

الفصل السابع

مقدمة إلى فيزياء الكم

تكمية الطاقة

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) استثارة الذرة (الأطياف الذرية) .

* 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 كومبتون (ج) استثارة الذرة

افتراض بلانك أن الإشعاع وحدات منفصلة ليست متصلة تسمى كمات مفرداً كمة ، لكل منها طاقة محددة كمة تتناسب طردياً مع تردد الإشعاع . أي أن :

$$E = h \times \nu$$

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

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

" الطاقة الإشعاعية المنبعثة أو الممتصة تساوي عدداً صحيحاً من مضاعفات الكمية (هـ نـ) "

(ط الكمة = هـ × نـ ، ط الممتصة = ن × هـ × نـ) حيث ن : عدد صحيح (عدد الفوتونات) = ١ ، ٢ ، ٣ ،
أو المشعة

* تقاس الطاقة بالجول : (وهناك وحدة أصغر للطاقة هي الإلكترون فولت حيث للتحويل من جول إلى الإلكترون فولت نقسم على $e \cdot v$)

* هناك علاقة عكسية بين التردد والطول الموجي حيث :

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

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

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

مثال (١) : احسب تردد وطول موجة ضوء طاقته تساوى (٢,٢ × ١٠^{-١٩}) جول .

الحل :

$$ت = \frac{ط}{ه} = \frac{١٩-١٠ \times ٢,٢}{٣٤-١٠ \times ٦,٦} = \frac{١٠ \times ١}{٣} \text{ هيرتز}$$

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

مثال (٢) : احسب طاقة ضوء طول موجته (٣ × ١٠^{-٧}) متر .

الحل :

$$ت = \frac{س}{\lambda} = \frac{١٠ \times ٣}{٧-١٠ \times ٣} \text{ هيرتز}$$

$$ط = ه \times ت = ٦,٦ \times ١٠^{-٣٤} \times ١ \times ١٠^{-٧} = ٦,٦ \times ١٠^{-٤١} \text{ جول}$$

مثال (٣) : سخن جسم حتى توهج باللون الأحمر ، إذا كان أحد الترددات الإشعاعية الصادرة (٤ × ١٠^{-١٤}) هيرتز ، فاحسب :

(١) طاقة الكمة الواحدة لهذا الإشعاع بوحدة جول .

(٢) طاقة الكمة الواحدة لهذا الإشعاع بوحدة الكترون فولت .

(٣) الطول الموجي لهذه الكمة .

الحل :

سؤال : ما الفرق بين تفسير بلانك للإشعاع الصادر عن الأجسام ، وتفسير الفيزياء الكلاسيكية ؟

جواب :

تفترض الفيزياء الكلاسيكية أن الجسيمات المهتزة يمكن أن تمتلك أي مقدار من الطاقة ، ويمكن أن تشع أو تمتص أي مقدار من الطاقة ، ويكون متصلاً ويأخذ أي قيمة وهذا يتعارض مع فرض بلانك .

ورقة عمل دليل المعلم مع إجابتها

- ١- جسم مشع يبعث بإشعاع تردده (2×10^{14}) هيرتز، ما طاقة الكمة الواحدة لهذا الإشعاع (بالجول، بالإلكترون فولت)؟
- ٢- علام يعتمد الإشعاع الصادر عن الجسم المشع؟ وعند أي درجة حرارة يمكن للجسم أن يبعث بإشعاع كهرومغناطيسي؟
- ٣- قارن بين النموذج الموجي ومبدأ كمية الطاقة من حيث:
أ (طبيعة الإشعاع .
ب) طاقة الإشعاع .
- ٤- اذكر ثلاثاً من الظواهر التي فشل في تفسيرها النموذج الموجي للضوء.
- ٥- وفقاً للتصور الموجي للضوء؛ فإن الجسيم المشحون المهتز عند تردد معين، يبعث أو يمتص مقداراً غير محدد من الطاقة عند تغير اتساع اهتزازه.
أ (ماذا تعني هذه العبارة؟
ب) هل تتفق هذه العبارة مع فرضية بلانك للإشعاع؟ فسر إجابتك.

إجابة ورقة عمل (٧-١)

- ١- ط = هـ × ت = $6,6 \times 10^{-34} \times 2 \times 10^{14} = 1,32 \times 10^{-19}$ جول = $8,25$ إلكترون فولت.
- ٢- يعتمد على طبيعة سطح الجسم ودرجة حرارته.
وأي جسم درجة حرارته فوق درجة الصفر المطلق، يبعث بإشعاع كهرومغناطيسي.
- ٣-

النموذج الموجي (الكلاسيكي)	مبدأ كمية الطاقة	
الإشعاع موجات كهرومغناطيسية تبعث أو تمتص من الأجسام على نحو مستمر.	الإشعاع كمات منفصلة لكل منها طاقة محدد كمّاة.	أ)
طاقة الإشعاع تتناسب طردياً مع شدته التي تتناسب طردياً مع اتساع اهتزازات الجسيمات المشحونة المهتزة.	طاقة الإشعاع تتناسب طردياً مع تردده.	ب)

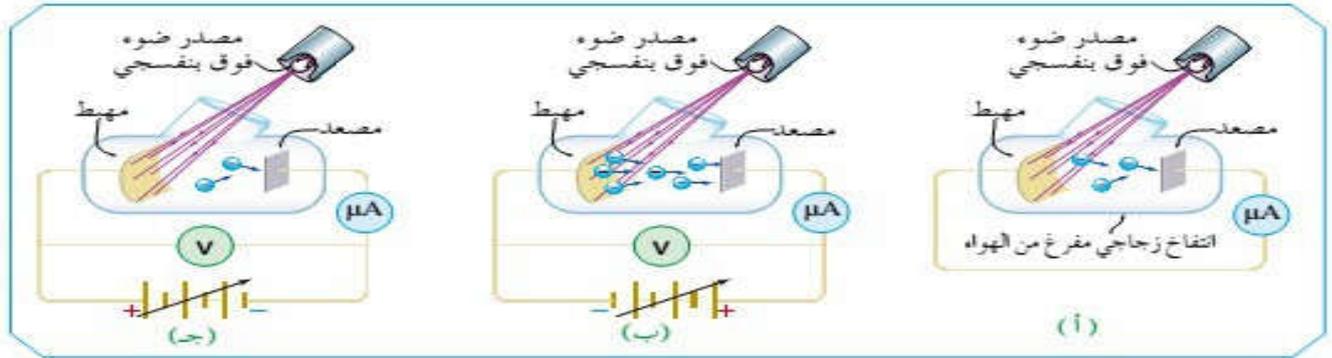
- ٤- الظاهرة الكهروضوئية، وظاهرة كومتون، وظاهرة طيف الامتصاص.
- ٥- أ (هذا يعني أن الإشعاع الكهرومغناطيسي يصدر عن الأجسام على هيئة سيل مستمر من الطاقة.
ب) هذا لا يتفق مع مبدأ كمية الطاقة، حيث إن امتصاص الطاقة الضوئية، أو انبعائها يكون على شكل كمات منفصلة، لكل منها طاقة محددة كمّاة (ط = هـ × ت)، أي توجد مقادير محددة لهذه الطاقة، تنتج عن الجسيمات المشحونة المهتزة.

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) .

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 ، ميكروأمتر ، فولتيمتر) 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 والإحتفاظ بالباقي على شكل طاقة حركية .
- * استنتج أن الفرق في الجهد بين المصعد والمهبط يبذل **شغلاً موجباً** على الإلكترونات ناقلاً إليها طاقة حركية .



دراسة الطاقة الحركية للإلكترونات الضوئية

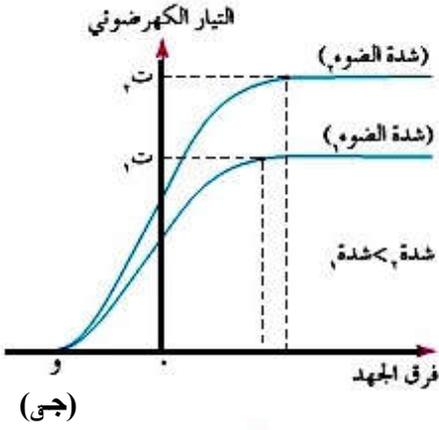
أ) قياس الطاقة الحركية للإلكترونات الضوئية

- قام لينارد بعكس أقطاب البطارية (وصل الباعث بالقطب الموجب والجامع بالقطب السالب) . وذلك لكي ينشأ مجال كهربائي يعاكس حركة الإلكترونات (حيث أن الفرق في الجهد بين المصعد والمهبط يبذل **شغلاً سالباً**) . حيث :
- * بدأ بمقدار صغير لفرق الجهد (ج) ، ثم أخذ بزيادة فرق الجهد الموجب 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 **الجهد العكسي** (القطع) ويرمز له بالرمز (ج_١) ، ويرتبط بالطاقة الحركية (ط_ع) بالعلاقة الآتية :

$$(ط\text{ع}) = eV = 1.6 \times 10^{-19} \text{ ك ج} = \frac{1}{2} m v^2$$

حيث eV : شحنة الإلكترون وتساوي 1.6×10^{-19} كولوم

(ب) التمثيل البياني بين فرق الجهد والتيار الكهربائي :



عند تمثيل العلاقة بين فرق الجهد (ج) والتيار الكهربائي (ت) بيانياً عند شدة ضوء معينة (كمية الضوء الساقطة) نحصل على المنحنى الأول وعند زيادة شدة الضوء نحصل المنحنى الثاني **لاحظ أن:** فرق جهد القطع (النقطة و) بقي ثابتاً، مما يعني أن الطاقة الحركية للإلكترونات بقيت ثابتة أي أن " (طح عظمى) " لا تعتمد 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 : 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 لامتناس الطاقة الكافية وتجميعها ليحرر من الفلز ، خاصة عند سقوط ضوء خافت (شدته قليلة) 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 .

*** وحسب الفيزياء الحديثة تم تفسير الظاهرة الكهروضوئية كالتالي :**

(١) عمم أينشتين مبدأ تكميم الطاقة لبلانك وافترض أن الضوء ينبعث على شكل كمات منفصلة من الطاقة اسماها فوتونات .

(٢) عند سقوط الفوتون على سطح الفلز يعطي الفوتون الواحد طاقته كاملة للإلكترون واحد فقط ويتلاشى الفوتون (أي 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 :

معادلة أينشتين الكهروضوئية

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

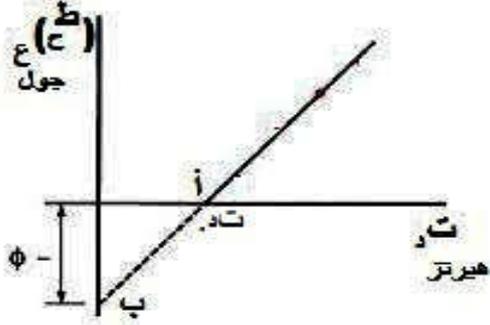
$$h \times \text{تر} = \phi + eV \times \text{جى}$$

حتى يفلت الإلكترون من سطح الفلز لابد من تزويد الإلكترون بقدر من الطاقة يكافئ طاقة ربطه مع النواة والتي تسمى اقتران (دالة) الشغل ويرمز لها ϕ وهي تختلف من فلز لآخر وتعطى بالعلاقة $\phi = h \times \text{تر}$ حيث :
تر: تردد العتبة للفلز وهو أقل تردد لازم لتحرير إلكترونات من سطح الفلز ويختلف من فلز لآخر .

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

- (١) $t > t_0$ لا يتحرر إلكترونات من سطح الفلز . وتكون ($\phi > t$)
- (٢) $t = t_0$ يتحرر إلكترونات من سطح الفلز بطاقة حركية صفراً . وتكون ($\phi = t$)
- (٣) $t < t_0$ يتحرر إلكترونات من سطح الفلز بطاقة حركية . وتكون ($\phi < t$)

لقد كان العالم مليكان أول من أجرى تجربة للتحقق من صحة ما تنبأ به أينشتين ، 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_٠) .
- (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 (ط عظمى) تعتمد على تردد الضوء ، وهكذا أثبت مليكان صحة ما تنبأ به أينشتين بأن الضوء يتكون من وحدات منفصلة من الطاقة أسماها 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 .

*** سؤال :** على ماذا تعتمد الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة من سطح الفلز في الظاهرة الكهروضوئية ؟

جواب : (١) وفقاً لنموذج أينشتين (الفيزياء الحديثة) : تعتمد (ط عظمى) 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 (ط عظمى) 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 أثبتت التجارب العملية أن (ط عظمى) تعتمد على تردد الضوء فقط وهذه المشكلة التي لم تستطيع الفيزياء الكلاسيكية 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) (ط ع : جول) نعلم . ويكون ميل الخط يمثل ثابت بلانك (هـ) ووحدته (جول.ث) .

(ب) (ط ع : e.v) أو (جى : فولت) : نضرب المحور بـ (e_v-) ليتحول إلى (ط ع : جول) .

(٢) الطول الموجي الذي يخص الفلز (المصاحب لتردد العتبة) هو **طول موجي العتبة** وهو : **أكبر طول موجي لازم لتحرير**

الإلكترونات من سطح الفلز أو **الطول الموجي اللازم حتى يمر تيار في الخلية الكهروضوئية** ورمزه (λ_٠)

والذي يقابل أقل تردد لازم لتحرير إلكترونات من سطح الفلز (ت_٠) . حيث :

$$t_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

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

جواب :

* اقتران (دالة) الشغل (ϕ) : أقل طاقة لازمة لتحرير الإلكترون من سطح الفلز .

* تردد العتبة (ν_0) : أقل تردد للضوء يلزم لتحرير إلكترونات من سطح الفلز .

* جهد القطع (V_0) : أقل فرق جهد كهربائي عكسي يلزم لجعل التيار الكهروضوئي صفراً أو فرق الجهد الكهربائي العكسي اللازم لإيقاف أسرع الإلكترونات الضوئية .

* الإلكترون فولت (e.v) : الطاقة الحركية التي يكتسبها الإلكترون عندما يتسارع عبر فرق جهد مقداره (1) فولت .

* التيار الكهروضوئي : هو التيار الناتج من حركة الإلكترونات المنبعثة من المهبط والمتجهة إلى المصعد .

* تيار الإشباع : التيار الكهروضوئي الناتج من حركة الإلكترونات الضوئية جميعها المتحررة من المهبط والواصلة للمصعد .

سؤال : كيف تفسر كل مما يلي :

(1) لا يمارس الفلز الظاهرة الكهروضوئية عندما يسقط عليه ضوء تردده أقل من تردد العتبة .

(2) يزداد مقدار التيار الكهربائي في الخلية الكهروضوئية بزيادة شدة الضوء .

(3) يبقى فرق جهد الإيقاف (القطع) ثابتاً في الخلية الكهروضوئية بالرغم من زيادة شدة الضوء .

جواب :

(1) لأن الضوء لا يملك طاقة كافية للتغلب على طاقة ربط الإلكترون بنواته حيث $\phi > \text{طونون}$.

(2) 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 .

(3) 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 (فسر) : 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 طاقاتها الحركية . وكيف فسّر أينشتاين هذه النتيجة ؟

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

جواب :

أولاً : يعتمد التيار الكهربائي على

(1) تردد الضوء الساقط . (فقط أن يكون $\nu > \nu_0$) .

(2) شدة الضوء الساقط .

(3) 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 وبتزايد فرق الجهد السالب تدريجياً يتناقص عدد الإلكترونات الواصلة إلى الجامع فتناقص قراءة الميكروأميتر تدريجياً وبهذا التناقص استنتج تفاوتها في الطاقة الحركية .

*** فسر** أينشتين هذا التفاوت في الطاقة الحركية على النحو التالي :

معظم حجم الذرة فراغ ، وأن سطح الفلز ينتهي على عمق مئات من الذرات ، لذا تتفاوت ذرات السطح في العمق داخل السطح ، وعليه فإن الإلكترونات القريبة من السطح لا تصطدم بذرات الفلز ولذلك تمتلك أكبر قدر ممكن من الطاقة الحركية والإلكترونات المتحررة من داخل الفلز (عمق أكبر) 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 .

سؤال : ماهو الذي لم تستطيع 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 .

مثال (١) : معدن اقتران الشغل له يساوي (٣,٣ × ١٠^{-١٩}) جول احسب تردد العتبة لهذا المعدن .

الحل :

$$\phi = h \times \nu \quad \text{ومنها} \quad \nu = \frac{\phi}{h} = \frac{3,3 \times 10^{-19}}{6,6 \times 10^{-34}} = 5,0 \times 10^{14} \text{ هيرتز}$$

مثال (٢) : إذا كان أكبر طول موجي لازم لتحرير إلكترونات هو (٢ × ١٠^{-٧}) متر احسب اقتران الشغل .

الحل :

$$\phi = h \times \nu = \frac{6,6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2 \times 10^{-7}} = 9,9 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

مثال (٣) : سقط فوتون طاقته (٤,٤ × ١٠^{-١٩}) جول على سطح فلز اقتران (دالة) الشغل له (٢,٢ × ١٠^{-١٩}) جول

احسب :

(١) الطاقة الحركية العظيمة للإلكترونات المنبعثة بوحدة الجول . (٢) فرق جهد القطع للفلز .

الحل :

$$(١) \text{ ط ح} = \phi - \text{ط} = 4,4 \times 10^{-19} - 2,2 \times 10^{-19} = 2,2 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$(٢) \text{ ج ق} = \frac{\text{ط ح}}{e \nu} = \frac{2,2 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 2 \text{ فولت}$$

مثال (٤) : اسقط ضوء على سطح فلز اقتران الشغل له (٩,٩ × ١٠^{-١٩}) جول ، فانطلقت منه إلكترونات ضوئية بطاقة

حركية عظيمة 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 :

$$(١) \text{ ط} = \phi + \text{ط ح} = 9,9 \times 10^{-19} + 7,7 \times 10^{-19} = 1,76 \times 10^{-18} \text{ جول}$$

$$\text{ت} = \frac{\text{ط}}{h} = \frac{1,76 \times 10^{-18}}{6,6 \times 10^{-34}} = 2,67 \times 10^{15} \text{ هيرتز}$$

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

مثال (٥) : سقط ضوء (فوتون) طاقته $(١٣,٢ \times ١٠^{-١٩})$ جول ، على سطح فلز اقتران الشغل له $(٦,٦ \times ١٠^{-١٩})$ 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 = $\frac{١}{٢} ك ع^٢$)
(اعتبر $ك = ٩,١ \times ١٠^{-٣١}$ كغ)
- الحل :

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

(٢) تردد العتبة .

(١) فرق جهد القطع .

الحل :

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

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

$$\text{ج} = \frac{\text{طح}}{eV} = \frac{١٠ \times ٢,٦}{١٠ \times ١,٦} = ١,٦٢٥ \text{ فولت}$$

$$(٢) \text{ ترد} = \frac{\phi}{h} = \frac{١٠ \times ٤}{٦,٦ \times ١٠^{-٣٤}} \approx ١٠ \times ٠,٦ \text{ هيرتز}$$

مثال (٧) : 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 :

$$(١) \phi = h \times \text{ترد} = ١٠ \times ٦,٦ \times ١٠^{-٣٤} = ١٠ \times ١ \times ٣ \times ١٠^{-٧} \text{ جول}$$

$$(٢) \lambda = \frac{h \times \text{ترد}}{\phi} = \frac{١٠ \times ٦,٦ \times ١٠^{-٣٤}}{١٠ \times ٣ \times ١٠^{-٧}} = ٢,٢ \times ١٠^{-٢٧} \text{ م}$$

أو

$$\lambda = \frac{h \times \text{ترد}}{\phi} = \frac{١٠ \times ٦,٦ \times ١٠^{-٣٤}}{١٠ \times ٣ \times ١٠^{-٧}} = ٢,٢ \times ١٠^{-٢٧} \text{ م}$$

$$(٣) \text{ طح} = \text{ط} - \phi = ١٠ \times ٦,٦ - ١٠ \times ٣ = ١٠ \times ٣,٦ \text{ جول}$$

مثال (٨) : 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 $١٠ \times ٣,٢$ جول)

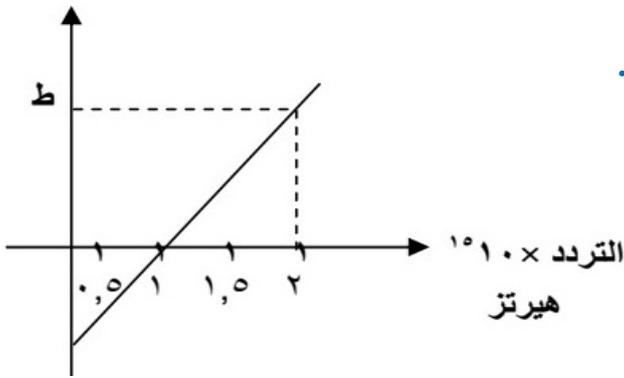
الحل :

$$(١) \text{ ج} = ٢ - \text{فولت}$$

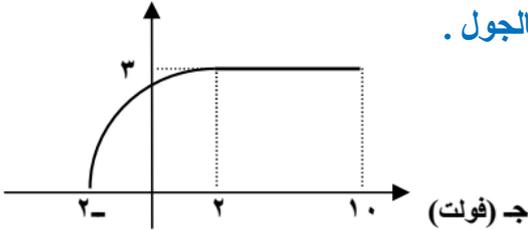
$$(٢) \text{ طح} = \text{ط} - \phi = ١٠ \times ١,٦ - ١٠ \times ٣,٢ = ١٠ \times ١,٦ \text{ جول}$$

$$(٣) \text{ ط} = \phi + \text{طح} = ١٠ \times ٣,٢ + ١٠ \times ١,٦ = ١٠ \times ٤,٨ \text{ جول}$$

طح (جول)



ت (ملي امبير)



مثال (٩) : سقط ضوء طول موجته $(1.0 \times 330 \text{ \AA})$ متر على فلز مهبط خلية كهروضوئية ، فانطلقت إلكترونات من سطحه فإذا كان جهد القطع للفلزن حينئذ (0.625 فولت) ، احسب :
(١) تردد الضوء
(٢) تردد العتبة

الحل :

$$(1) \text{ ترد} = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{1.0 \times 330 \times 10^{-10}} = 9 \times 10^{14} \text{ م}^{-1}$$

$$(2) \text{ ه} \times \text{تر} = \text{تر} \times \text{ه} + \text{ج} \times \text{ج} \quad \leftarrow \text{ج} = \frac{1.0 \times 330 \times 10^{-10} \times 9 \times 10^{14} - 0.625 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 0.75 \times 10^{15} \text{ هيرتز}$$

$$\text{ومن هنا} \quad 1.0 \times 330 \times 10^{-10} \times 9 \times 10^{14} - 0.625 \times 1.6 \times 10^{-19} = 0.75 \times 10^{15} \times 1.6 \times 10^{-19}$$

مثال (١٠) : إذا كان اقتران الشغل لفلز يساوي $(2,3 \text{ إلكترون فولت})$ وسقط عليه ضوء تردده $(1.0 \times 1,5 \text{ هيرتز})$ احسب :

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

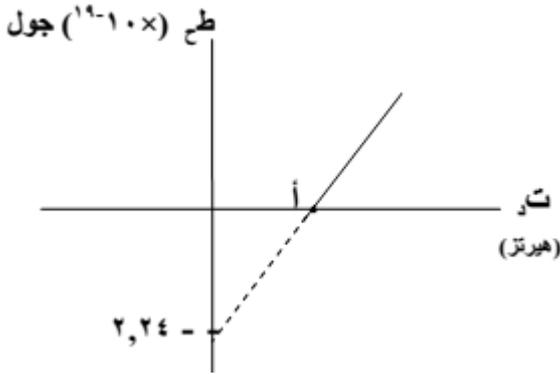
الحل :

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

$$(1) \lambda = \frac{h \times \text{تر} - \phi}{c} = \frac{6,626 \times 10^{-34} \times 1,5 \times 10^{15} - 3,68 \times 10^{-19}}{3 \times 10^8} = 5,4 \times 10^{-7} \text{ م}$$

$$(2) \text{ ط} \times \text{ح} = \text{ه} \times \text{تر} - \phi = 1,6 \times 10^{-19} \times 1,5 \times 10^{15} - 3,68 \times 10^{-19} = 2,2 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

مثال (١١) : اعتماداً على الرسم البياني ، أجب عما يأتي :



- (١) احسب التردد عند النقطة (أ) .
- (٢) احسب فرق الجهد العكسي لمادة الباعث عند سقوط فوتون طول موجته $(5 \times 10^{-7} \text{ م})$.
- (٣) ماذا يحدث لميل الخط المستقيم إذا زاد تردد الفوتون الساقط؟ فسر إجابتك .

الحل :

$$(1) \text{ ترد} = \frac{\phi}{h} = \frac{2,24 \times 10^{-19}}{6,626 \times 10^{-34}} = 3,38 \times 10^{14} \text{ هيرتز}$$

$$(2) \text{ ط} = \frac{h \times \text{تر} - \phi}{e} = \frac{6,626 \times 10^{-34} \times 3,38 \times 10^{14} - 2,24 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 3,96 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$\text{ج} = \frac{\phi - \text{ط} \times e}{e} = \frac{2,24 \times 10^{-19} - 3,96 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 0,75 \text{ فولت}$$

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

مثال (١٢) : من الشكل الذي يمثل العلاقة بين تردد الضوء الساقط

والطاقة الحركية للإلكترونات لعدة فلزات أجب عما يلي :

- (١) لماذا تكون المنحنيات الثلاثة متوازية ؟
- (٢) أي الفلزات سيتحرر منها إلكترونات عند سقوط فوتون على سطحها طول موجي (4×10^{-7}) م .
- (٣) احسب اقتران الشغل للفلز (٣) .

الحل :

(١) لأن ميلها يمثل ثابت بلانك (هـ) .

$$(٢) \text{تر} = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{4 \times 10^{-7}} = 1,65 \times 10^{10} \text{ هيرتز}$$

سيتحرر الإلكترونات من فلز (١) فقط .

$$(٣) \phi = h \times \text{تر} = 6,6 \times 10^{-34} \times 1,65 \times 10^{10} = 1,09 \times 10^{-23} \text{ جول}$$

مثال (١٣) : من الشكل احسب ثابت بلانك .

الحل :

$$(١) \text{هـ} \text{تر}_1 = \phi + eV_1 \text{ جـ ق}_1$$

$$(٢) \text{هـ} \text{تر}_2 = \phi + eV_2 \text{ جـ ق}_2$$

بطرح المعادلة (١) من (٢)

$$h = \frac{e(V_2 - V_1)}{\Delta \text{تر}} = \frac{1,6 \times 10^{-19} \times (3,3 - 2,48)}{1,6 \times 10^{14} - 1,2 \times 10^{14}}$$

$$h = 6,56 \times 10^{-34} \text{ جول . ث}$$

مثال (١٤) : 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 (4×10^{-7}) م على سطحها . مفسراً إجابتك ؟

(٢) احسب فرق جهد القطع الفلز (ع) عند سقوط ضوء تردده (3×10^{10}) هيرتز .

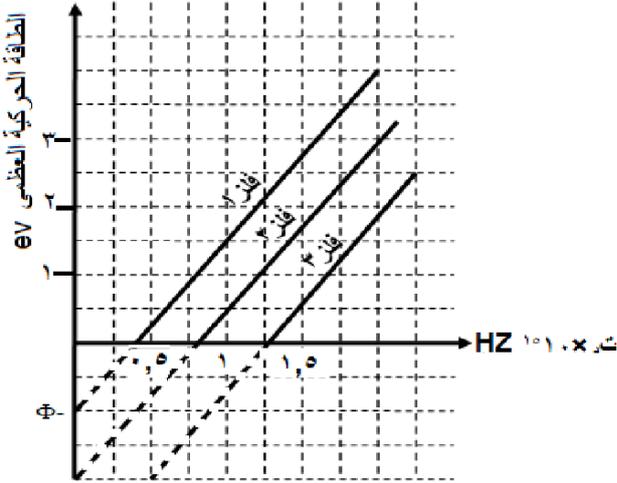
الحل :

$$(١) \text{ط} = \text{هـ} \times \text{تر} = \frac{6,6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{10}}{4 \times 10^{-7}} = 4,95 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

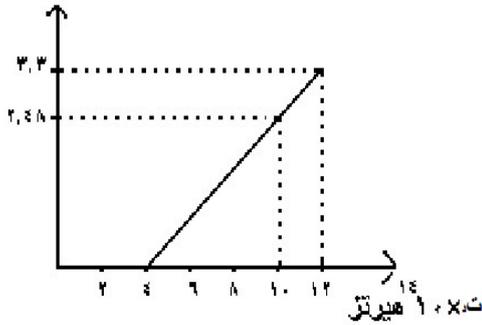
سينبعث الإلكترونات من الفلزين س و ص لأن طاقة الضوء الساقط أكبر من اقتران الشغل لكليهما

$$(٢) \text{ط} = \text{هـ} \times \text{تر} = 6,6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{10} = 1,98 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

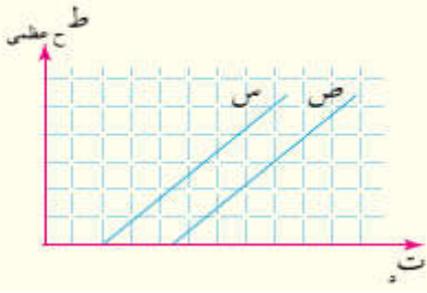
$$\text{جـ ق} = \phi - \text{ط} = \frac{7 \times 10^{-19} - 1,98 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 8 \text{ فولت}$$



جهد القطع (فولت)



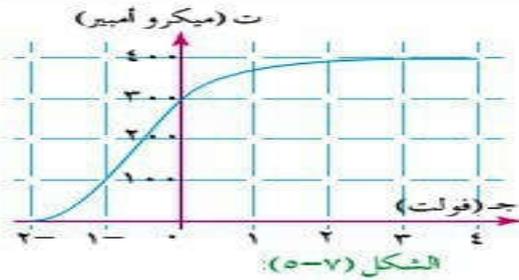
الفلز	اقتران الشغل (جول)
س	$3,6 \times 10^{-19}$
ص	$4,6 \times 10^{-19}$
ع	7×10^{-19}



مثال (١٥) : يوضح الشكل العلاقة بين تردد الضوء الساقط على فلزين مختلفين (س، ص) والطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة. أجب عما يأتي :
 (١) أي الفلزين (س، ص) طول موجة العتبة له أكبر؟ فسر إجابتك.
 (٢) إذا سقط ضوء له التردد نفسه على الفلزين، وانبعث إلكترونات من كل منهما، فأى الفلزين تنبعث منه إلكترونات ممتلئة طاقة حركية أكبر؟ فسر إجابتك.

الحل :

مثال الكتاب :



يبين الشكل (٥-٧) تمثيلًا بيانيًا للعلاقة بين فرق الجهد (ج) في خلية كهروضوئية والتيار الكهروضوئي (ت). مستعينا بالبيانات المثبتة في الشكل، أجب عما يأتي:
 ١ ما قيمة تيار الإشباع؟
 ٢ ما قيمة أقل فرق جهد بين طرفي الخلية الكهروضوئية عندما يصل التيار إلى قيمته العظمى؟
 ٣ ما قيمة جهد القطع؟
 ٤ احسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بوحدة إلكترون فولت.
 ٥ احسب السرعة العظمى للإلكترونات الضوئية.

الحل:

١ نرسم امتدادًا نحو اليسار من النقطة التي أصبح عندها المنحنى أفقيًا، فنجد أنه يتقاطع مع محور التيار الكهروضوئي عند القيمة ٤.٠٠ ميكرو أمبير، أي أن تيار الإشباع = ٤.٠٠ ميكرو أمبير.
 ٢ ننزل عمودًا على محور فرق الجهد من النقطة التي أصبح عندها التيار مشبعًا، حتى يتقاطع العمود مع المحور عند النقطة ٣ فولت، أي أن ج = ٣ فولت.
 ٣ جهد القطع هو الجهد الذي ينعدم عنده التيار الكهروضوئي، ويمثل نقطة تقاطع المنحنى مع محور فرق الجهد (ت = صفر) ومن الرسم البياني ج = -٣ فولت.

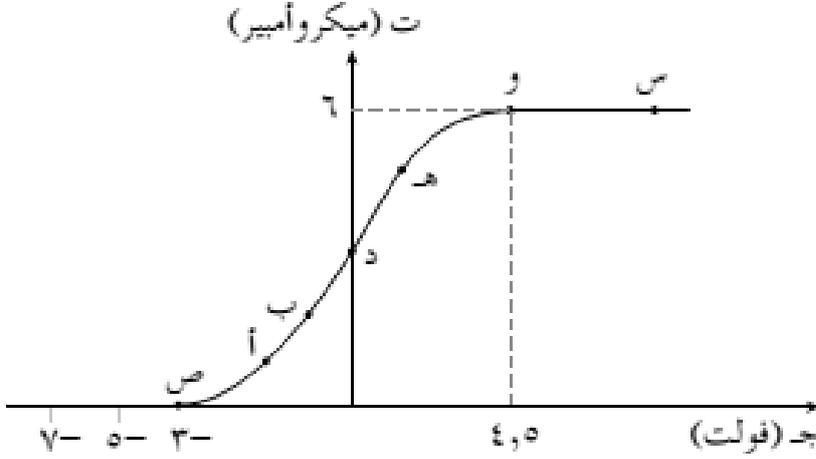
$$\begin{aligned} \text{ط عظمى} &= \text{ج} \times \text{ج} \\ &= ١٠^{-١٠} \times ١,٦ - \times ٢ - \times ١٠^{-١٠} \times ٣,٢ = ١٠^{-١٠} \times ١٠ \text{ جول} \\ &= ٢ \text{ إلكترون فولت.} \end{aligned}$$

يلاحظ أن الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بوحدة إلكترون فولت تساوي عددًا القيمة المطلقة لجهد القطع بوحدة فولت.

$$\begin{aligned} \text{ط عظمى} &= \frac{1}{4} \text{ ك ع عظمى} \\ ١٠^{-١٠} \times ٣,٢ &= \frac{1}{4} \times ٩,١١ \times ١٠^{-١٠} \times \text{ع عظمى} \\ \text{ع عظمى} &= ١٠^{-١٠} \times ٠,٧ = ١٠^{-١٠} \times ٨,٤ = \text{ع عظمى} \text{ م/ث.} \end{aligned}$$

ورقة عمل دليل المعلم

يمثل الشكل المجاور العلاقة بين فرق الجهد بين المصعد والمهبط والتيار الكهروضوئي في الخلية الكهروضوئية، تأمل الشكل وأجب عما يأتي:



١- ما مقدار تيار الإشباع؟

٢- ما مقدار جهد القطع؟

٣- ما مقدار أصغر فرق جهد موجب

يصل عنده التيار إلى قيمته العظمى؟

٤- عندما يصل فرق الجهد العكسي

إلى فرق جهد القطع، بين ما يحدث

لكل من (التيار الكهروضوئي، عدد

الإلكترونات الواصلة إلى المصعد).

٥- عند أي النقطتين (س، ص) يكون جهد المصعد موجبًا؟

٦- عند أي النقطتين (ب، هـ) يكون جهد المهبط موجبًا؟

٧- عند أي النقاط الموضحة في الشكل، يعمل فرق الجهد بين المهبط والمصعد على زيادة الطاقة

الحركية للإلكترونات المتحررة؟

٨- عند أي النقاط الموضحة في الشكل، يعمل فرق الجهد بين المهبط والمصعد على إنقاص الطاقة

الحركية للإلكترونات المتحررة؟

٩- فسّر تزايد التيار من النقطة (د) إلى النقطة (و).

١٠- فسّر تناقص التيار من النقطة (د) إلى النقطة (ص).

١١- فسّر وجود تيار كهربائي عند (د)، على الرغم من أن فرق الجهد بين المهبط والمصعد يساوي

صفرًا.

١٢- رتب عدد الإلكترونات الواصلة إلى المصعد عند النقاط (د، هـ، و) تنازليًا؟

١٣- ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة؟

١٤- ما السرعة التي تُحدد تجريبيًا للإلكترونات المتحررة، مفسرًا إجابتك؟

إجابة ورقة العمل

- ١- ٦ ميكرو أمبير
- ٢- ٣ فولت.
- ٣- ٤,٥ فولت.
- ٤- التيار الكهروضوئي يصبح صفرًا ، وعدد الإلكترونات الواصلة للمصعد يصبح صفرًا أيضًا.
- ٥- عند (س).
- ٦- عند (ب).
- ٧- عند النقاط (هـ، و، س).
- ٨- عند النقاط (ب، أ، ص).
- ٩- إن فرق الجهد الموجب يبذل شغلًا موجبًا على الإلكترونات الضوئية فتكتسب طاقة حركية؛ ما يؤدي إلى زيادة عدد الواصل منها إلى المصعد فيزداد التيار، إلى أن تصل الإلكترونات الضوئية المتحررة جميعها في وحدة الزمن إلى المصعد؛ فيصل التيار عندها إلى قيمة عظمى تسمى تيار الإشباع.
- ١٠- إن فرق الجهد العكسي يبذل شغلًا سالبًا يسحب طاقة حركية من الإلكترونات الضوئية فيتناقص عدد الذي يتمكن من الوصول إلى المصعد لعدم امتلاكها للطاقة الحركية الكافية للتغلب على قوة التنافر مع المصعد السالب، وعندما يصبح مقدار فرق الجهد العكسي كافيًا لإيقاف أسرع الإلكترونات الضوئية يصبح التيار صفرًا، ويسمى مقدار فرق الجهد العكسي عند ذلك جهد القطع.
- ١١- الضوء المناسب الساقط مكن الإلكترونات من التحرر من سطح المهبط تمتلك طاقة حركية مكنتها من الوصول إلى المصعد فيسري تيار كهروضوئي يقيسه الميكروأمبير.
- ١٢- عدد الإلكترونات الواصلة عند (و) أكبر منه عند (هـ)، أكبر منه عند (د).
- ١٣- $ط_{ح\ عظمى} = ١,٦ \times ١٠^{-١٩} - ٣ = ٤,٨ \times ١٠^{-١٩}$ جول.
- ١٤- السرعة العظمى، تحدّد تجريبيًا عند قياس جهد القطع اعتمادًا على العلاقة ($ط_{ح\ عظمى} = ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ جول).

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) : إشعاع 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) : إشعاع (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_2) .

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

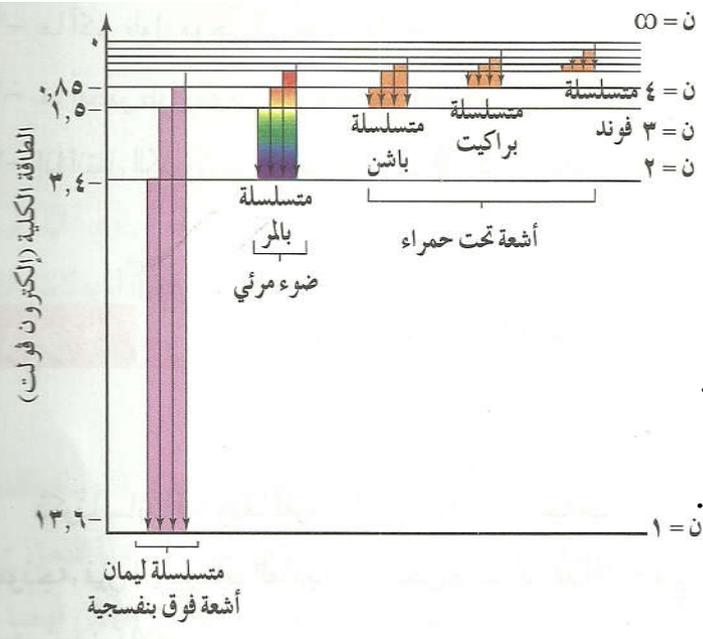
جواب : لأنه تبين أن لكل عنصر طيف خاص يمتصه (يظهر مكانه خط أسود) فلا يمكن أن نجد لعنصرين الطيف نفسه لذلك يعتبر أيضاً صفة مميزة .

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 ؟

طيف ذرة الهيدروجين :

بدأ العلماء بعد بالمر (مثل ليمان ، 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 ليمان : $R = \frac{1}{\lambda} = \left| \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_1^2} \right|$ حيث $n = 2, 3, 4, \dots$
- (٢) متسلسلة بالمر : $R = \frac{1}{\lambda} = \left| \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_1^2} \right|$ حيث $n = 3, 4, 5, \dots$
- (٣) متسلسلة باشن : $R = \frac{1}{\lambda} = \left| \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_1^2} \right|$ حيث $n = 4, 5, 6, \dots$
- (٤) متسلسلة براكيت : $R = \frac{1}{\lambda} = \left| \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_1^2} \right|$ حيث $n = 5, 6, 7, \dots$
- (٥) متسلسلة فوند : $R = \frac{1}{\lambda} = \left| \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n_1^2} \right|$ حيث $n = 6, 7, 8, \dots$

حيث : $R_H =$ ثابت ريديرغ $= 1,097 \times 10^7 \text{ م}^{-1}$ ، $n =$ 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	براكت
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 المادانهاية إلى المدار الخاص بالمتسلسلة .

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

وأقل طاقة تنتج عندما يحدث انتقال من المستوى الأعلى مباشرة .

إذاً في متسلسلة ليمان 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 .

مثال (١) : احسب طول موجة الخط الطيفي الثالث في متسلسلة بالمر .

الحل :

نحصل على طول موجة الخط الطيفي الثالث بتعويض (ن = ٥) في العلاقة :

$$\left| \frac{1}{n} - \frac{1}{2} \right| R_H = \frac{1}{\lambda}$$

$${}^{\vee}1.0 \times 0.23037 = \left| \frac{1}{5} - \frac{1}{2} \right| {}^{\vee}1.0 \times 1.097 = \frac{1}{\lambda}$$

$${}^{\vee}1.0 \times 4.341 = \lambda = 434.1 \text{ nm}$$

مثال (٢) : احسب أقصر طول موجي في متسلسلة براكنت .

الحل :

نحصل أقصر طول موجي في متسلسلة براكنت بتعويض (ن = ∞) في العلاقة :

$$\left| \frac{1}{\infty} - \frac{1}{2} \right| R_H = \frac{1}{\lambda}$$

$${}^{\circ}1.0 \times 6.86 = \left| \text{صفر} - \frac{1}{2} \right| {}^{\vee}1.0 \times 1.097 = \frac{1}{\lambda}$$

$${}^{\vee}1.0 \times 1.459 = \lambda = 1459 \text{ nm}$$

مثال (٣) : احسب طول موجة الفوتون المنبعث لخط الإنبعاث الثاني في متسلسلة باشن .

الحل :

نموذج بور لذرة الهيدروجين

استفاد العالم بور من نموذج العالم رذرفورد لذرة الهيدروجين في مفهوم الزخم الزاوي (خز = ك ع نقن) ، واستفاد من مفاهيم العالمين بلانك وأينشتين في تكمية الطاقة لصياغة فرضياته حيث ربط بور بين الفيزياء الكلاسيكية وفيزياء الكم .

* نموذج بور الذري :

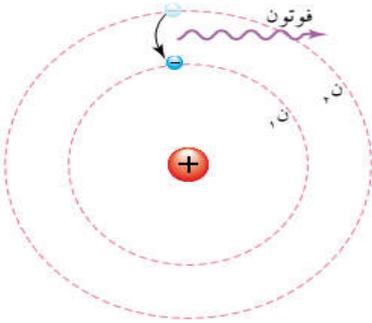
سؤال : اذكر فرضيات نموذج بور الذري الأربعة .

جواب :

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

(٢) يوجد الإلكترون في مدارات محددة ، كل مدار له مقدار محدد من الطاقة يختلف عن غيره من المدارات ، وتسمى هذه المدارات (مستويات الطاقة) . ويمكن في هذه الحالة وصف هذه المدارات بأنها : مستويات طاقة ولا يمكن للذرة أن تشع أو تمتص طاقة طالما بقي الإلكترون في مستوى طاقة معين .

حيث P_n : طاقة المدار (المستوى)
 n : رقم المدار (المستوى)



$$P_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$$

وتكون

(٣) يشع الإلكترون إذا انتقل من مستوى طاقة عالي إلى مستوى طاقة منخفض (تفسير الطيف الخطي لذرة الهيدروجين) وتكون الطاقة المنبعثة مكتملة على شكل فوتون ، كما يمكن للإلكترون أن ينتقل من مستوى طاقة منخفض إلى مستوى طاقة عالي إذا امتص فوتوناً طاقته تساوي 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

$$P_{\text{فوتون}} = |P_n - P_m| = h \times \nu$$

حيث : P_n : طاقة المستوى النهائي / P_m : طاقة المستوى الابتدائي / h : طاقة الفوتون (بالجول) .

(٤) المدارات المسموح للإلكترون أن يتواجد (يتحرك) فيها هي التي يكون فيها الزخم الزاوي للإلكترون من مضاعفات $(\frac{h}{2\pi})$ أي أن : (ك ع نقن = $\frac{h}{2\pi} n$) حيث $n = 1, 2, \dots$ وتمثل رقم المدار المتواجد فيه الإلكترون .

$$\text{خز} = \frac{h}{2\pi} n \quad \text{أي أن}$$

* يمكن حساب نصف قطر المدار الذي يوجد به الإلكترون من العلاقة :

$$\text{نقن} = n^2 \times \text{نقب}^2$$

حيث نقب : نصف قطر بور = 5.29×10^{-11} م

سؤال : إذا كانت الطاقة الكلية لإلكترون ذرة الهيدروجين في مداره تعطي بالعلاقة (ط_ن = - ١٣,٦ / ن^٢)

(أ) ما الأهمية الفيزيائية للإشارة السالبة في العلاقة ؟

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

جواب :

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

وتسمى طاقة التحرر بـ طاقة التأين .

(ب) أدنى قيمة ممكنة عندما ن = ١ (مستوى الاستقرار ، المستوى الأول ، مدار بور) حيث

$$ط_١ = - \frac{13,6}{1^2} = -13,6 \text{ eV} = -1,6 \times 10^{-19} \times 13,6 = -21,76 \times 10^{-19} \text{ جول} .$$

سؤال : هل يمكن لذرة الهيدروجين أن تبعث فوتوناً طاقته (١٥) إلكترون فولت ؟ فسر إجابتك .

جواب : لا ، فطاقة أدنى مستوى لذرة الهيدروجين تساوي (-١٣,٦ إلكترون فولت) وهي طاقة مستوى الاستقرار .

سؤال : أي المدارات الممكنة لذرة الهيدروجين تكون فيه سرعة الإلكترون أكبر ؟ فسر إجابتك .

جواب : المستوى الأول ، من العلاقة (ك ع نقب = هـ) أي أن السرعة تزداد بنقصان رقم مستوى الطاقة (ن) .

سؤال : بماذا يتفق نموذج بور مع مبدأ بلانك في تكمية الطاقة ؟

جواب : إن الطاقة التي تنبعث أو تمتص من جسم تكون بمقادير محددة ، وكذلك الطاقة التي تنبعث أو تمتص من ذرة الهيدروجين تكون بمقادير محددة .

سؤال : إلى أي متسلسلات طيف ذرة الهيدروجين ينتمي الخط ذو الطول الموجي الأقصر ؟

جواب : أقصر طول موجي يعني أكبر تردد (طاقة) ، وأكبر الخطوط الطيفية طاقة هي التي تنتمي لمتسلسلة ليمان .

سؤال : ما المقصود بكل من : طاقة التأين ، طاقة الإثارة ، مستويات الإثارة .

جواب : طاقة التأين : هي أقل طاقة لازمة لتحرر الإلكترون من ذرة الهيدروجين دون اعطائه طاقة حركية .

طاقة الإثارة : هي أقل طاقة لازمة لنقل الإلكترون من مستوى طاقة إلى مستوى طاقة أعلى بحيث يبقى مرتبطاً بالذرة .

مستويات الإثارة : هي المستويات التي تعلو مستوى الاستقرار .

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

الحل :

$$ط_٤ = - \frac{13,6}{4^2} = -0,85 \text{ eV}$$

$$ط_٥ = - \frac{13,6}{5^2} = -0,54 \text{ eV}$$

$$ط_{\infty} = - \frac{13,6}{\infty^2} = \text{صفر}$$

$$ط_١ = - \frac{13,6}{1^2}$$

$$ط_٢ = - \frac{13,6}{2^2} = -3,4 \text{ eV}$$

$$ط_٣ = - \frac{13,6}{3^2} = -4,8 \text{ eV}$$

$$ط_٤ = - \frac{13,6}{4^2} = -8,5 \text{ eV}$$

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

$$\begin{aligned} \text{نقن} &= \text{نق} \times \text{ن} \\ \text{نق} &= 9 \times 11^{-10} \times 5,29 = 47,61 \times 11^{-10} \text{ م} \\ \text{نق} &= 16 \times 11^{-10} \times 5,29 = 84,64 \times 11^{-10} \text{ م} \end{aligned}$$

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) طاقة التأين (الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون) .
- (٦) طاقة الفوتون المنبعث عند انتقال الإلكترون إلى مستوى الاستقرار . وحدد اسم المتسلسلة .

الحل :

$$\begin{aligned} \text{نقن} &= \text{نق} \times \text{ن} = 4 \times 11^{-10} \times 5,29 = 21,16 \times 11^{-10} \text{ م} \\ \text{خز} &= \frac{\text{ن} \times \text{ه}}{\pi^2} = 2 \times 11^{-10} \times 1,05 = 2,1 \times 11^{-10} \text{ جول ث} \\ \text{ع} &= \frac{\text{خ} \times \text{ز}}{\text{ك نقن}} = \frac{11^{-10} \times 2,1}{11^{-10} \times 21,16 \times 11^{-10} \times 9,1} \approx 11^{-10} \times 0,011 \text{ م/ث} \end{aligned}$$

$$\text{ط} = \frac{13,6}{2} = 6,8 \text{ eV} \quad (٤)$$

$$\text{ط} = 6,8 + 3,4 = 10,2 \text{ eV} \quad (٥)$$

$$\text{ط} = \frac{13,6}{1} = 13,6 \text{ eV} \quad (٦)$$

$$\text{ط} = |13,6 - 3,4| = 10,2 \text{ فولت} ، \text{متسلسلة ليمان}$$

مثال (٤) : إذا كان الزخم الزاوي للإلكترون ذرة الهيدروجين في مدار ما (٥,٢٥ × ١٠^{-٣٤}) جول. ث جد رقم المدار الذي يدور فيه الإلكترون .

الحل :

$$\begin{aligned} \text{خز} &= \frac{\text{ن} \times \text{ه}}{\pi^2} \\ 5,25 \times 10^{-34} &= 11^{-10} \times 1,05 \times \text{ن} \\ \text{ن} &= \frac{5,25 \times 10^{-34}}{11^{-10} \times 1,05} = 5 \end{aligned}$$

مثال (٥) : 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 المستوى الخامس بوحدة جول .

الحل :

$$\text{ن} = \frac{13,6}{3,4} = 4 \text{ ومنها } \text{ن} = 2$$

$$\text{ط} = |3,4 - 0,55| = 2,85 \text{ إلكترون فولت}$$

$$= 2,85 \times 1,6 \times 10^{-19} = 4,56 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

- مثال (٦) :** 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) $\chi_z = \frac{n}{\pi^2} = \frac{1}{\pi^2} = 0,05 \times 1,0 \times 10^{-10} \times 4,2 = 3,2 \times 10^{-10} \text{ جول ث}$

(٣) $\text{ط} = \frac{13,6}{n^2} = 3,4 \text{ eV}$

$\text{ط} = \frac{13,6}{n^2} = 0,85 \text{ eV}$

$\text{ط} = |3,4 - 0,85| = 2,55 \text{ إلكترون فولت}$

- مثال (٧) :** معتمداً على نموذج بور احسب الطول الموجي للخطوط المنبعثة من ذرة الهيدروجين .
- الحل :

- 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) $\text{ط} = \frac{13,6}{n^2} = 1,5 \text{ eV}$

(٢) $\chi_z = \frac{n}{\pi^2} = \frac{2}{\pi^2}$ ومنها $n = 2$

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 :

$$(١) \text{ ط} = | -٣,٤ - -١,٥ | = ١,٩ \text{ إلكترون فولت}$$

$$\text{تر} = \frac{\text{ط}}{ه} = \frac{١,٩ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}}{٦,٦ \times ١٠^{-٣٤}} = ٠,٤٦ \times ١٠^{١٥} \text{ هيرتز}$$

$$(٢) \text{ ن} = \frac{١,٩}{٣,٤ - -١,٥} = \frac{١,٩}{٤,٩} = ٠,٣٩ \text{ ومنها ن} = ٢$$

$$\text{خ} = \frac{\text{ن} \cdot ه}{\pi^2} = \frac{٢ \times ١,٩ \times ١٠^{-١٩}}{\pi^2} = ٢,١ \times ١٠^{-٢٤} \text{ جول ث}$$

مثال (١٠) : إذا انتقل إلكترون ذرة هيدروجين مثارة من مستوى الإثارة الرابع إلى مستوى الإثارة الأول ، احسب :

(١) الزخم الزاوي للإلكترون في مستوى الطاقة الثالث .
(٢) الطول الموجي للفوتون المنبعث .

(٣) نوع الإشعاع الناتج .

الحل :

$$(١) \text{ خ} = \frac{\text{ن} \cdot ه}{\pi^2} = \frac{٣ \times ١,٩ \times ١٠^{-١٩}}{\pi^2} = ٣,١٥ \times ١٠^{-٢٤} \text{ جول ث}$$

بتوحيد المقامات وقلب الطرفين

$$(٢) \left| \frac{1}{٢٥} - \frac{1}{٤} \right| \cdot ١٠ \times ١,٠٩٧ = \left| \frac{1}{\text{ن}} - \frac{1}{٢} \right| \cdot R = \frac{1}{\lambda}$$

$$\lambda \approx ٤,٣٣ \times ١٠^{-٧} \text{ م}$$

(٣) ضوء مرئي

مثال (١١) : عند انتقال إلكترون ذرة هيدروجين مثارة من مستوى الطاقة الخامس إلى مستوى الطاقة الثاني انبعث

فوتون تردده (٠,٦٩٣ × ١٠^{١٥}) هيرتز ، إلى أي متسلسلة ينتمي الطيف الكهرومغناطيسي المنبعث ، ثم

احسب ثابت رايدبرغ (R_H) .

الحل :

$$\lambda = \frac{\text{س}}{\text{تر}} \text{ ومنها } \frac{1}{\lambda} = \frac{\text{تر}}{\text{س}} = \frac{٠,٦٩٣ \times ١٠^{١٥}}{١٠ \times ٣} = ٢,٣١ \times ١٠^{٧} \text{ م}^{-١}$$

$$\left| \frac{1}{\text{ن}} - \frac{1}{٢} \right| R_H = \frac{1}{\lambda}$$

$$\text{بتوحيد المقامات تكون } R_H = ١,١ \times ١٠^{٧} \text{ م}^{-١}$$

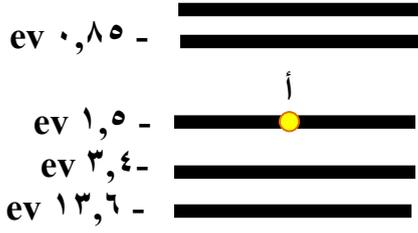
مثال (١٢) : الرسم المجاور يبين مخططاً لمستويات الطاقة بالإلكترون فولت ، مستعيناً بالقيم المثبتة عليه :

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

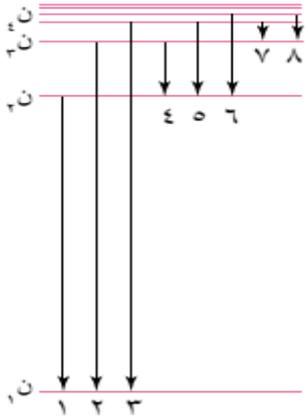
(٢) ماذا تمثل الإشارة السالبة في المقدار $(-١٣,٦)$ eV .

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

(٤) أقصر طول موجي في متسلسلة بالمر .



الحل :



مثال (١٣) : من الشكل الذي يبين بعض خطوط الطيف لذرة الهيدروجين مستعيناً

بالشكل أجب عما يلي :

(١) إلى أي المتسلسلات تنتمي الخطوط (٤ ، ٥ ، ٦) .

(٢) رقم الخط الطيفي ذو التردد الأقل في متسلسلة باشن .

(٣) رقم الخط الطيفي ذي الطول الموجي الأقصر في متسلسلة ليمان .

الحل :

فرضية دي بروي (الطبيعة المزدوجة للإشعاع والمادة)

* هناك ظواهر لا تحدث إلا للموجات مثل التداخل والحيود لكن أثبت العلماء أن الضوء يمتلك طبيعة مزدوجة (موجية وجسيمية) ولا يسلك المسلكين معاً ، كما ذكرنا سابقاً ولكن السؤال الذي كان يطرح في 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 تسمى (موجات المادة) تماماً كما للموجات خصائص جسيمية حيث :

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

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

أي هناك علاقة عكسية بين طول موجة دي بروي المصاحبة للجسيمات المادية والزخم الخطي للجسيمات وبما أن للجسيم المادي كتلة فان زخمه يعطي بالعلاقة ($\chi = k \times c$) أي أن :

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

$$\lambda = \frac{h}{k \times c}$$

من معادلة دي بروي نلاحظ أنها :

(أ) تربط المعادلة بين الصفات الجسيمية (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 .

(ج) موجات المادة ليست موجات كهرومغناطيسية كموجات الضوء ، ولا موجات ميكانيكية كموجات الصوت وإنما لها خواص ترتبط بخواص الجسم الذي تلازمه .

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 : اذكر نص فرضية دي بروي بالكلمات .

جواب : بما أن للفوتونات خواص موجية وجسيمية ، فمن المحتمل أن يكون لأشكال المادة جميعها خواص موجية كما لها خواص جسيمية .

مثال (١) : إذا علمت أن جسيم كتلته $(6,6 \times 10^{-10})$ كغم قذف بسرعة (1×10^4) م/ث احسب طول موجة دي بروي المصاحبة لهذا الجسيم .

الحل :

$$\lambda = \frac{h}{m \times v} = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{10 \times 10^{-10} \times 10^4} = 6,6 \times 10^{-20} \text{ م}$$

مثال (٢) : جسيم كتلته $(3,3 \times 10^{-10})$ كغم ، وطول الموجة المصاحبة له (2×10^{-10}) م ، ما مقدار السرعة الخطية لهذا للجسيم .

الحل :

$$v = \frac{h}{m \times \lambda} = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{3,3 \times 10^{-10} \times 2 \times 10^{-10}} = 10^4 \text{ م/ث}$$

مثال (٣) : ما زخم فوتون طول موجته $(3,3 \times 10^{-10})$ م .

الحل :

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{3,3 \times 10^{-10}} = 2 \times 10^{-24} \text{ كغم.م/ث}$$

مثال (٤) : سقط فوتون طاقته (12×10^{-19}) جول على سطح فلز جد زخم الفوتون الساقط .

الحل :

$$p = \frac{E}{c} \quad \text{ومنها} \quad \lambda = \frac{h \times c}{E} \quad (1)$$

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad (2)$$

بتعويض (٢) في (١) ينتج

$$p = \frac{E}{c} = \frac{12 \times 10^{-19}}{3 \times 10^8} = 4 \times 10^{-27} \text{ كغم.م/ث}$$

مثال (٥) : برهن أن الطول الموجي المصاحب لجسيم كتلته (ك) وطاقته الحركية (طح) يعطى بالعلاقة :

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m \times \Delta ev}}$$

الحل :

مثال (٦) : إذا كان الإلكترون موجود في مستوى الطاقة الثالث ($n=3$) عند لحظة معينة ، احسب عند تلك اللحظة :
(١) الزخم الزاوي للإلكترون . (٢) الزخم الخطي للإلكترون . (٣) سرعة الإلكترون في مستواه .
الحل :

.....

ورقة عمل دليل المعلم

- ١- سُرع جسيم كتلته (ك) وشحنته (س) من السكون خلال فرق جهد (ج). أثبت أن طول الموجة المصاحبة له يعطى بالعلاقة: $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2ms_j}}$
- ٢- جسيم ألفا (α) كتلته ($6,4 \times 10^{-27}$ كغ) وطاقته الحركية (٢) مليون إلكترون فولت، جد طول الموجة المصاحبة له؟
- ٣- إذا كانت كتلة النيوترون ($1,67 \times 10^{-27}$ كغ). وكان طول الموجة المصاحبة له يساوي طول موجة فوتون طاقته (٣) إلكترون فولت، أحسب
 - أ) طول الموجة المصاحبة للنيوترون.
 - ب) زخم كل من الفوتون والنيوترون.
 - ج) سرعة النيوترون.
 - د) الطاقة الحركية للنيوترون.

إجابة ورقة العمل

- ١- $\lambda = \frac{h}{mv}$
لكن $ط = mv = \frac{ك ع^2}{v}$ أي أن $v = \frac{ك ع^2}{ط}$ ، وبضرب طرفي المعادلة ب (٢ك) نحصل على:
(ك ع) $٢ = \frac{ك ع^2}{ط}$ ، ثم بأخذ الجذر التربيعي للطرفين والتعويض في معادلة دي بروي نحصل على $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2ms_j}}$
- ٢- $ط = \frac{ك ع^2}{٢} = ع \sqrt{\frac{ك ط}{٢}}$ ، ثم نعوض في معادلة دي بروي ($\lambda = \frac{h}{mv}$)، فنحصل على:
$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2ms_j}} = \frac{h}{\sqrt{2 \times 10^{-27} \times 6,4 \times 2 \times 10^6}}$$

$$= \frac{6,6}{\sqrt{2 \times 10^{-27} \times 6,4 \times 2 \times 10^6}} = 1,25 \times 10^{-14} \text{ م}$$
- ٣- أ) $\lambda = \frac{h}{mv}$ ، ومن طاقة الفوتون نجد طول موجته
 $\lambda = \frac{h c}{ط} = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{3 \times 10^6} = 2,2 \times 10^{-10} \text{ م}$
ب) $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{1,67 \times 10^{-27} \times 4,125 \times 10^6} = 9,4 \times 10^{-14} \text{ م}$
ج) $ع = 1,67 \times 10^{-27} \times 4,125 \times 10^6 = 6,9 \times 10^{-21} \text{ كغ م/ث}$
د) $ط = \frac{ك ع^2}{٢} = \frac{1,67 \times 10^{-27} \times 83,5^2}{٢} = 5,8 \times 10^{-14} \text{ جول}$

قوانين الفصل

$$ط = هـ \times تـ \quad \text{ط : طاقة الفوتون الساقط ، هـ : ثابت بلانك ، تـ : تردد الفوتون}$$

$$تـ = \frac{س}{\lambda} \quad \text{س : سرعة الضوء ، \lambda : الطول الموجي}$$

$$ط = \frac{هـ \times س}{\lambda}$$

$$ع(طح) = \sqrt{ص} \times جى \quad \text{ع(طح) : الطاقة الحركية العظمى ، \sqrt{ص} : شحنة الإلكترون ، \lambda : الطول الموجي}$$

$$\phi = هـ \times تـ \quad \text{\phi : اقتران الشغل ، تـ : تردد العتبة للفلز}$$

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

$$هـ \times تـ = \phi + ع(طح)$$

$$هـ \times تـ = هـ \times تـ + e\sqrt{ص} \times جى$$

$$نقن = نقب \times ن^2 \quad \text{نقن : نصف قطر المستوى ، نقب : نصف قطر بور (0.529 \times 10^{-10} م) ، ن : رقم المستوى}$$

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

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

$$\lambda : طول المودة المصاحبة للجسيمات (طول موجة دي بروي)$$

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

$$\text{حيث } \chi : \text{ الزخم الزاوي } \pi : 3,14$$

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

$$طن : طاقة الاكترون فى مستوى ما دون انتقاله$$

$$طن = \frac{13,6}{ن^2}$$

$$\text{حساب الطول الموجي } (\lambda) \text{ عند انتقال الاكترون بين مستويين ، R : ثابت رايدبرغ}$$

$$ن_1 : رقم المستوى الابتدائي ، ن_2 : رقم المستوى النهائي$$

$$R = \frac{1}{\lambda} \left| \frac{1}{ن_2^2} - \frac{1}{ن_1^2} \right|$$

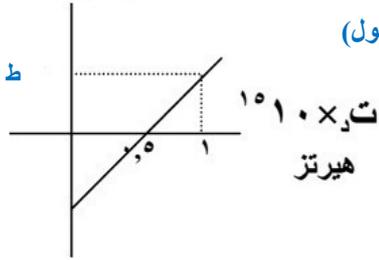
$$\Delta ط = ط - ط \quad \Delta ط : فرق الطاقة عند انتقال الاكترون بين مستويين ، ط : طاقة المستوى النهائي ، ط : طاقة المستوى الابتدائي$$

$$\Delta ط = 13,6 \left| \frac{1}{ن_2^2} - \frac{1}{ن_1^2} \right| \text{ eV} \quad \Delta ط : فرق الطاقة$$

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 في قانون الطاقة طن = $13,6 \text{ eV}$ ؟
س ٤ : إذا علمت إن اقتران الشغل للنحاس ($4,125$) إلكترون فولت احسب :
(١) تردد العتبة . ($\approx 10 \times 10^14$ هيرتز) (٢) جهد القطع عندما يسقط ضوء تردده ($1,5 \times 10^14$) هيرتز . (٣) هيرتز . (٤) فولت (٥) هيرتز . (٦) فولت (٧) هيرتز . (٨) فولت (٩) هيرتز . (١٠) فولت (١١) هيرتز . (١٢) فولت (١٣) هيرتز . (١٤) فولت (١٥) هيرتز . (١٦) فولت (١٧) هيرتز . (١٨) فولت (١٩) هيرتز . (٢٠) فولت (٢١) هيرتز . (٢٢) فولت (٢٣) هيرتز . (٢٤) فولت (٢٥) هيرتز . (٢٦) فولت (٢٧) هيرتز . (٢٨) فولت (٢٩) هيرتز . (٣٠) فولت (٣١) هيرتز . (٣٢) فولت (٣٣) هيرتز . (٣٤) فولت (٣٥) هيرتز . (٣٦) فولت (٣٧) هيرتز . (٣٨) فولت (٣٩) هيرتز . (٤٠) فولت (٤١) هيرتز . (٤٢) فولت (٤٣) هيرتز . (٤٤) فولت (٤٥) هيرتز . (٤٦) فولت (٤٧) هيرتز . (٤٨) فولت (٤٩) هيرتز . (٥٠) فولت (٥١) هيرتز . (٥٢) فولت (٥٣) هيرتز . (٥٤) فولت (٥٥) هيرتز . (٥٦) فولت (٥٧) هيرتز . (٥٨) فولت (٥٩) هيرتز . (٦٠) فولت (٦١) هيرتز . (٦٢) فولت (٦٣) هيرتز . (٦٤) فولت (٦٥) هيرتز . (٦٦) فولت (٦٧) هيرتز . (٦٨) فولت (٦٩) هيرتز . (٧٠) فولت (٧١) هيرتز . (٧٢) فولت (٧٣) هيرتز . (٧٤) فولت (٧٥) هيرتز . (٧٦) فولت (٧٧) هيرتز . (٧٨) فولت (٧٩) هيرتز . (٨٠) فولت (٨١) هيرتز . (٨٢) فولت (٨٣) هيرتز . (٨٤) فولت (٨٥) هيرتز . (٨٦) فولت (٨٧) هيرتز . (٨٨) فولت (٨٩) هيرتز . (٩٠) فولت (٩١) هيرتز . (٩٢) فولت (٩٣) هيرتز . (٩٤) فولت (٩٥) هيرتز . (٩٦) فولت (٩٧) هيرتز . (٩٨) فولت (٩٩) هيرتز . (١٠٠) فولت

س ٥ : في الشكل احسب :
(١) تردد العتبة . (10×10^14 هيرتز) (٢) اقتران الشغل . ($3,3 \times 10^{-19}$ جول) (٣) جهد القطع . ($2,0625$ فولت)



س ٦ : سقط فوتون تردده ($0,75 \times 10^{14}$) هيرتز على سطح فلز تردد العتبة له ($0,5 \times 10^{14}$) هيرتز جد :
(١) اقتران الشغل للفلز . ($3,3 \times 10^{-19}$ جول) (٢) فرق جهد القطع . ($1,03$ فولت)

س ٧ : إذا كان الإلكترون في المستوى الرابع للطاقة احسب الزخم الزاوي . ($2 = 4 \times 10^{-34}$ جول.ث)

س ٨ : عند انتقال الإلكترون من المستوى الثالث إلى الثاني احسب :

(١) طاقة الفوتون المنبعث . ($1,9 \text{ eV}$) (٢) الطول الموجي للفوتون المنبعث . ($6,5 \times 10^{-7}$ م)

س ٩ : إذا كان الزخم الزاوي لإلكترون في أحد المستويات = $2 \times 4 \times 10^{-34}$ جول . ث

(١) رقم مستوى المستوى . ($n = 4$) (٢) نصف قطر المستوى . ($8,64 \times 10^{-11}$ م)

س ١٠ : سقط ضوء فوق بنفسجي طول موجته (240) نم ، على مهبط خلية كهروضوئية فانطلقت إلكترونات باتجاه المصعد فإذا كان فرق الجهد العكسي ($1,4$) فولت ، احسب :

(١) طاقة فوتون الضوء الساقط . ($8,29 \times 10^{-19}$ جول) (٢) الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية . ($2,24 \times 10^{-19}$ جول) (٣) اقتران الشغل (ϕ) لفلز المهبط . ($6,05 \times 10^{-19}$ جول)

س ١١ : إلكترون في مستوى الطاقة الرابع جد :

(١) الزخم الزاوي للمستوى الرابع . ($2 = 4 \times 10^{-34}$ جول.ث) (٢) اقصر طول موجة في متسلسلة بالمر . ($0,275 \times 10^{-7}$ م)

(٣) أقل تردد في متسلسلة باشن . ($0,15 \times 10^{14}$ هيرتز)

س ١٢ : احسب طول موجة دي بروي المصاحبة لكل من :

(١) رصاصة كتلتها (10) غم تتحرك بسرعة (400) م/ث . ($1,66 \times 10^{-34}$ م

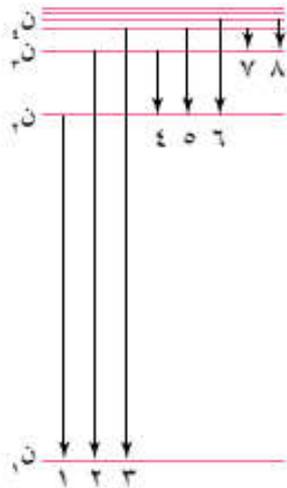
(٢) إلكترون طاقته الحركية ($4,55$) إلكترون فولت ، علماً أن كتلة الإلكترون ($9,1 \times 10^{-31}$) كغ . (4×10^{-7} م

ثوابت مهمة : سرعة الضوء (س) = 3×10^8 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_H) = $1,1 \times 10^7$ م⁻¹ ،
كتلة الإلكترون (ك) = $9,1 \times 10^{-31}$ كغ ، شحنة الإلكترون = $1,6 \times 10^{-19}$ كولوم

أسئلة الفصل السابع

- ١ ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:
- ١ تزداد الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة في الخلية الكهروضوئية بزيادة:
- أ شدة الضوء الساقط
ب تردد الضوء الساقط
ج اقتران الشغل للفلز
د تردد العتبة للفلز
- ٢ عند اصطدام فوتون بإلكترون حر ساكن في ظاهرة كومبتون، فإن الفوتون المتشتت يماثل الفوتون الساقط في مقدار:
- أ سرعته
ب تردده
ج زخمه الخطي
د طوله الموجي
- ٣ يعتمد مبدأ عمل المجهر الإلكتروني على:
- أ التأثير الكهروضوئي
ب تأثير كومبتون
ج الطبيعة الموجية للمادة
د الطبيعة الجسيمية للإشعاع

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



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

- ٤ إلى أي المتسلسلات الطيفية الآتية ينتمي الخطان الطيفيان (٧، ٨):
- أ ليمان
ب باشن
ج براكيت
د فوند
- ٥ رقم الخط الطيفي ذي الطول الموجي الأقصر في متسلسلة بالمر هو:
- أ ١
ب ٣
ج ٤
د ٦
- ٦ رقم الخط الطيفي ذي التردد الأكبر في الخطوط جميعها هو:
- أ ١
ب ٣
ج ٧
د ٨

٢ إذا علمت أن طاقة المستويات في ذرة الهيدروجين تعطى بالعلاقة: $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$ إلكترون فولت. فأجب عما يأتي:

أ ما دلالة الإشارة السالبة في العلاقة؟

ب إلى ماذا يشير الرمز (ن) في العلاقة؟

ج هل يمكن أن تكون طاقة أحد مستويات ذرة الهيدروجين مساوية (-١) إلكترون فولت؟
فسر إجابتك.

٣ سقط ضوء طول موجته (٤٢٠) نـم على سطح من فلز الكالسيوم. إذا كان اقتران الشغل للكالسيوم يساوي (٢,٨٧) إلكترون فولت، فاحسب:

أ طاقة الفوتون الواحد للضوء الساقط بوحدة جول، ثم بوحدة إلكترون فولت.

ب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة من سطح الكالسيوم.

ج جهد القطع.

د طول موجة العتبة للكالسيوم.

٤ عند سقوط ضوء طول موجته (٢٥٠) نـم على مهبط خلية كهروضوئية، يمر تيار كهروضوئي فيها، إذا علمت أن هذا التيار انقطع عند فرق جهد عكسي مقداره (٢,٩٢) فولت. فجد ما يأتي:

أ الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بوحدة إلكترون فولت، ثم بوحدة جول.

ب اقتران الشغل للفلز الذي يتكون منه المهبط.

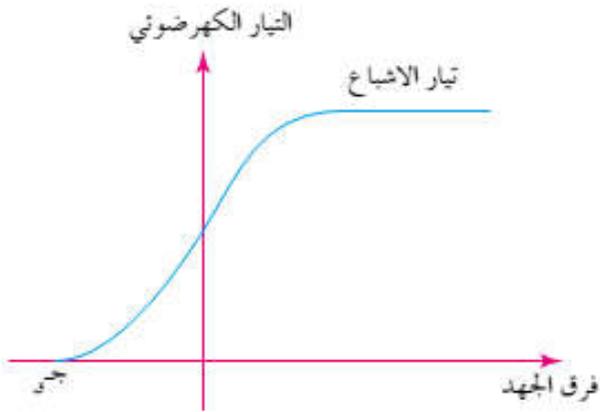
٥ إذا كان أقل طول موجي لفوتون في إحدى متسلسلات طيف ذرة الهيدروجين يساوي $\left(\frac{9}{R_H}\right)$ م،

حيث (R_H) : ثابت ريديرغ، فأجب عما يأتي:

أ حدد المتسلسلة التي ينتمي إليها هذا الفوتون.

ب احسب طاقة الفوتون.

ج احسب أكبر طول موجي لفوتون ينتمي إلى هذه المتسلسلة.



الشكل (٧-٢٩): سؤال (٦).

- ٦ بين الشكل (٧-٢٩) التمثيل البياني لفرق الجهد بين المهبط والمصعد والتيار الكهروضوئي في خلية كهروضوئية. بين أثر ما يأتي على كل من تيار الإشباع وجهد القطع:
- أ إذا زاد تردد الضوء الساقط.
 - ب إذا زادت شدة الضوء الساقط.
 - ج إذا زاد الطول الموجي للضوء الساقط.

٧ احسب ما يأتي:

- أ طول موجة الخط الطيفي الثاني في متسلسلة ليمان.
- ب طول موجة الخط الطيفي الثالث في متسلسلة باشن.
- ج أقصر طول موجي في متسلسلة بالمر.
- د أكبر طول موجي في متسلسلة فوند.

٨ إذا كان الزخم الزاوي للإلكترون ذرة الهيدروجين في أحد المدارات يساوي $(11, 2 \times 10^{-34})$

كغ.م^٢/ث. فجد ما يأتي:

- أ رقم المدار الموجود فيه الإلكترون.
- ب نصف قطر المدار.
- ج طول موجة دي بروي المصاحبة للإلكترون في هذا المدار.
- د طاقة المستوى في ذرة الهيدروجين عندما يكون الإلكترون في هذا المدار.

٩ أجب عما يأتي:

- أ بين لماذا نجحت النظرية الجسيمية في تفسير وجود تردد عتبة للفلزات في الظاهرة الكهروضوئية، في حين لم تنجح النظرية الموجية.
- ب أعط مثالاً على السلوك الموجي للمادة، وآخر على السلوك الجسيمي لها.

ج) إذا كان اقتران الشغل لفلز يساوي Φ ، هل يمكن لفوتونين طاقة كل منهما $(\frac{1}{2}\Phi)$ تحرير إلكترون واحد من سطح الفلز؟ وضع إجابتك.

١٠) انتقل إلكترون ذرة هيدروجين من المستوى الثالث إلى المستوى الثاني. احسب طاقة الفوتون المنبعث وتردده وطول موجته نتيجة هذا الانتقال.

١١) انبعث فوتون طوله الموجي $(6, 2, 1 \times 10^{-7})$ م من ذرة هيدروجين، إذا كان هذا الفوتون يقع ضمن متسلسلة ليمان. فجد ما يأتي:

أ) رقم المستوى الذي انتقل منه الإلكترون.

ب) احسب طاقة الفوتون المنبعث وزخمه.

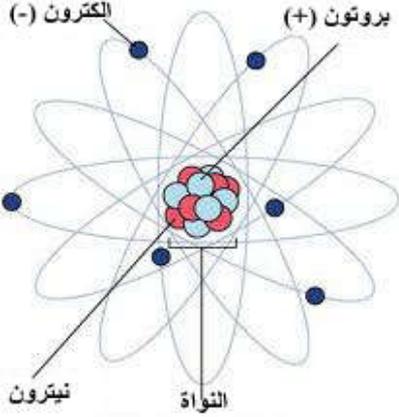
الفصل الثامن

الفيزياء النووية

البنية النووية وبعض خصائص النواة

(١) البنية النووية :

* 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 الكتلي ، حيث :



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

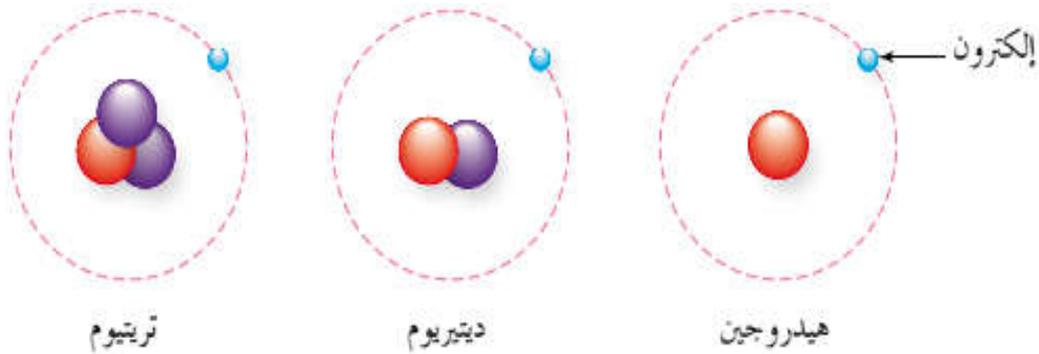
يمثل العنصر على النحو التالي : A_ZX حيث أن (Z - A = N)

الذرة المتعادلة : هي الذرة التي يكون فيها عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات

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

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

* للهيدروجين أيضاً نظائر وهي **الهيدروجين 1H** ، والهيدروجين 2H ويسمى **الديتريوم** ، والهيدروجين 3H ويسمى **التريتيوم** .



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

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

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 بوحدتها تسمى **وحدة الكترون فولت يرمز لها (ev)** وهي مناسبة أكثر من وحدة القياس (جول) حيث (e.v) = $\frac{\text{جول}}{1.6 \times 10^{-19}}$

٢) بعض خصائص النواة (نصف قطرها وكثافتها) :

* إن النواة كرة صغيرة لا يتجاوز 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 $\text{نق.} = 1,2 \times 10^{-10}$ م

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

أو

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

* حجم النواة (ح) يعتمد فقط على العدد الكتلي (A) حيث :

$$\text{ح} = \frac{4}{3} \pi \text{نق.}^3 A$$

ومنها $\text{ح} = \frac{4}{3} \pi (\text{نق.} A^{\frac{1}{3}})^3$

$$\text{ح} = \frac{4}{3} \pi \text{نق.}^3 A$$

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

$$\text{كتلة النواة التقريبية} = A \times \text{ك.ب}$$

مثال (١) : احسب نصف قطر نواة الليثيوم ${}^6\text{Li}_3$ ، والكتلة التقريبية لها باعتبار (ك.ب = $1,673 \times 10^{-27}$) و.ك.ب .
الحل :

$$\text{كتلة النواة التقريبية} = A \times \text{ك.ب}$$
$$8 \times 1,673 =$$
$$= 13,384 \text{ و.ك.ب}$$

$$\text{نق} = \text{نق.} \times A^{\frac{1}{3}}$$
$$= 1,2 \times 10^{-10} \times 2,4 = 2,4 \times 10^{-10} \text{ م}$$

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

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

ورقة عمل دليل المعلم مع الإجابات

(١) ضع دائرة حول رمز الاجابة الصحيحة في ما يأتي:

(١) نسبة كثافة نواة ${}^4_2\text{He}$ إلى كثافة نواة ${}^{17}_8\text{O}$ كنسبة:

(أ) ١٦:٤ (ب) ٤:٢ (ج) ١٦:٢ (د) ١:١

(٢) حجم النواة ${}^A_Z\text{X}$ يتناسب طرديًا مع:

(أ) A (ب) $\frac{1}{3}A$ (ج) Z (د) AZ

(٣) عدد النيوترونات للنواة ${}^{23}_{11}\text{Na}$ يساوي:

(أ) ١١ (ب) ١٢ (ج) ٢٣ (د) ٣٤

(٤) النظير الذي رمزه ${}^3_1\text{H}$ يسمى:

(أ) ديوترون (ب) بروتون (ج) ديتيريوم (د) تريتيوم

الحل

(١) د (٢) أ (٣) ب (٤) د

إثراء

(١) لنواة ${}^8_4\text{Be}$ جد:

(أ) نصف قطر النواة. (ب) حجم النواة.

الحل

$$(١) \text{ (أ) } \text{نق} \cdot \text{نق} = \text{نق} \cdot \text{نق} = \frac{1}{3}A = 2 \times 10^{-10} \times 1,2 = 2,4 \times 10^{-10} \text{ م.}$$

$$(ب) \text{ ح} \cdot \text{نق} = \frac{\pi R^2}{3} = \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times \frac{4}{3} = 2(10^{-10} \times 2,4) \times \frac{22}{7} \times \frac{4}{3} = 2 \times 10^{-10} \times 58$$

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 :** يشكل عدد النيوترونات عاملاً مهماً في استقرار النواة ، لأن النيوترونات متعادلة كهربائياً فتتأثر بالقوة النووية فقط ، فوجود عدد مناسب منها يجعل القوة النووية تسود على القوة الكهربائية .

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) النيوكليونات المتجاورين { تنشى بين $N \& N$ ، $N \& p$ ، $p \& p$ } .
- (٤) ذات مدى قصير : حيث تنشى بين النيوكليونات المتجاورة عندما تكون المسافة بين البروتونين تقريباً $(1.4 \times 10^{-15} \text{ م})$ ، وتصبح قوة التنافر الكهربائية أكبر من القوة النووية إذا زاد البعد بينهما إلى أربعة أضعاف هذا المقدار .

يمثل الشكل منحنى الاستقرار لنوى العناصر والذي 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 ${}^{14}_7\text{N}$ حيث النسبة هنا حيث النسبة هنا $1 = \frac{N}{Z}$

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

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

تقع ضمن نطاق الإستقرار فوق الخط ($N=Z$) 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 الزركونيوم ${}^{90}_{40}\text{Zr}$.

لكن النوى التي عددها الذري (83) أو يزيد عليه ($Z \leq 83$) فإنها غير مستقرة بسبب كبر حجم النواة وتباعدها

نيوكليونات فتتعاظم قوى التنافر الكهربائية بين بروتونات النواة ، وعندئذ لا تستطيع القوى النووية أن تتغلب

على قوى التنافر الكهربائية مهما بلغ عدد النيوترونات .

طاقة الربط النووية

* بين أينشتين 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^{16} م²/ث².

وتسمى هذه المعادلة بـ (معادلة أينشتين في تكافؤ الكتلة والطاقة)

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

$$E = mc^2 = 1 \times 9 \times 10^{16} = 9 \times 10^{16} \text{ جول}$$

$$E = \frac{9 \times 10^{16}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5.625 \times 10^{35} \text{ إلكترون فولت}$$

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

$$E = mc^2 = 1.660539 \times 10^{-27} \times 9 \times 10^{16} \approx 1.49494 \times 10^{-10} \text{ جول}$$

$$E = \frac{1.49494 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-19}} \approx 9.315 \times 10^8 \text{ إلكترون فولت}$$

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

$$(١) \text{ ط = ك س}^2 = 0.4 \times 9 \times 10^{16} = 3.6 \times 10^{16} \text{ جول}$$

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

مثال (٤) : في تفاعل نووي كانت الطاقة النووية المتولدة (٢٢,٥ × ١٠^{٢٠}) مليون إلكترون فولت احسب النقص في كتلة الوقود النووي بوحدة :

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

الحل :

(١) نحول الطاقة إلى وحدة الجول ط = ٢٢,٥ × ١٠^{٢٠} × ١,٦ × ١٠^{-١٩} = ٣٦ × ١٠^{٢١} جول
ك = $\frac{36 \times 10^{21}}{9 \times 10^{16}} = 4 \times 10^{-4}$ كغم

(٢) ك = $\frac{36 \times 10^{21}}{931.5} \approx 0.024 \times 10^{20}$ و.ك.ذ

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

جواب : هي مقدار الفرق في الكتلة بين مكونات النواة والنواة نفسها ($\Delta K = K_{\text{مكونات}} - K_{\text{نواة}}$) **أو** هي مقدار الطاقة التي يجب أن تزود بها النواة لفصل مكوناتها .

منشأ طاقة الربط النووي

وجد أن كتلة النواة تكون دائماً أقل من مجموع كتل مكوناتها وهذا الفرق ($\Delta K = K_{\text{ب}} \times Z + K_{\text{ن}} \times N - K_{\text{نواة}}$) يتحول إلى طاقة حسب معادلة أينشتاين تسمى طاقة الربط النووية .

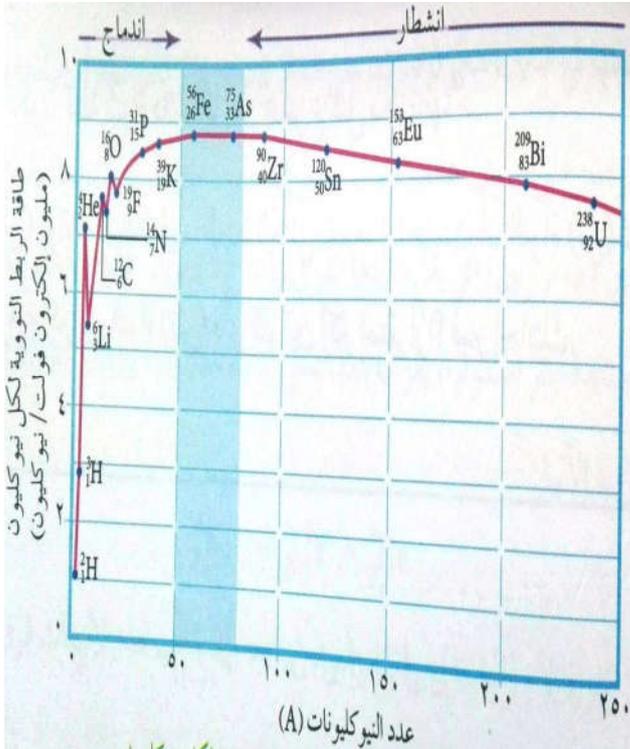
*** ويمكن حساب طاقة الربط النووية من العلاقة :**

$$\text{ط} = \Delta K \times 931,5 = (Z \times K_{\text{ب}} + N \times K_{\text{ن}} - K_{\text{نواة}}) \times 931,5$$

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

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

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



أ (النوى المتوسطة) العدد الكتلي لها بين ($80 \geq A \geq 50$) :

هي العناصر التي لها أكبر استقرار (أعلى معدل طربط)

وترابط بين نيوكليوناتها وتفكيكها يتطلب طاقة كبيرة

جداً حيث لها معدل (ط) = 8,8 m.e.v. قيمتها العظمى

قرب العدد الكتلي (60) وهي من نواة (النكل) .

ب (النوى الثقيلة) العدد الكتلي لها أكبر من 80 ($80 < A$) :

وهي عناصر قليلة الاستقرار لأن معدل (طربط) لها قليل

حيث النوى الثقيلة لديها قابلية إلى **الانشطار**

(إذا توافرت ظروف مناسبة) لتكوين نواتين أكثر استقراراً

كتلة كل منهما أقرب لكتلة نواة الحديد مع تحرر قدر من

الطاقة .

ج (النوى الخفيفة) العدد الكتلي لها أقل من 50 ($50 > A$) :

هي عناصر قليلة الاستقرار لأن معدل (طربط) لها قليل حيث النوى لديها قابلية إلى **الاندماج عند تهيئة ظروف مناسبة**

لتكوين نوى أكثر استقراراً كتلتها أقرب لكتلة نواة الحديد مع تحرر قدر من الطاقة .

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

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

(١) أي الأنوية أكثر استقراراً؟ ولماذا؟

(٢) احسب كتلة نواة ${}_2X^4$.

الحل :

(١) نواة ${}_2X^4$ ، لأن طاقة الربط للنوكليون الواحد كبيرة .

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

$$= 2 \times 1,0073 + 2 \times 1,0087 - \frac{28}{931,5} = 4,0146 - 0,03 = 4,002 \text{ و.ك.ب.}$$

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

{ ك = ١,٠٠٨ (و.ك.ب.) ، ك_n = ١,٠٠٩ (و.ك.ب.) ، نق = ١,٢ × ١٠^{-١٠} م ، ك_{Al} = ٢٦,٩٨١ (و.ك.ب.) }

(١) احسب نصف قطر نواة الألمنيوم .

(٢) احسب كتلة النواة التقريبية .

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

(أ) بوحدة (و.ك.ب.) (ب) بوحدة (m.e.v)

الحل :

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

(٢) عدد البروتونات = Z = ١٣ بروتون

عدد النيوترونات = N = ٢٧ - ١٣ = ١٤ نيوترون

(٣) الكتلة التقريبية = ك_p × A = ٢٧ × ١,٠٠٨ = ٢٧,٢١٦ و.ك.ب.

$$(٤) \Delta \text{ك} = Z \times \text{ك}_p + n \times \text{ك}_n - \text{ك}_{\text{نواة}} = 13 \times 1,008 + 14 \times 1,009 - 26,981 = 27,23 + 14,126 - 26,981 = 0,275 \text{ و.ك.ب.}$$

$$(ب) \text{ط} = \Delta \text{ك} \times 931,5 = 0,275 \times 931,5 = 256,1625 \text{ مليون إلكترون فولت}$$

8

مثال (٣) : احسب معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لذرة ${}_3\text{Li}$ بوحدة : (علماً أن ك_{Li} = ٨,٠٠٢٦ و.ك.ب.)

(١) (و.ك.ب.) (٢) (m.e.v)

الحل :



مثال (٤) : إذا كانت طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لنواة ($^{20}_{10}\text{Ne}$) هي (٨) مليون إلكترون فولت جد كتلة النواة .
اعتبر $k_p = 1,0073$ (و.ك.ذ) ، $k_n = 1,0087$ (و.ك.ذ)

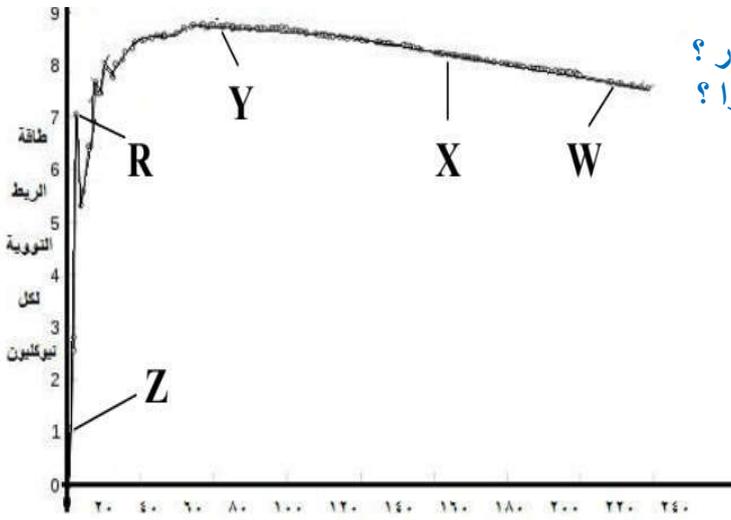
الحل :

$$\text{طربط} = \text{طربط/نيوكليون} \times A = 8 \times 20 = 160 \text{ مليون إلكترون فولت}$$

$$k_{\text{نواة}} = Z \times k_p + n \times k_n - \Delta = 10 \times 1,0073 + 10 \times 1,0087 - 160 = 931,5$$

$$= 0,1717 - 10,087 + 10,073 = 19,9883 \text{ و.ك.ذ}$$

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 للانشطار؟
- (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 :

- (١) Y ، لها أعلى معدل طاقة ربط نووي .
- (٢) X
- (٣) R
- (٤) W
- (٥) Z

- (٦) $\text{طربط} = \text{طربط/نيوكليون} \times A = 8 \times 12 = 96$ مليون إلكترون فولت
- (٧) لأن لها أكبر استقرار (أعلى معدل طربط) وترابط بين نيوكليوناتها .

علل : (١) كتلة النواة أقل من مجموع كتل مكوناتها؟

(٢) استقرار النواة بالرغم من احتوائها بروتونات متماثلة الشحنة؟

جواب :

- (١) لأن فرق الكتلة يتحول إلى طاقة حسب معادلة آينشتاين تسمى طاقة الربط النووية .
- (٢) قوى الربط النووية التي تربط مكونات النواة لا تعتمد على الشحنة وهي أكبر من قوى التنافر الكهربائي بين البروتونات .

النشاط الإشعاعي

النشاط الإشعاعي: وهي 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 وهي :

(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 تصطم 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 يساوي 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 كتلتها (النواة الناتجة) في جسيم ألفا حيث يتحول فرق الكتلة إلى طاقة تظهر على شكل طاقة حركية يحملها جسيم ألفا .



لقد تبين أنه في اضمحلال ألفا يتحقق مبدأ حفظ (الكتلة - الطاقة) وكذلك مبدأ حفظ الزخم . حيث : $\alpha (\text{خ}) = {}_2^4 \text{He}$ و $\text{Th} (\text{ك}) = {}_{90}^{234} \text{Th}$ ومن تطبيق مبدأ حفظ الزخم على التفاعل لوحظ أن $\alpha \approx 0.05 \text{ ع}$ 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 .

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

(١) بيتا السالبة (β^-) وتمثل الكتروناً (${}_{-1}e^0$). ومعادلة تحلل النيوترون
$${}^1_0n \longrightarrow {}^1_1p + {}_{-1}e^0 + \bar{\nu}$$

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

معادلة تحلل البروتون (1_1P أو 1_1H)
$${}^1_1p \longrightarrow {}^1_0n + {}_{+1}e^0 + \nu$$

ملاحظات:

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

(٢) كما هو الحال في اضمحلال ألفا يتحقق في اضمحلال بيتا حفظ (الطاقة - الكتلة) وحفظ الزخم بالإضافة إلى حفظ العدد الكتلي والعدد الذري إلا أنه وجد في اضمحلال بيتا تحقق حفظ كل من العدد الذري والعدد الكتلي 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 نيوتريينو أي جسيم صغير غير مشحون ويرمز له بالرمز (ν) ولاحقاً أثبتت التجارب وجود النيوتريينو وبما أنه قد ينبعث الكترون أو بوزترون في حالة اضمحلال بيتا فقد وجد أن:
*** النيوتريينو (ν) يصاحب انبعاث البوزترون. ضدنيو النيوتريينو ($\bar{\nu}$) يصاحب انبعاث الالكترون.**

(٤) الالكترون، البوزترون، النيوتريينو، ضدنيو النيوتريينو.. لايتواجدون في النواة وإنما تتكون خارج حيز النواة.

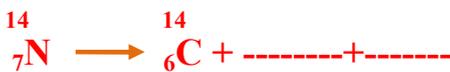
سؤال (علل) ما يلي:

(١) يصاحب تحلل البروتون إلى نيوترون وبوزترون جسيم 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 كتلته صغيرة وبسبب كتلته الصغيرة ينبعث جسيم بيتا (الالكترون) خارج حيز النواة ليبقى البروتون ذو الكتلة الكبيرة.

مثال: أكمل المعادلات النووية الآتية:

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

في مستوى إثارة (طاقة زائدة) فتبعث النواة أشعة غاما (للتخلص من الطاقة الزائدة) وتنقل إلى مستوى الاستقرار ولذلك انبعاث أشعة غاما لا يغير من العدد الذري أو العدد الكتلي .

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

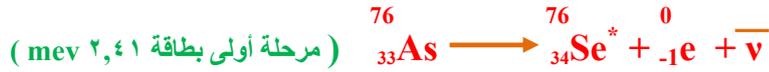
- اكتب معادلة إشعاع ذرة الزرنيخ لجسيم بيتا وتحولها مباشرة إلى نواة الكريون السلينيوم في الطريقة الأولى .
- فسر انبعاث أشعة غاما في الطريقة الثانية بالكلمات والمعادلات :

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 إلكترون فولت حسب المعادلة التالية .



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



سؤال: قارن بين الإشعاعات النووية (α, β, γ) من حيث :
(ماهيتها ، الاختراق ، السرعة ، التأين)

جواب :

وجه المقارنة	ألفا (α)	بيتا (β)	غاما (γ)
ماهيتها (طبيعتها)	جسيمات موجبة الشحنة تماثل نوى الهليوم	عبارة عن إلكترون 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
التأين (التصادم)	الأكبر قدرة على التأين	أقل قدرة من ألفا	الأقل قدرة على التأين

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) .

ورقة عمل دليل المعلم وإجابتها

(١) اذكر صفتين مشتركتين بين النيوتريينو وضديد النيوتريينو .

(٢) علّل: قدرة غاما على النفاذ عالية جدًا، بينما قدرتها على التأيين منخفضة جدًا.

(٣) ما تفسيرك لخروج بيتا السالبة من النواة الباعثة له بعد تحلل أحد نيوترونات النواة.

(٤) علّل قدرة ألفا على التأيين كبيرة بينما قدرتها على النفاذ قليلة.

الحل

(١) - كلاهما ليس له شحنة.

- كلاهما كتلته مهملة مقارنة بكتلة الإلكترون.

(٢) وذلك لأن غاما أشعة كهرومغناطيسية (فوتونات) ليس لها شحنة وليس لها كتلة، فاحتمال تصادمها مع ذرات ودقائق المادة صغير جدًا فتأينها للمادة قليل جدًا فنفاذيتها عالية.

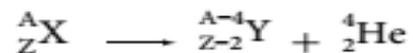
(٣) لأن كتلتها صغيرة مقارنة مع كتلة البروتون، فطول الموجة المصاحبة لها ($\lambda = \frac{h}{m v}$) يكون أكبر من أن تحتويها النواة فتخرج منها.

(٤) لأنها جسيمات مادية، لها كتلة كبيرة (كتلة نواة الهيليوم)، ولها شحنة تساوي ضعفي شحنة البروتون، فاحتمال تصادمها مع ذرات ودقائق المادة يكون كبيرًا جدًا، وتفقد في كل تصادم جزءًا من طاقتها، وعليه يكون تأينها كبيرًا ونفاذيتها قليلة.

إثراء

(١) علّل: في تفاعل اضمحلال ألفا يكون مجموع كتل المواد الناتجة أقل من كتلة النواة الأم.

(٢) الصيغة العامة لاضمحلال ألفا تمثل بالمعادلة الآتية:



قارن بين النواتين (X) و (Y) من حيث:

أ) العدد الكتلي والعدد الذري.

ب) حجم النواة.

ج) درجة استقرار النواة.

(٣) قارن بين بيتا ($_{-1}\beta$) و ($_{+1}\beta$) من حيث:

اسم كل منهما، الكتلة، الشحنة، آلية انبعاثه من النواة.

(٤) وضح المقصود بالنيوترينو.

الحل

(١) وذلك لأن النقص في الكتلة يتحوّل إلى طاقة حركية يمتلكها جسيم ألفا والنواة الناتجة وفقاً لمعادلة أينشتاين ($E = \Delta c^2$).

(٢) أ) العدد الكتلي في (Y) يقل عنه في (X) بمقدار (٤) ويقل العدد الذري في (Y) عنه في (X) بمقدار (٢).

ب) حجم النواة (Y) أقل من حجم النواة (X).

ج) استقرار النواة (Y) أكبر من استقرار النواة (X).

(٣)

وجه المقارنة	جسيم $_{-1}\beta$	جسيم $_{+1}\beta$
الاسم	بيتا السالبة (الإلكترون)	بيتا الموجبة (البوزترون)
الكتلة	مساوية لكتلة الإلكترون	مساوية لكتلة الإلكترون
الشحنة	سالبة وتساوي شحنة الإلكترون	موجبة وتساوي شحنة البروتون
آلية انبعاثه من النواة	ينبعث من النواة نتيجة لتحلل أحد نيوترونات النواة	ينبعث من النواة نتيجة لتحلل أحد بروتونات النواة
	النواة وفقاً للمعادلة: ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}$	وفقاً للمعادلة: ${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e + \nu$

(٤) جسيم لا شحنة له وكتلته مهملة، افترض انبعاثه مصاحباً لانبعاث بيتا الموجبة للإبقاء على قانوني حفظ الزخم وحفظ (الطاقة-الكتلة) قائمين في اضمحلال بيتا الموجبة.

الإشعاع النووي الطبيعي

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

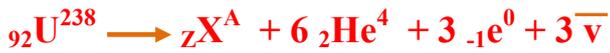
وهناك ثلاث أنواع لسلاسل الاضمحلال الطبيعي :

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

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



الحل :



مثال (٢) : تضمحل نواة اليورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$ وفق المعادلة ما العدد الكتلي والعدد الذري لنواة العنصر X .

الحل :

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

طبيعي ، اجب عما يلي :

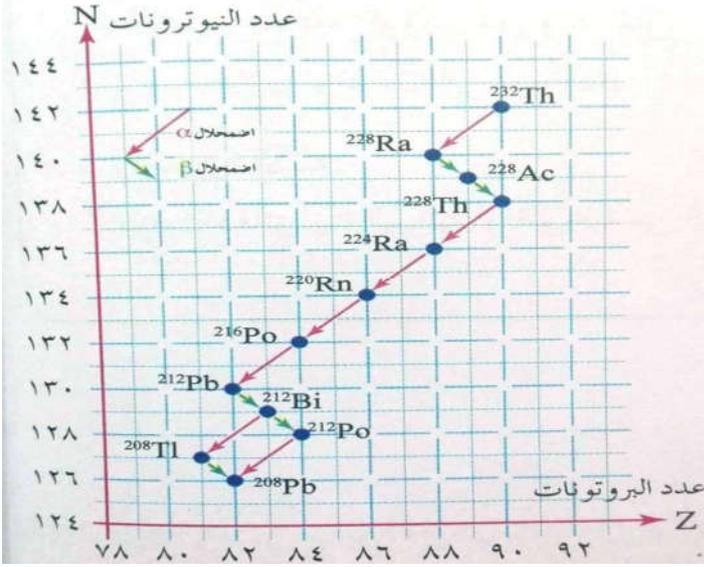
(١) ما اسم السلسلة المبينة في الشكل .

(٢) اكتب معادلة موزونة تمثل اضمحلال الفا .

(٣) اكتب معادلة موزونة تمثل اضمحلال بيتا .

(٤) جد عدد جسيمات ألفا وبيتا في تحول نواة (^{232}Th) إلى نواة (^{212}Po) .

الحل :



235

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

جديدة للعنصر X اجب عما يأتي :

(١) ما العدد الكتلي والعدد الذري لنواة العنصر X .

(٢) اذكر ثلاث مبادئ للحفظ تتحقق في اضمحلال جسيمات ألفا وبيتا .

(٣) أيهما أكثر استقراراً نواة اليورانيوم $^{235}\text{U}_{92}$ أم نواة العنصر X .

الحل :

الإشعاع النووي الصناعي

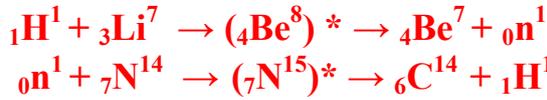
التفاعل النووي : هي العملية التي يتم فيها إحداث تغيير في مكونات نواة ما .

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 الإنسدادات 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 ${}_{27}\text{Co}^{60}$.

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 أجابتك .

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 .

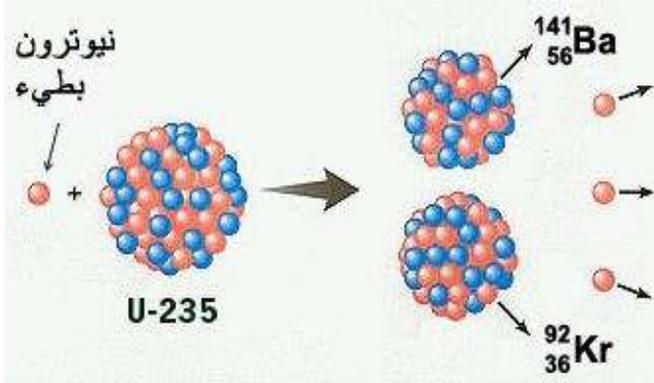
تطبيقات التفاعلات النووية

(١) الانشطار النووي :

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

عن طريق قذف النواة الثقيلة بنواة خفيفة مثل (${}_0^1n$) ويحدث نقص في 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 نووي 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 ؟

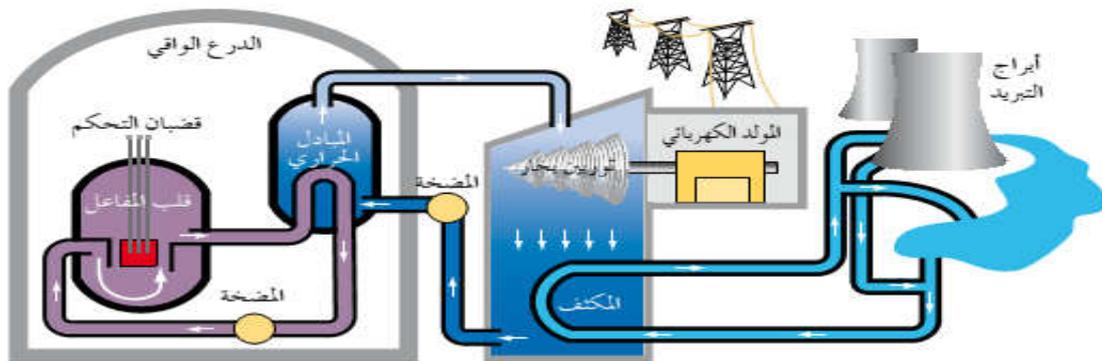
جواب : أقل كتلة لازمة من اليورانيوم لمنع تسرب النيوترونات وإدامة حدوث تفاعلات متسلسلة .

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 التالي يبين مفاعل الماء المضغوط .



* 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 .

٢) الاندماج النووي :

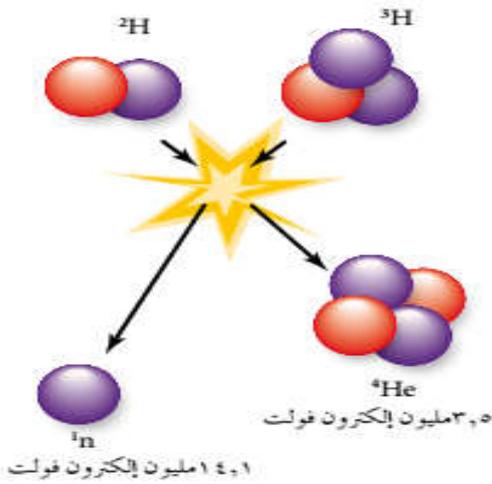
يعرف **الاندماج النووي** بأنه : تفاعل نووي تتحد فيه نواتين خفيفتين لتكوين نواة جديدة كتلتها أقل من مجموع كتلتيهما .

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

* يشكل الهيدروجين معظم كتلة النجوم ، لذا تستمد بعض النجوم ومنها الشمس طاقتها من سلسلة تفاعلات اندماجية رئيسية تعرف بدورة (بروتون- بروتون) يكون ناتجها تجمع أربعة بروتونات لتشكيل نواة هيليوم (${}^4_2\text{He}$) كما في التفاعل :



يسعى العلماء لإنتاج الطاقة على سطح الأرض من دمج نظيري الهيدروجين الديتريوم (${}^2_1\text{H}$) والتريتيوم (${}^3_1\text{H}$) 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 في النجوم وفي القنبلة الهيدروجينية .

سؤال (علل) : تسمى القنبلة الهيدروجينية بالشمس المصغرة ؟

جواب : لأن التفاعلات داخل القنبلة الهيدروجينية تفاعلات اندماجية مثل التي تحصل على سطح الشمس .

ورقة عمل دليل المعلم

- ١- احسب عدد المصابيح التي يمكن تشغيلها مدة عام كامل (٣٦٥ يوم) عند تحوّل (٢) غ من الوقود النووي إلى طاقة، علماً بأن قدرة المصباح الواحد (١٠٠) واط.
- ٢- تأمل الشكل (٨-١٤) في الكتاب، وأجب عن الآتي:
 - أ) ممّ يتكوّن قلب المفاعل النووي؟
 - ب) تعدّد مادة الوقود النووي من المكوّنات الرئيسة في قلب المفاعل النووي.
 - (١) أعطِ مثالين على مادة الوقود النووي المستخدم.
 - (٢) كيف يتم تحضير مادة الوقود النووي في قلب المفاعل؟
- ٣- تعدّد قضبان التحكم من العناصر الرئيسة في قلب المفاعل.
 - أ) أعطِ مثالاً على المادة التي تصنع منها قضبان التحكم.
 - ب) يَمّ تمتاز قضبان التحكم؟
 - ج) ما وظيفة قضبان التحكم؟
 - د) حدّد مكان تواجدها في لب المفاعل.
- ٤- تعدّد المادة المهدنة من المكوّنات المهمة في قلب المفاعل النووي.
 - أ) يَمّ تمتاز المواد المهدنة؟
 - ب) أعطِ ثلاثة أمثلة على المواد المهدنة.
 - ج) حدّد وظيفة المادة المهدنة.
 - د) كيف يتم تحضير المادة المهدنة لتقوم بوظيفتها؟
- ٥- يعدّد المبادل الحراري من الأجزاء المهمة في المفاعل النووي.
 - أ) حدّد مكان تواجده في المفاعل.
 - ب) ما المادة الموجودة في المبادل الحراري؟
 - ج) ما وظيفة المبادل الحراري؟
- ٦- اذكر أمرين من الأمور التي يجب مراعاتها عند إنشاء المفاعلات النووية.

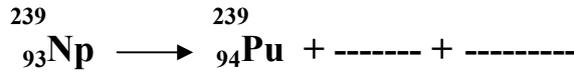
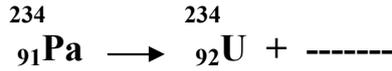
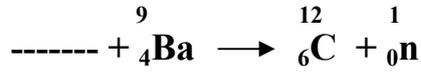
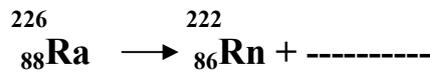
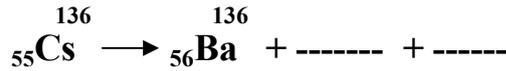
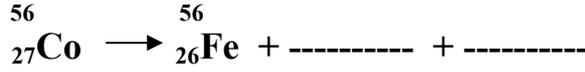
إجابة ورقة العمل

- ١- ط = القدرة × الزمن
 Δ ك س^٢ = قدرة المصباح الواحد × عدد المصابيح × الزمن بالثواني
 $60 \times 60 \times 24 \times 365 \times N \times 100 = 10^9 \times 9 \times 10^2 \times 2$
ن = ٥٧٠٠٠ مصباح
- ٢- أ) يتكوّن قلب المفاعل من (مادة الوقود النووي، قضبان التحكم، المادة المهدنة)
- يورانيوم ²³⁵U او بلوتونيوم ²³⁹Pu
- تحضر في صورة أقراص توضع فوق بعضها داخل أنابيب طويلة مشكّلة ما يعرف بحزم الوقود النووي.
- ٣- أ) الكاديوم.
ب) لها قدرة كبيرة على امتصاص النيوترونات.
ج) التحكم في سرعة التفاعل النووي، يجعل عمليات الانشطار النووي ضمن المعدل المطلوب، لما لها من قدرة كبيرة على امتصاص النيوترونات.
د) يوجد في فتحات مخصصة بين حزم الوقود النووي، ويتم إدخال العدد المناسب منها بطريقة آلية.
- ٤- أ) تمتاز بأن لها أعدادًا كتلية صغيرة.
ب) الماء العادي، الماء الثقيل، الجرافيت.
ج) تعمل على إبطاء النيوترونات السريعة جدًا الناتجة من الانشطارات النووية؛ إذ عند اصطدامها بالمادة المهدنة تقل سرعتها لتصبح قادرة على إحداث الانشطارات النووية.
د) يتم تحضيرها لتكون في طريق النيوترونات السريعة الناتجة عن الانشطارات النووية، فتصطدم بها وتقل سرعتها إلى الحد المطلوب لإحداث الانشطارات النووية.
- ٥- أ) يوجد داخل الدرع الواقي وخارج قلب المفاعل.
ب) داخل المبادل يوجد ماء بارد.
ج) يعمل على نقل الطاقة من داخل المفاعل إلى خارجه؛ لاستخدامها في الأغراض السلمية كتوليد الكهرباء.
- ٦- أ) إنشاء المفاعل النووي في أماكن نائية بعيدة عن التجمعات السكانية، وقرية من مصادر وافرة المياه.
ب) وجود هيئات دولية تعمل على: ١- ضبط عملية بناء المفاعلات النووية وتشغيلها. ٢- مراقبة سلامة تصريف نفايات المواد المشعة. ٣- فحص الحاويات المستخدمة في نقل الوقود النووي باستمرار.

انتهت بحمد الله

ورقة عمل على فيزياء النواة

السؤال الأول : أكمل المعادلات التالية :



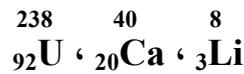
السؤال الثانى :

(١) فى التفاعل النووي التالى ${}_Z^A\text{X} \longrightarrow {}_{Z+1}^A\text{Y} + y + k$ ما الجسيمات التى تمثلها الرموز y ، k .

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

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

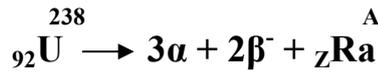
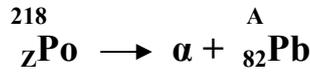
(٤) احسب نصف قطر نواة كل من العناصر التالية :



السؤال الثالث : فسّر كلّ مما يلي تفسيراً علمياً :

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

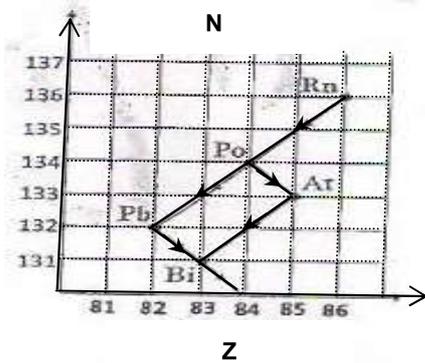
السؤال الرابع : احسب قيمة (A,Z) في المعادلات التالية :



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

- شحنته موجبة . (٢) أكثر إشعاع نافذ وخطر . (٣) ينحرف بسهولة بواسطة المجال المغناطيسي .
- 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 :
- ما عدد جسيمات ألفا وبيتا المنبعثة من اضمحلال (Rn) إلى (Bi) ؟
 - مثّل اضمحلال الرصاص (${}_{82}^{214}\text{Pb}$) إلى (${}_{83}^{214}\text{Bi}$) بمعادلة نووية موزونة .
 - اكتب اثنين من المبادئ التي يخضع لها الاضمحلال الإشعاعي .

السؤال السابع : احسب العدد الكتلي لعنصر إذا علمت أن نصف قطر نواته (٨,٤ × ١٠^{-١٥}) م .

ورقة عمل على الفيزياء الحديثة (الكم والنواة)

س ١ : ما المقصود بكل مما يأتي :

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

س ٢ : علل لما يلي :

(١) تشابه نظائر العنصر الواحد في خصائصها الكيماوية .

(٢) يزداد مقدار التيار الكهربائي المار في الخلية كهروضوئية بزيادة شدة الضوء الساقط عليها .

(٣) الطاقة الكلية للإلكترون في المدار سالبة .

(٤) أمكن تحرير الكترونات من سطح فلز باستخدام ضوء خافت الشدة بينما لا يمكن أحيانا تحرير الكترونات باستخدام نوع آخر ذو شدة ضوئية عالية .

س ٣ : إذا انتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من المستوى الثاني إلى المستوى الأول جد :

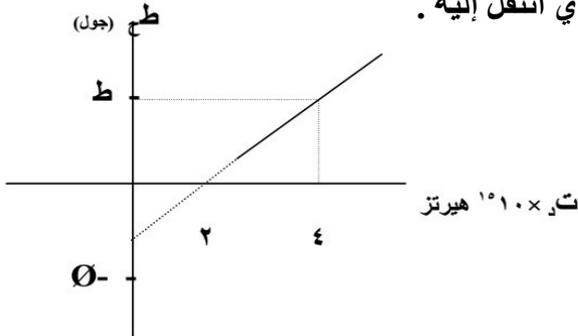
(١) الطول الموجي للفوتون المنبعث . (٢) طاقة الفوتون المنبعث .

س ٤ : إلكترون ذرة هيدروجين زخمه الزاوي يساوي $\frac{h}{\pi^2}$ جد طاقة الإلكترون في هذا المستوى بوحدة (الإلكترون فولت) .

س ٥ : أنتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى طاقته (-٠,٨٥) إلكترون فولت إلى مدار

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

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



س ٦ : يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين تردد الضوء الساقط

والطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة في الخلية

كهروضوئية ، بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الرسم

أحسب ما يأتي :

(١) أكبر طول موجي يستطيع تحرير الإلكترونات من مهبط الخلية .

(٢) الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة .

س ٧ : في الخلية كهروضوئية ، إذا كانت الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنطلقة

من الباعث (٤,٦ × ١٠^{-١٩} جول) وأكبر طول موجي لازم لتحرير الكترونات في الخلية (٦ × ١٠^{-٧} م) احسب :

(١) اقتران الشغل لمادة الباعث . (٢) جهد القطع (الإيقاف) .

س ٨ : 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) اعتمادا على فرضية بور المتعلقة بالزخم الزاوي للإلكترون أحسب طول موجة المصاحبة للإلكترون في

هذا المدار .

س ٩ : إذا كانت الطاقة الكلية لإلكترون ذرة الهيدروجين في مدار ما تساوي (-٣,٤) إلكترون فولت فأحسب ما يأتي :

(١) سرعة الإلكترون في هذا المدار .

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

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

أحسب الزخم الزاوي للإلكترون في المدار .

س ١١ : سقط شعاع ضوئي طول موجته (٣,٣ × ١٠^{-٧} م) على فلز مهبط خلية كهروضوئية فانبعثت

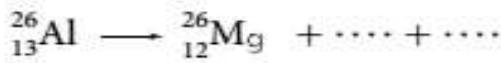
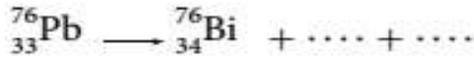
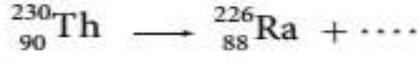
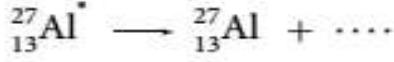
الالكترونات طاقتها الحركية العظمى (٥,٢) إلكترون فولت، أحسب :

(١) اقتران دالة الشغل للفلز . (٢) فرق جهد القطع في الخلية . (٣) تردد العتبة للفلز .

أسئلة الفصل الثامن

- ١ ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:
- ١ أي العبارات الآتية تصف الذرتين $(^{63}_{29}X)$ ، $(^{67}_{33}Y)$ وصفاً صحيحاً؟
- أ $N_y < N_x$ ب $N_y > N_x$
ج $N_y = N_x$ د $Z_y = Z_x$
- ٢ وظيفة الغرافيت في المفاعل النووي هي:
- أ امتصاص بعض النيوترونات. ب إيقاف النيوترونات.
ج زيادة سرعة النيوترونات. د إبطاء سرعة النيوترونات.
- ٣ أكمل المعادلة النووية الآتية $(^{76}_{33}As \rightarrow ^{76}_{34}Se + ^{-1}_0e + \dots)$ بملاء الفراغ بأحد الإشعاعات الآتية:
- أ نيوتريون. ب ضدنيوتريون. ج غاما. د ألفا.
- ٤ لكي يتحول العنصر A_ZX إلى العنصر $^{A}_{Z+1}Y$ تلقائياً لا بد للعنصر X من أن:
- أ يكتسب نيوتروناً. ب يبعث دقيقة ألفا.
ج يبعث أشعة غاما. د يبعث دقيقة بيتا السالب وضديد النيوتريون.
- ٥ القوى التي تنشأ بين بروتون وبروتون داخل النواة هي:
- أ جذب نووي فقط. ب تنافر كهربائي فقط.
ج جذب نووي وتنافر كهربائي. د تنافر نووي وجذب كهربائي.
- ٦ في المعادلة الآتية $(^{208}_{84}Po \rightarrow ^{204}_{82}Pb + ^A_ZX)$ ، القيم الصحيحة لكل من (Z, A) على الترتيب:
- أ $(4, 2)$ ب $(2, 4)$ ج $(4, 4)$ د $(2, 2)$
- ٧ يعد البوزيترون المنبعث في المعادلة النووية الآتية $(^{64}_{29}Cu \rightarrow ^{64}_{28}Ni + ^0_{+1}e + \nu)$ ناتج تحلل:
- أ نيوترون من نواة النيكل $(^{64}_{28}Ni)$ ب بروتون من نواة النيكل $(^{64}_{28}Ni)$
ج نيوترون من نواة النحاس $(^{64}_{29}Cu)$ د بروتون من نواة النحاس $(^{64}_{29}Cu)$

٢ أكمل المعادلات النووية الآتية بكتابة الرموز والأرقام المناسبة فى كل فراغ:



٣ اذكر أهمية واحدة لكل من:

أ مقدار طاقة الربط النووية لكل نيوكلليون.

ب قضبان التحكم فى المفاعل النووي.

ج الكتلة المخرجة.

د المسارعات النووية.

ه نظير الكوبالت المشع ${}_{27}^{60}\text{Co}$.

و عملية التعقب فى الأوعية الدموية فى المجال الطبي.

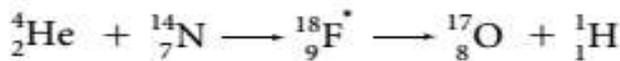
٤ يمكن للنواة (${}^A_Z\text{X}$) أن تضمحل باعثة دقيقة ألفا أو دقيقة بيتا، وضح بالمعادلات النووية المناسبة

التغيرات التى تطرأ على هذه النواة، وذلك عندما تبعث:

أ دقيقة ألفا فقط.

ب دقيقة بيتا سالبة فقط.

٥ فى التفاعل النووي الآتى:



أ ما القذيفة المستخدمة؟

ب حدد النواة المركبة فى التفاعل.

ج أى النواتج يمتلك طاقة حركية أكبر ما يمكن؟

د ما مبادئ حفظ الكميات الفيزيائية التى يجب أن تتحقق فى هذا التفاعل؟

٦ احسب:

أ الطاقة اللازمة لفصل نواة النيكل ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ إلى مكوناتها، علمًا بأن كتلة نواة النيكل تساوي (٥٩,٩٣٠٨) و.ك.ذ.

ب طاقة الربط النووية لكل نيوكلليون في نواة الليثيوم ${}^7_3\text{Li}$. إذا علمت أن فرق الكتلة بين كتلة نواة الليثيوم ومجموع كتل مكوناتها يساوي ($\Delta = 0,0628$) و.ك.ذ.

٧ قارن بين دقائق ألفا ودقائق بيتا وأشعة غاما بملء الجدول الآتي:

أوجه المقارنة	نوع الإشعاع	دقائق ألفا	دقائق بيتا	أشعة غاما
الطبيعة	جسيمات			
الشحنة			إما سالبة (الإلكترون) أو موجبة (البوزيترون)	
الكتلة			تساوي كتلة الإلكترون وأقل من كتلة ألفا	
القدرة على النفاذ				تساوي سرعة الضوء
السرعة			كبيرة	
القدرة على التأين		كبيرة نسبيًا		

٨ إذا علمت أن كتلة نواة الأكسجين ${}^{16}_8\text{O}$ تساوي (١٥,٩٩٤٩) و.ك.ذ، وكتلة نواة الفضة ${}^{107}_{47}\text{Ag}$ تساوي (١٠٦,٩٠٥١) و.ك.ذ. بين أي النواتين أكثر استقرارًا، مدعمًا إجابتك رياضياً.

٩ تمر نواة اليورانيوم ${}^{235}_{92}\text{U}$ في الطبيعة بسلسلة اضمحلال، فإذا كانت أول خمسة اضمحلالات على الترتيب لها: ($\alpha, \beta^-, \alpha, \beta^-, \alpha$)، جد العدد الذري والعدد الكتلي للنواة الناتجة في نهاية هذه الاضمحلالات.