

الفيزياء الكلاسيكية (العالم الجاهري)

يصدر عن الأجسام إشعاعات كهرومغناطيسية عندما تكون درجة حرارتها فوق درجة الصفر المطلق ، حيث يعتمد هذا الإشعاع على درجة حرارة الجسم ، طبيعة سطحه ويتألف من موجات كهرومغناطيسية على هيئة سيل متصل (مستمر) من الطاقة نتيجة اهتزازات جسيمات مشحونة داخلها ، ويمكن للجسم المهتز عند تردد معين أن يبعث مقداراً غير محدد من الطاقة أو يمتصه ، عندما يتغير اتساع اهتزازاته وفقاً للنظرية الكلاسيكية ، غير أن النظرية الكلاسيكية واجهت صعوبات في تفسير بعض الظواهر المتعلقة في الإشعاع وهي :

(أ) الظاهرة الكهروضوئية .
(ب) ظاهرة كومتون .

- * اقترح العلماء نموذجاً للضوء يفترض أن الضوء يمتلك طبيعة مزدوجة (موجية وجسيمية) ولا يسلك المسلكين معاً حيث :
- * يتصرف الضوء كموجة : وهذا ما يسمى بالنموذج الموجي للضوء والذي استطاع تفسير ظواهر ضوئية مثل :
- (أ) الانعكاس (ب) الحيود (ج) الانكسار
- * يتصرف الضوء كجسيم : وهذا ما يسمى بالنموذج الجسيمي للضوء والذي استطاع تفسير ظواهر جسيمية مثل :
- (أ) الظاهرة الكهروضوئية (ب) ظاهرة كومتون (ج) استنارة الذرة

الفيزياء الحديثة

ينص مبدأ تكمية (تكميم) الطاقة للعالم ماكس بلانك على :

" الطاقة الإشعاعية المنبعثة أو الممتصة تساوي عدداً صحيحاً من مضاعفات الكمية (هـ تـر) " وتحتسب الوحدة الأساسية للطاقة من العلاقة :

$$ط = هـ \times تـر$$

حيث ط : الطاقة بالجول
هـ : ثابت بلانك = 6.6×10^{-34} جول.ث
تـر : التردد بالهيرتز

ملاحظات هامة :

- (١) تمثل فرضية بلانك مبدأ تكميم الطاقة حيث أن الطاقة تكون كممة مثلها مثل الشحنة ومن مضاعفات (هـ \times تـر) . استفاد العالم آينشتاين من مبدأ تكميم الطاقة وصاغ فرضيته التي تنص على أن " الضوء ينبعث على شكل كمات محددة منفصلة من الطاقة اسمها (فوتونات) " حيث :
- (ط فوتون = هـ \times تـر ، ط الممتصة = ن \times هـ \times تـر) حيث ن : عدد صحيح (عدد الفوتونات) = ١ ، ٢ ، ٣ ،
(٢) تقاس الطاقة بالجول : (وهناك وحدة أصغر للطاقة هي الإلكترون فولت حيث للتحويل من جول إلى الإلكترون فولت نقسم على 1.6×10^{-19} eV)
(٣) هناك علاقة عكسية بين التردد والطول الموجي حيث :

$$تـر = \frac{س}{\lambda}$$

س : سرعة الضوء وهي ثابتة في الفراغ وتساوي 3×10^8 م/ث

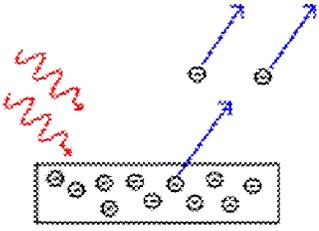
ويقاس الطول الموجي (λ) بالمتر : (وهناك وحدات أصغر مثل : النانو = 10^{-9} ، الانجستروم = 10^{-10} ، الفيرمي = 10^{-15})

الظاهرة الكهروضوئية

وهي ظاهرة انطلاق إلكترونات من سطح فلز عند سقوط ضوء مناسب ذي تردد معين على سطح الفلز . حيث تسمى الإلكترونات المنبعثة بـ (الإلكترونات الضوئية) وحسب الفيزياء الحديثة تم تفسير الظاهرة الكهروضوئية كالتالى :

(١) عم آينشتاين مبدأ تكميم الطاقة لبلانك وافترض أن الضوء ينبعث على شكل كمات من الطاقة اسمها فوتونات .

(٢) عند سقوط الفوتون على سطح الفلز يعطى الفوتون الواحد طاقته كاملةً لإلكترون واحد فقط ويتلاشى الفوتون (أى عملية امتصاص الطاقة ليست مستمرة) .



(٣) يجب أن تكون طاقة الفوتون الساقط على الأقل مساوية لطاقة ربط الإلكترون مع نواته (اقتران الشغل ϕ) لكي يتحرر الإلكترون وعندما تكون طاقة الفوتون الواحد أكبر من اقتران الشغل فإن الإلكترون يستغل جزءاً من الطاقة لتحرر من سطح الفلز ويحتفظ بالباقي على شكل طاقة حركية حيث يمكن التعبير عن ذلك رياضياً بالمعادلة :

طاقة الفوتون (ط) = اقتران الشغل (ϕ) + الطاقة الحركية العظمى (طح عظمى)

$$h \times \nu_r = h \times \nu_r + eV - eV_j$$

حتى يفلت الإلكترون من سطح الفلز لابد من تزويد الإلكترون بقدر من الطاقة يكافىء طاقة ربطه مع النواة والتي تسمى اقتران (دالة) الشغل ويرمز لها (ϕ) وهي تختلف من فلز لآخر وتعطى بالعلاقة ($\phi = h \nu_r$) حيث :

ت_ر : تردد العتبة للفلز وهو أقل تردد لازم لتحرير إلكترونات من سطح الفلز ويختلف من فلز لآخر .

توضيح : إذا سقط فوتون بتردد (ت_ر) على سطح فلز وكان :

- (١) ت_ر > ت_ر لا يتحرر إلكترونات من سطح الفلز . وتكون (ط > ϕ)
- (٢) ت_ر = ت_ر يتحرر إلكترونات من سطح الفلز بطاقة حركية صفراً . وتكون (ط = ϕ)
- (٣) ت_ر < ت_ر يتحرر إلكترونات من سطح الفلز بطاقة حركية . وتكون (ط < ϕ)

الفيزياء الكلاسيكية

* **سؤال :** كيف فسرت الفيزياء الكلاسيكية (النموذج الموجي) الظاهرة الكهروضوئية ؟

(١) عند سقوط الضوء على سطح الفلز فإن الإلكترونات تمتص الطاقة من الضوء على نحو مستمر ، أي عند زيادة شدة الضوء الساقط (اتساع الموجة) يزيد معدل امتصاص الإلكترونات للطاقة وبالتالي تزداد الطاقة الحركية للإلكترونات .

(٢) من المتوقع أن يحتاج الإلكترون لبعض الوقت لامتصاص الطاقة الكافية وتجميعها ليتحرر من الفلز ، والتجربة أثبتت أن الإلكترونات تنبعث فور سقوط الضوء عليها .

(٣) عند سقوط ضوء ذو شدة عالية على فلز فإن الإلكترونات تتحرر بغض النظر عن تردد الضوء الساقط .

* سؤال : على ماذا تعتمد الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة من سطح الفلز في الظاهرة الكهروضوئية ؟
جواب : (١) وفقاً لنموذج أينشتاين (الفيزياء الحديثة) : تعتمد (طح) على تردد الضوء الساقط فقط وإذا كان تردد الضوء أكبر من تردد العتبة للفلز عندها فإن زيادة شدة الضوء تعني زيادة عدد الفوتونات الساقطة على وحدة المساحة وبالتالي زيادة عدد الإلكترونات المتحررة أي زيادة التيار الكهربائي ولكن طاقة الفوتون الواحد لا تتغير لأن طاقة الفوتون تعتمد على تردد الضوء فقط .

(٢) وفقاً للنموذج الموجي (الفيزياء الكلاسيكية) : تعتمد (طح) على شدة الضوء الساقط فقط وإذا كانت شدة الضوء مناسبة تنبعث إلكترونات من سطح الفلز مهما كان تردد الضوء الساقط ، أي لا تعتمد على تردد الضوء لكن أثبت التجارب العملية أن (طح) تعتمد على تردد الضوء فقط وهذه المشكلة التي لم تستطيع الفيزياء الكلاسيكية تفسيرها .

تجربة الظاهرة الكهروضوئية

* لقد كان أول من درس هذه الظاهرة تجريبياً العالم "لينارد" مستخدماً دائرة الخلية الكهروضوئية والتي تتكون من :

(أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء ، لوحان فلزيان مصعد ومهبط (باعث وجامع) ، بطارية ميكروأميتر ، فولتميتر)

عند وصل اللوح الباعث (مهبط) بالقطب السالب للبطارية واللوح الجامع بالقطب الموجب للبطارية لاحظ لينارد أنه عند سقوط ضوء فوق بنفسجي على الباعث ينحرف مؤشر الميكرو أميتر ، مما يدل على سريان تيار كهربائي في الحيز بين اللوحين منشؤه الإلكترونات المنبعثة من الباعث والمتجهة نحو الجامع (المصعد) .

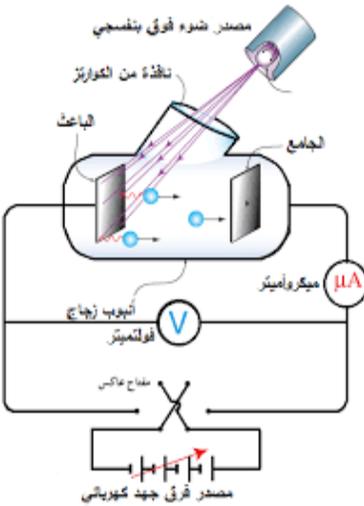
* استنتج لينارد أن الضوء زود الإلكترونات بقدر كاف من الطاقة مكنها من التحرر من ارتباطها بالفلز والإحفاظ بالباقي على شكل طاقة حركية .

سؤال : ما هي العوامل التي يعتمد عليها التيار الكهربائي المار في الخلية الكهروضوئية ؟

جواب : (١) تردد الضوء الساقط (تر < ت.د) .

(٢) شدة الضوء الساقط بعد تحقق الشرط (تر < ت.د) .

(٣) فرق الجهد الموجب (وصل الجامع بالقطب الموجب) .



دراسة الطاقة الحركية للإلكترونات الضوئية

أ) قياس الطاقة الحركية للإلكترونات الضوئية

* قام لينارد بعكس أقطاب البطارية (وصل الباعث بالقطب الموجب والجامع بالقطب السالب) . وذلك لكي ينشأ مجال كهربائي يعاكس حركة الإلكترونات . حيث :

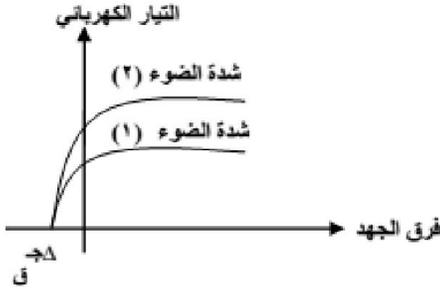
❖ بدأ بمقدار صغير لفرق الجهد (ج) ، ثم أخذ بزيادة فرق الجهد تدريجياً ، فلاحظ أن قراءة الميكروأميتر تتناقص تدريجياً إلى أن تصبح صفراً " استنتج أن الإلكترونات المتحررة تتفاوت في طاقتها الحركية "

❖ عندما يصبح فرق الجهد بين اللوحين كافياً لإيقاف الإلكترونات التي تمتلك طاقة حركية عظمى ، تصبح قراءة الميكرو أميتر صفراً ، ويسمى هذا المقدار لفرق الجهد بين اللوحين بفرق جهد الإيقاف (القطع) ويرمز له بالرمز (Δ جى) ، ويرتبط بالطاقة الحركية (طح عظمى) بالعلاقة الآتية :

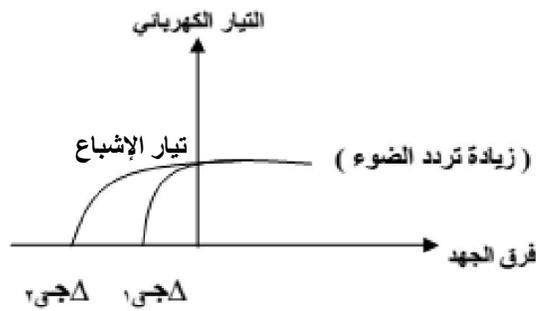
$$(طح عظمى = eV = \Delta جى \times \frac{1}{2} ك ع) ، حيث e = شحنة الإلكترون وتساوي ١,6 \times 10^{-19} كولوم$$

(ب) التمثيل البيانى بين فرق الجهد والتيار الكهربائى :

عند تمثيل العلاقة بين فرق الجهد (ج) والتيار الكهربائى (ت) بيانياً نحصل على المنحنى الأول وعند زيادة شدة الضوء (كمية الضوء الساقطة) نحصل المنحنى (٢)



لاحظ أن : فرق جهد القطع بقى ثابتاً ، مما يعني أن الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات بقيت ثابتة أي أن " (طح عظمى) " لاتعتمد على شدة الضوء .

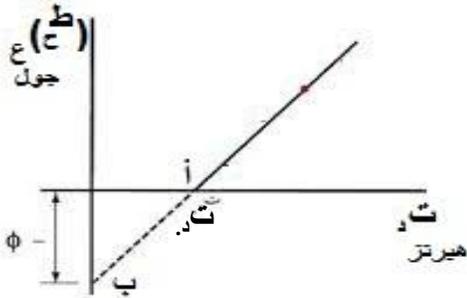


عند تكرار نفس التجربة باستخدام ضوء (تردده أكبر) وليس شدة اضاءته أكبر لوحظ أن فرق جهد القطع يزداد ، مما يعني زيادة الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة أي أن : (طح عظمى) تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط وبذلك (طح عظمى) تعتمد على تردد الضوء الساقط أو (طح عظمى) تعتمد على طاقة الضوء الساقط وليس على شدة الضوء (اتساع موجة الضوء) .

سؤال : ماهو الذي لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية تفسيره في الظاهرة الكهروضوئية ؟

جواب : لوحظ من النتائج التجريبية "التجربة الظاهرة الكهروضوئية" تناقضاً مع ما تنبأت به الفيزياء الكلاسيكية ، فالتجربة أثبتت أن الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة تعتمد فقط على تردد الضوء وهذا لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية تفسيره .

لقد كان العالم مليكان أول من أجرى تجربة للتحقق من صحة ما تنبأ به آينشتاين ، من خلال تمثيل العلاقة بين "الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة" وبين "تردد الضوء الساقط" فوجد :



- (١) علاقة خطية : وميل هذا الخط يساوي ثابت بلانك (هـ) ، ومهما تغير تردد الضوء الساقط يبقى ميل الخط المستقيم ثابت .
- (٢) النقطة (أ) : نقطة تقاطع الخط المستقيم مع محور التردد تمثل تردد العتبة للفلز (ت.ر) .
- (٣) النقطة (ب) : نقطة تقاطع امتداد الخط المستقيم مع محور الطاقة تمثل اقتران الشغل للفلز (Φ) .

لاحظ أن : هناك علاقة طردية بين الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة وبين تردد الضوء الساقط أي أن (طح عظمى) تعتمد على تردد الضوء ، وهكذا أثبت مليكان صحة ما تنبأ به آينشتاين بأن الضوء يتكون من وحدات منفصلة من الطاقة اسمها الفوتونات مما يعني أن للضوء طبيعة جسيمية ، وبذلك يمكننا القول أن النموذج الجسيمي للضوء نجح في تفسير الظاهرة الكهروضوئية بينما فشل النموذج الموجي في تفسيرها .

ملاحظات هامة : لحل المسائل على الظاهرة الكهروضوئية يجب مراعاة مايلي :

- (١) في الرسم البياني لميلكان . نلقي نظرة على محور الصادات (الطاقة) فإذا كان يمثل :
(أ) (طح : جول) نعتد . ويكون ميل الخط يمثل ثابت بلانك (هـ) ووحدته (جول.ث) .
(ب) (طح : e.v) أو (جى : فولت) : نضرب المحور بـ (e.v) ليتحول إلى (طح : جول) .

(٢) الطول الموجي الذي يخص الفلز (المصاحب لتردد العتبة) هو أكبر طول موجي لازم لتحرير الإلكترونات من سطح الفلز أو الطول الموجي اللازم حتى يمر تيار في الخلية الكهروضوئية ورمزه (λ) .
والذي يقابل أقل تردد لازم لتحرير إلكترونات من سطح الفلز (ت.د) : حيث :

$$\text{ت.د.} = \frac{h \nu}{\lambda}$$

سؤال : وضح المقصود بكل من (اقتران الشغل ، تردد العتبة ، جهد القطع ، الإلكترون فولت ، تيار الإشباع) .
جواب :

- * اقتران (دالة) الشغل (φ) : أقل طاقة لازمة لتحرير الإلكترون من سطح الفلز .
- * تردد العتبة (ت.د) : أقل تردد لازم لتحرير الإلكترون من سطح الفلز .
- * جهد القطع (Δجى) : أقل فرق جهد كهربائي عكسي يلزم لجعل التيار الكهروضوئي صفراً أو فرق الجهد الكهربائي العكسي اللازم لإيقاف أسرع الإلكترونات .
- * الإلكترون فولت (e.v) : الطاقة الحركية التي يكتسبها الإلكترون عندما يتسارع عبر فرق جهد مقداره (١) فولت .
- * تيار الإشباع : التيار الكهروضوئي الناتج من حركة الإلكترونات الضوئية جميعها المتحررة من المهبط والواصلة للمصدر .

سؤال : كيف تفسر كل مما يلي :

- (١) لا يمارس الفلز الظاهرة الكهروضوئية عندما يسقط عليه ضوء تردده أقل من تردد العتبة .
- (٢) يزداد مقدار التيار الكهربائي في الخلية الكهروضوئية بزيادة شدة الضوء .
- (٣) يبقى فرق جهد الإيقاف (القطع) ثابتاً في الخلية الكهروضوئية بالرغم من زيادة شدة الضوء .

جواب :

- (١) لأن الضوء لا يملك طاقة كافية للتغلب على طاقة ربط الإلكترون بنواته حيث ط_{فوتون} > φ فلز .
- (٢) لأن زيادة شدة الضوء يعني زيادة عدد الفوتونات الساقطة على وحدة المساحة وبالتالي زيادة عدد الإلكترونات المتحررة أي زيادة التيار الكهربائي ولكن هذا لا يتحقق إلا إذا كان تردد الفوتون أكبر من تردد العتبة للفلز .
- (٣) فرق جهد القطع يعتمد على الطاقة الحركية والتي تعتمد على اقتران الشغل للفلز وعلى تردد الضوء الساقط وليس على شدة الضوء .

سؤال : ماذا يحدث لفرق جهد القطع عند زيادة تردد الضوء الساقط مع بقاء شدة الضوء ثابتة .

جواب : عند زيادة تردد الضوء تزداد الطاقة الحركية للإلكترونات وبالتالي يزداد فرق جهد القطع اللازم لإيقاف الإلكترونات .

سؤال : على ماذا تعتمد طاقة الفوتون ؟

جواب : تعتمد طاقة الفوتون الواحد على تردده فقط .

سؤال (علل) : عند سقوط ضوء أزرق على فلز السيزيوم تنبعث منه إلكترونات ضوئية ، في حين لا تنبعث أي إلكترونات إذا سقط الضوء نفسه على سطح فلز الخارصين .

جواب : لأن تردد الضوء الأزرق أكبر من تردد العتبة للسيزيوم وأصغر من تردد العتبة للخارصين .

سؤال : من خلال دراستك لتجربة الخلية الكهروضوئية ، أجب عما يلي :

أولاً : على ماذا يعتمد كل من : التيار الكهربائي في الخلية ، الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة من الباعث .

ثانياً : كيف استنتج لينارد أن الإلكترونات المتحررة متفاوتة في طاقتها الحركية . وكيف فسّر أينشتاين هذه النتيجة ؟

ثالثاً : الطاقة اللازمة لتحرير إلكترون من سطح فلز أقل من الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون من داخل فلز ؟ علل ؟

جواب :

أولاً : يعتمد التيار الكهربائي على

- (١) تردد الضوء الساقط .
- (٢) شدة الضوء الساقط شرط أن $\nu > \nu_0$.
- (٣) فرق الجهد الموجب .

* تعتمد الطاقة الحركية فقط على "تردد الضوء الساقط" .

ثانياً : عند جعل الجامع سالباً فإن الإلكترونات تتعرض إلى مجال كهربائي يعمل على إبطاء سرعتها وحينئذ لن تصل إلا الإلكترونات التي تمتلك قدراً كافياً من الطاقة الحركية يمكنها من التغلب على قوة التنافر وبزيادة فرق الجهد السالب تدريجياً يتناقص عدد الإلكترونات الواصلة إلى الجامع فتتناقص قراءة الميكروأميتر تدريجياً وبهذا التناقص استنتج تفاوتها في الطاقة الحركية .

* فسّر أينشتاين هذا التفاوت في الطاقة الحركية على النحو التالي :

الإلكترونات القريبة من السطح لا تصطدم بذرات الفلز ولذلك تمتلك أكبر قدر ممكن من الطاقة الحركية والإلكترونات المتحررة من الطبقات السفلية للفلز تعاني تصادمات مع ذرات الفلز مما يقلل من طاقتها الحركية فلا تكون طاقتها الحركية عظيمة .

ثالثاً : الإلكترونات على سطح الفلز لا تصطدم بذرات الفلز قبل تحررها بينما الإلكترونات داخل الفلز تصطدم بذرات الفلز فتخسر من طاقتها الحركية .

مثال (١) : احسب طاقة فوتون طول موجته (3×10^{-7}) متر .
الحل :

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^{-7}} = 10^{15} \text{ هيرتز}$$

$$E = h \nu = 6.6 \times 10^{-34} \times 10^{15} = 6.6 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

مثال (٢) : معدن اقتران الشغل له يساوي (3.3×10^{-19}) جول احسب تردد العتبة لهذا المعدن .
الحل :

$$E = h \nu = 3.3 \times 10^{-19} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times \nu}{6.6 \times 10^{-34}} = 5 \times 10^{14} \text{ هيرتز}$$

مثال (٣) : إذا كان أكبر طول موجي لازم لتحرير إلكترونات هو (2×10^{-7}) متر احسب اقتران الشغل .
الحل :

$$E = h \nu = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times \nu}{6.6 \times 10^{-34}} = 9.9 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

مثال (٤) : احسب تردد وطول موجة فوتون طاقته تساوى (٢,٢ × ١٠^{-١٩}) جول .
الحل :

$$ت = \frac{ط}{ه} = \frac{١٠^{-١٩} \times ٢,٢}{٣^{-٤} \times ١٠ \times ٦,٦} = ١٠^{-١٥} \times \frac{١}{٣} \text{ هيرتز}$$

$$\lambda = \frac{س}{ت} = \frac{١٠^{-١٥} \times ٣}{١٠^{-١٥} \times \frac{١}{٣}} = ٩ \times ١٠^{-٧} \text{ م}$$

مثال (٥) : سقط فوتون طاقته (٤,٤ × ١٠^{-١٩}) جول على سطح فلز اقتران (دالة) الشغل له (٢,٢ × ١٠^{-١٩}) جول .
احسب :

(١) الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة بوحدة الجول .
(٢) فرق جهد القطع للفلز .
الحل :

$$(١) ط = \phi - ط = ١٠^{-١٩} \times ٤,٤ - ١٠^{-١٩} \times ٢,٢ = ٢ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$(٢) ج ق = ط = \frac{١٠^{-١٩} \times ٢,٢}{١٠^{-١٩} \times ١,٦} = ٢ \text{ فولت}$$

مثال (٦) : سقط ضوء طاقته (٦,٦ × ١٠^{-١٩}) جول على باعث خلية كهروضوئية اقتران الشغل له (٥,٢) إلكترون فولت .
احسب :

(١) فرق جهد القطع .
(٢) تردد العتبة .
الحل :

$$\phi = ٢,٥ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩} = ٤ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$(١) ط = \phi - ط = ١٠^{-١٩} \times ٦,٦ - ١٠^{-١٩} \times ٤ = ٢,٦ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$ج ق = ط = \frac{١٠^{-١٩} \times ٢,٦}{١٠^{-١٩} \times ١,٦} = ١,٦٢٥ \text{ فولت}$$

$$(٢) ت = \frac{\phi}{ه} = \frac{١٠^{-١٩} \times ٤}{٣^{-٤} \times ١٠ \times ٦,٦} \approx ١٠^{-١٥} \times ٠,٦ \text{ هيرتز}$$

مثال (٧) : اسقط ضوء على سطح فلز اقتران الشغل له (٩,٩ × ١٠^{-١٩}) جول ، فانطلقت منه إلكترونات ضوئية بطاقة حركية عظمى مقدارها (٧,٧ × ١٠^{-١٩}) جول . أجب عما يلي :

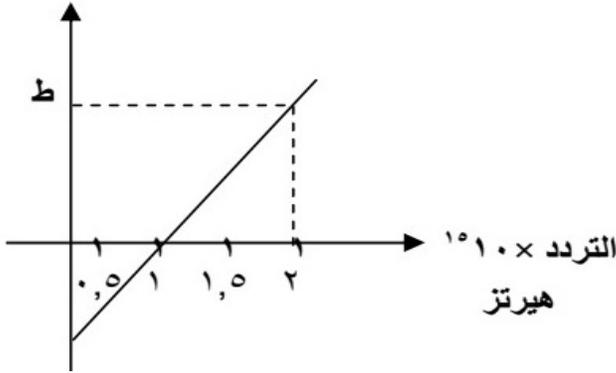
(١) احسب تردد الضوء الساقط .
(٢) ما الشرط اللازم لتحرير إلكترونات ضوئية من سطح الفلز دون اكسابها طاقة حركية ؟
الحل :

$$(١) ط = \phi + ط = ١٠^{-١٩} \times ٩,٩ + ١٠^{-١٩} \times ٧,٧ = ١٠^{-١٩} \times ١٧,٦ \text{ جول}$$

$$ت = \frac{ط}{ه} = \frac{١٠^{-١٩} \times ١٧,٦}{٣^{-٤} \times ١٠ \times ٦,٦} = ١٠^{-١٥} \text{ هيرتز}$$

(٢) أن تكون طاقة الضوء الساقط تساوي اقتران الشغل . أو أن يكون تردد الضوء الساقط يساوي تردد العتبة

طح (جول)



مثال (٨) : بالإعتماد على الرسم البياني ، احسب كل من :

- (١) اقتران دالة الشغل (ϕ) .
- (٢) أكبر طول موجي يلزم لتحرير الإلكترونات .
- (٣) الطاقة الحركية العظمى بالجول للإلكترونات المنبعثة .

الحل :

$$(١) \phi = h \times \text{تر} = 10^{-10} \times 6,6 = 6,6 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$(٢) \lambda = \frac{h \times \text{تر}}{\phi} = \frac{6,6 \times 10^{-19}}{6,6 \times 10^{-19}} = 1 \text{ م}$$

$$(٣) \text{ط} = h \times \text{تر} - \phi = 6,6 \times 10^{-19} - 6,6 \times 10^{-19} = 0 \text{ جول}$$

$$\text{أو} \quad \text{ط} = h \times \text{تر} - \phi = 6,6 \times 10^{-19} - 6,6 \times 10^{-19} = 0 \text{ جول}$$

$$\text{أو} \quad \text{ط} = h \times \text{تر} - \phi = 6,6 \times 10^{-19} - 6,6 \times 10^{-19} = 0 \text{ جول}$$

$$(٣) \text{ط} = h \times \text{تر} - \phi = 6,6 \times 10^{-19} - 6,6 \times 10^{-19} = 0 \text{ جول}$$

مثال (٩) : سقط ضوء طول موجته (330×10^{-9}) متر على فلز مهبط خلية كهروضوئية ، فانطلقت إلكترونات من

سطحه فإذا كان جهد القطع للفلز حينئذ $(0,625)$ فولت ، احسب :

- (١) تردد الضوء
- (٢) تردد العتبة

الحل :

$$(١) \text{تر} = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{330 \times 10^{-9}} = 9,09 \times 10^{14} \text{ هرتز}$$

$$(٢) h \times \text{تر} = \phi + h \times \text{تر}_0 \Rightarrow 6,6 \times 10^{-19} \times 9,09 \times 10^{14} = \phi + 6,6 \times 10^{-19} \times \text{تر}_0$$

$$\text{ومن هنا} \quad \text{تر}_0 \approx 0,75 \times 10^{14} \text{ هيرتز}$$

مثال (١٠) : يمثل الرسم البياني العلاقة بين الجهد الكهربائي والتيار المار في الخلية كهروضوئية ، بالقيم المثبتة على

الرسم جد :

(١) مقدار فرق جهد القطع .

(٢) الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة من سطح الفلز بالجول .

(٣) طاقة الفوتون الساقط على مهبط الخلية .

(إذا علمت أن اقتران الشغل كهروضوئية للفلز $3,2 \times 10^{-19}$ جول)

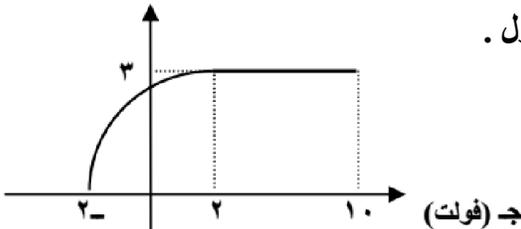
الحل :

$$(١) \text{ج} = 2 \text{ فولت أو } 2 \text{ فولت}$$

$$(٢) \text{ط} = h \times \text{تر} = 6,6 \times 10^{-19} \times 3,2 = 2,112 \times 10^{-18} \text{ جول}$$

$$(٣) \text{ط} = \phi + h \times \text{تر} = 3,2 \times 10^{-19} + 2,112 \times 10^{-18} = 2,432 \times 10^{-18} \text{ جول}$$

ت (ملي امبير)



مثال (١١) : إذا كان اقتران الشغل لفلز يساوي (٢,٣) إلكترون فولت وسقط عليه ضوء تردده (١,٥ × ١٠^{١٥}) هيرتز احسب :

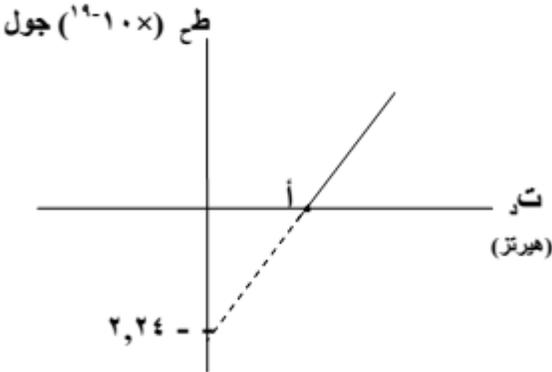
(١) أكبر طول موجي يستطيع تحرير إلكترونات . (٢) الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة بوحدة الجول .
الحل :

$$\phi = 2,3 \times 1,6 \times 10^{-19} = 3,68 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$\lambda = \frac{h \times \nu}{\phi} = \frac{6,6 \times 10^{-34} \times 1,5 \times 10^{15}}{3,68 \times 10^{-19}} \approx 2,68 \times 10^{-7} \text{ م}$$

$$\text{ط} = \text{ه} \times \text{تر} = \phi = 3,68 \times 10^{-19} - 1,5 \times 10^{15} \times 6,6 \times 10^{-34} = 9,9 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

مثال (١٢) : اعتماداً على الرسم البياني ، أجب عما يأتي :



(١) احسب التردد عند النقطة (أ) .
(٢) احسب جهد القطع لمادة الباعث عند سقوط فوتون طول موجته (٥ × ١٠^٧) م .
(٣) ماذا يحدث لميل الخط المستقيم إذا زاد تردد الفوتون الساقط ؟ فسر إجابتك .
الحل :

$$\text{تر} = \frac{\phi}{h} = \frac{2,24 \times 10^{-19}}{6,6 \times 10^{-34}} \approx 3,4 \times 10^{14} \text{ هيرتز}$$

$$\text{ط} = \text{ه} \times \text{تر} = 3,96 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$\text{ج} = \text{ط} - \phi = \frac{3,96 \times 10^{-19} - 2,24 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 1,075 \text{ فولت}$$

(٣) لا يحدث له شيء ، لأنه يمثل ثابت بلانك وزيادة التردد يقابله زيادة في الطاقة الحركية فيبقى الميل ثابتاً .

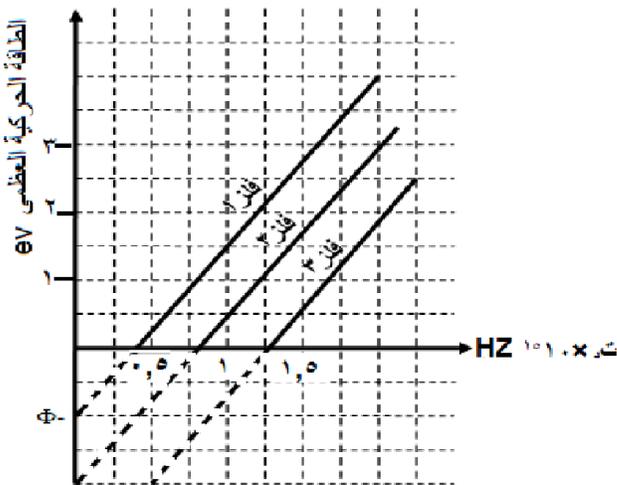
مثال (١٣) : من الشكل الذي يمثل العلاقة بين تردد الضوء الساقط

والطاقة الحركية للإلكترونات لعدة فلزات أجب عما يلي :
(١) أي الفلزات سيتحرر منها إلكترونات عند سقوط فوتون على سطحها طول موجي (٤ × ١٠^٧) م .
(٢) احسب اقتران الشغل للفلز (٣) .
الحل :

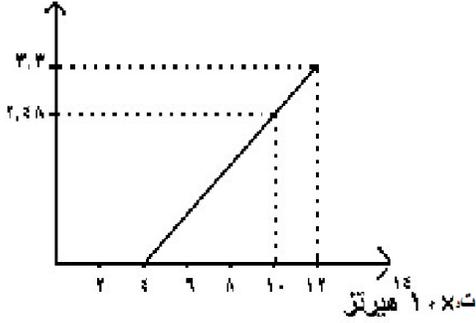
$$\text{تر} = \frac{h \times \nu}{\lambda} = \frac{6,6 \times 10^{-34} \times 1,5 \times 10^{15}}{4 \times 10^{-7}} = 2,475 \times 10^{14} \text{ هيرتز}$$

سيتحرر إلكترونات من فلز (١) فقط .

$$\phi = \text{ه} \times \text{تر} = 6,6 \times 10^{-34} \times 1,5 \times 10^{15} = 9,9 \times 10^{-19} \text{ جول}$$



جهد القطع (فولت)



مثال (١٤) : من الشكل احسب ثابت بلانك .

الحل :

$$\textcircled{1} \text{-----} \text{ هـ ت}_1 = \phi + \text{eV} - \text{ج ق}_1$$

$$\textcircled{2} \text{-----} \text{ هـ ت}_2 = \phi + \text{eV} - \text{ج ق}_2$$

ب طرح المعادلة $\textcircled{1}$ من $\textcircled{2}$

$$\text{هـ} = \frac{\Delta \text{ج ق}}{\Delta \text{ت}} = \frac{٣,٣ - ٢,٤٨}{١٠ - ١٢} \times ١٠^{-١٠} \times ١,٦ = ٦,٥٦ \times ١٠^{-٣} \text{ جول . ث}$$

$$\text{هـ} = ٦,٥٦ \times ١٠^{-٣} \text{ جول . ث}$$

مثال (١٥) : يبين الجدول المجاور اقتران الشغل لثلاثة فلزات (س، ص، ع)

أجب عما يأتي :

(١) بين أي الفلزات ينبعث منها إلكترونات عند سقوط ضوء طول موجته (٤×١٠^{-٧}) م على سطحها . مفسراً إجابتك ؟

(٢) احسب فرق جهد القطع الفلز (ع) عند سقوط ضوء تردده (٣×١٠^{-١٥}) هيرتز .

الحل :

$$\textcircled{1} \text{ ط} = \frac{\text{هـ} \times \text{س}}{\lambda} = \frac{١٠^{-١٠} \times ٣ \times ٦,٦ - ١٠^{-١٠} \times ٦,٦}{٤ \times ١٠^{-٧}} = ٤,٩٥ \times ١٠^{-١٠} \text{ جول}$$

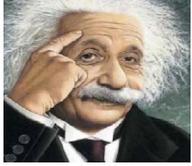
سينبعث الإلكترونات من الفلزيين س و ص لأن طاقة الضوء الساقط أكبر من اقتران الشغل لكليهما

$$\textcircled{2} \text{ ط} = \text{هـ} \times \text{ت} = ١٠^{-١٠} \times ٦,٦ - ١٠^{-١٠} \times ٣ \times ٦,٦ = ١٩,٨ \times ١٠^{-١٠} \text{ جول}$$

$$\text{ج ق} = \phi - \text{ط} = \frac{١٩,٨ \times ١٠^{-١٠} - ٧ \times ١٠^{-١٠}}{١,٦ \times ١٠^{-١٠}} = ٨ \text{ فولت}$$

مثال (١٦) : سقط ضوء (فوتون) طاقته $(2, 13 \times 10^{-19})$ جول ، على سطح فلز اقتران الشغل له $(6, 6 \times 10^{-19})$ جول احسب :

سؤال
شامل



- (١) تردد الضوء الساقط " (تردد الفوتون) "
 - (٢) طول موجة الضوء الساقط .
 - (٣) تردد العتبة لمادة الفلز .
 - (٤) أكبر طول موجة يستطيع تحرير إلكترونات من سطح الفلز .
 - (٥) الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة .
 - (٦) فرق جهد الإيقاف " جهد القطع " .
 - (٧) السرعة القصوى للإلكترونات المنبعثة . (طح = $\frac{1}{2} ك ع^٢$)
(اعتبر ك = $9,1 \times 10^{-31}$ كغ)
- الحل :

ظاهرة كومتون

كان الهدف من التجربة التأكد من أن للضوء طبيعة جسيمية وهذا ما أثبتته كومتون في تجربته .

حيث ما يريده كومتون هو : اثبات أن التصادم بين الفوتون "ضوء" والإلكترون يخضع للقوانين ذاتها التي تنطبق على التصادم التام المرنة بين الأجسام المادية أي "قوانين حفظ الطاقة وحفظ الزخم" .

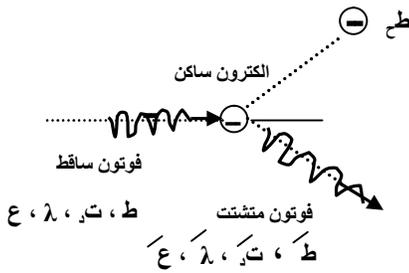
* قام العالم كومتون بإسقاط أشعة سينية على هدف من مادة الغرافيت حيث لاحظ كومتون ما يلي :

(١) تشتت الأشعة السينية عند سقوطها على هدف من الغرافيت . (٢) أن تردد الأشعة المتشتتة أقل من تردد الأشعة الساقطة .
فسر كومتون في تجربته ما يلي :

(١) تتألف الأشعة السينية من فوتونات (حيث طاقة الفوتون الساقط ط = هـ تـر) ، وعندما يصطدم الفوتون الساقط بالإلكترون حر ساكن فإن جزء من طاقة الفوتون تنتقل إلى الإلكترون وتبقى سرعة الفوتون ثابتة .

(٢) يكتسب الإلكترون طاقة حركية (طح ≠ صفر) متحركا باتجاه يصنع زاوية مع امتداد اتجاه حركة الفوتون الساقط حيث تقل طاقة الفوتون الساقط (يقل تردده ويزداد طوله الموجي) وتصبح (ط = هـ تـر) .

الكترن بعد التصادم



(٣) ينحرف الفوتون الساقط بسبب التصادم عن مساره بزواوية .

(٤) وجد كومتون أن التصادم يخضع لقانون حفظ الطاقة أي أن :

$$\begin{aligned} \text{ط قبل} &= \text{ط بعد} \\ \text{هـ تـر} + \text{ط} &= \text{هـ تـر} + \text{طح} \\ \text{هـ تـر} + \text{صفر} &= \text{هـ تـر} + \text{طح} \\ \text{هـ تـر} &= \text{هـ تـر} + \text{طح} \end{aligned}$$

(٥) وجد كومتون من العلاقة (خ = هـ) أن التصادم يخضع إلى قانون حفظ الزخم ، بعد أن واجه مشكلة حساب زخم الفوتون من العلاقة الكلاسيكية (خ = ك × ع) ، حيث أن الفوتون ليس له كتلة .

مثال : سقط فوتون ضوئي تردده (٢ × ١٠^{١٥}) هيرتز على إلكترون ساكن فتشتت الفوتون وتحرك الإلكترون بطاقة حركية مقدارها (٦,٦ × ١٠^{١٩}) جول ، أجب عما يأتي :

(١) ما اسم الظاهرة .
(٢) احسب الطول الموجي للفوتون المتشتت .

الحل :

(١) ظاهرة كومتون

$$\begin{aligned} \text{تـر} &= \text{هـ تـر} - \text{طح} = \frac{10^{19} - 10 \times 6,6}{10 \times 6,6} = 10^{19} \times 1 \text{ هيرتز} \\ \lambda &= \frac{c}{\text{تـر}} = \frac{3 \times 10^8}{10^{19}} = 3 \times 10^{-11} \text{ م} \end{aligned}$$

الأطياف الذرية للغازات

تقسم الأطياف الذرية (الإشعاع الصادر عن الذرات المهتزة) إلى نوعين رئيسيين هما :

(١) طيف الانبعاث : وهو حالتان (إما انبعاث متصل أو انبعاث منفصل)

* الحالة الأولى : طيف الانبعاث المتصل (المستمر) : اشعاع تمثله ألوان (قوس المطر) متصل تماماً دون انقطاع .

ومن الأمثلة عليه :

الإشعاع المنبعث من الأجسام الساخنة (مثل الشمس) . أو قطعة حديد عندما تسخن لدرجة التوهج الأبيض .

* الحالة الثانية : طيف الانبعاث المنفصل (الخطي) : اشعاع (تمثله ألوان قوس المطر) تظهر على شكل خطوط منفصلة

فوق خلفية سوداء لها أطوال موجية محددة .

ومن الأمثلة عليه :

الإشعاع المنبعث من الغازات ذات الضغط المنخفض في أنابيب التفريغ الكهربائي (النيون) .
(ناتج عن انتقال الإلكترونات من مدارات داخلية)

سؤال : يعتبر طيف الانبعاث الخطي صفة مميزة للعنصر ؟ فسر ذلك .

جواب : لأنه تبين أن لكل عنصر طيف انبعاث خاص به فلا يمكن أن نجد لعنصرين الطيف نفسه لذلك يعتبر طيف الانبعاث الخطي صفة مميزة للعنصر .

(٢) طيف الامتصاص الخطي : طيف انبعاث متصل لكن تتخلله خطوط سوداء معتمة .

ومن الأمثلة عليه : تحليل الضوء الأبيض (ضوء الشمس) بعد مروره عبر غاز عنصر الهيدروجين (H) .

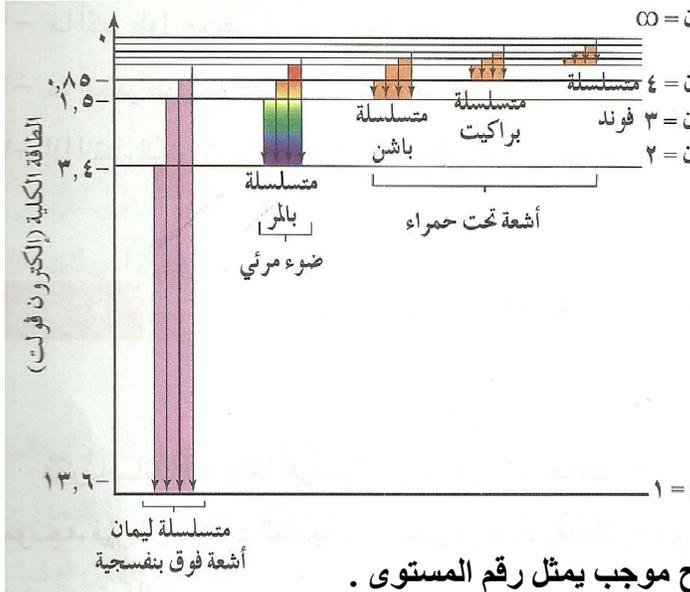
سؤال : يعتبر طيف الامتصاص الخطي صفة مميزة للعنصر ؟ فسر ذلك .

جواب : لأنه تبين أن لكل عنصر طيف خاص يمتصه (يظهر مكانه خط أسود) فلا يمكن أن نجد لعنصرين الطيف نفسه لذلك يعتبر أيضاً صفة مميزة .

لكن ما توصل اليه بالمر مجرد معادلة تتفق مع البيانات التجريبية ، لكنها لم تفسر سبب انبعاث خطوط الطيف من ذرة الهيدروجين ، أي أن هذه المشاهدات التجريبية بقيت بدون تفسير نظري (لماذا تبعث الذرة بهذه الخطوط) ؟
إلى أن جاء العالم بور عام ١٩١٣ م ، وطرح نموذجاً للذرة استطاع من خلاله أن يقدم حلولاً للصعوبات التي واجهت نموذج رذرفورد من قبله .

اعتمد بور على فرضية الثالثة والتي تشير إلى أن الإشعاع المنبعث أو الممتص يكون منفصلاً وذا تردد محدد ويساوي فرق الطاقة بين المستويين اللذين ينتقل بينهما الإلكترون ، وهذا يتفق مع ما توصل اليه تجريبياً عن الطيف الخطي (متسلسلة بالمر وريدبيرغ) وتمكن من حساب الأطوال الموجية الأربعة فيزيائياً ؟

بدأ العلماء بعد بالمر (مثل لييمان ، باشن ، براكيت وفوند) بدراسة العلاقات التجريبية التي تعطي أطول موجات طيف ذرة الهيدروجين تجريبياً في منطقة الطيف غير المرئي (تحت الحمراء وفوق البنفسجية) مستخدمين المطياف في ذلك . حيث توافقت نتائجهم مع معادلة بور للأطوال الموجية وسميت نتائجهم باسم (متسلسلة) وسميت حسب مكتشفها عملياً على النحو التالي :



(١) متسلسلة لييمان : $R = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} \right)$ حيث $n = 2, 3, 4, \dots, \infty$

(٢) متسلسلة بالمر : $R = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} \right)$ حيث $n = 3, 4, 5, \dots$

(٣) متسلسلة باشن : $R = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} \right)$ حيث $n = 4, 5, 6, \dots$

(٤) متسلسلة براكيت : $R = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} \right)$ حيث $n = 5, 6, 7, \dots$

(٥) متسلسلة فوند : $R = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} \right)$ حيث $n = 6, 7, 8, \dots$

حيث : $R_H =$ ثابت ريديرغ $= 1,097 \times 10^7$ م / $n =$ عدد صحيح موجب يمثل رقم المستوى .

* متسلسلة ذرة الهيدروجين : هي مجموعة خطوط الطيف الناتجة من انتقال الإلكترون من مدار خارجي إلى مدار داخلي .

* يكون المدى الطيفي للسلاسل على النحو التالي :

المدى الطيفي	المتسلسلة
أشعة فوق بنفسجية	ليمان
ضوء مرئي	بالمر
أشعة تحت حمراء	باشن
أشعة تحت حمراء	براكيت
أشعة تحت حمراء	فوند

ملاحظة مهمة : أما عن أقصر طول موجي وأطول طول موجي فهو كالتالي :

كقاعدة عامة تذكر أن أطول طول موجي يقابل أقل طاقة ، والعكس صحيح أي أقصر طول موجي يقابل أكبر طاقة .
ودائماً أكبر طاقة هي الانتقال من مالانهاية إلى المدار الخاص بالمتسلسلة .

إذاً في متسلسلة لييمان أقصر طول موجي (أكبر طاقة وأكبر تردد) عندما يحدث انتقال من مالانهاية إلى المستوى الأول .
وفي بالمر أقصر طول موجي من مالانهاية إلى الثاني وفي باشن أقصر طول موجي من مالانهاية إلى الثالث .

وأقل طاقة تنتج عندما يحدث انتقال من المستوى الأعلى مباشرة .

إذاً في متسلسلة لييمان يكون أكبر طول موجي (أقل طاقة وأقل تردد) عندما يحدث انتقال من المستوى الثاني إلى المستوى الأول وفي متسلسلة بالمر يكون أكبر طول موجي عندما يحدث انتقال من المستوى الثالث إلى المستوى الثاني وفي متسلسلة باشن أكبر طول موجي عندما يحدث انتقال من المستوى الرابع إلى الثالث .

نموذج بور لذرة الهيدروجين

استفاد العالم بور من نموذج العالم رذرفورد لذرة الهيدروجين فى مفهوم الزخم الزاوي (خز = ك ع ن قن) ، واستفاد من مفاهيم العالمين بلانك وآينشتين فى تكمية الطاقة لصياغة فرضياته .

* نموذج بور الذري :

سؤال : اذكر فرضيات نموذج بور الذري الأربعة .

جواب :

(١) يتحرك الإلكترون حول النواة فى مدارات دائرية بتأثير قوة الجذب الكهربائية بين الإلكترون ذو الشحنة السالبة والنواة موجبة الشحنة .

(٢) هناك مجموعة محددة من المدارات يمكن للإلكترون أن يتواجد فيها وتكون طاقته فى أى من هذه المدارات ثابتة . ويمكن فى هذه الحالة وصف هذه المدارات بأنها : مستويات طاقة ولا يمكن للإلكترون أن يشع طاقة طالما بقى فى مستوى طاقة معين .

حيث ط_ن : طاقة المدار (المستوى)
ن : رقم المدار (المستوى)

$$\text{طن} = \frac{13.6}{n^2} \text{ev}$$

وتكون

(٣) يشع الإلكترون إذا انتقل من مستوى طاقة عالى إلى مستوى طاقة منخفض (تفسير الطيف الخطي لذرة الهيدروجين) وتكون الطاقة المنبعثة كممة على شكل فوتون ، كما يمكن للإلكترون أن ينتقل من مستوى طاقة منخفض إلى مستوى طاقة عالى إذا امتص فوتوناً طاقته تساوى فرق الطاقة بين المستويين . ويمكن حساب طاقة الفوتون المنبعث أو الممتص من العلاقة :

لا تنسى تحويل فرق الطاقة إلى وحدة جول لحساب التردد أو الطول الموجي

$$\text{طفوتون} = | \text{ط} - \text{ط} | = \text{ه} \times \text{ت}$$

حيث : ط : طاقة المستوى النهائى / ط : طاقة المستوى الإبتدائى / ه ت = طاقة الفوتون (بالجول) .

(٤) المدارات المسموح للإلكترون أن يتواجد فيها هي التي يكون فيها الزخم الزاوي للإلكترون من مضاعفات $\left(\frac{\text{ه}}{\pi^2} \right)$ أى أن : (ك ع ن قن = $\frac{\text{ه}}{\pi^2}$) حيث ن = ١ ، ٢ ، وتمثل رقم المدار المتواجد فيه الإلكترون .

$$\text{خز} = \frac{\text{ه}}{\pi^2} \text{ ن } \quad \text{أى أن}$$

أولاً : حساب أنصاف أقطار المدارات المسموح للإلكترون الوجود فيها :

عند دوران الإلكترون يخضع لتأثير قوة مركزية (ق_م) هي قوة التجاذب الكهربائية (ق_ك) المؤثرة فى الإلكترون من النواة .

$$ق_{م} = ق_{ك} \quad \text{ولأن شحنة البروتون تساوي شحنة الإلكترون فإن :} \quad \frac{mv^2}{r} \times \frac{ev}{نق} = \frac{ك}{نق} \frac{e^2}{ر}$$

$$\frac{ن ه}{\pi^2 ك نق} = ع$$

ومن فرضية بور الرابعة تكون

$$\frac{ك}{نق} \frac{e^2}{ر} = \frac{ك}{نق} \frac{e^2}{ر}$$

$$ك \left(\frac{ن ه}{\pi^2 ك نق} \right) = \frac{ك}{نق} \frac{e^2}{ر}$$

$$نق = \left(\frac{ن ه}{\pi^2 ك} \right) ن \quad \text{وعند تعويض قيم الثوابت داخل القوس تكون نق} = ٥,٢٩ \times ١٠^{-١١} ن$$

$$\frac{ك}{نق} \frac{e^2}{ر} = \frac{ك}{نق} \frac{e^2}{ر}$$

حيث أن المقدار (٥,٢٩ × ١٠^{-١١} م) هو نصف قطر المدار الأول (نق_١) ويسمى نصف قطر بور (نق_ب) فتصبح العلاقة :

$$\boxed{نقن = نقب \times ن}$$

ثانياً : حساب طاقة المستويات المسموح بها فى ذرة الهيدروجين :

يملك نظام (إلكترون - بروتون) فى ذرة الهيدروجين طاقة وضع كهربائية، كما مر معك

$$ط_{ر} = - \frac{أسه}{نق}$$

ويملك الإلكترون نتيجة دورانه حول النواة من الفرض الأول لبور طاقة حركية يحسب مقدارها

من العلاقة:

$$ط_{ع} = \frac{١}{٢} ك ع^٢, \text{ لذا تصبح الطاقة الميكانيكية الكلية للنظام:}$$

$$ط_{م} = ط_{ع} + ط_{ر}$$

$$= \frac{١}{٢} ك ع^٢ - \frac{أسه}{نق}$$

ومن العلاقة $\frac{E}{h\nu} = \frac{A}{h\nu}$ يمكن كتابة الطاقة الحركية على الصورة :

$$T_e = \frac{1}{2} K E = \frac{1}{2} \frac{A^2 v^2}{h^2 \nu^2}$$

وبتعويض هذه العلاقة فى معادلة الطاقة الميكانيكية الكلية نجد أن:

$$T_e = \frac{1}{2} \frac{A^2 v^2}{h^2 \nu^2} - \frac{A^2 v^2}{h^2 \nu^2}$$

$$= - \frac{1}{2} \frac{A^2 v^2}{h^2 \nu^2}$$

وبتعويض (نق) من العلاقة (نق = نقب × ن) ، نجد أن :

$$T_e = - \frac{1}{2} \frac{A^2 v^2}{h^2 \nu^2}$$

وبتعويض قيم الثوابت (أ، سه، نقب) وقسمة الناتج على (١,٦ × ١٠^{-١٩})، نحسب الطاقة الميكانيكية الكلية لأي مستوى فى ذرة الهيدروجين بوحدة الإلكترون فولت، وفق العلاقة الرياضية الآتية:

$$T_n = - \frac{13,6}{n^2} \text{ eV}$$

سؤال : إذا كانت الطاقة الكلية لإلكترون ذرة الهيدروجين فى مداره تعطي بالعلاقة ($T_n = - \frac{13,6}{n^2}$)

(أ) ما الأهمية الفيزيائية للإشارة السالبة فى العلاقة ؟

(ب) ما هو أدنى مستوى للطاقة يمكن أن يكون فيه الإلكترون . ثم احسب طاقة هذا المستوى بالجول ؟

جواب :

(أ) يجب تزويد الإلكترون بطاقة قدرها $\frac{13,6}{n^2}$ الكترون فولت لتحريره من الذرة ، دون اعطائه طاقة حركية .

وتسمى طاقة التحرر بـ طاقة التأيين .

(ب) أدنى قيمة ممكنة عندما $n = 1$ (مستوى الإستقرار ، المستوى الأول ، مدار بور) حيث

$$T_1 = - \frac{13,6}{1^2} = -13,6 \text{ eV} = -1,6 \times 10^{-19} \times 13,6 = -21,76 \times 10^{-19} \text{ جول} .$$

مثال (١) : احسب طاقة الإلكترون عندما يتواجد في المستويات (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ∞) .
الحل :

$$ط٤ = \frac{13,6 -}{(4)^2} = ٠,٨٥ \text{ eV}$$

$$ط٥ = \frac{13,6 -}{(5)^2} = ٠,٥٤ \text{ eV}$$

$$ط∞ = \frac{13,6 -}{(\infty)^2} = \text{صفر}$$

$$ط١ = \frac{13,6 -}{(1)^2}$$

$$ط٢ = \frac{13,6 -}{(2)^2} = ١٣,٦ \text{ eV}$$

$$ط٣ = \frac{13,6 -}{(3)^2} = ٣,٤ \text{ eV}$$

$$ط٤ = \frac{13,6 -}{(4)^2} = ١,٥ \text{ eV}$$

مثال (٢) : احسب نصف قطر المستوى الثالث والمستوى الرابع للإلكترون في ذرة الهيدروجين بناء على نموذج بور .
الحل :

$$نق١ = ن١ \times ٠,٥٢٩$$

$$نق٢ = ٩ \times ٠,٥٢٩ = ٤٧,٦١ \text{ م} \times ١٠^{-١١}$$

$$نق٣ = ١٦ \times ٠,٥٢٩ = ٨٤,٦٤ \text{ م} \times ١٠^{-١١}$$

مثال (٣) : الكترون موجود في المستوى الثاني لذرة بور ، احسب :

- (١) نصف قطر المستوى الموجود فيه .
- (٢) الزخم الزاوي للإلكترون في هذا المستوى .
- (٣) سرعة الإلكترون في هذا المستوى .
- (٤) الطاقة الكلية لهذا الإلكترون في مستواه .
- (٥) الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون .
- (٦) طاقة الفوتون المنبعث عند انتقال الإلكترون إلى المدار الأول . وحدد اسم المتسلسلة التي ينتمي إليها الطيف .

الحل :

$$(١) نق١ = ن١ \times ٠,٥٢٩ = ٤ \times ٠,٥٢٩ = ٢١,١٦ \text{ م} \times ١٠^{-١١}$$

$$(٢) خ١ = \frac{٢ \times ١,٠٥ \times ١٠^{-١٠}}{\pi^2} = ٢,١ \times ١٠^{-٢٤} \text{ جول ث}$$

$$(٣) ع١ = \frac{خ١}{ك نق١} = \frac{٢,١ \times ١٠^{-٢٤}}{١٠^{-١١} \times ٢١,١٦} \approx ٠,٠١١ \times ١٠^{-١١} \text{ م/ث}$$

$$(٤) ط٣ = \frac{13,6 -}{(3)^2} = ٣,٤ \text{ eV}$$

$$(٥) طتحرير = ٣,٤ \text{ eV}$$

$$(٦) ط١ = \frac{13,6 -}{(1)^2} = ١٣,٦ \text{ eV}$$

$$ط = |13,6 - 3,4| = ١٠,٢ \text{ eV} \text{ ، متسلسلة ليمان}$$

مثال (٤) : إذا كان الزخم الزاوي للإلكترون ذرة الهيدروجين في مدار ما ($5,25 \times 10^{-34}$) جول.ث جد رقم المدار الذي يدور فيه الإلكترون .

الحل :

$$\begin{aligned} \chi_z &= \frac{n h}{\pi^2} \\ 5,25 \times 10^{-34} &= \frac{n \times 6,626 \times 10^{-34}}{\pi^2} \\ n &= \frac{5,25 \times 10^{-34} \times \pi^2}{6,626 \times 10^{-34}} \end{aligned}$$

مثال (٥) : إذا انتقل إلكترون ذرة هيدروجين مثارة من مستوى الطاقة الرابع إلى مستوى الطاقة الثاني فأجب عما يأتي :
(١) ما اسم المتسلسلة التي ينتمي إليها الطيف الكهرومغناطيسي المنبعث .
(٢) الزخم الزاوي للإلكترون في مستوى الطاقة الرابع . (٣) طاقة الفوتون المنبعث بوحدة الإلكترون فولت .

الحل :

(١) متسلسلة بالمر
(٢) $\chi_z = \frac{n h}{\pi^2} = \frac{4 \times 6,626 \times 10^{-34}}{\pi^2} = 5,25 \times 10^{-34}$ جول.ث
(٣) $E_4 - E_2 = \frac{13,6}{4^2} - \frac{13,6}{2^2} = -3,4 \text{ eV}$
ط؛ $E_4 - E_2 = \frac{13,6}{4^2} - \frac{13,6}{2^2} = -3,4 \text{ eV}$
ط = $3,4 - 0,85 = 2,55$ إلكترون فولت

مثال (٦) : معتمداً على نموذج بور احسب الطول الموجي للخطوط المنبعثة من ذرة الهيدروجين .
الحل :

مثال (٧) : إلكترون ذرة هيدروجين طاقته (- ٣,٤) إلكترون فولت جد :
(١) رقم المدار الذي يدور فيه إلكترون ذرة الهيدروجين . (٢) الطاقة الممتصة إذا انتقل الإلكترون إلى المدار الخامس .
الحل :

$$(١) \quad n^2 = \frac{13,6}{3,4} = 4 \quad \text{ومن هنا } n = 2$$

$$(٢) \quad \Delta E = | - 0,54 - - 3,4 | = 2,86 \text{ إلكترون فولت}$$

مثال (٨) : إلكترون ذرة الهيدروجين في مستوى الطاقة الثالث . احسب :

(١) الطاقة الكلية للإلكترون .
(٢) إذا انتقل الإلكترون إلى مستوى آخر يكون عنده الزخم الزاوي للإلكترون يساوي (٢ هـ) جول. ث
احسب رقم ذلك المستوى .
الحل :

$$(١) \quad E_n = \frac{13,6}{n^2} = - 1,5 \text{ eV}$$

$$(٢) \quad \frac{2}{\pi} = \frac{n}{\pi^2} \quad \text{ومن هنا } n = 4$$

مثال (٩) : أنتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى طاقته (- ١,٥) إلكترون فولت إلى مستوى

طاقته (- ٣,٤) إلكترون فولت حسب نموذج بور الذري أحسب :
(١) تردد الإشعاع المنبعث . (٢) الزخم الزاوي للإلكترون في المدار الذي أنتقل إليه .
الحل :

$$(١) \quad \Delta E = | - 3,4 - - 1,5 | = 1,9 \text{ إلكترون فولت}$$

$$f = \frac{E}{h} = \frac{1,9 \times 1,6 \times 10^{-19}}{6,6 \times 10^{-34}} = 4,6 \times 10^{14} \text{ هيرتز}$$

$$(٢) \quad n^2 = \frac{13,6}{3,4} = 4 \quad \text{ومن هنا } n = 2$$

$$L = \frac{h}{\pi} = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{\pi} = 2,1 \times 10^{-34} \text{ جول ث}$$

مثال (١٠) : إذا انتقل إلكترون ذرة هيدروجين مثارة من مستوى الطاقة الخامس إلى مستوى الطاقة الثاني ، احسب :

(١) الزخم الزاوي للإلكترون في مستوى الطاقة الثالث .
(٢) الطول الموجي للفوتون المنبعث .
(٣) نوع الإشعاع الناتج .
الحل :

$$(١) \quad L = \frac{h}{\pi} = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{\pi} = 3 \times 10^{-34} \text{ جول ث}$$

$$(٢) \quad \left| \frac{1}{25} - \frac{1}{4} \right| \times 1,1 = \left| \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right| R = \frac{1}{\lambda}$$

$$\lambda \approx 4,33 \times 10^{-7} \text{ م}$$

(٣) ضوء مرئي

مثال (١١) : عند انتقال إلكترون ذرة هيدروجين مثارة من مستوى الطاقة الخامس إلى مستوى الطاقة الثاني انبعث فوتون تردده $(0,693 \times 10^8)$ هيرتز ، إلى أي متسلسلة ينتمي الطيف الكهرومغناطيسي المنبعث ، ثم احسب ثابت رايدبرغ (R) .

الحل :

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \text{ ومنها } \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c} = \frac{0,693 \times 10^8}{3 \times 10^8} = 0,231 \times 10^{-1}$$
$$\left| \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right| R = \frac{1}{\lambda}$$

بتوحيد المقامات

$$\left| \frac{1}{25} - \frac{1}{4} \right| R = 0,231 \times 10^{-1}$$
$$R = 1,1 \times 10^8 \text{ م}^{-1}$$

فرضية دي بروي (الطبيعة المزدوجة للمادة)

وجد كما ذكرنا سابقاً (الظاهرة الكهروضوئية) أن للموجات طبيعة جسيمية ولكن السؤال الذي كان يطرح فى الأذهان ، هل للجسيمات طبيعة موجية ؟

- الضوء موجة : له طبيعة مزدوجة (موجية وجسيمية)

- المادة (جسيم) : هل لها طبيعة مزدوجة (جسيمية وموجية) ؟

- طرحت هذه الفكرة من قبل العالم دي بروي ، ووضع فرضية على النحو التالي :

- اقترح أن للجسيمات المادية خصائص موجية تماماً كما للموجات خصائص جسيمية حيث :

ويكون طول موجته ($\lambda_{فوتون} = \frac{h}{\chi}$)

$$\chi = \frac{h}{\lambda}$$

أى هناك علاقة عكسية بين طول موجة دي بروي المصاحبة للجسيمات المادية والزخم الخطى للجسيمات وبما أن للجسيم

المادي كتلة فان زخمه يعطى بالعلاقة ($\chi = ك \times ع$) أى أن :

حيث λ : طول الموجة المصاحبة للجسيم المادي وتسمى طول موجة دي بروي

$$\lambda = \frac{h}{ك \times ع}$$

سؤال : اذكر استخداماً فى الحياة العملية من الخصائص الموجية للإلكترونات ؟

جواب : قد أمكن الاستفادة من الخصائص الموجية للإلكترونات عملياً فى تصميم المجهر الإلكتروني .

سؤال (علل) : للمجهر الإلكتروني قوة تمييز عالية تفوق قوة تمييز المجهر الضوئي .

جواب : ذلك لأنه عند استخدام المجهر الضوئي فإننا نسلط ضوءاً على العينة لنتمكن من رؤيتها ولا

يستطيع المجهر إظهار التفاصيل الدقيقة التي تكون أبعادها أقل من موجة الضوء الطبيعي المستخدم

أما فى المجهر الإلكتروني فتستخدم موجات إلكترونيات ذات طول موجي قصير (حيث يمكن التحكم فيها

إذ تسرع الإلكترونات فيزداد زخمها ويقل طولها الموجي ، وبذلك نحصل على موجات قصيرة تزيد

من قوة التمييز للمجهر الإلكتروني .

سؤال : اذكر نص فرضية دي بروي على ذرة الهيدروجين بالكلمات .

جواب : فى كل نظام ميكانيكي لا بد من وجود موجات تصاحب الجسيمات المادية .

سؤال : عبر بالكلمات والرموز عن الشرط الذي وضعه العالم دي بروي لموجات الإلكترون لتطبيق فرضيته

على ذرة الهيدروجين .

جواب : إذا كان الإلكترون يتحرك فى مسار دائري فإن محيط المدار يجب أن يحتوي على عدد صحيح من الموجات .

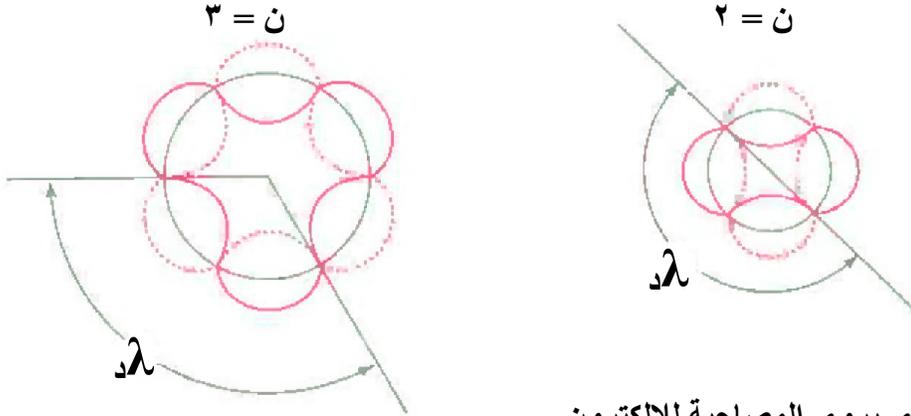
حتى يبقى التداخل بناءً وإذا كانت عدداً كسرياً فإنها ستتداخل تداخلاً هداماً وتلغى بعضها البعض ويمكن التعبير

عن هذا الشرط رياضياً على النحو التالي :

حيث ن : ١ ، ٢ ، ٣ ، ٠٠٠٠٠ عدد صحيح يمثل رقم المدار الذي يوجد به الإلكترون

$$2\pi n r = n \lambda$$

لا حظ أن : رقم المدار (ن) يدل على عدد الموجات الكاملة على محيط المدار المصاحبة للإلكترون .
(ن = نقاط التقاطع)
٢



حيث : λ هي طول موجة دي بروي المصاحبة للإلكترون .

من معادلة دي بروي نلاحظ أنها :

- (أ) تربط المعادلة بين الصفات الجسمية (ك ع) والصفات الموجية (λ) وأن العلاقة بينهما تعتمد على ثابت بلانك (هـ) .
(ب) تعتمد الطبيعة الموجية للأجسام في ظهورها على سرعة الجسم (ع \neq صفر) وكتلته (ك) حيث :
كلما زادت الكتلة (ك) قل طول موجة دي بروي (λ) ويصعب ملاحظتها وكلما قلت الكتلة (ك) يزداد طول موجة دي بروي (λ) ويمكن ملاحظتها مخبرياً فقط .

سؤال (علل) : يمكن ملاحظة الطبيعة الموجية للجسيمات الذرية ودون الذرية بينما لا يمكن ملاحظتها للأجسام الجاهرية (الكبيرة) ؟

جواب : لأن الطول الموجي المصاحب للجسيمات الذرية ودون الذرية يساوي مقداراً كبيراً يمكن قياسه وملاحظته والطول الموجي المصاحب للجسيمات الجاهرية (الكبيرة) فهو صغير جداً فيصعب قياسه وملاحظته .

سؤال : أعط مثلاً عملياً على الطبيعة الموجية للإلكترونات ؟

جواب : حيود الإلكترونات عند سقوط حزمة منها على سطح بلورة من مادة صلبة .

مثال (١) : إذا علمت أن جسيم كتلته $(٦,٦ \times 10^{-1٠})$ كغم قذف بسرعة (١×10^٤) م/ث احسب طول موجة دي بروي المصاحبة لهذا الجسيم .

الحل :

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.6 \times 10^{-3٤}}{10 \times 10^4} = 6.6 \times 10^{-3٩} \text{ م}$$

مثال (٢) : جسيم كتلته $(٣,٣ \times 10^{-1٠})$ كغم ، وطول الموجة المصاحبة له (٢×10^{-٣}) م ، ما مقدار السرعة الخطية لهذا للجسيم .

الحل :

$$v = \frac{h}{m\lambda} = \frac{6.6 \times 10^{-3٤}}{3.3 \times 10^{-3} \times 10^{-1٠}} = 2 \times 10^٦ \text{ م/ث}$$

مثال (٣) : ما زخم فوتون طول موجته $(٣,٣ \times 10^{-1٠})$ م .

الحل :

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.6 \times 10^{-3٤}}{3.3 \times 10^{-1٠}} = 2 \times 10^{-٢٤} \text{ كغم.م/ث}$$

مثال (٤) : سقط فوتون طاقته (١٢×10^{-1٩}) جول جد زخم الفوتون الساقط .

الحل :

$$p = \frac{E}{c} = \frac{12 \times 10^{-1٩}}{3 \times 10^8} = 4 \times 10^{-٢٧} \text{ كغم.م/ث} \quad (١)$$

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad (٢)$$

بتعويض (٢) فى (١) ينتج

$$4 \times 10^{-٢٧} = \frac{6.6 \times 10^{-3٤}}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{6.6 \times 10^{-3٤}}{4 \times 10^{-٢٧}} = 1.65 \times 10^{-٨} \text{ م}$$

مثال (٥) : إلكترون ذرة هيدروجين فى مستوى طاقة محدد (ن) ، وجد أن طول موجة دي بروي المصاحبة

له تساوي (٤π) نقب) احسب :

(١) رقم مستوى الطاقة المحدد (ن) . (٢) الطاقة اللازم تزويد الإلكترون بها لكي يغادر مستواه نهائياً .

الحل :

$$\lambda = 4\pi n = 4\pi \times 1 = 4\pi \text{ م} \quad (١)$$

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV} = -\frac{13.6}{1^2} = -13.6 \text{ eV} \quad (٢)$$

مثال (٦) : أثبت أن طول موجة دي بروي المصاحبة لإلكترون ذرة الهيدروجين في المستوى (ن=٣) تعطي بالعلاقة $(\lambda = \pi^6 \text{ نقب })$.

الحل :

.....

مثال (٧) : باستخدام فرضية دي بروي لمحيط المدار أثبت فرضية الزخم الزاوي للعالم بور .

الحل :

.....

مثال (٨) : برهن أن الطول الموجي المصاحب لجسيم كتلته (ك) وطاقتة الحركية (طح) يعطي بالعلاقة :

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e(\Delta E_{\text{جتي}})}}$$

الحل :

.....

مثال (٩) : الرسم المجاور يبين مخططاً لمستويات الطاقة بالإلكترون فولت ، مستعيناً بالقيم المثبتة عليه :

أولاً : (١) ماذا يحدث للإلكترون (أ) عندما ينتقل بين مستويين مختلفين من الطاقة .

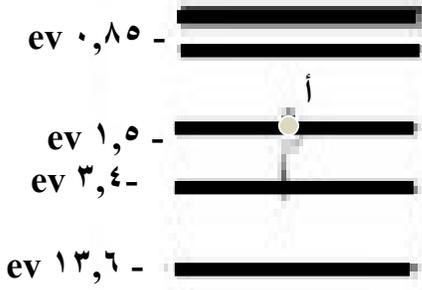
(٢) ماذا تمثل الإشارة السالبة في المقدار (-١٣,٦) eV .

(٣) نصف قطر المدار الموجود فيه الإلكترون (أ) .

ثانياً : (١) أقصر طول موجي في متسلسلة بالمر .

(٢) طول موجة دي بروي المنبعثة .

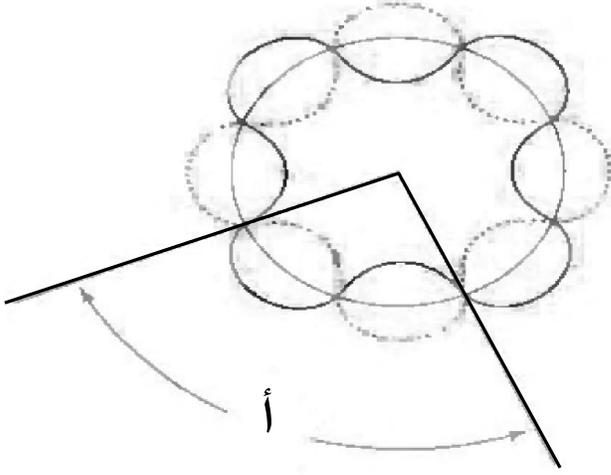
الحل :



مثال (١٠) : الشكل المرسوم يمثل موجة موقوفة للإلكترون فى ذرة الهيدروجين اوجد لهذا الإلكترون :

- (١) رقم المستوى (ن) . فسر اجابتك .
- (٢) ماذا تمثل (أ) . فى ذرة الهيدروجين .
- (٣) طول الموجة (λ) المصاحبة للإلكترون .
- (٤) أقل تردد فى الإثارة الثالث .

الحل :



قوانين الفصل

ط : طاقة الفوتون الساقط ، هـ : ثابت بلانك ، تـ : تردد الفوتون

$$ط = هـ \times تـ$$

س : سرعة الضوء ، λ : الطول الموجي

$$تـ = \frac{س}{\lambda}$$

$$ط = \frac{هـ \times س}{\lambda}$$

(طح) ع : الطاقة الحركية العظمى ، e_v : شحنة الإلكترون ، λ : الطول الموجي

$$ط(ح) ع = \sqrt{e_v} \times جى$$

ϕ : اقتران الشغل ، تـ : تردد العتبة للفولت

$$\phi = هـ \times تـ$$

ط (فوتون ساقط) = اقتران الشغل + الطاقة الحركية العظمى

$$هـ \times تـ = \phi + ط(ح) ع$$

$$هـ \times تـ = هـ \times تـ + e_v \times جى$$

نقن : نصف قطر المستوى ، نقب : نصف قطر بور ($0.29 \times 10^{-10} م$) ، ن : رقم المستوى

$$نقن = نقب \times ن^2$$

خ : الزخم الخطي ، ك : كتلة جسيم ، ع : السرعة الخطية للجسيم

$$\left\{ \begin{array}{l} خ = ك \times ع \\ \frac{ط}{س} = خ \end{array} \right\}$$

خ : الزخم الخطي ، ط : طاقة الفوتون ، س : سرعة الضوء

حيث χ : الزخم الزاوي π : ٣,١٤

$$\left\{ \begin{array}{l} \chi = \frac{ن هـ}{\pi^2} \\ \chi = ك ع نقن \end{array} \right\}$$

طن : طاقة الإلكترون في مستوى ما دون انتقاله

$$طن = \frac{١٣,٦}{ن^2}$$

حساب الطول الموجي (λ) عند انتقال الإلكترون بين مستويين ، R : ثابت رايدبرغ

$$R = \frac{1}{\lambda} \left| \frac{1}{ن_1} - \frac{1}{ن_2} \right|$$

ن : رقم المستوى الابتدائي ، ن_٢ : رقم المستوى النهائي

$\Delta ط$: فرق الطاقة عند انتقال الإلكترون بين مستويين ، ط : طاقة المستوى النهائي ، ط : طاقة المستوى الابتدائي

$$\Delta ط = ط - ط$$

$\Delta ط$: فرق الطاقة

$$ev \quad \Delta ط = ١٣,٦ \left| \frac{1}{ن_1} - \frac{1}{ن_2} \right|$$

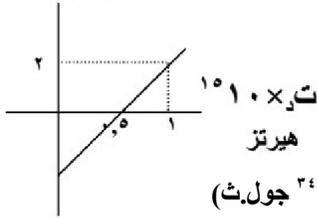
λ هنا هي طول موجة دي بروي (بروي) المصاحبة للإلكترون

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda = \frac{هـ}{ك} = \frac{هـ}{خ} \\ ن^2 \pi^2 = نقن \\ \lambda = ن^2 \pi^2 = نقب \end{array} \right\}$$

ورقة عمل على فيزياء الكم

- س ١ : علل : يعتمد جهد القطع على تردد الضوء الساقط ولا يعتمد على شدة الضوء ؟
س ٢ : علل : تنبعث الإلكترونات بسرعات وبطاقات حركية مختلفة مع إن تردد الضوء الساقط ثابت ؟
س ٣ : على ماذا تدل الإشارة السالبة فى قانون الطاقة $h\nu - \phi = eV$ ؟
س ٤ : إذا علمت إن اقتران الشغل للنحاس (٤,١٢٥) إلكترون فولت احسب :
(١) تردد العتبة . ($\approx 1.0 \times 10^{15}$ هيرتز) (٢) جهد القطع عندما يسقط ضوء تردده (1.0×10^{15} هيرتز) . (٢,٠٦٢٥ فولت)

طح عظمى 1.0×10^{-19} جول



- س ٥ : فى الشكل احسب :
(١) تردد العتبة . (1.0×10^{15} هيرتز) (٢) اقتران الشغل . (3.3×10^{-19} جول)
(٣) جهد القطع . (≈ 2.6 فولت)

- س ٦ : إذا كان الإلكترون فى المستوى الرابع للطاقة احسب الزخم الزاوي . ($2 = 4 \times 10^{-34}$ جول.ث)

- س ٧ : عند انتقال الإلكترون من المستوى الثالث إلى الثانى احسب :

- (١) طاقة الفوتون المنبعث . (1.9 eV) (٢) الطول الموجي للفوتون المنبعث . (6.5×10^{-7} م)

- س ٨ : إذا كان الزخم الزاوي لإلكترون فى أحد المستويات 4.2×10^{-34} جول.ث

- (١) رقم مستوى المستوى (٢) نصف قطر المستوى (٣) طول موجة دي بروي المصاحبة

- س ٩ : فى ذرة الهيدروجين انتقل إلكترون من مستوى طاقته (-٠,٨٥) إلكترون فولت إلى مستوى

- طاقته (-٣,٤) إلكترون ، فولت احسب :

- (١) طاقة الفوتون المنبعث . (٢) رقمى مستويى المدارين .

- س ١٠ : ما مقدار الطاقة اللازمة للإلكترون حتى يغادر الذرة علماً بأنه فى مستوى الطاقة الرابع .

- س ١١ : إذا انتقل الإلكترون من المستوى الثالث إلى المستوى الأول ما التردد والطول الموجي التي يمكن إن تشعه الذرة

- س ١٢ : احسب طول موجة دي بروي المصاحبة لإلكترون طاقة حركته (١٠٠) إلكترون فولت .

- س ١٣ : سقط فوتون طول موجته (1.0×10^{-7}) م على صفيحة معدنية اقتران الشغل لها (٢,٣ $\times 10^{-19}$) جول فانبعث

- منها إلكترون احسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنبعث .

- س ١٤ : إلكترون فى ذرة الهيدروجين فى المستوى $n = 1$ أعطي طاقة مقدارها (١٢,٧٥) إلكترون فولت ما رقم المستوى

- الذي يصله الإلكترون .

- س ١٥ : احسب طول موجة دي بروي لإلكترون فى المستوى الثالث .

- س ١٦ : إلكترون فى مستوى الطاقة الرابع جد :

- (١) الزخم الزاوي للمستوى الرابع (٢) اقصر طول موجة فى متسلسلة بالمر (٣) أقل تردد فى متسلسلة باشن

- س ١٧ : علل : يمكن ملاحظة الطبيعة الموجية للأجسام المجهرية (الذرية) ولا يمكن ملاحظتها للأجسام الجاهرية ؟

- س ١٨ : اذكر طرق تفاعل الفوتون (الضوء) مع المادة (الإلكترون) .

- س ١٩ : ما عدد الموجات الكاملة فى مستوى الإثارة الرابع .

- س ٢٠ : سقط فوتون تردده (0.75×10^{15}) هيرتز على سطح فلز تردد العتبة له (0.5×10^{15}) هيرتز جد :

- (١) اقتران الشغل للفلز . (٢) فرق جهد القطع .

- س ٢١ : سقط ضوء طول موجته (3×10^{-7}) م ، على سطح فلز تردد العتبة له (0.75×10^{15}) هيرتز احسب :

- (١) اقتران الشغل ϕ للفلز . (٢) الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنبعث من سطح الفلز .

ثوابت مهمة : سرعة الضوء (س) $= 3 \times 10^8$ م/ث ، ثابت بلانك (ه) $= 6.6 \times 10^{-34}$ جول.ث ،

نصف قطر بور (نق) $= 5.29 \times 10^{-11}$ م ، ثابت رايدبرغ (R) $= 1.1 \times 10^7$ م⁻¹ ،

كتلة الإلكترون (ك) $= 9.1 \times 10^{-31}$ كغ ، شحنة الإلكترون $= -1.6 \times 10^{-19}$ كولوم

أسئلة وزارية محلولة على فيزياء الكم

(ب) إذا انتقل إلكترون ذرة هيدروجين مثارة من مستوى الطاقة الرابع إلى مستوى الطاقة الثاني.

فأجب عما يأتي :

(٨ علامات)

أولاً : ما اسم السلسلة التي ينتمي إليها الطيف الكهرمغناطيسي المنبعث ؟

ثانياً : احسب كلاً مما يأتي :

١- الزخم الزاوي للإلكترون في مستوى الطاقة الرابع.

٢- طاقة الفوتون المنبعث بوحدة (إلكترون فولت).

(ب) أولاً (بالط) (١)

$$\text{ثانياً : ١- } \frac{h \cdot \nu}{\pi \cdot c} = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \cdot 3 \times 10^8}{1.097 \times 10^{-7}} = 1.82 \times 10^{-19} \text{ جول. ثانية}$$

$$\text{الزخم الزاوي} = \frac{h \cdot \nu}{2\pi} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \cdot 3 \times 10^8}{2\pi} = 1.58 \times 10^{-26} \text{ جول. ثانية}$$

٢- $\frac{h \cdot \nu}{2\pi} = \frac{1.82 \times 10^{-19}}{2\pi} = 1.45 \times 10^{-20} \text{ جول. ثانية}$

٣- $\frac{h \cdot \nu}{2\pi} = \frac{1.82 \times 10^{-19}}{2\pi} = 1.45 \times 10^{-20} \text{ جول. ثانية}$

٤- $\frac{h \cdot \nu}{2\pi} = \frac{1.82 \times 10^{-19}}{2\pi} = 1.45 \times 10^{-20} \text{ جول. ثانية}$

٥- $\frac{h \cdot \nu}{2\pi} = \frac{1.82 \times 10^{-19}}{2\pi} = 1.45 \times 10^{-20} \text{ جول. ثانية}$

(ب) سقط ضوء طول موجته (250×10^{-10}) م على سطح فلز ، فإذا وجد أن فرق جهد

(٩ علامات)

القطع للفلز حينئذ يساوي (٢) فولت ، فاحسب ما يأتي :

(١) الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنبعث من سطح الفلز بوحدة (الجول).

(٢) اقتران الشغل لهذا الفلز.

١- $\frac{h \cdot \nu}{2\pi} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \cdot 3 \times 10^8}{2\pi} = 1.58 \times 10^{-26} \text{ جول. ثانية}$

٢- $\frac{h \cdot \nu}{2\pi} = \frac{1.82 \times 10^{-19}}{2\pi} = 1.45 \times 10^{-20} \text{ جول. ثانية}$

٣- $\frac{h \cdot \nu}{2\pi} = \frac{1.82 \times 10^{-19}}{2\pi} = 1.45 \times 10^{-20} \text{ جول. ثانية}$

٤- $\frac{h \cdot \nu}{2\pi} = \frac{1.82 \times 10^{-19}}{2\pi} = 1.45 \times 10^{-20} \text{ جول. ثانية}$

٥- $\frac{h \cdot \nu}{2\pi} = \frac{1.82 \times 10^{-19}}{2\pi} = 1.45 \times 10^{-20} \text{ جول. ثانية}$

أ) عند زيادة شدة الضوء الساقط على باعث الخلية الكهروضوئية، ما الذي يحدث لكل مما يلي مفسراً إجابتك لكل حالة: (١) تيار الخلية. (٢) فرق جهد القطع. (٦ علامات)

ج) تمثل العلاقة (ك ع نق = $\frac{h\nu}{\pi^2}$) فرضاً من فروض بور: (٦ علامات)

(١) اكتب نص الفرضية التي تمثلها هذه العلاقة.

(٢) اعتماداً على هذه العلاقة، بين أن الطاقة الحركية للإلكترون تعطى بـ (طح = $\frac{1}{8} \frac{h\nu}{\pi^2}$). (٦ علامات)

٤. ا. زيادة التيار الكهربائي، زيادة شدة الضوء، يعني زيادة عدد الفوتونات

ب. التالي زيادة عدد الإلكترونات المنبعثة. (١)

ج. يعني تاجراً، جهد القطع يصعد على طاقة وتردد الفوتون، وزيادة

شدة الضوء، لا تزيد من طاقة الفوتون أو تردده. (١)

٥. ا. يمثل الإلكترون الذي يدور حول النواة زخماً زاوياً (ل) يساوي

ل ويكون لهذا الزخم (كم) محدد، أي المداران المسموح للإلكترون

أن يتواجد فيه هي التي يكون فيها الزخم الزاوي للإلكترون مضاعفات

للزخم الزاوي. (علامتان) $\pi^2/8$

ب. $l = \frac{1}{2} h$ (١) من العلاقة $E = \frac{h\nu}{\pi^2}$ (١)

ج. $l = \frac{1}{2} h$ (١) $(\frac{h\nu}{\pi^2})$ (٥)

$\frac{1}{8} = (\frac{h\nu}{\pi^2})$

مهارات في الفيزياء
فيزياء الكم

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

(٢) يجب أن يكون محيط مدار الإلكترون في ذرة الهيدروجين مساوياً لعدد صحيح من طول الموجة المصاحبة لحركة الإلكترون.

- (ب) افترض دي برولي وجود موجات مصاحبة لحركة الجسيمات المادية (موجات دي برولي)، (٣ علامات)
- (١) اكتب العلاقة الرياضية التي تحسب الطول الموجي لموجة دي برولي.
 - (٢) اذكر دليلاً تجريبياً على وجود تلك الموجات.
 - (٣) اذكر تطبيقاً عملياً واحداً لاستخدام تلك الموجات.

(ب) الشكل المجاور يمثل العلاقة بين تردد الضوء الساقط والطاقة

الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المتحررة في الخلية الكهروضوئية.

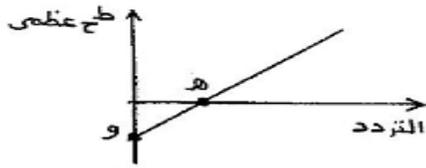
اعتماداً على الشكل: (١) ماذا تمثل كل من النقطتين (هـ، و) ؟

(٢) إذا استبدل الفلز بآخر اقتران الشغل له مختلف فهل يتغير ميل المنحنى؟

(٣) احسب فرق جهد القطع عند سقوط ضوء بتردد (1×10^{16}) هيرتز

على فلز اقتران الشغل له (2) إلكترون فولت.

(٧ علامات)



٢ - متى لا يحدث تداخل صدام بين كمات كم صاصه
رئغ بعل

١ - $\frac{m}{h} = \lambda$
٢ - صرد بلكرونات (أو السوروطه أود لوطه كيدوسه) في البلورات
٣ - الجهر الالكروني

(١) ه : تردد العينة

و : اقتران الشغل (ϕ)

٢ - لا يتغير

٣ - $h\nu = \phi + E_{max}$

$$h(1 \times 10^{16}) = (1.0 \times 1.6 \times 10^{-19}) + (1.0 \times 1.6 \times 10^{-19})$$

$$1.0 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$1.0 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$1.0 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

مهارات في الفيزياء
فيزياء الكم

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

- (١) أسقط فوتونان مختلفان في التردد على فلز واحد، فأنطلق من الفلز إلكترونان متساويان في الطاقة الحركية.
(أ) إلكترون ذرة هيدروجين مثارة، موجود في المستوى الثالث للطاقة، احسب:
(١) مقدار الطاقة (بوحدة الإلكترون فولت) اللازم إعطائها للإلكترون ليغادر الذرة نهائياً.
(٢) نصف قطر مدار هذا الإلكترون.

٢-١ لأن الالكترونات انطلقتا من أماكن مختلفة من الفلز (١)
منه أ: الفوتون ذو التردد الأعلى انتزع الكترون من عمق معين من الفلز
أو الفوتون ذو التردد الأقل انتزع الكترون من عمق أقل (١)

$$1-2 \quad h\nu - \phi = \frac{1}{2}mv^2$$

$$e.v. \quad 1.0 - 1.37 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$h\nu - \phi = \frac{1}{2}mv^2 \quad \Rightarrow \quad 1.0 - 1.37 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \quad m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

(١٠ علامات)

(١) أولاً يتفاعل الفوتون مع المادة (الالكترونات) بطرق مختلفة.

١. على ماذا يعتمد هذا التفاعل ؟
 ٢. اذكر ثلاث طرق على هذا التفاعل.
- ثانياً: يوجد إلكترون ذرة الهيدروجين في مستوى الإثارة الثالث. أجب عما يأتي:
١. احسب طول موجة دي برولي المصاحبة للإلكترون في هذا المستوى. وما عدد هذه الموجات ؟
 ٢. إذا انتقل الإلكترون إلى مستوى الاستقرار :
 - ما اسم المتسلسلة الإشعاعية التي ينتمي إليها هذا الفوتون المنبعث ؟
 - ما أقصر طول موجة لفوتون ينتمي لهذه المتسلسلة ؟

١. ضاعف الفوتون

٢. ظاهرة كومبتون

٣. الظاهرة الكهرموتية

٤. انتقال الإلكترونات من مستوى طاقة معين إلى مستوى أعلى

$$h\nu = \phi + \frac{1}{2}mv^2$$

$$1.0 - 1.37 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \quad m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

عدد الموجات = (٣)

٥. ليمان

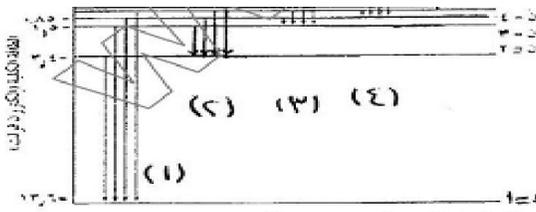
$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

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

$$\lambda = \frac{1}{R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right)} = 1.215 \times 10^{-7} \text{ m}$$

مهارات في الفيزياء فيزياء الكم

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤



ج) يوضح الشكل المجاور مخططاً لمستويات الطاقة ومتسلسلات خطوط طيف ذرة الهيدروجين. معتمداً على الشكل وبياناته، أجب عما يأتي :

١- ما اسم المتسلسلة رقم (٣) ؟

٢- احسب اقصر طول موجي في المتسلسلة رقم (٢).

٣- إذا انتقل إلكترون من المستوى الذي طاقته - ١,٥ إلكترون فولت إلى المستوى الذي

طاقته - ٣,٤ إلكترون فولت. فاحسب تردد الفوتون المنبعث.

(٧ علامات)

د) إذا كان الطول الموجي لفوتون قبل الاصطدام بإلكترون حر ساكن (6.0×10^{-10}) م ،

وبعد الاصطدام به (8.0×10^{-10}) م ، احسب :

١- زخم الفوتون قبل الاصطدام. ٢- الطاقة التي اكتسبها الإلكترون بعد الاصطدام.

١- باسطن

٢- احسب اقصر طول موجي في المتسلسلة رقم (٣) ؟

٣- احسب تردد الفوتون المنبعث.

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{6.0 \times 10^{-10}} - \frac{1}{8.0 \times 10^{-10}}$$

$$\lambda = 2.4 \times 10^{-9} \text{ م}$$

٣- احسب تردد الفوتون المنبعث.

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{2.4 \times 10^{-9}} = 1.25 \times 10^{17} \text{ هرتز}$$

الإجابة:

$$(1) \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{1.25 \times 10^{17}} = 2.4 \times 10^{-9} \text{ م}$$

(٢) احسب تردد الفوتون المنبعث.

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{2.4 \times 10^{-9}} = 1.25 \times 10^{17} \text{ هرتز}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{2.4 \times 10^{-9}} = 1.25 \times 10^{17} \text{ هرتز}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{2.4 \times 10^{-9}} = 1.25 \times 10^{17} \text{ هرتز}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{2.4 \times 10^{-9}} = 1.25 \times 10^{17} \text{ هرتز}$$

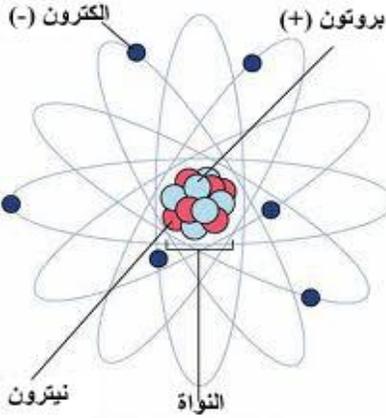
بنية النواة وخصائصها (اكتشاف مكونات النواة)

* اقترح رذرفورد نموذجاً للذرة افترض أن الشحنات الموجبة تتركز في حيز صغير اطلق عليه اسم نواة **لاحظ** رذرفورد أن :

قذف غاز النيتروجين بجسيمات ألفا ، يؤدي إلى انبعاث جسيمات موجبة الشحنة سميت بروتونات (p) .
خصائصها مماثلة لنواة ذرة الهيدروجين .

* توصل العالم شادويك إلى أن : قذف صفيحة من البريليوم بجسيمات ألفا ، يؤدي إلى انبعاث جسيمات متعادلة كهربائياً أطلق عليها اسم نيوترونات (N) وبعد هذا الاكتشاف وضع العلماء نموذج للنواة على النحو التالي :

تتكون النواة من نوعين من الجسيمات هي : البروتونات وهي العدد الذري ورمزها (Z) والنيوترونات يرمز لعددها بالرمز (N) ويطلق على البروتونات والنيوترونات معاً اسم (نيوكليونات) ويرمز لعدد النيوكليونات بالرمز (A) ويسمى العدد الكتلى ، حيث :



(N+Z=A) أي يكون عدد النيوكليونات = العدد الكتلي (A) .

يمثل العنصر على النحو التالي : A_ZX حيث أن (Z - A = N)

النظائر : هي ذرات للعنصر نفسه تتساوى في العدد الذري (Z) وتختلف في العدد الكتلي (A) عدد النيوكليونات .

مثال توضيحي : للكربون نظائر أربعة (6_6C ، ${}^{12}_6C$ ، ${}^{13}_6C$ ، ${}^{14}_6C$) حيث تتفاوت النظائر في نسبة وجودها في الطبيعة كما أن بعضها ينتج صناعياً .

* تقاس كتلة الجسيمات النووية والذرية بوحدة تسمى وحدة كتلة ذرية يرمز لها (و.ك.ذ) وهي مناسبة أكثر من وحدة القياس (كغ) .

$$\text{حيث } \text{و.ك.ذ} = \frac{\text{كغ}}{{}^{12}_6\text{C} \times 1.660539 \times 10^{-27}}$$

ملاحظة : للتحويل من كغ إلى (و.ك.ذ) (نقسم على ${}^{12}_6\text{C} \times 1.660539 \times 10^{-27}$)
من (و.ك.ذ) إلى كغ (نضرب ب ${}^{12}_6\text{C} \times 1.660539 \times 10^{-27}$)

* تقاس طاقة الجسيمات النووية والذرية بوحدة تسمى وحدة الكترون فولت يرمز لها (e.v) وهي مناسبة أكثر من وحدة

$$\text{القياس (جول) حيث } (e.v) = \frac{\text{جول}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

قياس نصف قطر النواة (حجمها & كثافتها)

* إن النواة كرة صغيرة لايتجاوز نصف قطرها 10^{-14} م ، وقد دلت التجارب بعد ذلك على أن معظم النوى كروية الشكل تقريباً. وأن نصف قطر النواة يعطي بالعلاقة التقريبية التالية :

حيث $\text{نق} = 1,2 \times 10^{-14}$ م

$$\text{نق} = \text{نق} \cdot A^{1/3}$$

أو

$$\text{نق} = \text{نق} \cdot A^{1/3}$$

* يمكن حساب كتلة تقريبية للنواة من العلاقة (عدد النيوكليونات \times كتلة أحدهما) أي

حيث ك : كتلة البروتون أو النيوترون

$$\text{كتلة النواة التقريبية} = A \times K$$

مثال (١) : احسب نصف قطر نواة الليثيوم ${}^6\text{Li}_3$ ، والكتلة التقريبية لها باعتبار ($K = 1,67 \times 10^{-27}$) و.ك.ذ .
الحل :

مثال (٢) : اشتق علاقة تعطي كثافة نواة العنصر .
الحل :

لاحظ أن : كثافة النواة ثابتة للعناصر جميعها ولا تتغير من عنصر لآخر وليس لها علاقة بالعدد الكتلي أو بنصف قطر النواة لأن زيادة العدد الكتلي يرافقه زيادة في كتلة وحجم النواة فتبقى الكثافة ثابتة .

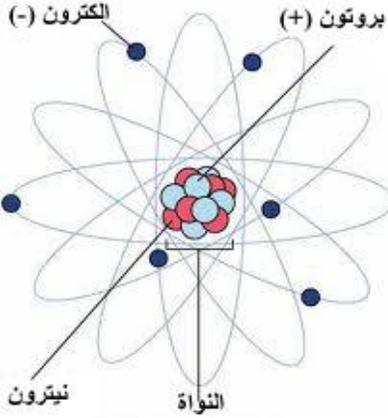
بنية النواة وخصائصها (اكتشاف مكونات النواة)

* اقترح رذرفورد نموذجاً للذرة افترض أن الشحنات الموجبة تتركز في حيز صغير اطلق عليه اسم نواة لاحظ رذرفورد أن :

قذف غاز النيتروجين بجسيمات ألفا ، يؤدي إلى انبعاث جسيمات موجبة الشحنة سميت بروتونات (p) .
خصائصها مماثلة لنواة ذرة الهيدروجين .

* توصل العالم شادويك إلى أن : قذف صفيحة من البريليوم بجسيمات ألفا ، يؤدي إلى انبعاث جسيمات متعادلة كهربائياً أطلق عليها اسم نيوترونات (N) وبعد هذا الاكتشاف وضع العلماء نموذجاً للنواة على النحو التالي :

تتكون النواة من نوعين من الجسيمات هي : البروتونات وهي العدد الذري ورمزها (Z) والنيوترونات يرمز لعددها بالرمز (N) ويطلق على البروتونات والنيوترونات معاً اسم (نيوكليونات) ويرمز لعدد النيوكليونات بالرمز (A) ويسمى العدد الكلي ، حيث :



(N+Z=A) أي يكون عدد النيوكليونات = العدد الكلي (A) .

يمثل العنصر على النحو التالي : A_ZX حيث أن (Z - A = N)

النظائر : هي ذرات للعنصر نفسه تتساوى في العدد الذري (Z) وتختلف في العدد الكلي (A) عدد النيوكليونات .

مثال توضيحي : للكربون نظائر أربعة (6_6C ، ${}^{12}_6C$ ، ${}^{13}_6C$ ، ${}^{14}_6C$) حيث تتفاوت النظائر في نسبة وجودها في الطبيعة كما أن بعضها ينتج صناعياً .

* تقاس كتلة الجسيمات النووية والذرية بوحدة تسمى وحدة كتله ذرية يرمز لها (و.ك.ذ) وهي مناسبة أكثر من وحدة القياس (كغ) .

$$\text{حيث } \text{و.ك.ذ} = \frac{\text{كغ}}{1.660539 \times 10^{-27}}$$

ملاحظة : للتحويل من كغ إلى (و.ك.ذ) (نقسم على 1.660539×10^{-27})
من (و.ك.ذ) إلى كغ (نضرب ب 1.660539×10^{-27})

* تقاس طاقة الجسيمات النووية والذرية بوحدة تسمى وحدة الكترون فولت يرمز لها (e.v) وهي مناسبة أكثر من وحدة

$$\text{القياس (جول) حيث (e.v) = } \frac{\text{جول}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

قياس نصف قطر النواة (حجمها & كثافتها)

* إن النواة كرة صغيرة لايتجاوز نصف قطرها 10^{-14} م ، وقد دلت التجارب بعد ذلك على أن معظم النوى كروية الشكل تقريباً. وأن نصف قطر النواة يعطي بالعلاقة التقريبية التالية :

حيث $\text{نق.} = 1,2 \times 10^{-14}$ م

أو $\text{نق} = \text{نق.} \times A^{\frac{1}{3}}$ أو $\text{نق} = \text{نق.} \times A^{\frac{1}{3}}$

* يمكن حساب كتلة تقريبية للنواة من العلاقة (عدد النيوكليونات \times كتلة أحدهما) أى

حيث K : كتلة البروتون

$\text{كتلة النواة التقريبية} = A \times K$

مثال (١) : احسب نصف قطر نواة الليثيوم ${}^8\text{Li}_3$ ، والكتلة التقريبية لها باعتبار ($K = 1,0073$) و.ك.ب. .
الحل :

مثال (٢) : اشتق علاقة تعطي كثافة نواة العنصر .
الحل :

لاحظ أن : كثافة النواة ثابتة للعناصر جميعها ولا تتغير من عنصر لآخر وليس لها علاقة بالعدد الكتلى أو بنصف قطر النواة لأن زيادة العدد الكتلى يرافقه زيادة فى كتلة وحجم النواة فتبقى الكثافة ثابتة .

استقرار النواة

العوامل المسؤولة عن استقرار النواة هي :

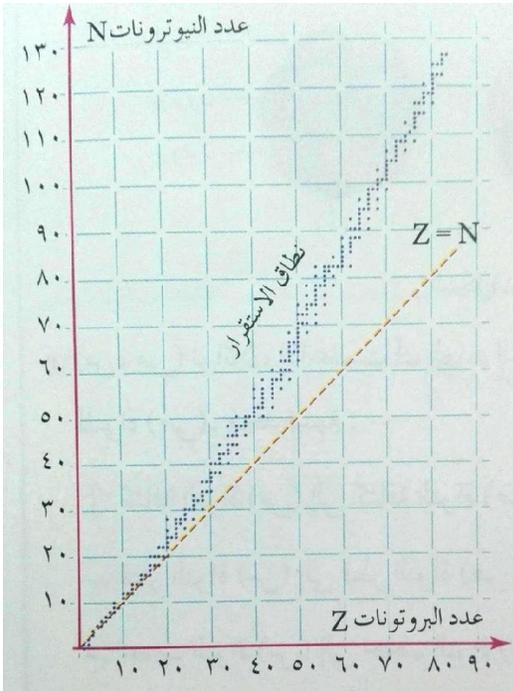
- (١) القوة النووية : للقوة النووية كما علمنا دور مهم في استقرار النواة . إذ تصنف النوى إلى مستقرة وغير مستقرة حيث النواة غير المستقرة نواة مشعة ، والنواة المستقرة نواة غير مشعة .
- (٢) النيوترونات : تشكل النيوترونات عاملاً مهماً في استقرار النواة ، فوجود عدد مناسب منها يجعل القوة النووية تسود على القوة الكهربائية لأنها متعادلة كهربائياً .

سؤال : وضح المقصود بالقوة النووية ؟ ثم اذكر خصائصها ؟

جواب : هي قوة تجاذب ذات مدى قصير جداً تربط بين النيوكليونات المتجاورة في النواة . وتمتاز بأنها :

- (١) كبيرة المقدار وهي الأقوى في الطبيعة .
- (٢) لها دور مهم في استقرار النوى وتماسكها .
- (٣) قوة تجاذب لا تعتمد على نوعية (ماهية) النيوكليونين المتجاوبين { تنشى بين $N \& N$ ، $N \& p$ ، $p \& p$ } .
- (٤) ذات مدى قصير : حيث تنشى بين النيوكليونات المتجاورة عندما تكون المسافة بين البروتونين تقريباً $(1.4 \times 10^{-10} \text{ م})$ ، وتصبح قوة التنافر الكهربائية أكبر من القوة النووية إذا زاد البعد بينهما إلى أربعة أضعاف هذا المقدار .

يمثل الشكل منحنى الاستقرار الذي يوضح العلاقة بين عدد البروتونات وعدد النيوترونات لنوى العناصر والشكل يفسر استقرار وعدم استقرار النوى كما يلي :



(أ) بالنسبة للنوى المستقرة الخفيفة ($Z \geq 20$) :

(١) حزمه خفيفة تقع على الخط المستقيم حيث عدد (Z) = عدد (N)

مثل $^{16}_8\text{O}$ حيث النسبة هنا حيث النسبة هنا $1 = \frac{N}{Z}$

(٢) تتجمع فوق الخط المستقيم بقليل حيث (عدد $N < Z$) وذلك للحفاظ على استقرار النواة مثل $^{23}_{11}\text{Na}$ ،

(ب) بالنسبة للنوى المستقرة المتوسطة ($83 > Z > 20$) :

يكون عدد البروتونات هنا كبيرة مما يؤدي إلى زيادة قوة التنافر الكهربائية

بينها إلا أن عدد النيوترونات هنا يفوق عدد البروتونات لذلك تبقى قوى

التجاذب النووية سائدة على قوة التنافر الكهربائية . مثل نواة $^{90}_{40}\text{Zr}$

لكن عندما يزداد العدد الذري عن (٨٣) تتعاطم القوة الكهربائية على نحو كبير بسبب كبر حجم النواة وتباعده نيوكليوناتها عن بعضها وبالتالي فالزيادة في عدد النيوترونات لن يستطيع التعويض عن الزيادة الكبيرة في القوة الكهربائية فتكون غير مستقرة .

طاقة الربط النووية

بين آينشتاين في نظريته النسبية أنه يمكن تحويل المادة (الكتلة) إلى طاقة حسب المعادلة :

$$E = mc^2$$

حيث : ط : الطاقة الناتجة من التحويل (بالجول) ك : كتلة المادة (كغ)
س : مربع سرعة الضوء وهي مقدار ثابت في الفراغ يساوي 9×10^{10} م²/ث² .
وتسمى هذه المعادلة بـ (معادلة آينشتاين في تكافؤ الكتلة والطاقة)

مثال (١) : احسب الطاقة الناتجة من تحول (١) كغ إلى طاقة بوحدة الجول ثم بوحدة (e.v) .
الحل :

$$E = mc^2 = 1 \times (9 \times 10^{10})^2 = 8.1 \times 10^{21} \text{ جول}$$

$$E = \frac{mc^2}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{8.1 \times 10^{21}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5.0625 \times 10^{40} \text{ إلكترون فولت}$$

مثال (٢) : احسب الطاقة الناتجة من تحول (١) (و.ك.ذ) إلى طاقة بوحدة الجول ثم بوحدة (e.v) .
الحل :

$$E = mc^2 = 1.660539 \times 10^{-27} \times (9 \times 10^{10})^2 = 1.37 \times 10^{-10} \text{ جول}$$

$$E = \frac{mc^2}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{1.37 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-19}} = 8.5625 \times 10^8 \text{ إلكترون فولت}$$

لاحظ أن : ١ (و.ك.ذ) ينتج تقريباً ٩٣١,٥ مليون إلكترون فولت (m.e.v) .
من الآن [ط = ك س^٢ (جول)] عند إعطاء الكتلة (الوقود النووي) بوحدة (كغ أو غم) .
[ط = ك × ٩٣١,٥ (m.e.v)] عند إعطاء الكتلة (الوقود النووي بوحدة (و.ك.ذ)) .

مثال (٣) : احسب الطاقة النووية المتولدة في تفاعل نووي نقصت كتلة الوقود النووي فيه :
(١) ٠,٤ كغم (٢) ٠,٤ و.ك.ذ

الحل :

$$(١) \text{ ط = ك س}^2 = 0.4 \times (9 \times 10^{10})^2 = 3.24 \times 10^{21} \text{ جول}$$

$$(٢) \text{ ط = ك س}^2 = 0.4 \times 931.5 = 372.6 \text{ مليون إلكترون فولت}$$

مثال (٤) : في تفاعل نووي كانت الطاقة النووية المتولدة (٢٢,٥ × ١٠^{٢٥}) مليون إلكترون فولت احسب
النقص في كتلة الوقود النووي بوحدة :

(١) الكيلوغرام . (٢) وحدة الكتل الذرية (و.ك.ذ)

الحل :

$$(١) \text{ نحول الطاقة إلى وحدة الجول ط = } 22.5 \times 10^{25} \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.6 \times 10^{12} \text{ جول}$$

$$K = \frac{E}{c^2} = \frac{3.6 \times 10^{12}}{(9 \times 10^{10})^2} = 4 \times 10^{-6} \text{ كغم}$$

$$(٢) \text{ ك = } \frac{E}{931.5} = \frac{22.5 \times 10^{25}}{931.5} \approx 2.4 \times 10^7 \text{ و.ك.ذ}$$

سؤال : وضح المقصود بطاقة الربط النووية ؟ ثم فسر منشأ هذه الطاقة ؟

جواب : هي مقدار الفرق في الكتلة بين مكونات النواة وكتلة النواة نفسها أو هي مقدار الطاقة التي يجب أن تزود بها النواة لفصل مكوناتها .

منشأ طاقة الربط النووي

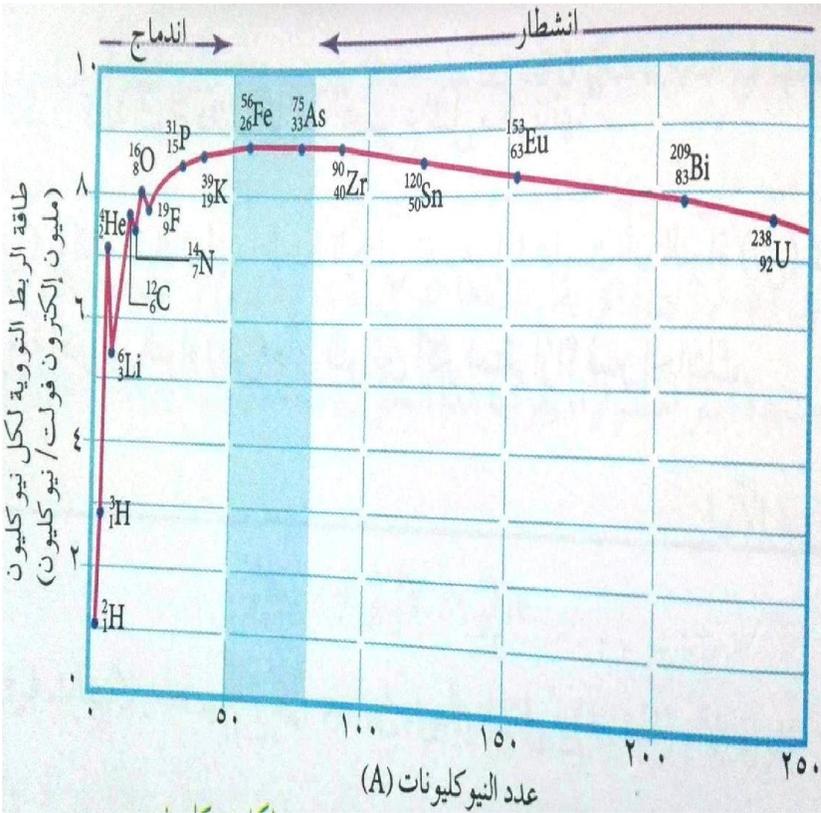
وجد أن كتلة مكونات أي نواة وهي متباعدة أكبر من كتلة النواة المكونة لها (وهي متجمعة) حيث فرق الكتلة $(\Delta K = K_p \times Z + K_n \times n - K_{نواة})$ يتحول إلى طاقة حسب معادلة آينشتاين تسمى طاقة الربط النووية .

معدل طاقة الربط النووية :

$$\text{معدل طاقة الربط النووية} = \text{طاقة الربط النووية} / \text{نيوكلون} = \frac{\text{ط الربط}}{\text{العدد الكتلي}}$$

$$\boxed{\text{أي} \quad \frac{\text{ط/نيوكلون}}{A} = \text{ط الربط}}$$

يوضح الشكل العلاقة بين (طاقة الربط النووية / نيوكلون) و (العدد الكلي) حيث نلاحظ من المنحنى :



أ (النوى المتوسطة) العدد الكتلي لها بين ٥٠ - ٨٠ :
هي العناصر التي لها أكبر استقرار (أعلى معدل طربط)
وترابط بين نيوكليوناتها وتفكيكها يتطلب طاقة كبيرة
جداً حيث لها معدل (ط) = ٨,٨ m.e.v. قيمتها العظمى
قرب العدد الكتلي (٦٠) وهي من نواة (النيكل) .

ب (النوى الثقيلة) العدد الكتلي لها أكبر من ٨٠ :
وهي عناصر قليلة الاستقرار لأن معدل (طربط) لها قليل
حيث النوى الثقيلة لديها قابلية إلى الانشطار
(إذا توافرت ظروف مناسبة) وينجم عن الانشطار
نواتين متوسطتين لهما طاقة ربط أعلى من طاقة
الربط للنواة الأصلية مثل نواة ^{238}U .

ج (النوى الخفيفة) العدد الكتلي لها اقل من ٥٠ :

هي عناصر قليلة الاستقرار لأن معدل (طربط) لها قليل حيث النوى لديها قابلية إلى الاندماج عند تهيئة ظروف مناسبة
وينجم عن الاندماج نواة ذات طاقة ربط أعلى من النواة الأصلية مثل نواة ^2H .

مثال (١) : الجدول المجاور يبين طاقة الربط لثلاثة أنوية ، اعتماداً على بياناته جد ما يلي :

9_4Z	6_3Y	4_2X	النواة
٥٨,٥	٣٣	٢٨	طاقة الربط بوحدة Mev

(١) أي الأنوية أكثر استقراراً؟ ولماذا؟

(٢) احسب كتلة نواة 4_2X .

الحل :

(١) نواة 4_2X ، لأن طاقة الربط للنوكليون الواحد كبيرة .

$$(٢) \text{كتلة نواة} = Z \times m_p + n \times m_n - \Delta K$$

$$= 2 \times 1,0087 + 2 \times 1,0083 - \frac{28}{931,5} = 4,0170 \text{ و.ك.بذ}$$

مثال (٢) : لنواة الالمنيوم (${}^{27}_{13}Al$) اجب عما يلي علماً أن :

$$\{ K_p = 1,008 \text{ (و.ك.بذ)}, K_n = 1,009 \text{ (و.ك.بذ)}, \text{نق.} = 1,2 \times 10^{-10} \text{ م}, K_{Al} = 26,981 \text{ (و.ك.بذ)} \}$$

(٢) ما عدد مكونات النواة (Z, N) .

(١) احسب نصف قطر نواة الالمنيوم .

(٣) احسب كتلة النواة التقريبية .

(٤) احسب طاقة الربط النووية لهذه النواة (أو الطاقة اللازمة لفصل مكونات النواة) .

(ب) بوحدة (m.e.v)

(أ) بوحدة (و.ك.بذ)

الحل :

$$(١) \text{نق.} = \sqrt[3]{A} \times 1,2 \times 10^{-10} = \sqrt[3]{27} \times 1,2 \times 10^{-10} = 3,6 \times 10^{-10} \text{ م}$$

(٢) عدد البروتونات = $Z = 13$ بروتون

عدد النيوترونات = $N = 27 - 13 = 14$ نيوترون

(٣) الكتلة التقريبية = $K_p \times Z = 27 \times 1,008 = 27,216$ و.ك.بذ

$$(٤) \text{أ) } K = Z \times K_p + n \times K_n - \text{كتلة نواة} = 13 \times 1,008 + 14 \times 1,009 - 26,981 = 27,23 - 26,981 = 0,249 \text{ و.ك.بذ}$$

$$(ب) \text{ط} = K \times 931,5 = 0,249 \times 931,5 = 231,9435 \text{ مليون الكترون فولت}$$

8

مثال (٣) : احسب معدل طاقة الربط النووية لكل نيوترون لذرة 7_3Li بوحدة : (علماً أن $K_{Li} = 8,0026$ و.ك.بذ)

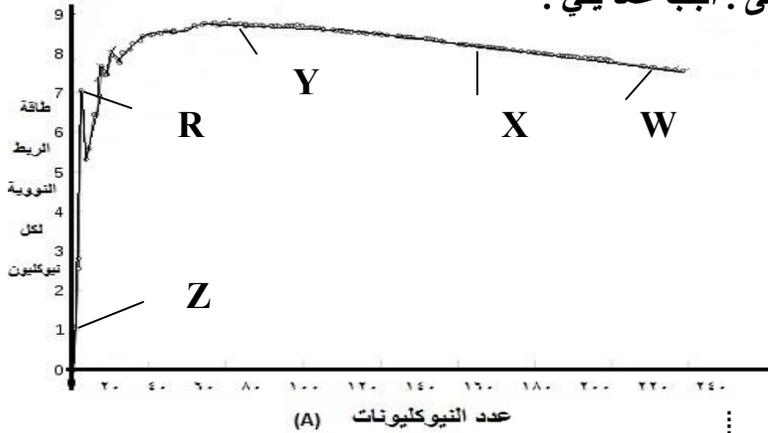
(٢) (m.e.v)

(١) (و.ك.بذ)

الحل :

مثال (٤) : إذا كانت طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لنواة $({}_{10}\text{Ne}^{20})$ هي (٨) مليون إلكترون فولت جد كتلة النواة .
الحل :

مثال (٥) : يمثل الشكل المجاور العلاقة بين طاقة الربط النووية لكل نيوكليون والعدد الكتلي لمجموعة من العناصر (R,X,W,Y,Z) اعتمادا على المنحنى . أجب عما يلي :



- ١) أي هذه العناصر أكثر استقراراً؟ ولماذا؟
- ٢) قارن بين العنصرين (X,W) أيهما أكثر استقراراً؟
- ٣) قارن بين العنصرين (Z,R) أيهما أكثر استقراراً؟
- ٤) أي هذه العناصر أكثر قابلية للانحطاط؟
- ٥) أي هذه العناصر أكثر قابلية للاندماج؟
- ٦) أحسب طاقة الربط لنواة العنصر (X) .
- ٧) تفكك النوى المتوسطة (انشطارها) يتطلب طاقة كبيرة فسر ذلك؟

الحل :

النشاط الإشعاعي

النشاط الإشعاعي : وهى عملية الانبعاث التلقائي للإشعاع من النوى غير المستقرة .

لكي تصبح النواة غير المستقرة (المشعة) أكثر استقراراً يجب أن تتحول إلى نواة جديدة عن طريق التخلص من جزء من طاقتها على شكل انبعاث اشعاعات أو جسيمات ، فتتغير مكونات النواة وفي هذه الحالة نقول أن " النواة اضمحلت " أي تكون ظاهرة النشاط الإشعاعي نتاج عملية اضمحلال لنوى غير مستقرة .

وتخضع هذه الاضمحلالات إلى أربع مبادئ حفظ وهى :

(١) حفظ العدد الذري (٢) حفظ العدد الكتلي (٣) حفظ (الكتلة - الطاقة) (٤) حفظ الزخم

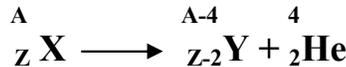
أنواع الإشعاع الصادر عن اضمحلال الأنوية غير المستقرة :

(١) اضمحلال ألفا (α) : هي جسيمات موجبة الشحنة كتلتها كبيرة يتكون الواحد منها من بروتونين ونيوترونين فهي تماثل نوى الهليوم (${}_2\text{He}^4$ ، ${}_2\alpha^4$).

سؤال (علل) : تمتاز دقائق ألفا بقدرتها العالية على تأيين ذرات المادة التي تصطدم بها .
جواب : (١) كبر كتلتها . (٢) كبر شحنتها .

سؤال (علل) : قدرة دقائق ألفا على الاختراق ضعيفة .
جواب : بسبب الاحتمال الكبير لتصادمها مع ذرات المادة (تأيين) ، تفقد معظم طاقتها الحركية .

يمكن التعبير عن اضمحلال ألفا بالمعادلة :



ملاحظات :

(١) نلاحظ أن المجموع الجبري للأعداد الكتلية للنواتج يساوي العدد الكتلي للنواة الأصلية مما يدل أن العدد الكتلي محفوظ كما يتحقق في هذا التفاعل مبدأ حفظ الشحنة إذ نلاحظ أن مجموع الأعداد الذرية للنواتج يساوى العدد الذري للنواة الأصلية .

(٢) اضمحلال ألفا في النواة الأصلية يعمل على (أ) انقاص العدد الذري Z بمقدار ٢ (ب) انقاص العدد الكتلي A بمقدار ٤

(٣) وجد أن كتلة النواة الأصلية تكون أكبر من مجموع كتلتي (النواة الناتجة) في جسيم ألفا حيث يتحول فرق الكتلة إلى طاقة تظهر على شكل طاقة حركة يحملها جسيم ألفا .

لقد تبين أنه في اضمحلال ألفا يتحقق مبدأ حفظ (الكتلة - الطاقة) وكذلك مبدأ حفظ الزخم . حيث : $\alpha (خ) = \text{Th}(خ)$ و $\alpha (ك ع) = \text{Th}(ك ع)$ ومن تطبيق مبدأ حفظ الزخم على التفاعل لوحظ أن $\alpha \approx ٥٧ \text{Th ع}$ أي أن جسيم ألفا يحمل معظم الطاقة الحركية الناتجة من التفاعل . علل ذلك ؟

جواب :

إذ حسب قانون حفظ الزخم فإن الجسيم ذي الكتلة الأقل تكون سرعته أكبر من الجسيم ذي الكتلة الأكبر لذلك فإن الجسيم الخفيف الناجم من الاضمحلال يحمل معظم الطاقة الناتجة وقد لوحظ أن جسيمات ألفا المنبعثة من اضمحلال نوى العنصر الواحد تحمل مقادير محدودة من الطاقة .

مثال : تضمحل نواة يورانيوم ${}_{92}\text{U}$ إلى نواة ثوريوم ${}_{90}\text{Th}$ باعثة جسيم ألفا أجب عما يلي :

(١) اكتب معادلة نووية موزونة تعبر عن الاضمحلال . (٢) احسب نسبة سرعة جسيم ألفا إلى سرعة نواة الثوريوم .
اعتبر (ك = U = 232,04 و.ك.ذ.) ، (ك = Th = 228,03 و.ك.ذ.) ، (ك = He = 4,003 و.ك.ذ.)

الحل :

(٢) **اضمحلال بيتا (β) :** تتكون من الكترونات (${}_{-1}e^0$) وتسمى بيتا السالبة (هنالك حالة خاصة بيتا الموجبة (${}_{1}e^0$) بوزترون) .
وتكون جسيمات بيتا على نوعين :

(١) بيتا السالبة (β-) وتمثل الكترونا (${}_{-1}e^0$) . ومعادلة تحلل النيوترون

(٢) بيتا الموجبة (β+) وتمثل بوزترون (${}_{+1}e^0$) ، ويحمل صفات الالكترن غير أن شحنته موجبة .

معادلة تحلل البروتون (${}_{1}H$ أو ${}_{1}P$)

${}_{1}p \longrightarrow {}_{0}n + {}_{+1}e + \nu$

ملاحظات :

(١) إن انبعاث دقيقة بيتا السالبة من النواة يعمل على زيادة العدد الذري بمقدار واحد ($Z+1$) دون تغيير فى العدد الكلى (A) . إن انبعاث دقيقة بيتا الموجبة من النواة يعمل على نقص العدد الذري بمقدار واحد ($Z-1$) دون تغيير فى العدد الكلى (A) .

(٢) كما هو الحال فى اضمحلال ألفا يتحقق فى اضمحلال بيتا حفظ (الطاقة - الكتلة) وحفظ الزخم بالإضافة إلى حفظ العدد الكلى والعدد الذري إلا أنه وجد فى اضمحلال بيتا تحقق حفظ كل من العدد الذري والعدد الكلى ولكن ماذا عن الطاقة والزخم فقد وجد أن طاقة النواتج أقل من طاقة المدخلات فماذا حدث لهذا الجزء من الطاقة .

(٣) أجب عن التساؤل السابق العالم باولي حينما اقترح انبعاث جسيم آخر إلى جسيم بيتا يحمل الطاقة التي تبدو لنا على أنها ضائعة (مفقودة) وقد أطلق على هذا الجسيم اسم نيوترينو أي جسيم صغير غير مشحون ويرمز له بالرمز (ν) ولاحقاً أثبتت التجارب وجود النيوترينو وبما أنه قد ينبعث الكترن أو بوزترون فى حالة اضمحلال بيتا فقد وجد أن :
* **النيوترينو (ν) يصاحب انبعاث البوزترون . ضد النيوترينو ($\bar{\nu}$) يصاحب انبعاث الالكترن .**

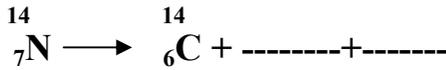
(٤) **الالكترن ، البوزترون ، النيوترينو ، ضد النيوترينو .. لايتواجدون فى النواة وإنما تتكون خارج حيز النواة .**

سؤال (علل) ما يلى :

- (١) يصاحب تحلل البروترون إلى نيوترون وبوزترون وجسيم يسمى النيوتريينو .
(٢) انبعاث جسيمات بيتا (الالكترونات) من أنوية العناصر المشعة على الرغم أن النواة لا تحتوي الكترونات ؟
جواب :

- (١) وذلك لحل مشكلة الطاقة والزخم حيث وجد جزء من طاقة التفاعل يبدو لنا مفقود ولكن النيوتريينو حل المشكلة .
(٢) عندما تبعث النواة بجسيم بيتا السالب فهذا نتاج تحلل أحد النيوترونات إلى بروتون والكترون كتلتها صغيرة وبسبب كتلتها الصغيرة ينبعث جسيم بيتا (الالكترون) خارج حيز النواة ليبقى البروتون ذو الكتلة الكبيرة .

مثال : أكمل المعادلات النووية الاتية :
الحل :



(٣) اضمحلال غاما (γ) : هي فوتونات ذات تردد كبير ليس لها شحنة وتعتبر جزء من الطيف الكهرومغناطيسي .

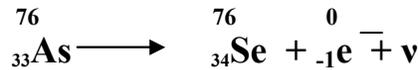
- انبعاث أشعة غاما يحدث عندما تبعث نواة ما جسيم ألفا أو بيتا ، فإن النواة الناتجة تكون - غالباً - في مستوى إثارة (طاقة زائدة) فتبعث النواة أشعة غاما (لتخلص من الطاقة الزائدة) وتنتقل إلى مستوى الاستقرار ولذلك انبعاث أشعة غاما لا يغير من العدد الذري أو العدد الكتلى .

يمثل الشكل المجاور إشعاع نواة عنصر الزرنيخ ${}^{76}_{33}\text{As}$ لجسيم بيتا . بطريقتين مختلفتين . اعتمد على هذا الشكل للإجابة عما يلى :

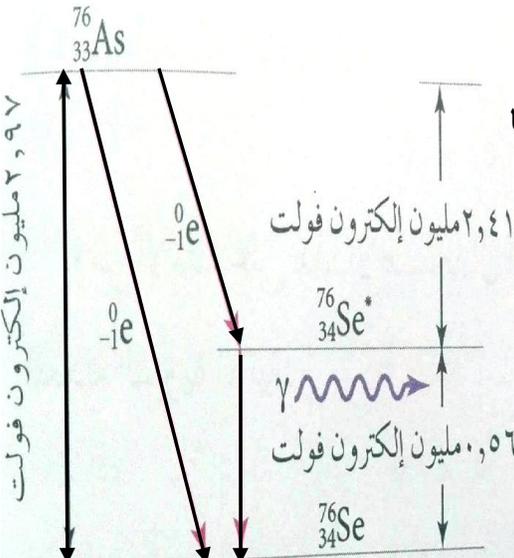
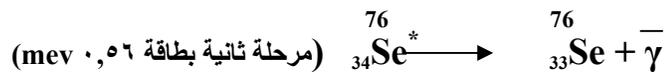
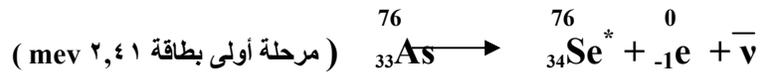
- (١) اكتب معادلة إشعاع ذرة الزرنيخ لجسيم بيتا وتحولها مباشرة إلى نواة الكربون السلينيوم في الطريقة الأولى .
(٢) فسر انبعاث أشعة غاما في الطريقة الثانية بالكلمات والمعادلات :

أولاً : الطريقة الأولى (مباشرة) : { لا يوجد داعي لانبعاث أشعة (γ) } حيث :

تتحول نواة (${}^{76}_{33}\text{As}$) إلى نواة عنصر جديد في مستوى الاستقرار (${}^{76}_{34}\text{Se}$) وينبعث هنا جسيم بيتا بطاقة (٢,٩٧) مليون الكترون فولت حسب المعادلة التالية .



ثانياً : الطريقة الثانية (غير مباشرة) : { يوجد داعي لانبعاث أشعة (γ) } حيث :



سؤال : اذكر خاصيتين تمتاز بها الإشعاعات النووية ؟
جواب :

- (١) القدرة على الاختراق (النفاذ ، السرعة)
- (٢) القدرة على التأيين (التفاعل مع المواد ، التصادم)

سؤال (علل) : يكون للأشعة التي لها أكبر قدرة على الاختراق أقل قدرة على التأيين ؟
جواب : يحدد ذلك عامل الكتلة وعامل الشحنة حيث :

- (١) الأشعة التي تمتلك كتلة وشحنة أكبر يزداد احتمال تصادمها مع ذرات المادة بشكل كبير وبالتالي تزداد قدرتها على التأيين ويقل اختراقها . (احتمال التصادم كبير) مثل (α) .
- (٢) الأشعة التي تمتلك كتلة وشحنة أقل يقل احتمال تصادمها مع ذرات المادة وبالتالي تقل قدرتها على التأيين ويزداد اختراقها . (احتمال التصادم قليل) مثل (γ) .

سؤال : قارن بين الإشعاعات النووية (γ, β, α) من حيث :
(ماهيتها ، الاختراق ، السرعة ، التأيين ، تأثيرها بالمجال الكهربائي ، تأثيرها بالمجال المغناطيسي)

جواب :

وجه المقارنة	ألفا (α)	بيتا (β)	غاما (γ)
ماهيتها (طبيعتها)	جسيمات موجبة الشحنة تماثل نوى الهليوم	عبارة عن الكترون أو بوزترون	موجات كهرومغناطيسية عالية التردد (فوتونات)
الاختراق (النفاذية)	الأقل اختراق	أكثر ١٠٠٠ مرة من ألفا	قدرة هائلة جداً (الأكثر اختراق)
السرعة	تصل إلى ٠,١ من سرعة الضوء	تصل إلى ٠,٩٩ من سرعة الضوء	تسير بسرعة الضوء
التأيين (التصادم)	الأكبر قدرة على التأيين	أقل قدرة من ألفا	الأقل قدرة على التأيين

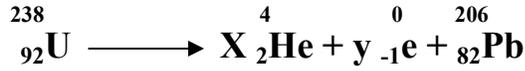
الإشعاع النووي الطبيعي

سلاسل الاضمحلال : مجموعة من التحولات المتتالية المتلقائية التي تبدأ بنواة نظير مشع لعنصر ثقيل وتنتهي بنواة نظير مستقر لعنصر الرصاص pb .

وهناك ثلاث أنواع لسلاسل الإضمحلال الطبيعي :

235 (٣) سلسلة الأكتينيوم ${}_{92}\text{U}$ 232 (٢) سلسلة الثوريوم ${}_{90}\text{Th}$ 238 (١) سلسلة اليورانيوم ${}_{92}\text{U}$

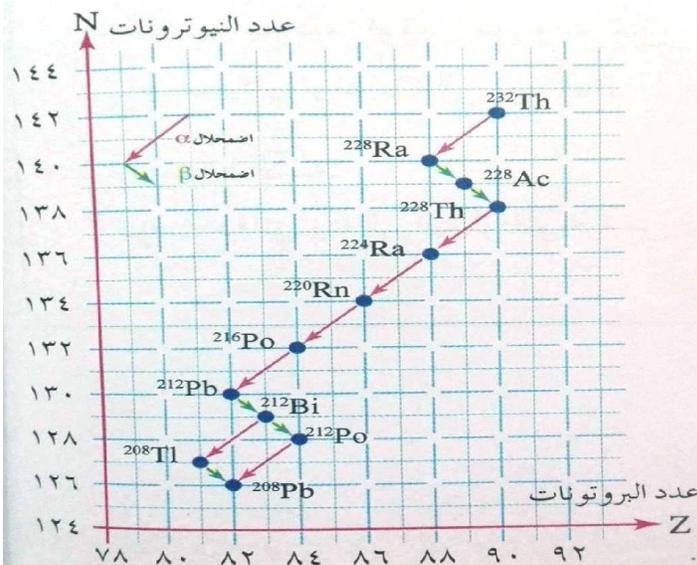
مثال (١) : من المعادلة التالية التي تمثل جزء من سلسلة اضمحلال اشعاعي جد عدد جسيمات ألفا (x) وعدد جسيمات بيتا (y) :



الحل :

مثال (٢) : تبدأ سلسلة اضمحلال الثوريوم بنواة ${}_{90}^{232}\text{Th}$ ، ما العدد الكتلي والعدد الذري للنواة الناتجة بعد سلسلة تحولات انبعثت فيها ٣ جسيمات ألفا وجسمي بيتا .

الحل :



مثال (٣) : من الشكل المجاور الذي يمثل سلسلة اضمحلال

طبيعي ، اجب عما يلي :

- (١) ما اسم السلسلة المبينة فى الشكل .
- (٢) اكتب معادلة موزونة تمثل اضمحلال الفا .
- (٣) اكتب معادلة موزونة تمثل اضمحلال بيتا .
- (٤) جد عدد جسيمات ألفا وبيتا فى تحول نواة (^{232}Th) إلى نواة (^{212}Po) .

الحل :

235

مثال (٤) : تبدأ سلسلة اضمحلال الأكتينيوم بنواة اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ فإذا انبعث جسيماً ألفا وجسيماً بيتا لتنتج نواة جديدة للعنصر X اجب عما يأتى :

- (١) ما العدد الكتلي والعدد الذري لنواة العنصر X .
 - (٢) اذكر ثلاث مبادئ للحفظ تتحقق فى اضمحلال جسيمات ألفا وبيتا .
 - (٣) أيهما أكثر استقراراً نواة اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ أم نواة العنصر X .
- الحل :

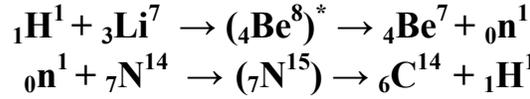
ظاهرة النشاط الإشعاعي الصناعي

التفاعل النووي : هي العملية التي يتم فيها إحداث تغيير في مكونات نواة ما .
عن طريق قصف نواة عنصر بجسيمات صغيرة مثل (بروتون ، نيوترون ، جسيم ألفا ، الديتيريوم) ، باستخدام أجهزة خاصة يطلق عليها اسم المسارعات النووية حيث تكسب القذيفة طاقة حركية كافية تمكنها من اختراق النواة .



حيث (a) : الجسيم القذيفة ، (X) : النواة الهدف ، (C.N)* : النواة المركبة ، (Y) : النواة الناتجة ، (b) : الجسيم الناتج

تمتص النواة الهدف القذيفة فتشكل نواة مركبة في حالة إثارة وعدم استقرار فتضمحل ويصدر عنها إشعاعاً نووياً ، ويعد النيوترون من أفضل القذائف النووية المستخدمة في إنتاج نظائر مشعة .
ومن الأمثلة على التفاعلات النووية الصناعية :



* وتكمن أهمية التفاعلات النووية في :

(١) تحويل عنصر إلى عنصر آخر . (٢) إنتاج نظائر مشعة .

* من التطبيقات العملية على التفاعلات النووية استخدامها في المجال الطبي مثل :

(١) التعقب : يتم الكشف عن وجود الإسدادات في الأوعية الدموية أو غيابها عن طريق حقن محلول يحتوي على صوديوم مشع في وريد ساق المريض لمعرفة نشاط الدورة الدموية .

(٢) العلاج بالإشعاع : يستخدم في قتل الخلايا السرطانية ذات الانقسامات السريعة ، حيث يتم توجيه حزمة ضيقة عالية التركيز من أشعة غاما المنبعثة من أحد النظائر المشعة مثل الكوبالت ${}_{27}^{60}\text{Co}$.

سؤال (علل) : القدرة على التأيين يعد الخطر الحقيقي على الكائنات الحية ؟

جواب : ينتج عن عملية التأيين (التصادم) تفاعلات كيميائية تؤدي إلى إتلاف الأنسجة داخل الخلايا ويسبب ذلك طفرات وتغيرات في المادة الوراثية وتتحول الخلايا السليمة إلى خلايا سرطانية .

سؤال : على ماذا تعتمد خطورة الإشعاع ؟

جواب : (١) نوع الإشعاع . (٢) العضو المعرض للإشعاع . (٣) مقدار طاقة الإشعاع . (٤) مدة تعرض الأنسجة له .

سؤال : كيف تفسر ما يأتي :

(أ) حينما يتعرض جسم الإنسان للأشعة النووية ، من المواد المحيطة به ، فإن أكثر أضرار الأشعة تعزى إلى أشعة غاما
أما جسيمات ألفا فلا تشكل أي خطورة .
(ب) ماذا لو أصبح مصدر الإشعاع داخل الجسم ، مثلاً عن طريق تناول طعام ملوث بالأشعة أو استنشاق هواء ملوث .
أي الإشعاعات الثلاثة الأكثر خطورة ؟ فسر أجبائك .

جواب :

(أ) لأن جسيمات ألفا أقل قدرة على الاختراق . إذ لا تتمكن من اختراق الطبقات الخارجية من البشرة فلا تتمكن من الوصول إلى أعضاء الجسم الداخلية .

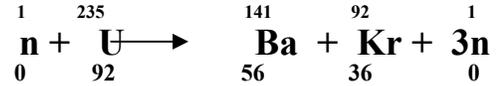
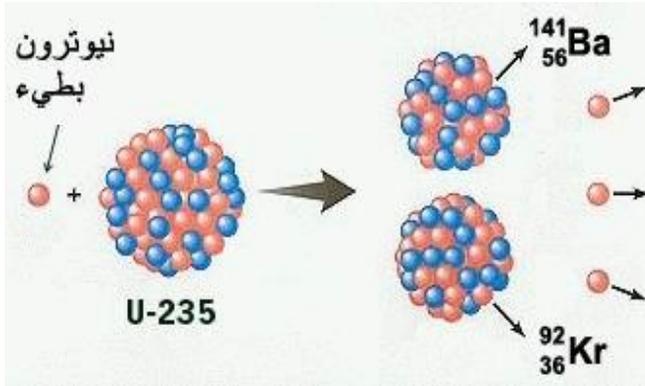
(ب) ألفا ، الخطر الحقيقي للأشعة يكمن في قدرتها على التأيين وأشعة ألفا لها أكبر قدرة على التأيين فهي الأخطر وتبقى داخل الجسم لأن اختراقها قليل .

الانشطار النووي

يعرف الانشطار النووي بأنه : تفاعل نووى يتم فيه انشطار نواة ثقيلة إلى نواتين متوسطتين ونتاج طاقة عالية

عن طريق قذف النواة الثقيلة بنواة خفيفة مثل (${}_0^1n$) ويحدث نقص فى الكتلة يتحول إلى طاقة حسب معادلة أينشتاين .

يمثل الشكل المجاور النواتج المحتملة لانشطار نواة ${}_{92}^{235}\text{U}$ والمعادلة النووية تمثل التفاعل النووي من الشكل



التفاعل المتسلسل : تفاعل نووى يتم فيه انشطار نواة يورانيوم (${}_{92}^{235}\text{U}$) عن طريق قذفها بنيوترون بطيء فينتج عن ذلك نواتين متوسطتين و ٣ نيوترونات جديدة يمكن أن تشطر بدورها ٣ نوى جديدة من اليورانيوم (${}_{92}^{235}\text{U}$) فنحصل على ٩ نيوترونات جديدة وهكذا يستمر التفاعل حيث كل تفاعل جديد ينتج تفاعلات وهكذا .

سؤال : وضح المقصود بالكتلة الحرجة ؟

جواب : أقل كتلة لازمة من اليورانيوم لمنع تسرب النيوترونات وإدامة حدوث تفاعلات متسلسلة .

من تطبيقات الانشطار النووي فى الحياة العملية

(١) القنبلة النووية الانشطارية : أغراض حربية (غير سلمية)

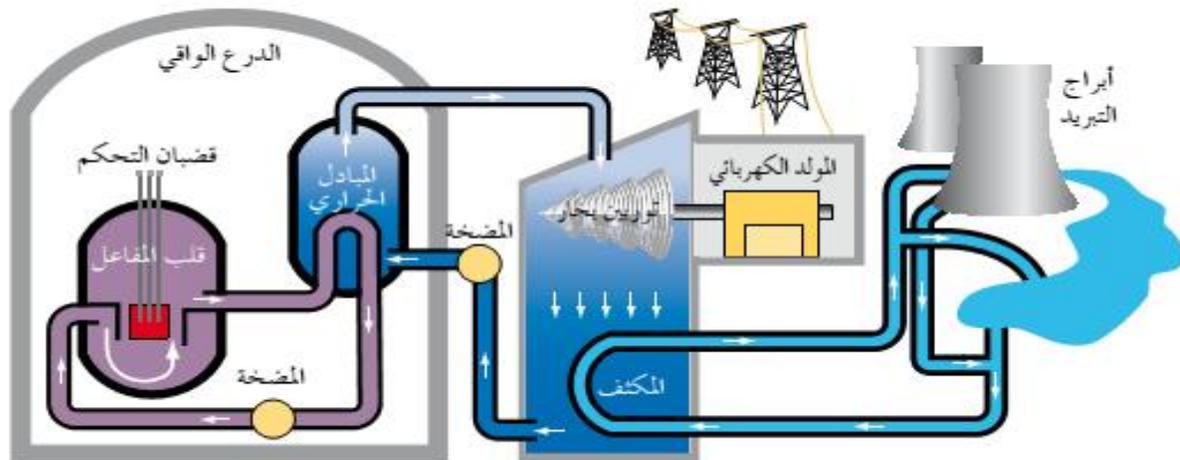
(٢) المفاعل النووي : أغراض سلمية استخداماته : (١) تحلية مياه البحر (٢) إنتاج الكهرباء (٣) إنتاج نظائر مشعة .

المفاعل النووي

سؤال : وضح المقصود بالمفاعل النووي ؟

جواب : النظام الذي يعمل على توفير الظروف المناسبة لاستمرار تفاعل الانشطار النووي والسيطرة عليه .

* يوجد أنواع عديدة من المفاعلات النووية تبعاً لنوعية التبريد فيها والشكل التالى يبين أجزاء مفاعل الماء المضغوط .



يتكون المفاعل من عدة أجزاء رئيسية وهي :

- (١) قلب المفاعل : ويحتوي على :
(أ) مادة الوقود النووي (U^{235} ، pu^{239}) ، تحضر في صورة أقراص توضع فوق بعضها داخل أنابيب طويلة مشكلة ما يعرف بحزم الوقود النووي



- (ب) قضبان التحكم : قضبان من مادة الكادميوم تتحكم في سرعة التفاعل المتسلسل وتعمل آلياً ، ذات كفاءة عالية في امتصاص النيوترونات ، حيث تفصل بين أنابيب حزم الوقود النووي فتحات مخصصة لادخال عدد مناسب من قضبان التحكم لكي تمتص بعض النيوترونات عند الحاجة إلى إبطاء عملية الإنشطار وتسمى هذه العملية التحكم .

- (ج) المواد المهدنة للنيوترونات : مواد ذات أعداد كتلية صغيرة كالماء العادي (H_2O) توضع في طريق النيوترونات السريعة الناتجة من الانشطار لتتصادم بها النيوترونات وتقلل سرعتها . وتصبح قادرة على أحداث انشطار نووي جديد ، وتعرف هذه العملية بالتهدنة .
ومن المواد التي تستخدم كمواد مهدنة في المفاعل النووي ، الغرافيت ، الماء العادي ، الماء الثقيل (D_2O) ، حيث D هو الديتريوم وهو نظير الهيدروجين 2_1H .

- (٢) المبادل الحراري : يستخدم الماء الساخن جداً والمضغوط القادم من قلب المفاعل ، في تسخين الماء الموجود في المبادل الحراري لإنتاج البخار اللازم الذي يذهب لإدارة العنفات (التوربينات) المتصلة بمولدات الطاقة .

- (٣) الدرع الواقي : يحيط بقلب المفاعل وبالمبادل الحراري للوقاية من التسرب الإشعاعي .
(٤) المولدات الكهربائية : تحول الطاقة الحرارية والحركية لبخار الماء إلى طاقة كهربائية .
(٥) المكثف : يعمل على تحويل بخار الماء الفائض إلى ماء .
(٦) أبراج التبريد : تعمل على تزويد المكثف والمبادل الحراري بالماء اللازم .

* وتكمن خطورة خطورة المفاعل النووي بفقدان السيطرة أو انفجاره ، لذا يجب مراعاة ما يلي :

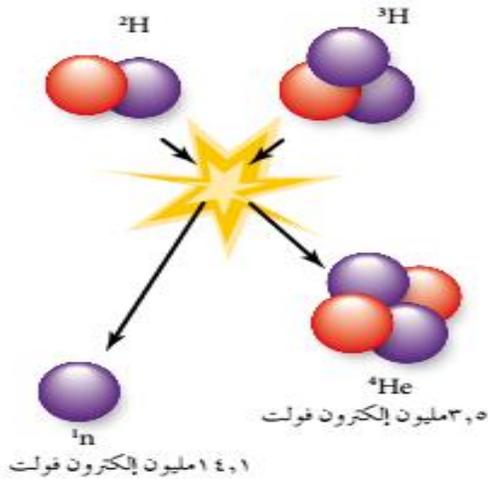
- (١) اختيار أماكن نائية بعيدة عن التجمعات السكانية ،
(٢) اختيار أماكن قريبة من مصادر وافرة للمياه .
(٣) وجود هيئات دولية تضبط بناء المفاعلات وتشغيلها . والتي تعمل على :
(أ) تصريف نفايات المواد المشعة . (ب) فحص الحاويات المستخدمة في نقل الوقود النووي باستمرار .

المشكلات	الحلول (العمليات)
١ إن نظير اليورانيوم $^{235}\text{U}_{92}$ القابل للإنشطار يشكل نسبة ٧% .	عملية تخصيب اليورانيوم وتحضير الكتلة الحرجة من $^{235}\text{U}_{92}$
٢ تسرب النيوترونات خارج كتلة اليورانيوم مما يسبب توقف التفاعل المتسلسل .	كتلة الوقود أكبر من الكتلة الحرجة
٣ إن النيوترونات المنبعثة من التفاعل تكون سريعة وانشطار النواة يتطلب نيوترونات بطيئة .	عملية التهدئة
٤ سرعة التفاعل المتسلسل لا تكون منتظمة فى الوضع الطبيعي .	عملية التحكم

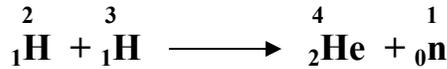
الاندماج النووي

يعرف الاندماج النووي بأنه : تفاعل نووي تتحد فيه نوى صغيرة (خفيفة) لتكون نواة أكبر وينتج عن التفاعل طاقة هائلة تفوق الطاقة الناتجة من الانشطار .

ولكن لحدوث الاندماج النووي يجب توفير حرارة وضغط عاليين وذلك لتكون سرعة النوى المتفاعلة كبيرة لتقترب من بعضها لتتغلب القوة النووية على القوة الكهربائية .



مثلاً يتم الاندماج بين الديتريوم (^2_1H) والتريتيوم (^3_1H) حسب المعادلة :



سؤال (علل) : يسمى الاندماج النووي بالاندماج الحراري ؟
جواب : لأن الاندماج يحتاج إلى طاقة حرارية لتتغلب القوة النووية على القوة الكهربائية .

سؤال : أين يمكن أن يحدث تفاعل الاندماج ؟
جواب : يمكن أن يحدث فى النجوم وفى القنبلة الهيدروجينية .

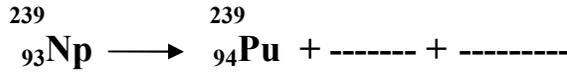
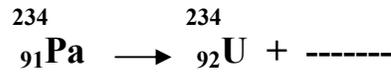
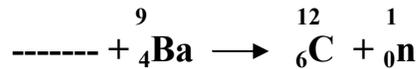
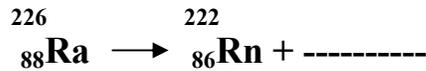
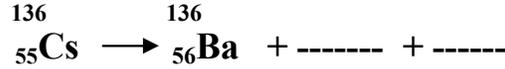
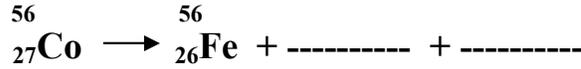
سؤال (علل) : تسمى القنبلة الهيدروجينية بالشمس المصغرة ؟
جواب : لأن التفاعلات داخل القنبلة الهيدروجينية تفاعلات اندماجية مثل التي تحصل على سطح الشمس .

سؤال (علل) : تعد القنبلة الانشطارية فتيل للقنبلة الهيدروجينية ؟
جواب : لأن القنبلة الانشطارية تعطي الحرارة والضغط العاليين اللذين لحدوث الاندماج .

انتهت بحمد الله

مهارات فى الفيزياء
فيزياء الكم
ورقة عمل على فيزياء النواة

السؤال الأول : أكمل المعادلات التالية :



السؤال الثانى :

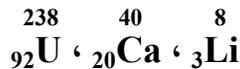
١ (فى التفاعل النووي التالي ${}_Z^AX \longrightarrow {}_{Z+1}^AY + y + k$ ما الجسيمات التي تمثلها الرموز y ، k .

٢ (ما هي النسبة بين عدد النيوترونات وعدد البروتونات للنوى الثقيلة المستقرة .

٣ (تحوي نواة ذرة التريتيوم (${}_1^3\text{H}$) فى التركيب النووي على عدد من النيوكليونات ما عدد البروتونات والنيوترونات .

٤ (احسب طاقة الربط النووية لنواة نظير ${}_{82}^{208}\text{Pb}$.
(ك = $1,008$ (و.ك.ذ) ، $1,009$ = $_n$ ك (و.ك.ذ) ، $206,34$ = $_{\text{Pb}}$ ك (و.ك.ذ))

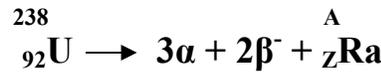
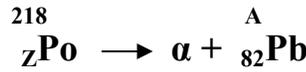
٥ (احسب نصف قطر نواة كل من العناصر التالية :



السؤال الثالث : فسّر كلّ مما يلي تفسيراً علمياً :

- (أ) تماسك البروتونات داخل النواة مع بعضها رغم تشابه شحناتها .
 (ب) لا يمكن للالكترون أن يوجد داخل النواة في الظروف الطبيعية .
 (ج) أشعة ألفا أقدر من أشعة بيتا في عملية تأيين الغازات .
 (د) نفاذية جسيمات بيتا أكبر من نفاذية جسيمات ألفا .
 (هـ) نفاذية أشعة غاما خلال المواد أكبر من نفاذية جسيمات ألفا .

السؤال الرابع : احسب قيمة (A, Z) في المعادلات التالية :



السؤال الخامس : اذكر نوع الإشعاع الذي له خاصية من الخواص التالية :

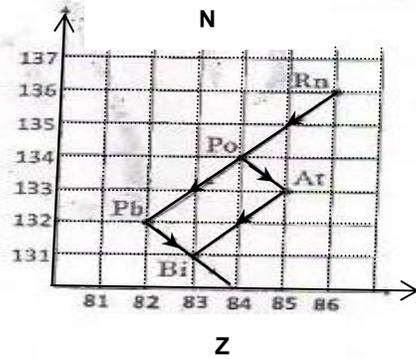
- (١) شحنته موجبة . (٢) أكثر إشعاع نافذ وخطر . (٣) ينحرف بسهولة بواسطة المجال المغناطيسي .
 (٤) عبارة عن موجات كهرومغناطيسية (فوتونات) . (٥) له قدرة كبيرة على التأيين . (٦) لا يتأثر بالمجال الكهربائي .

السؤال السادس : يبين الشكل المجاور جزءاً من سلسلة الاضمحلال الإشعاعي لليورانيوم (٢٣٨) .
 معتمداً على الشكل :

(١) ما عدد جسيمات ألفا وبيتا المنبعثة من اضمحلال (Rn) إلى (Bi) ؟

(٢) مثل اضمحلال الرصاص (${}_{82}^{214}\text{Pb}$) إلى (${}_{83}^{214}\text{Bi}$) بمعادلة نووية موزونة .

(٣) اكتب اثنين من المبادئ التي يخضع لها الاضمحلال الإشعاعي .



السؤال السابع : احسب العدد الكتلي لعنصر إذا علمت أن نصف قطر نواته (4.8×10^{-10} م) .

ورقة عمل على الفيزياء الحديثة (الكم والنواة)

س ١ : ما المقصود بكل مما يأتى :

طاقة الربط النووية - تردد العتبة - جهد القطع - الالكترن فولت - اقتران الشغل للفلز

س ٢ : علل لما يلي :

- (١) لا يمكن استخدام النموذج الجسيمي والنموذج الموجي فى نفس الوقت .
- (٢) كثافة النواة ثابتة لنوى العناصر جميعها .
- (٣) تشابه نماذج العناصر الواحد فى خصائصها الكيماوية .
- (٤) يزداد مقدار التيار الكهربائي المار فى الخلية الكهروضوئية بزيادة شدة الضوء الساقط عليها .
- (٥) الطاقة الكلية للإلكترون فى المدار سالبة .
- (٦) أمكن تحرير الكترونات من سطح فلز باستخدام ضوء خافت الشدة بينما لا يمكن أحيانا تحرير الكترونات باستخدام نوع آخر ذو شدة ضوئية عالية .
- (٧) عدم ملاحظة الطبيعة الموجية فى حياتنا اليومية .

س ٣ : أذكر :

- (١) ظاهرتين فشلت الفيزياء الكلاسيكية فى تفسيرهما .
- (٢) ثلاث ميزات تمتاز بها القوى النووية التي ترتبط بين النيوكليونات فى النواة .
- (٣) أذكر فرضيات نموذج بور لذرة الهيدروجين .
- (٤) أذكر نص فرضية دي بروي .

س ٤ :

- (١) أثبت أن كثافة جميع الأنوية ثابتة ولا تعتمد على مقدار عدد النيوكليونات التي تكونها .
- (٢) مستخدما فرضية بور الرابعة وعلاقة دي بروي لطول الموجة المصاحبة ، أثبت أن محيط مدار الإلكترون يساوي عدداً صحيحاً من الأطوال الموجية .

س ٥ : إذا انتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من المستوى الثاني إلى المستوى الأول جد :

- (١) الطول الموجي للفوتون المنبعث .
- (٢) طاقة الفوتون المنبعث .
- (٣) الطول الموجي المصاحب للإلكترون فى المستوى الثاني .

س ٦ : إلكترون ذرة هيدروجين زخمه الزاوي يساوي هـ جد :

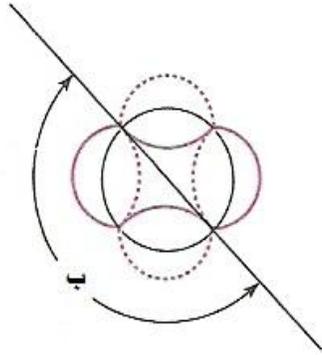
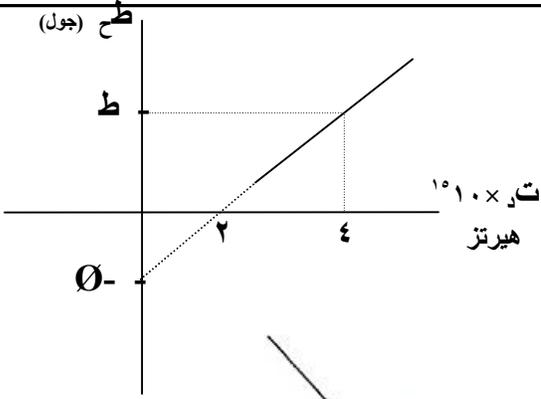
$$\pi^2$$

- (١) طاقة الإلكترون فى هذا المستوى بوحدة (الإلكترون فولت) .
- (٢) طول الموجة المصاحبة له فى هذا المستوى . علماً بأن (هـ = 1.0×10^{-6} جول.ث ، 1.0×10^{-11} م)

س ٧ : أنتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى طاقته (-٨,٥) إلكترون فولت إلى مدار

طاقته (-٣,٤) إلكترون فولت حسب نموذج بور الذري أحسب :

- (١) تردد الإشعاع المنبعث .
- (٢) الزخم الزاوي للإلكترون فى المدار الذي أنتقل إليه .



س٨ :

يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين تردد الضوء الساقط والطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة في الخلية الكهروضوئية ، بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الرسم أحسب ما يأتي :
(١) أكبر طول موجي يستطيع تحرير الإلكترونات من مهبط الخلية .
(٢) الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة .

س٩ : الشكل التالي يمثل موجة موقوفة . احسب :

(١) رقم المدار .
(٢) نصف قطر المدار .
(٣) ماذا تمثل النقطة ب (٤) جد طول الموجة المصاحبة .

س١٠ : جد طول الموجة المصاحبة للإلكترون في المدار الذي طاقته (- ١,٥) إلكترون فولت .

س١١ : في الخلية الكهروضوئية ، إذا كانت الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنطلقة من الباعث (٤,٦ × ١٠^{-١٩} جول) وأكبر طول موجي لازم لتحرير الإلكترونات في الخلية (٦,١ × ١٠^{-٧} م) احسب :
(١) اقتران الشغل لمادة الباعث .
(٢) جهد القطع (الإيقاف) .

س١٢ : يتحرك إلكترون ذرة الهيدروجين في مدار المستوى الثاني ، أحسب :
(١) نصف قطر هذا المدار .
(٢) طاقة الإلكترون وهو في هذا المستوى بوحدة الإلكترون فولت .
(٣) اعتماداً على فرضية بور المتعلقة بالزخم الزاوي للإلكترون أحسب طول موجة المصاحبة للإلكترون في هذا المدار .

س١٣ : إذا كانت الطاقة الكلية لإلكترون ذرة الهيدروجين في مدار ما تساوي (- ٣,٤) إلكترون فولت فاحسب ما يأتي :

(١) سرعة الإلكترون في هذا المدار .
(٢) تردد الفوتون المنبعث عند انتقال هذا الإلكترون إلى المدار الأول .

س١٤ : وجد إلكترون ذرة الهيدروجين في مستوى الطاقة الثاني ، فإذا كان نصف قطر هذا المستوى (١,٦ × ١٠^{-١١} م) أحسب ما يأتي :

(١) الزخم الزاوي للإلكترون في المدار .
(ب) طول موجة دي بروي المصاحبة له .

س١٥ : سقط شعاع ضوئي طول موجته (٣,٣ × ١٠^{-٧} م) على فلز مهبط خلية كهروضوئية فانبعثت

الإلكترونات طاقتها الحركية العظمى (٥,٢) إلكترون فولت، أحسب :
(١) اقتران دالة الشغل للفوتون .
(٢) فرق جهد القطع في الخلية .
(٣) تردد العتبة للفوتون .

