاقة الحركية العظمى للالكترون المنبعث من سطح الفلز بوحدة (الجول) .

2- اقتران الشغل لهذا الفلز .

الفصل السابع : فيزياء الكم

ظاهرة كومتون



تمكن كومتون من اثبات ان التصادم بين الفوتون الالكترون يخضع للقوانين ذاتها التي تنطبق على التصادم التام المرونة بين الاجسام المادية ، فقام بتجربته على الاشعة السينية عند سقوطها على هدف من الغرافيت فكما تلاحظ من الشكل فأن:

طاقة الفوتون الساقط = طاقة الفوتون المتشتت + طاقة الحركة للالكترون

$$هـ ت_{د} = هـ ت'_{د} + ط_{ح}$$

ولكن كومتون واجه مشكلة في التحقق من قانون حفظ الزخم في هذا التصادم ، فالزخم صفة للجسيمات ، والعلاقة الكلاسيكية (خ = ك ع) تتضمن كتلة الجسيم والفوتون ليس له كتلة ، وللاجابة على ذلك استعان كومتون بمعادلات آينشتين في النسبية ، حيث حسب الزخم للفوتون من خلال العلاقة :

$$خ = \frac{هـ}{\lambda}$$

وباستخدام هذه العلاقة تمكن كومتون من اثبات ان الزخم محفوظ ، وقد جاءت هذه الظاهرة لتؤكد مرة اخرى ان للضوء طبيعة جسيمية .

ومما سبق نلاحظ ان الفوتونات تتفاعل مع المادة (الالكترونات) بطرق مختلفة ، هي :

1- يصطدم الفوتون بالالكترون ويتشتت ، وفي هذه الحالة يفقد الفوتون جزء من طاقته (ظاهرة كومتون) .

2- يصطدم الفوتون بالالكترون ، ويتمكن الفوتون من تحرير الالكترون من سطح المادة ، ويختفي الفوتون تماما ويعطي طاقته كاملة للالكترون (الظاهرة الكهروضوئية) .

3- يعطي الفوتون طاقته كاملة للالكترون وينتقل الالكترون من مستوى طاقة معين في الذرة الى مستوى طاقة اعلى (ظاهرة سوف ندرسها لاحقا) .

اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0788243842-0775152141

الفصل السابع : فيزياء الكم

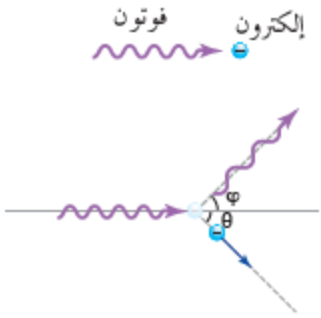
مثال 1 : قارن بين الفوتون الساقط والفوتون المتشتت في ظاهرة كمتون من حيث الطاقة ، الزخم الخطي ، التردد ، الطول الموجي ، السرعة .

اعداد الاستاذ جمعة عليان

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال 2 : في الشكل المقابل وعلى فرض ان الالكترون ساكن قبل التصادم ،اذا كان طول موجة الفوتون الساقط (0,24) نم والطاقة الحركية للالكترون بعد التصادم (26) الالكترون فولت ، فاحسب ما يلي :

1. **الزخم الخطي للفوتون الساقط.**
2. **طاقة الفوتون الساقط بوحدة الكترون فولت .**
3. **طول موجة الفوتون المتشتت .**



اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0775152141-0788243842

الفصل السابع : فيزياء الكم

الطبيعة المزدوجة للضوء

سؤال : هل الضوء جسيمات أم موجات ؟

اقترح العلماء نموذجا للضوء له طبيعة مزدوجة ، فقد يسلك الضوء سلوك الموجات في تجربة ما ، بينما يسلك سلوك الجسيمات في تجربة أخرى ، فيمكن القول ان النموذج الجسيمي والنموذج الموجي يكمل منهما الاخر .

ولكن هل يمكن ان نتسأل ، اذا كان لموجات الضوء او الاشعاع عموما طبيعة جسيمية ، فهل للجسيمات المادية طبيعة موجية ؟

اول من اجاب عن هذا التساؤل العالم (دي بروي) ، اذ اقترح ان للجسيمات المادية خصائص موجية تماما كما للموجات خصائص جسيمية ، حيث يمكن القول ان طول هذه الموجة المصاحبة للجسيم المادي :

$$\lambda = \frac{\text{هـ}}{\text{خ}}$$

وبما أن للجسيم المادي كتلته ، فأن زخمه يعطى بالعلاقة (خ = ك ع) ، فتصبح المعادلة السابقة :

$$\lambda = \frac{\text{هـ}}{\text{ك ع}}$$

حيث (λ) : طول الموجة المصاحبة للجسيم المادي ، وتعرف بموجة دي بروي .

بقي ما طرحه دي بروي دراسة نظرية بحتة لمدة ثلاث سنوات حينما لاحظ العالمان دافيسون وجيرمر نمطا من حيود الالكترونات عند سقوط حزمة منها على بلورة من مادة صلبة ، وتمكنا من حساب طول موجة الالكترون ، وقد جاءت النتائج التجريبية متفقة مع معادلة دي بروي .

<u>المجهر الالكتروني :</u> تم الاستفادة من الخصائص الموجية للالكترونات عمليا في تصميم المجهر الالكتروني ، حيث له قوة تمييز عالية تفوق قوة تمييز المجهر الضوئي ، فعندما تسرع الالكترونات يزداد زخمها ويقل طولها الموجي ، وبالتالي نحصل على موجات قصيرة تزيد من قوة التمييز للمجهر .

اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0775152141-0788243842

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال(1) : اذا علمت ان حجرا كتلته 50 غ قذف بسرعة ابتدائية 40 م / ث ، فاحسب طول موجة دي بروي المصاحبة لهذا الحجر .

مثال(2) 2010 الدورة الصيفية : جسم كتلته 6.6×10^{-6} ، يتحرك بسرعة ($1 \times 10^{+4}$) م/ث ،احسب طول الموجة المصاحبة للالكترون .

اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0788243842-0775152141

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال 3 : ص 234 اجب عما ياتي :

أ.بين لماذا نجحت النظرية الجسيمية في تفسير وجود تردد عتبة للفلزات في الظاهرة الكهروضوئية في حين لم تنجح النظرية الموجية .

ب.اعط مثالا على السلوك الموجي للمادة ، واخر على السلوك الجسيمي لها.

اعداد الاستاذ جمعة عليان

اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0788243842-0775152141

الفصل السابع : فيزياء الكم

الاطياف الذرية

عند دراسة الغازات ذات الضغط المنخفض في انابيب التفريغ الكهربائي لوحظ ما يلي :

1- طيف الانبعاث الخطي : لوحظ انبعاث اشعاع من الغازات ذات الضغط المنخفض في انابيب التفريغ الكهربائي حيث يظهر خطوط ملونة على خلفية سوداء ، ويكون لهذا الخطوط اطوال موجية محددة (حيث تبين ان لكل عنصر طيف انبعاث خاص فيه) .

2- طيف الامتصاص الخطي : عند تحليل الضوء الأبيض بعد مروره عبر غاز العنصر نحصل على ما يسمى بطيف الامتصاص الخطي (حيث تبين ايضا ان لكل عنصر طيف امتصاص خاص فيه).

وعند دراسة طيف ذرة الهيدروجين ظهر اربعة خطوط ملونة في منطقة الضوء المرئي فكانت (656.3 ، 486.1 ، 434.1 ، 410.2) نم، حيث تأمل العالم (بالمر) هذه الارقام ولاحظ انها تتغير وفق نمط معين ، وتوصل الى معادلة تعطي هذه الارقام الموجية ، سميت بمتسلسلة بالمر ، وهي :

$$\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) R = \frac{1}{\lambda}$$

حيث ن = 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، .....

R: ثابت ريدبيرغ ($R = 1.097 \times 10^7$ م $^{-1}$) .

وقد دلت التجارب بعد ذلك على وجود متسلسلات أخرى لطيف ذرة الهيدروجين في منطقة الطيف غير المرئي ، وكل متسلسلة يمكن التعبير عنها بعلاقة رياضية تشبه معادلة بالمر .

متسلسلة ليمان : $\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right) R = \frac{1}{\lambda}$ ، ن = 2 ، 3 ، 4 ، .....

متسلسلة باشن : $\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right) R = \frac{1}{\lambda}$ ، ن = 4 ، 5 ، 6 ، .....

متسلسلة براكيت : $\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right) R = \frac{1}{\lambda}$ ، ن = 5 ، 6 ، 7 ، .....

متسلسلة فوند : $\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right) R = \frac{1}{\lambda}$ ، ن = 6 ، 7 ، 8 ، .....

اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0788243842-0775152141

الفصل السابع : فيزياء الكم

نموذج بور لذرة الهيدروجين

تصورا ت العلماء عن تركيب الذرة :

1- نموذج رذرفورد (1911 م) ، اذ افترض ان الذرة تتركب من :

أ – نواة موجبة تتركز فيها كتلة الذرة .

ب- الكترونات سالبة تدور حول النواة في مدارات تشبه مدارات الكواكب حول الشمس.

*** وقد واجه هذا النموذج مشكلتين رئيسيتين :**

أ- الالكترون الذي يدور حول النواة يمتلك تسارعا مركزيا ، ووفقا للنظرية الكهرومغناطيسية فأن الشحنات المتسارعة تشع موجات كهرومغناطيسية على نحو مستمر ، لذلك فمن المتوقع وفقا لهذا النموذج ان يكون الطيف متصلا وليس خطيا .

ب-اشعاع الالكترون للموجات الكهرومغناطيسية يعني انه يفقد طاقة على نحو مستمر ، لذلك فأن نصف مدار الالكترون سوف يتناقص تدريجيا الى ان يصطدم بالنواة .

2- نموذج بور (1913 م) ، اذ افترض ما يلي :

أ- بتحرك الالكترون في مدارات دائرية بتأثير قوة الجذب الكهربائية بين الالكترون السالب والنواة الموجبة.

ب-يمتلك الالكترون طاقة محددة في المدار الموجود فيه (مستوى طاقة) ولا تتغير هذه الطاقة الى اذا انتقل الى مدار آخر (مستوى طاقة آخر) .

جـ- يمكن ان ينتقل الالكترون من مستوى طاقة الى مستوى طاقة آخر ، حيث :

1- يشع طاقة على شكل فوتون (اذا انتقل من مستوى طاقة عال الى مستوى طاقة منخفض) .

2- يمتص طاقة (اذا انتقل من مستوى طاقة منخفض الى مستوى طاقة عال او امتص فوتونا طاقته تساوي فرق الطاقة بين المستويين) .

ويمكن حساب طاقة الفوتون المنبعث او الممتص من خلال العلاقة الآتية :

$$| ط - ط_{0} | = هـ ت_{د}$$

حيث :

(ط) : طاقة المستوى الابتدائي . (ط $_{0}$) : طاقة المستوى النهائي . (هـ ت $_{د}$) : طاقة الفوتون.

اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0788243842-0775152141

الفصل السابع : فيزياء الكم

د- يمتلك الالكترون الذي يدور حول النواة زخما زاويا (الزخم الزاوي = ك ع نق) ، ويكون لهذا الزخم كم محدد ، فالمدارات المسموح للالكترون أن يتواجد فيها هي التي يكون فيها الزخم الزاوي للالكترون من مضاعفات ($\frac{هـ}{\Pi 2}$) ، اي أن :

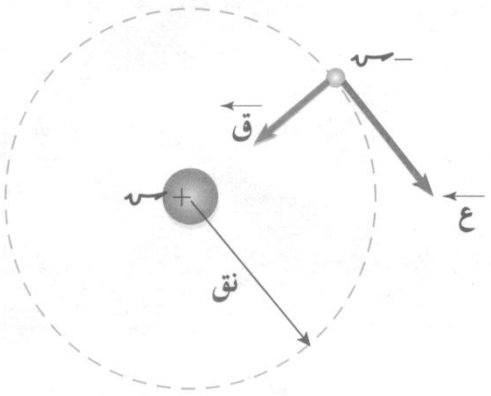
$$\text{الزخم الزاوي} = \text{ك ع نق} = \text{ن} \frac{هـ}{\Pi 2}$$

حيث ن = 1 ، 2 ، 3 ، .....

وبالاعتماد على الفرضيات السابقة (أ ، ب ، ج ، د) ، أمكن حساب انصاف اقطار المدارات المسموح للالكترون ان يتواجد فيها ، وفقا للخطوات التالية التي توصلنا الى المعادلة :

يدور الكترون حول النواة بتأثير قوة تجاذب كهربائية (لاحظ الشكل المقابل) ، وبتطبيق قانون كولوم نجد أن :

$$\text{ق} = \text{أ} \frac{\text{ش}^2}{\text{ف}^2}$$



لاحظ ان نواة الهيدروجين تحتوي على بروتون واحد ، وان شحنة البرتون تساوي شحنة الالكترون ، وبما أن الالكترون يتحرك في مسار دائري فان القوة الكهربائية هي قوة مركزية ، اذا :

$$\text{أ} \frac{\text{ش}^2}{\text{نق}^2} = \text{ك} \frac{\text{ع}^2}{\text{نق}}$$

وباعادة ترتيب الحدود نجد أن : نق ع^2 = أ $\frac{\text{ش}^2}{\text{ك}}$

ومن الفرض الرابع لنظرية بور ، نجد أن ع = ن $\frac{هـ}{2 \Pi \text{ك نق}}$

وبتعويض (ع) في المعادلة السابقة نتوصل الى أن : نق ($\frac{هـ^2 \ \text{ن}^2}{4 \Pi^2 \ \text{ك}^2 \ \text{نق}^2}$) = أ $\frac{\text{ش}^2}{\text{ك}}$

وباعادة ترتيب الحدود ، نتوصل الى أن : نق = ن2 ($\frac{هـ^2}{4 \Pi^2 \ \text{ك أ ش}^2}$)

اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0775152141-0788243842

الفصل السابع : فيزياء الكم

لاحظ انه باستثناء (ن) فان الحدود الاخرى كلها ثوابت ، فاذا عوضنا بقيمها نتوصل الى انه يمكن حساب نصف قطر المدار ذي الرقم (ن) من العلاقة الاتية :

$$\text{نق}_{ن} = 5.29 \times 10^{-11} \text{ ن}^2 = \text{نق}_{ب} \text{ ن}^2$$

ومن المعادلة السابقة يمكن حساب نصف قطر المد ارات الثلاث الاولى :

المدار الاول (نق $_1$ = 1 نق $_{ب}$ = 1 × 5.29 × 10^{-11}).

المدار الثاني (نق $_2$ = 4 نق $_{ب}$ = 4 × 5.29 × 10^{-11}).

المدار الثالث (نق $_3$ = 9 نق $_{ب}$ = 9 × 5.29 × 10^{-11}).

وتعرف القيمة (نق $_1$=1×5.29 × 10^{-11}) بنصف قطر بور (نق $_{ب}$) . 13.6

وبالاعتماد على الفرضيات السابقة لبور (أ ، ب ، ج ، د) ، أمكن ايضا حساب مستويات الطاقة المسموح للالكترون ان يتواجد فيها ، وفقا للخطوات التالية التي توصلك الى المعادلة :

الطاقة الكلية للالكترون في مستوى ما = طاقته الحركية + طاقة وضعه الكهربائية .

$$= \frac{1}{2} \text{ك ع}^2_{ن} - \frac{\text{أ ش}^2}{\text{نق}}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{\text{أ ش}^2}{\text{نق}} - \frac{\text{أ ش}^2}{\text{نق}} \text{ ، حيث } (\frac{\text{أ ش}^2}{\text{نق}} = \text{ك ع}^2)$$

$$= -\frac{1}{2} \frac{\text{أ ش}^2}{\text{نق}} = -\frac{1}{2} \text{أ} \frac{\text{ش}^2}{\text{نق}_{ب} \text{ ن}^2} \text{ ، حيث } (\text{نق}_{ن} = \text{نق}_{ب} \text{ ن}^2)$$

وبالتعويض عن قيمة أ ، ش ، نق $_{ب}$ ، وقسمة الناتج على 1.6 × 10^{-19} ، نحصل على الطاقة الكلية للالكترون بوحدة الكترون فولت ، اي أن :

$$\text{ط}_{ن} = -\frac{13.6}{\text{ن}^2} \text{ ، حيث ن = 1 ، 2 ، 3 ، .....}$$

$$\text{ط}_{ن} = -\frac{13.6}{\text{ن}^2}$$

اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0775152141-0788243842

الفصل السابع : فيزياء الكم

وقد تمكن بور تفسير الطيف الخطي ، اذ تشير الفرضية الثالثة الى ان الاشعاع الممتص او المنبعث يكون منفصلا وذا تردد محدد ويساوي فرق الطاقة بين المستويين اللذين ينتقل بينهما الالكترون ، ومن الفرضية الثالثة لبور :

$$ط_{فوتون} = ط - ط_0$$

$$هـ ت_د = |ط - ط_0|$$

$$هـ \frac{س}{\lambda} = |ط - ط_0| \quad ، \quad \text{حيث } (ت_د = \frac{س}{\lambda})$$

$$\Longleftarrow \boxed{هـ \frac{س}{\lambda} = |ط - ط_0|}$$

وبتعويض طاقة المستوى والتحويل الى جول:

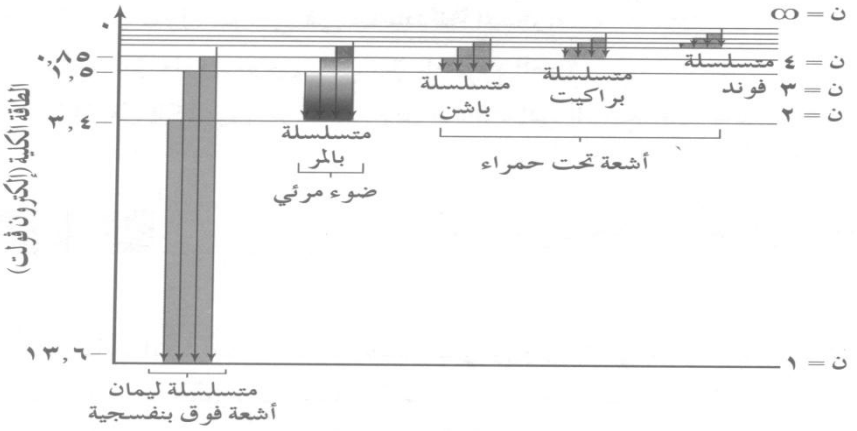
$$\Longleftarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{10 \times 1.6 \times 13.6^{-19}}{س\ هـ} \left| \frac{1}{ن_0^2} - \frac{1}{ن^2} \right|$$

وبما أن $(\frac{10 \times 1.6 \times 13.6^{-19}}{س\ هـ}) = 1.1 \times 10^7$ م$^{-1}$ وهي قيمة ثابت ريد بيرغ .

$$\Longleftarrow \frac{1}{\lambda} = 1.1 \times 10^7 \text{ م}^{-1} \left| \frac{1}{ن_0^2} - \frac{1}{ن^2} \right|$$

$$\boxed{\frac{1}{\lambda} R = \left| \frac{1}{ن.^2} - \frac{1}{ن^2} \right|}$$

والمعادلة التي توصل اليها بور تتفق مع المعادلات التجريبية (متسلسلات بالمر وليمان وباشن وبراكيت وفوند) ويمكن التعبير عن هذه المتسلسلات بمخطط كما في الشكل التالي :



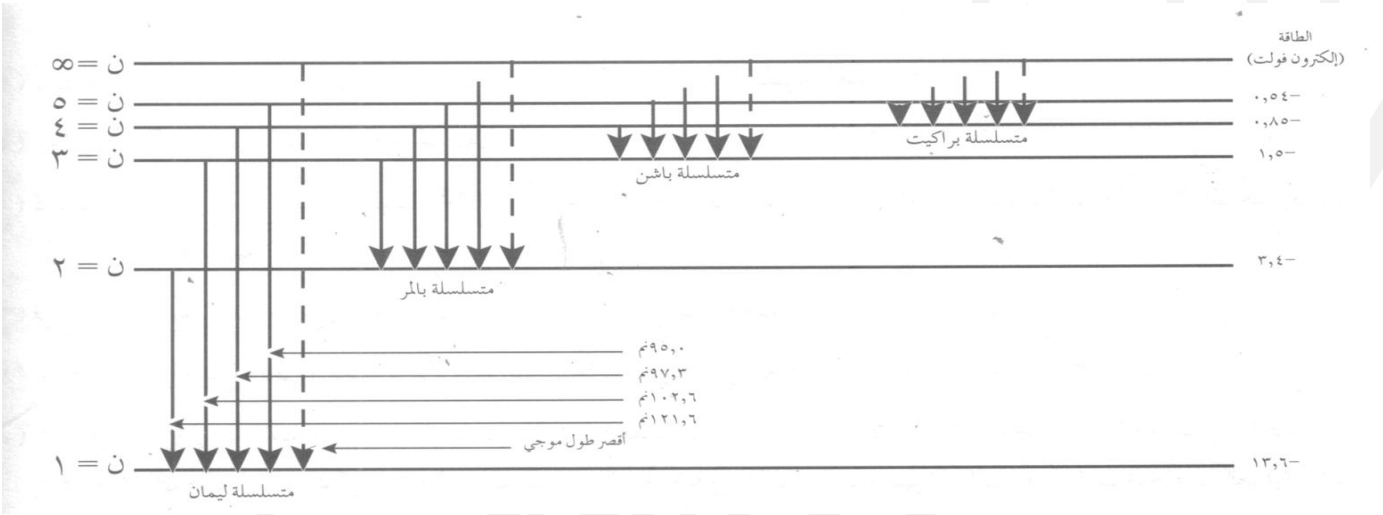
اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0775152141-0788243842

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال (1) : **يبين الشكل التالي مخططا لمستويات الطاقة لذرة الهيدروجين . في حالة الاستقرار يكون الالكترون في مستوى الطاقة (ن = 1) ويسمى مستوى الاستقرار . يمكن للالكترون ان ينتقل الى احد مستويات الطاقة العليا كما يمكن للالكترون ان يترك الذرة نهائيا ، وفي كلتا الحالتين ويعتمد ذلك على مقدار الطاقة التي يمتصها ، مستعينا بالمخطط اجب عن الاسئلة التالية :**

1- ماذا تعني الاشارة السالبة

2- اذا امتص الالكترون فوتونا فانتقل من المستوى الاول الى المستوى الثالث . ما تردد الفوتون الممتص ؟



اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0788243842-0775152141

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال (2) : **الكترون في ذرة الهيدروجين انتقل من المستوى الثالث الى المستوى الاول ، فاحسب:**

1- الطول الموجي للفوتون المنبعث .

2- التردد للفوتون المنبعث .

اعداد: جمعة عليان

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال (3): **معتمدا على الشكل السابق الذي يبين مخططا لمستويات الطاقة في ذرة الهيدروجين ومتسلسلات خطوط الطيف لذرة الهيدروجين ، أجب عما يأتي :**

1- ما اكبر طول موجي في متسلسلة ليمان ؟

2- ما أقصر طول موجي في متسلسلة بالمر ؟

اعداد الاستاذ جمعة عليان

اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0775152141-0788243842

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال (4) : وزارة 1999 : **انتقل الكترون ذرة الهيدروجين من مدار طاقته (−1.5 الكترون فولت) الى مدار طاقته (−3.4 الكترون فوات) حسب نموذج بور الذري ، احسب :**

1- تردد الإشعاع المنبعث .

2- الزخم الزاوي للالكترون في المدار الذي انتقل اليه .

3- طول الموجة المصاحبة للالكترون في المدار الذي طاقته (−1.5) الكترون فولت .

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال (5) : وزارة **2005** الدورة الشتوية : **اذا انتقل الكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة الرابع الى مستوى الطاقة الثاني ،اجب عما يأتي :**

1- احسب تردد الفوتون المنبعث ، اذا علمت بأن ($ط_ن = -\frac{13.6}{ن^2}$) الكترون فولت .

2-الى أي سلسلة ينتمي طيف ذرة الهيدروجين المنبعث .

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال (6): وزارة 2006 : عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة الخامس الى مستوى الطاقة الثاني انبعث فوتون تردده (0.693 × 10^{15} هيرتز) ، اجب عما يلي :

1- الى اي سلسلة ينتمي الطيف الكهرومغناطيسي المنبعث .

2- احسب ثابت ريدنبرغ .

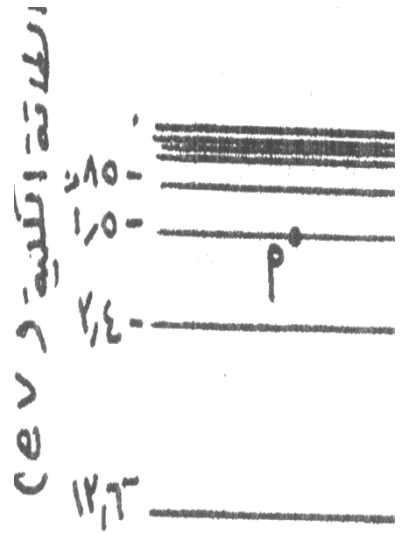
اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0775152141-0788243842

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال (7):وزارة 2009 الدورة الشتوية:الرسم المجاور يبين مخططا لمستويات الطاقة ، مستعينا بالقيم المثبته عليه :

اولا : 1- ماذا يحدث للإلكترون أ بين مستويين مختلفين من مستويات الطاقة ؟

2-ماذا تمثل الإشارة السالبة في المقدار (-13.6) الكترون فولت ؟



ثانيا : احسب :

1-اقصر طول موجي في متسلسلة بالمر .

2-طول موجة دي بروي المصاحبة للالكترون (أ) .

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال (8) : وزارة **2015** الدورة الشتوية : **يوجد الكترون ذرة الهيدروجين في مستوى الاثارة الثالث ،**

اذا انتقل الالكترون الى مستوى الاستقرار :

أ- ما اسم المتسلسلة الاشعاعية التي ينتمي اليها هذا الفوتون المنبعث؟

ب-ما اقصر طول موجة لفوتون ينتمي لهذه المتسلسلة؟

مثال (9) : وزارة **2016** الدورة الشتوية :

احسب الطول الموجي لخط الانبعاث الثاني في متسلسلة باشن لطيف ذرة الهيدروجين.

اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0775152141-0788243842

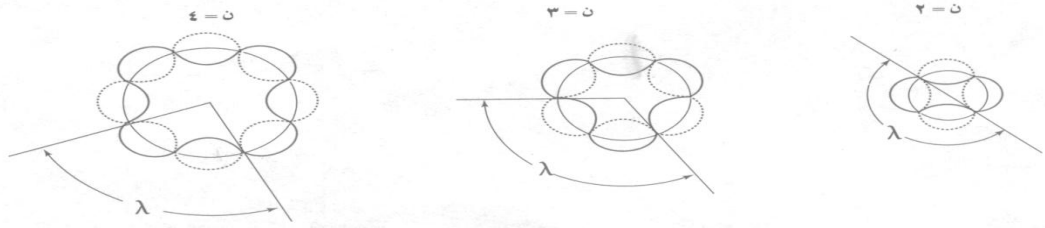
الفصل السابع : فيزياء الكم

موجات الالكترونات وفرضية دي بروي

اقترح دي بروي تطبيق فرضيته على ذرة الهيدروجين كالاتي :

" يصاحب الالكترون الذي حول النواة موجات ، واذا كان الالكترون يتحرك في مسار دائري – كما يفترض بور – فان محيط المدار يجب ان يحتوي على عدد صحيح من الموجات ، والا فانها ستداخل تداخلا هداما وتلغي بعضها " .

ويبين الشكل التالي الموجات المصاحبة للالكترون عندما يكون في المدارات الثاني والثالث والرابع ، اذ يمكننا ملاحظة ان رقم المدار (ن) يدل ايضا على عدد الموجات الكاملة على محيط المدار .



ويمكن التعبير عن الشرط الذي وضعه دي بروي لموجات الالكترون رياضيا ، كالاتي :

$$2\pi \text{ نق} = \text{ن } \lambda$$

وعند التعويض بمعادلة دي بروي ($\lambda = \frac{\text{هـ}}{\text{ك ع}}$) فأن :

$$\text{ك ع نق} = \frac{\text{ن هـ}}{2\pi} \Longleftarrow$$

لاحظ ان المعادلة الاخيرة هي الصيغة نفسها التي عبر عنها بور وهذا يدل على ان فرض دي بروي ويتفق ونموذج بور الذري ، اذ يمكن القول ان انصاف اقطار المدارات المسموح للالكترون ان يدور فيها كما حسبها بور هي انصاف اقطار تتفق مع الطبيعة الموجية للالكترون .

المآخذ على نظرية بور :

1- لم يتمكن من التنبؤ بالاطوال لاطياف الذرات عديدة الالكترونات (فسر اطياف ذرة الهيدروجين فقط) .

2- عند تفحص الطيف الخطي بادوات ذات دقة عالية ، تبين ان بعض الخطوط تتألف من خطين أو أكثر .

3- عند تعريض خطوط الطيف الى مجال مغناطيسي فأن الخط الواحد ينقسم الى خطين او اكثر .

*** وبناء على المآخذ السابقة برزت الحاجة الى نظرية اكثر شمولا ، وهذا ما حصل بعد سنتين عندما طرح شرودنجر افكاره التي ادت الى ميلاد نظرية جديدة سميت ميكانيكا الكم .**

اعداد الاستاذ :جمعة عليان بكالوريوس فيزياء ماجستير اساليب تدريس ت/0775152141 - 0788243842

اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0775152141-0788243842

الفصل السابع : فيزياء الكم

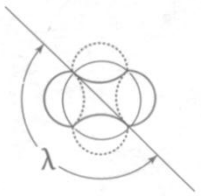
مثال 1 : **وزارة 2000 : الكترون في مستوى الطاقة (ن = 3) لذرة الهيدروجين مثارة ، احسب:**

1- طول موجة دي برولي المصاحبة لحركة الالكترون .

2- طول موجة الفوتون المنبعث عند انتقال الالكترون من مستوى الطاقة (ن = 3) الى (ن= 1) .

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال 2 : **وزارة 2002** : الشكل المرسوم جانبا يمثل موجة للالكترون في ذرة الهيدروجين ، اوجد لهذا الالكترون :



1- رقم المدار (ن) .

2- نصف قطر المدار .

3- طول الموجة المصاحبة للالكترون .

الفصل السابع : فيزياء الكم

مثال 3 : وزارة **2004** : **اذا وجد الكترون ذرة الهيدروجين في مستوى الطاقة الثاني ، احسب ما يلي :**

1- زخمه الزاوي .

2- طول موجة دي برولي المصاحبه له .

الفصل السابع : فيزياء الكم

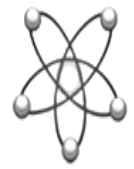
مثال 5 : وزارة **2009 الدورة الصيفية : الكترون ذرة هيدروجين في مستوى طاقة محددة (ن) ، وجد ان طول موجة دي بروي المصاحبة له (4Πنق)، احسب :**

1- رقم مستوى الطاقة المحدد (ن) .

2- الطاقة اللازم تزويد الالكترون بها لكي يغادر مداره نهائيا .

3- الزخم الزاوي للالكترون.

اعداد الاستاذ :جمعة عليان بكالوريوس فيزياء ماجستير اساليب تدريس ت/0775152141 - 0788243842



اعداد الاستاذ:جمعة عليان ت/0775152141-0788243842

الفصل السابع :فيزياء الكم (ملخص القوانين)

القانون	الوحدة	الاستخدام
ط = هـ ت د	جول	-حساب طاقة الفوتون المنبعث او الممتص في ذرة بور -حساب طاقة الفوتون الساقط على سطح فلز في الظاهرة الكهروضوئية.
س = ت د λ		- حساب التردد اذا علم الطول الموجي والعكس
ط ح عظمى= ش e Δ جـ	جول	حساب الطاقة الحركية للالكترون المنبعث من سطح فلز في الظاهرة الكهروضوئية
Φ = هـ ت د0	جول	حساب اقتران الشغل(طاقة ربط الالكترون)من خلال ت د0
هـ ت د= Φ + ط ح ع هـ ت د= هـ ت د0 + ط ح ع	جول	-حساب طاقة الفوتون الساقط على سطح فلز (في الظاهرة الكهروضوئية عند غياب (ت د ، λ). -حساب الطاقة الحركية للالكترون المنبعث او اقتران الشغل في الظاهرة الكهروضوئية.
$\lambda = \frac{هـ}{خ} = \frac{هـ}{ك ع}$	متر	حساب الطول الموجي المصاحب للفوتون بدلالة زخمه.
خ =ك ع نق = ن $\frac{هـ}{\Pi 2}$	جول.ثـ	حساب الزخم الزاوي لالكترون ذرة الهيدروجين بدلالة (ك ، ع ، نق) أو (ن)

هـ ت = $\lvert$ ط – ط $_0$ $\rvert$	جول	-طاقة الفوتون المنبعث او الممتص في ذرة بور تكافئ فرق الطاقة بين المستويين.

متسلسلات طيف ذرة الهيدروجين

متسلسلة ليمان : $\frac{1}{\lambda} = R\,(\frac{1}{2_1} - \frac{1}{2_{ن}})$ ، ن = 2 ، 3..... متسلسة بالمر : $\frac{1}{\lambda} = R\,(\frac{1}{2_2} - \frac{1}{2_{ن}})$ ، ن = 2 ، 3.....

متسلسلة باشن : $\frac{1}{\lambda} = R\,(\frac{1}{2_3} - \frac{1}{2_{ن}})$ ، ن = 4 ، 5..... متسلسة براكيت : $\frac{1}{\lambda} = R\,(\frac{1}{2_4} - \frac{1}{2_{ن}})$ ، ن = 5 ، 6 ، 7 ،.....

متسلسلة فوند : $\frac{1}{\lambda} = R\,(\frac{1}{2_5} - \frac{1}{2_{ن}})$ ، ن = 6 ، 7 ، 8 ، .....

اعداد الاستاذ: جمعة عليان ت/0775152141-0788243842

الفصل السابع :فيزياء الكم (فيزياء الكم)

القانون	الوحدة	الاستخدام
نق $_{ن}$ = نق ب $ن^2$ $= 5.29 \times 1^{-11}$ $ن^2$	متر	حساب نصف قطر المدار الذي يوجد فيه الكترون ذرة الهيدروجين
ط $_{ن}$ = - $\frac{13.6}{ن^2}$	e.v	حساب طاقة المدار الذي يدور فيه الالكترون في ذرة بور وتذكر ان الطاقة اللازمة لتحرير الالكترون هي ط $_{ن}$ = + $\frac{13.6}{ن^2}$
$\frac{1}{\lambda} = R\,(\frac{1}{2_{ن}} - \frac{1}{2_{ن.}})$	متر	حساب الطول الموجي للفوتون المنبعث او الممتص في ذرة بور بدلالة (ثابت ريدنبرغ R) .
2 Π نق = ن λ	متر	حساب طول موجة دي بور المصاحبة للالكترون في مدار في ذرة بور