

الفيزياء الكلاسيكية (العالم الجاهري)

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

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

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

الفيزياء الحديثة

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

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

$$ط = هـ \times تـر$$

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

ملاحظات هامة :

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

$$تـر = \frac{س}{\lambda}$$

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

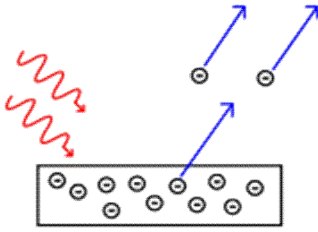
ويقاس الطول الموجي (λ) بالمتر : (وهناك وحدات أصغر مثل : النانو = 10^{-9} ، الانجستروم = 10^{-10} ، الفيرمي = 10^{-15})

الظاهرة الكهروضوئية

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

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

(٢) عند سقوط الفوتون على سطح الفلز يعطي الفوتون الواحد طاقة كاملة لإلكترون واحد فقط ويتلاشى الفوتون (أى عملية امتصاص الطاقة ليست مستمرة) .



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

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

$$h \times \nu = \phi + eV_{max}$$

حتى يفلت الإلكترون من سطح الفلز لابد من تزويد الإلكترون بقدر من الطاقة يكافىء طاقة ربطه مع النواة والتي تسمى اقتران (دالة) الشغل ويرمز لها (ϕ) وهي تختلف من فلز لآخر وتعطى بالعلاقة ($\phi = h \times \nu_0$) حيث : ν_0 : تردد العتبة للفلز وهو أقل تردد لازم لتحرير إلكترونات من سطح الفلز ويختلف من فلز لآخر .

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

- (١) $\nu > \nu_0$ لا يتحرر إلكترونات من سطح الفلز . وتكون ($\phi > \phi$)
- (٢) $\nu = \nu_0$ يتحرر إلكترونات من سطح الفلز بطاقة حركية صفراً . وتكون ($\phi = \phi$)
- (٣) $\nu < \nu_0$ يتحرر إلكترونات من سطح الفلز بطاقة حركية . وتكون ($\phi < \phi$)

الفيزياء الكلاسيكية

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

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

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

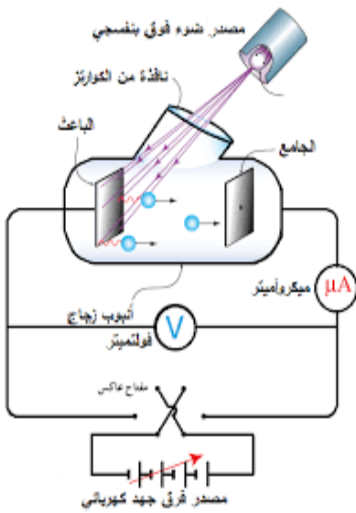
(٣) عند سقوط ضوء ذو شدة عالية على فلز فإن الإلكترونات تتحرر بغض النظر عن تردد الضوء الساقط .

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

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

تجربة الظاهرة الكهروضوئية

* لقد كان أول من درس هذه الظاهرة تجريبياً العالم "لينارد" مستخدماً دائرة الخلية الكهروضوئية والتي تتكون من :
(أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء ، لوحان فلزيان مصعد ومهبط (باعث وجامع) ، بطارية ، ميكروأميتر ، فولتميتر)
عند وصل اللوح الباعث (مهبط) بالقطب السالب للبطارية واللوح الجامع بالقطب الموجب للبطارية لاحظ لينارد أنه عند سقوط ضوء فوق بنفسجي على الباعث ينحرف مؤشر الميكرو أميتر ، مما يدل على سريان تيار كهربائي في الحيز بين اللوحين منشؤه الإلكترونات المنبعثة من الباعث والمتجهه 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 موجياً 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 :

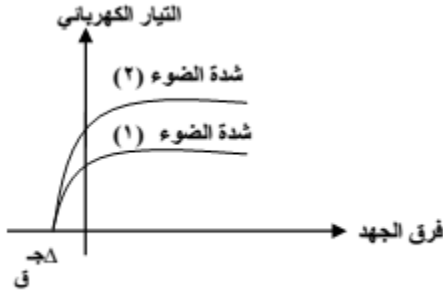
* بدأ بمقدار صغير لفرق الجهد (ج) ، ثم اخذ بزيادة فرق الجهد الموجب تدريجياً ، فلاحظ أن قراءة الميكروأميتر تتناقص تدريجياً إلى أن تصبح صفراً " استنتج أن الإلكترونات المتحررة تتفاوت في طاقتها الحركية " .

* عندما يصبح فرق الجهد بين اللوحين كافياً لإيقاف الإلكترونات التي تمتلك طاقة حركية عظيمة ، تصبح قراءة الميكرو أميتر صفراً ، ويسمى هذا المقدار لفرق الجهد بين اللوحين بفرق جهد الإيقاف (القطع) ويرمز له بالرمز (ج_٠) ، ويرتبط بالطاقة الحركية (طح عظمى) بالعلاقة الآتية :

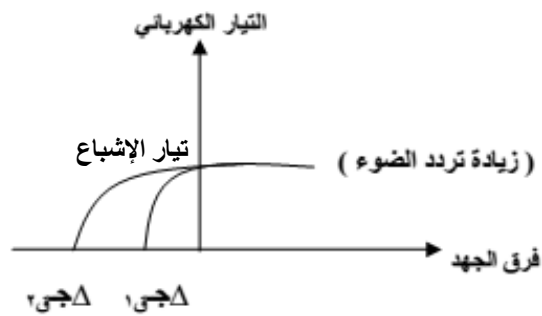
$$(طح عظمى) = eV = ج_٠ \times e \quad , \quad \text{حيث } eV = \text{شحنة الإلكترون وتساوي } 1,6 \times 10^{-19} \text{ كولوم}$$

(ب) التمثيل البيانى بين فرق الجهد والتيار الكهربائى :

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



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

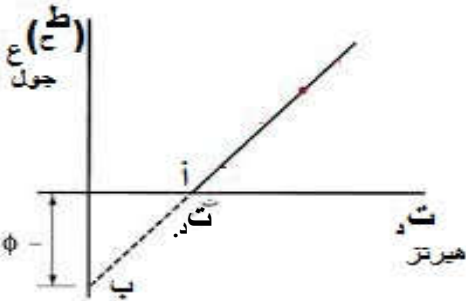


عند تكرار نفس التجربة باستخدام ضوء (تردده أكبر) وليس شدة اضاءته أكبر لوحظ أن فرق جهد القطع يزداد ، مما يعني زيادة الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة أي أن : (طح عظمى) تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط وبذلك (طح عظمى) تعتمد على تردد الضوء الساقط أو (طح عظمى) تعتمد على طاقة الضوء الساقط وليس على شدة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

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

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

لقد كان العالم مليكان أول من أجرى تجربة للتحقق من صحة ما تنبأ به 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 (طح عظمى) تعتمد على تردد الضوء ، وهكذا أثبت مليكان صحة ما تنبأ به أينشتين بأن الضوء يتكون من وحدات منفصلة من الطاقة اسمها الفوتونات مما يعني أن للضوء طبيعة جسيمية ، وبذلك يمكننا القول أن النموذج الجسيمي للضوء نجح في تفسير الظاهرة الكهروضوئية بينما فشل النموذج الموجي في تفسيرها .

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

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

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

$$\text{ت.د.} = \frac{c}{\lambda}$$

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 (ت.د.) : أقل تردد للضوء يلزم لتحرير إلكترونات من سطح الفلز .
 - * جهد القطع (جى) : 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 (١) 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 :

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

جواب :

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

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

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

سؤال : على ماذا تعتمد طاقة الفوتون ؟

جواب : تعتمد طاقة الفوتون الواحد على تردده فقط .

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

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

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

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

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

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

جواب :

أولاً : يعتمد التيار الكهربائي على

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

(٢) شدة الضوء الساقط .

(٣) فرق الجهد الموجب .

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

ثانياً : عند جعل الجامع سالباً فإن الإلكترونات تتعرض إلى مجال كهربائي يعمل على إبطاء سرعتها وحينئذ لن تصل

إلا الإلكترونات التي تمتلك قدراً كافياً من الطاقة الحركية يمكنها من التغلب على قوة التنافر وزيادة فرق الجهد

السالب تدريجياً يتناقص عدد الإلكترونات الواصلة إلى الجامع فتتناقص قراءة الميكروأميتر تدريجياً وبهذا التناقص استنتج تفاوتها في الطاقة الحركية .

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

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

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

مثال (١) : سقط ضوء (فوتون) طاقته $(2, 13 \times 10^{-19})$ جول ، على سطح فلز اقتران الشغل له $(6, 6 \times 10^{-19})$ جول
احسب :

سؤال
شامل



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

مثال (٢) : احسب طاقة فوتون طول موجته (3×10^{-7}) متر .
الحل :

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

$$ط = ه \times ت = 6,6 \times 10^{-34} \times 10^{15} = 6,6 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

مثال (٣) : معدن اقتران الشغل له يساوى $(3,3 \times 10^{-19})$ جول احسب تردد العتبة لهذا المعدن .
الحل :

$$\phi = ه \times ت = 0,5 \times 10^{15} = \frac{3,3 \times 10^{-19}}{6,6 \times 10^{-34}} = 5 \times 10^{14} \text{ هيرتز}$$

مثال (٤) : إذا كان اكبر طول موجي لازم لتحرير إلكترونات هو (2×10^{-7}) متر احسب اقتران الشغل .
الحل :

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

مثال (٥) : احسب تردد وطول موجة فوتون طاقته تساوى $(2,2 \times 10^{-19})$ جول .
الحل :

$$ت = \frac{ط}{ه} = \frac{2,2 \times 10^{-19}}{6,6 \times 10^{-34}} = 3,3 \times 10^{14} \text{ هيرتز}$$

$$\lambda = \frac{س}{ت} = \frac{3 \times 10^8}{3,3 \times 10^{14}} = 9 \times 10^{-7} \text{ م}$$

مثال (٦) : سقط فوتون طاقته $(4,16 \times 10^{-19})$ جول على سطح فلز اقتران (دالة) الشغل له $(2,13 \times 10^{-19})$ جول احسب :

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

الحل :

$$(١) ط ح - ط = \phi = 4,16 \times 10^{-19} - 2,13 \times 10^{-19} = 2,03 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$(٢) ج ق = \frac{ط ح}{eV} = \frac{2,03 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 1,27 \text{ فولت}$$

مثال (٧) : سقط ضوء طاقته $(6,6 \times 10^{-19})$ جول على باعثة خلية كهروضوئية اقتران الشغل له $(5,2 \times 10^{-19})$ إلكترون فولت . احسب :

(١) فرق جهد القطع . (٢) تردد العتبة .

الحل :

$$\phi = 2,5 \times 1,6 \times 10^{-19} = 4 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$(١) ط ح - ط = \phi = 6,6 \times 10^{-19} - 4 \times 10^{-19} = 2,6 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$ج ق = \frac{ط ح}{eV} = \frac{2,6 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 1,625 \text{ فولت}$$

$$(٢) ت = \frac{\phi}{ه} = \frac{4 \times 10^{-19}}{6,6 \times 10^{-34}} \approx 6,06 \times 10^{14} \text{ هيرتز}$$

مثال (٨) : اسقط ضوء على سطح فلز اقتران الشغل له $(١٠ \times ٣,٩)^{-١٩}$ جول ، فانطلقت منه إلكترونات ضوئية بطاقة حركية عظمى مقدارها $(١٠ \times ٢,٧)^{-١٩}$ جول . أجب عما يلي :

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

الحل :

$$(١) \text{ ط} = \phi + \text{ط} = ١٠^{-١٩} \times ٣,٩ + ١٠^{-١٩} \times ٢,٧ = ١٠^{-١٩} \times ٦,٦ \text{ جول}$$

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

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

مثال (٩) : 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 :

$$(١) \phi = \text{ه} \times \text{تر} = ١٠^{-١٩} \times ١ \times ٣٤^{-١٩} \times ٦,٦ = ١٠^{-١٩} \times ٦,٦ \text{ جول}$$

$$(٢) \lambda = \frac{\text{ه} \times \text{س}}{\phi} = \frac{١٠^{-١٩} \times ٣ \times ٣٤^{-١٩} \times ٦,٦}{١٠^{-١٩} \times ٦,٦} = ٣ \times ٣٤^{-١٩} \text{ م}$$

$$\text{أو} \quad \lambda = \frac{\text{س}}{\text{تر}} = \frac{٣ \times ١٠^{-١٩}}{١٠^{-١٩} \times ١} = ٣ \text{ م}$$

$$(٣) \text{ط} = \text{ه} \times \text{تر} - \phi = ١٠^{-١٩} \times ٢ \times ٣٤^{-١٩} \times ٦,٦ - ١٠^{-١٩} \times ٦,٦ = ١٠^{-١٩} \times ٦,٦ \text{ جول}$$

مثال (١٠) : سقط ضوء طول موجته $(١٠ \times ٣٣٠)^{-٩}$ متر على فلز مهبط خلية كهروضوئية ، فانطلقت إلكترونات من

سطحه فإذا كان جهد القطع للفلز حينئذ $(٠,٦٢٥)$ فولت ، احسب :

- (١) تردد الضوء
- (٢) تردد العتبة

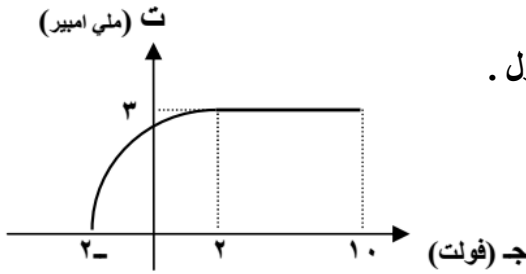
الحل :

$$(١) \text{تر} = \frac{\text{س}}{\lambda} = \frac{٣ \times ١٠^{-٩}}{١١} = ١٠^{-٩} \times ١,٠ \text{ هيرتز}$$

$$(٢) \text{ه} \times \text{تر} = \text{ه} \times \text{تر} + \text{ج} \times \text{تر} \quad \leftarrow \quad ١٠^{-٩} \times ١,٠ \times ١,٦ + ١٠^{-٩} \times ٦,٦ \times ١,٠ = ١٠^{-٩} \times ١,٠ \times ١,٦ + ١٠^{-٩} \times ٦,٦ \times ١,٠$$

$$\text{ومنها} \quad ١٠^{-٩} \times ١,٠ \times ١,٦ + ١٠^{-٩} \times ٦,٦ \times ١,٠ = ١٠^{-٩} \times ١,٠ \times ١,٦ + ١٠^{-٩} \times ٦,٦ \times ١,٠ \text{ هيرتز}$$

مثال (١١) : يمثل الرسم البياني العلاقة بين الجهد الكهربائي والتيار المار في الخلية الكهروضوئية ، 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 الكهروضوئية للفلز ٢,٣ × ١٠^{-١٩} جول)

الحل :

$$(١) ج ق = ٢ - فولت أو ٢ فولت$$

$$(٢) ط ح = \sqrt{e} \times ج ق = ٢ \times ١٠^{-١٩} \times ١,٦ = ٣,٢ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$(٣) ط = \phi + ط ح = ٣,٢ \times ١٠^{-١٩} + ٣,٢ \times ١٠^{-١٩} = ٦,٤ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

مثال (١٢) : إذا كان اقتران الشغل لفلز يساوي (٢,٣) إلكترون فولت وسقط عليه ضوء تردده (١,٥ × ١٠^{-١٥}) هيرتز احسب :

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

الحل :

$$\phi = ٢,٣ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩} = ٣,٦٨ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$(١) \lambda = \frac{h \times \nu}{\phi} = \frac{١,٥ \times ١٠^{-١٥} \times ٦,٦}{٣,٦٨ \times ١٠^{-١٩}} = ٥,٤ \times ١٠^{-٧} \text{ م}$$

$$(٢) ط ح = ه \times ت - \phi = ١,٥ \times ١٠^{-١٥} \times ٦,٦ - ٣,٦٨ \times ١٠^{-١٩} = ٩,٩ \times ١٠^{-١٥} - ٣,٦٨ \times ١٠^{-١٩} = ٦,٢٢ \times ١٠^{-١٥} \text{ جول}$$

مثال (١٣) : اعتماداً على الرسم البياني ، أجب عما يأتي :

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

الحل :

$$(١) ت = \frac{\phi}{h} = \frac{٢,٢٤ \times ١٠^{-١٩}}{٦,٦ \times ١٠^{-٣٤}} = ٣,٤ \times ١٠^{-١٥} \text{ هيرتز}$$

$$(٢) ط = ه \times \lambda = \frac{١,٥ \times ١٠^{-٧} \times ٦,٦}{١٠^{-١٥}} = ٩,٩ \times ١٠^{-١٥} \text{ جول}$$

$$ج ق = ط - \phi = \frac{١,٥ \times ١٠^{-٧} \times ٦,٦}{١٠^{-١٥}} - ٣,٩٦ \times ١٠^{-١٩} = ١,٠٧٥ \text{ فولت}$$

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

مثال (١٤) : من الشكل الذي يمثل العلاقة بين تردد الضوء الساقط والطاقة الحركية للإلكترونات لعدة فلزات أجب عما يلي :

- (١) أي الفلزات سيتحرر منها إلكترونات عند سقوط فوتون على سطحها طوله الموجي (4×10^{-7}) م .
- (٢) احسب اقتران الشغل للفلز (٣) .

الحل :

$$(١) \text{ ترد} = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{4 \times 10^{-7}} = 0,75 \times 10^{15} \text{ هيرتز}$$

سيتحرر الكترونات من فلز (١) فقط .

$$(٢) \phi = h \times \text{تر} - 1,6 \times 10^{-19} \times 3,6 = 1,9 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

مثال (١٥) : من الشكل احسب ثابت بلانك .

الحل :

$$(١) \text{ هت} = \phi + eV_1$$

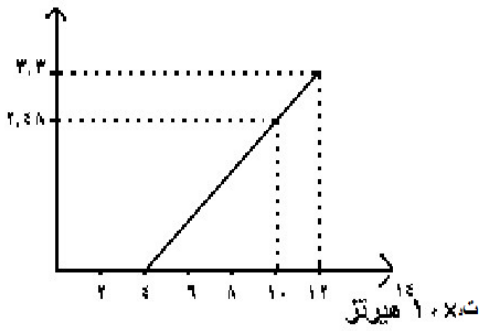
$$(٢) \text{ هت} = \phi + eV_2$$

ب طرح المعادلة (١) من (٢)

$$h = \frac{e(V_1 - V_2)}{\Delta \text{ ترد}} = \frac{1,6 \times 10^{-19} \times (3,3 - 2,48)}{10 - 12}$$

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

جهد القطع (فولت)



مثال (١٦) : 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^{15}) هيرتز .

الحل :

$$(١) \text{ ط} = \frac{h \times \text{تر}}{\lambda} = \frac{6,6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{15}}{4 \times 10^{-7}} = 4,95 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

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

$$(٢) \text{ ط} = h \times \text{تر} = 6,6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{15} = 19,8 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

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

الأطياف الذرية للغازات

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

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

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

ومن الأمثلة عليه :

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

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

فوق خلفية سوداء لها أطوال موجية محددة .

ومن الأمثلة عليه :

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

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

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

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

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

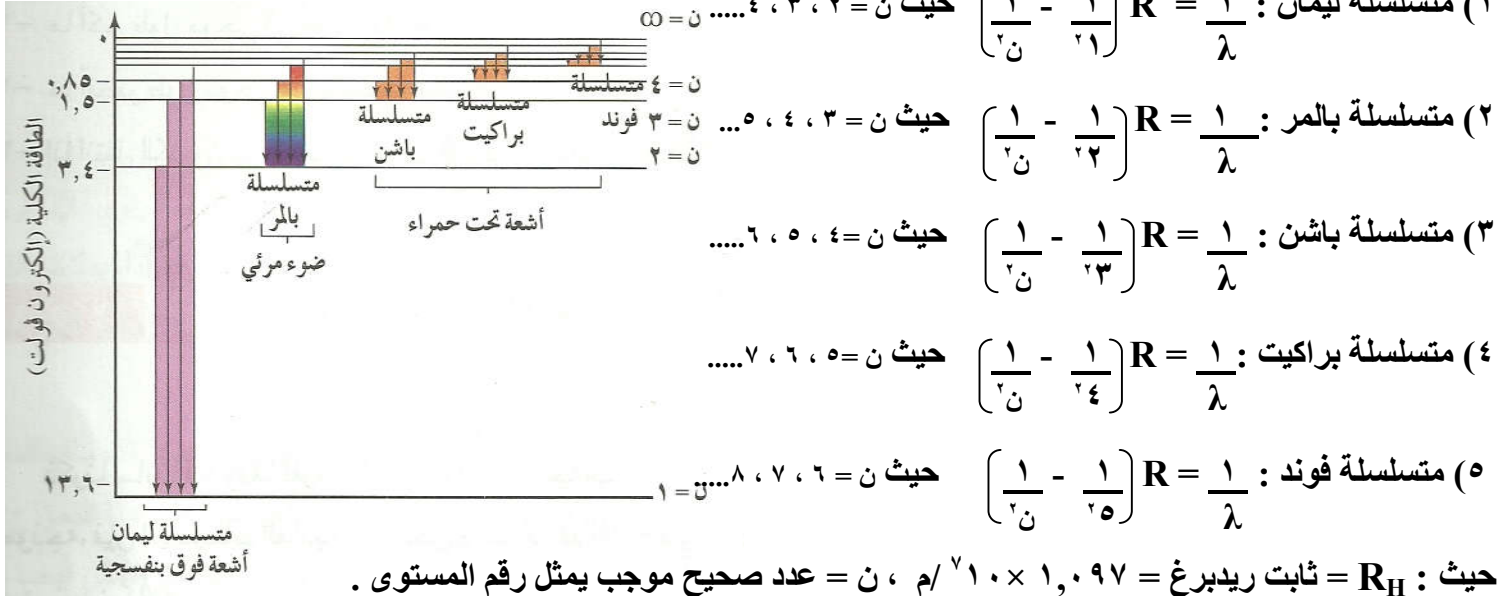
سؤال : يعتبر طيف الامتصاص الخطي صفة مميزة للعنصر ؟ فسر ذلك .

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

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

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

بدأ العلماء بعد بالمر (مثل 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 :



* 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 الما لانهاية إلى المدار الخاص بالمتسلسلة .

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

نموذج بور لذرة الهيدروجين

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

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

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

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

وتكون

(٣) يشع الإلكترون إذا انتقل من مستوى طاقة عالي إلى مستوى طاقة منخفض (تفسير الطيف الخطي لذرة الهيدروجين) وتكون الطاقة المنبعثة مكتمة 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

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

حيث : ط : طاقة المستوى النهائي / ط : طاقة المستوى الابتدائي / ه ت = طاقة الفوتون (بالجول) .

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

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

سؤال : إذا كانت الطاقة الكلية لإلكترون ذرة الهيدروجين فى مداره تعطى بالعلاقة ($\frac{13.6}{n} = \text{طن}$)

(أ) ما الأهمية الفيزيائية للإشارة السالبة فى العلاقة ؟

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

جواب :

(أ) يجب تزويد الإلكترون بطاقة قدرها $\frac{13.6}{n}$ الكترون فولت لتحريره من الذرة ، دون اعطائه طاقة حركية .

وتسمى طاقة التحرر بـ طاقة التأيين .

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

$$\text{ط} = \frac{13.6}{1} = -13.6 \text{ eV} = -1.6 \times 10^{-19} \times 13.6 = -21.76 \times 10^{-19} \text{ جول} \quad (1)$$

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

$$\text{ط}٤ = \frac{13.6}{4} = -0.85 \text{ eV} \quad (4)$$

$$\text{ط}٥ = \frac{13.6}{5} = -0.54 \text{ eV} \quad (5)$$

$$\text{ط}∞ = \frac{13.6}{∞} = \text{صفر}$$

$$\text{طن} = \frac{13.6}{n}$$

$$\text{ط}١ = \frac{13.6}{1} = -13.6 \text{ eV} \quad (1)$$

$$\text{ط}٢ = \frac{13.6}{2} = -3.4 \text{ eV} \quad (2)$$

$$\text{ط}٣ = \frac{13.6}{3} = -1.5 \text{ eV} \quad (3)$$

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

$$\text{نق}٣ = \text{نق}١ \times 3^2$$

$$\text{نق}٣ = 9 \times 0.529 \times 10^{-10} \text{ م} = 4.761 \times 10^{-10} \text{ م}$$

$$\text{نق}٤ = 16 \times 0.529 \times 10^{-10} \text{ م} = 8.464 \times 10^{-10} \text{ م}$$

- مثال (٣) :** الكترون موجود فى المستوى الثانى لذرة بور ، احسب :
- (١) نصف قطر المستوى الموجود فيه .
 - (٢) الزخم الزاوي للإلكترون فى هذا المستوى .
 - (٣) سرعة الإلكترون فى هذا المستوى .
 - (٤) الطاقة الكلية لهذا الإلكترون فى مستواه .
 - (٥) الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون .
 - (٦) طاقة الفوتون المنبعث عند انتقال الإلكترون إلى المدار الأول . وحدد اسم المتسلسلة التى ينتمى إليها الطيف .

الحل :

$$(١) \text{نقن} = \text{نقب} \times \text{ن} = ٢ \times ٥,٢٩ \times ١٠^{-١١} = ٤ \times ٢١,١٦ \times ١٠^{-١١} \text{ م}$$

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

$$(٣) \text{ع} = \frac{\text{خز}}{\text{ك نقن}} = \frac{٢,١ \times ١٠^{-١٠}}{١١-١٠ \times ٢١,١٦ \times ٩,١ \times ١٠^{-٣١}} \approx ٠,٠١١ \times ١٠^{-١} \text{ م/ث}$$

$$(٤) \text{ط} = \frac{١٣,٦}{٢} = ٦,٨ \text{ eV} = ٦,٨ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$(٥) \text{ط} = ٦,٨ \text{ eV} = ٦,٨ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$(٦) \text{ط} = \frac{١٣,٦}{٢} = ٦,٨ \text{ eV} = ٦,٨ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$\text{ط} = |٦,٨ - ١٣,٦| = ٦,٨ \text{ eV} = ٦,٨ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول} ، \text{متسلسلة ليمان}$$

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

الحل :

$$\text{خز} = \frac{\text{ن هـ}}{\pi^2}$$

$$٥,٢٥ \times ١٠^{-٣٤} = ١,٠٥ \times ١٠^{-١٠} \times \text{ن}$$

$$\text{ن} = \frac{٥,٢٥ \times ١٠^{-٣٤}}{١,٠٥ \times ١٠^{-١٠}} = ٥$$

- مثال (٥) :** إذا انتقل إلكترون ذرة هيدروجين مثارة من مستوى الطاقة الرابع إلى مستوى الطاقة الثانى فأجب عما يأتى :
- (١) ما اسم المتسلسلة التى ينتمى إليها الطيف الكهرومغناطيسى المنبعث .
 - (٢) الزخم الزاوي للإلكترون فى مستوى الطاقة الرابع .
 - (٣) طاقة الفوتون المنبعث بوحدة الالكترون فولت .

الحل :

$$(١) \text{متسلسلة بالمر}$$

$$(٢) \text{خز} = \frac{\text{ن هـ}}{\pi^2} = ٤ \times ١,٠٥ \times ١٠^{-١٠} = ٤,٢ \times ١٠^{-١٠} \text{ جول ث}$$

$$(٣) \text{ط} = \frac{١٣,٦}{٢} = ٦,٨ \text{ eV} = ٦,٨ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$\text{ط} = \frac{١٣,٦}{٤} = ٣,٤ \text{ eV} = ٣,٤ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$\text{ط} = |٣,٤ - ٦,٨| = ٣,٤ \text{ eV} = ٣,٤ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

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



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

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

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

مثال (٨) : إلكترون ذرة الهيدروجين في مستوى الطاقة الثالث . احسب :
(١) الطاقة الكلية للإلكترون .
(٢) إذا انتقل الإلكترون إلى مستوى آخر يكون عنده الزخم الزاوي للإلكترون يساوي ($\frac{2}{\pi} \text{ هـ}$) جول.ث
احسب رقم ذلك المستوى .
الحل :

$$(١) \quad E = \frac{13,6}{3^2} = 1,5 \text{ eV}$$

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

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 :

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

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

$$(٢) \text{ ن}^٢ = \frac{١٣,٦ - -١,٥}{٣,٤ - -١,٥} = ٤ \text{ ومنها ن} = ٢$$

$$\text{خ} = \frac{\text{ن}}{\pi} = \frac{٢}{\pi} = ٠,٦٣٦ \text{ راديان} = ٣٦,٩^\circ$$

مثال (١٠) : إذا انتقل إلكترون ذرة هيدروجين مثارة من مستوى الطاقة الخامس إلى مستوى الطاقة الثاني ، احسب :
(١) الزخم الزاوي للإلكترون في مستوى الطاقة الثالث .
(٢) الطول الموجي للفوتون المنبعث .
(٣) نوع الإشعاع الناتج .

الحل :

$$(١) \text{ خ} = \frac{\text{ن}}{\pi} = \frac{٣}{\pi} = ٠,٩٥٥ \text{ راديان} = ٥٤,٩^\circ$$

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

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

(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) .

الحل :

$$\lambda = \frac{\text{س}}{\text{ت}} = \frac{1}{\text{ت}} = \frac{1}{٠,٦٩٣ \times ١٠^{١٥}} = ١,٤٣١ \times ١٠^{-١٥} \text{ م}$$

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

$$\text{بتوحيد المقامات} \quad \left| \frac{1}{٢٥} - \frac{1}{٤} \right| R = ١,٤٣١ \times ١٠^{١٥}$$

$$R = ١,١ \times ١٠^{٧} \text{ م}^{-١}$$

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 (ن) .

$\frac{2\pi}{\text{ن}}$

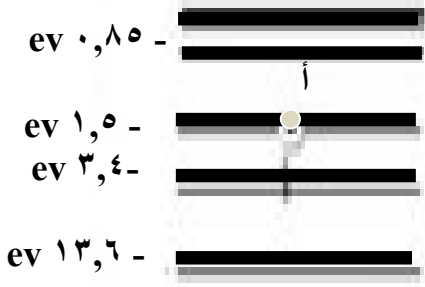
مثال (١٢) : الرسم المجاور يبين مخططاً لمستويات الطاقة بالإلكترون فولت ، مستعيناً بالقيم المثبتة عليه :

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

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

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

(٤) أقصر طول موجي في متسلسلة بالمر .



الحل :

فرضية دي بروي (الطبيعة المزدوجة للمادة)

وجد كما ذكرنا سابقاً (الظاهرة الكهروضوئية) أن للموجات طبيعة جسيمية 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 تماماً كما للموجات خصائص جسيمية حيث :

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

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

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

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

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

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 .

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 على ذرة الهيدروجين بالكلمات .

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

مثال (١) : إذا علمت أن جسيم كتلته $(٦,٦ \times ١٠^{-١٠})$ كغم قذف بسرعة (١×١٠^٤) م/ث احسب طول موجة دي بروي المصاحبة لهذا الجسيم .

الحل :

$$\lambda = \frac{h}{m \times v} = \frac{٦,٦ \times ١٠^{-١٠} \times ١٠^٤}{١ \times ١٠^٤ \times ٦,٦} = \frac{١٠^{-٦}}{١} = ١٠^{-٦} \text{ م}$$

مثال (٢) : جسيم كتلته $(٣,٣ \times ١٠^{-١٠})$ كغم ، وطول الموجة المصاحبة له (٢×١٠^{-٣}) م ، ما مقدار السرعة الخطية لهذا للجسيم .

الحل :

$$v = \frac{h}{m \times \lambda} = \frac{٦,٦ \times ١٠^{-٣٤}}{٣,٣ \times ١٠^{-١٠} \times ٢ \times ١٠^{-٣}} = \frac{١٠^{-٢٠}}{١٠^{-١٣}} = ١٠^{-٧} \text{ م/ث}$$

مثال (٣) : ما زخم فوتون طول موجته $(٣,٣ \times ١٠^{-٦})$ م .

الحل :

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{٦,٦ \times ١٠^{-٣٤}}{٣,٣ \times ١٠^{-٦}} = \frac{١٠^{-٢٨}}{١} = ١٠^{-٢٨} \text{ كغم.م/ث}$$

مثال (٤) : سقط فوتون طاقته (١٢×١٠^{-١٩}) جول جد زخم الفوتون الساقط .

الحل :

$$p = \frac{h \times \nu}{\lambda} \text{ ومنها } \lambda = \frac{h \times \nu}{p} \text{ (١)}$$

$$p = \frac{h \times \nu}{\lambda} \text{ (٢)}$$

بتعويض (٢) في (١) ينتج

$$p = \frac{h \times \nu}{\lambda} = \frac{١٢ \times ١٠^{-١٩}}{١٠^{-١٠} \times ٣} = \frac{١٢ \times ١٠^{-٢٧}}{٣} = ٤ \times ١٠^{-٢٧} \text{ كغم.م/ث}$$

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

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m \times \Delta E_{\text{كح}}}}$$

الحل :

قوانين الفصل

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

$$ط = هـ \times تـ$$

س : سرعة الضوء ، λ : الطول الموجي

$$تـ = \frac{س}{\lambda}$$

$$ط = \frac{هـ \times س}{\lambda}$$

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

$$(طح)ع = \sqrt{v} \times جى$$

ϕ : اقتران الشغل ، تـ : تردد العتبة للفيلز

$$\phi = هـ \times تـ$$

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

$$هـ \times تـ = \phi + (طح)ع$$

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

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

$$نقن = نقب \times ن^2$$

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

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

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

λ : طول المودة المصاحبة للجسيمات (طول موجة دي بروي)

حيث $خ$: الزخم الزاوي $\pi : 3,14$

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

طن : طاقة الالكتران فى مستوى ما دون انتقاله

$$طن = \frac{13,6}{ن^2}$$

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

n_1 : رقم المستوى الابتدائي ، n_2 : رقم المستوى النهائي

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

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

$$\Delta ط = ط - طـ$$

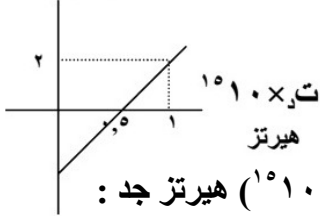
$\Delta ط$: فرق الطاقة

$$ev \quad \Delta ط = 13,6 \left| \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right|$$

ورقة عمل على فيزياء الكم

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

طح عظمي 1.0×10^{-14} جول



- س ٥ : في الشكل احسب :
(١) تردد العتبة . (1.0×10^{15} هيرتز) (٢) اقتران الشغل . (3.3×10^{-19} جول)
(٣) جهد القطع . (≈ 2.2 فولت)

- س ٦ : سقط فوتون تردده (0.75×10^{15}) هيرتز على سطح فلز تردد العتبة له (0.5×10^{15}) هيرتز جد :
(١) اقتران الشغل للفلز . (3.3×10^{-19} جول) (٢) فرق جهد القطع . (١,٠٣ فولت)

- س ٧ : إذا كان الإلكترون في المستوى الرابع للطاقة احسب الزخم الزاوي . ($= 2.4 \times 10^{-34}$ جول.م)

- 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 2.4×10^{-34} جول . م

- (١) رقم مستوى المستوى . (ن = ٤) (٢) نصف قطر المستوى . ($= 8.6 \times 10^{-11}$ م)

- س ١٠ : سقط فوتون ضوئي طول موجته (٠,٢٤) نم ، على إلكترون ساكن فتشتت الفوتون بطاقة حركية (٢٦) eV ، احسب :
(١) الزخم الخطي للفوتون الساقط . (2.76×10^{-27} كغ.م/ث) (٢) طاقة الفوتون السقط بوحدة الكترون فولت . (٥١٨٠ eV)
(٣) طول موجة الفوتون المتشتت . (٢٤١ نم)

- س ١٢ : سقط ضوء فوق بنفسجي طول موجته (٢٤٠) نم ، على مهبط خلية كهروضوئية فانطلقت إلكترونات باتجاه المصعد فإذا كان فرق الجهد العكسي (١,٤) فولت ، احسب :

- (١) طاقة فوتون الضوء الساقط . (8.29×10^{-19} جول) (٢) الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية . (2.24×10^{-19} جول)
(٣) اقتران الشغل (ϕ) لفلز المهبط . (6.05×10^{-19} جول)

- س ١٣ : إلكترون في مستوى الطاقة الرابع جد :

- (١) الزخم الزاوي للمستوى الرابع . (2.4×10^{-34} جول.م) (٢) اقصر طول موجة في متسلسلة بالمر . (0.275×10^{-7} م)

- (٣) أقل تردد في متسلسلة باشن . (0.15×10^{15} هيرتز)

ثوابت مهمة : سرعة الضوء (س) = 3×10^8 م/ث ، ثابت بلانك (ه) = 6.6×10^{-34} جول.م ،
نصف قطر بور (نق) = 5.29×10^{-11} م ، ثابت رايدبرغ (R) = 1.1×10^7 م⁻¹ ،
كتلة الإلكترون (ك) = 9.1×10^{-31} كغ ، شحنة الإلكترون = 1.6×10^{-19} كولوم

بنية النواة وخصائصها (اكتشاف مكونات النواة)

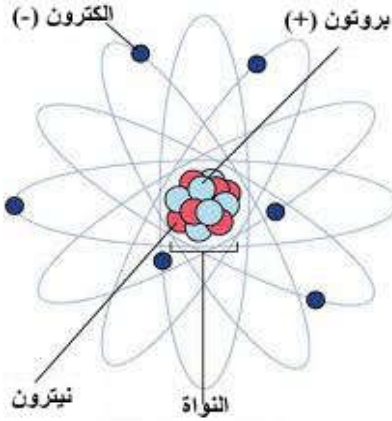
* اقترح رذرفورد نموذجاً للذرة افترض أن الشحنات الموجبة تتركز في حيز صغير اطلق عليه اسم نواة **لاحظ** رذرفورد أن :

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

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

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

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



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

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

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

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

$$\text{حيث } \text{و.ك.ذ} = \frac{\text{كغ}}{{}^{27-10} \times 1,660539}$$

ملاحظة : للتحويل من كغ إلى (و.ك.ذ) (نقسم على ${}^{27-10} \times 1,660539$)
من (و.ك.ذ) إلى كغ (نضرب ب ${}^{27-10} \times 1,660539$)

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

$$\text{القياس (جول) حيث (e.v) = } \frac{\text{جول}}{{}^{19-10} \times 1,6}$$

قياس نصف قطر النواة (حجمها & كثافتها)

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

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

$$\text{نق} = \sqrt[3]{A} \times \text{نق.} \quad \text{أو} \quad \text{نق} = \sqrt[3]{A} \times \text{نق.}$$

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

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

مثال (١) : احسب نصف قطر نواة الليثيوم ${}^6\text{Li}_3$ ، والكتلة التقريبية لها باعتبار (ك.ب = $1,0073$) و.ك.ب. :
الحل :

$$\begin{aligned} \text{كتلة النواة التقريبية} &= A \times \text{ك.ب} \\ 8 \times 1,0073 &= \\ 8,0584 &= \text{و.ك.ب.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{نق} &= \sqrt[3]{A} \times \text{نق.} \\ 2 \times 10^{-10} \times 1,2 &= \sqrt[3]{8} \times \text{نق.} \\ 2,4 \times 10^{-10} &= 2 \times \text{نق.} \\ \text{نق.} &= 1,2 \times 10^{-10} \text{ م} \end{aligned}$$

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 الكتلى أو بنصف قطر النواة لأن زيادة العدد الكتلى يرافقه زيادة فى كتلة وحجم النواة فتبقى الكثافة ثابتة .

استقرار النواة

العوامل المسؤولة عن استقرار النواة هي :

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

سؤال : وضح المقصود بالقوة النووية ؟ ثم اذكر خصائصها ؟

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

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

يمثل الشكل منحنى الاستقرار 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 ${}^8_8\text{O}$ حيث النسبة هنا حيث النسبة هنا $\frac{N}{Z} = 1$

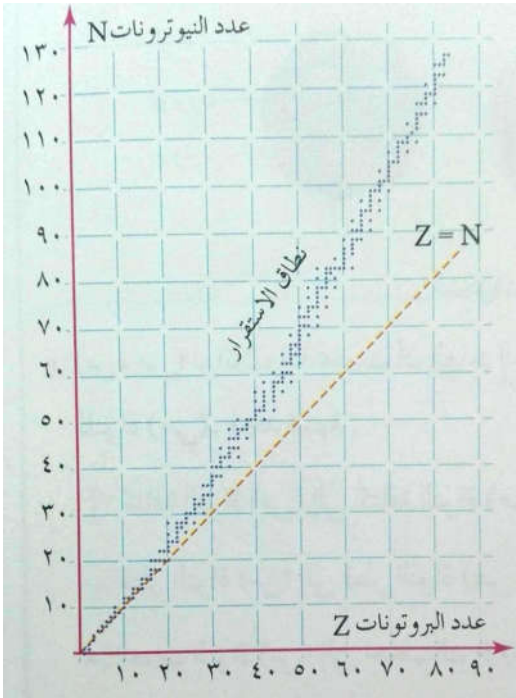
(٢) تتجمع فوق الخط المستقيم بقليل حيث (عدد $N <$ عدد Z) وذلك للحفاظ على استقرار النواة مثل ${}^{23}_{11}\text{Na}$ ،

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

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

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

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



لكن عندما يزداد العدد الذري عن (٨٣) تتعاظم القوة الكهربائية على نحو كبير بسبب كبر حجم النواة وتباعده

نيوكليوناتها عن بعضها وبالتالي فالزيادة فى عدد النيوترونات لن يستطيع التعويض عن الزيادة الكبيرة فى القوة الكهربائية فتكون غير مستقرة .

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^{10} 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 :

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

$$E = eV = \frac{9 \times 10^{10}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5.625 \times 10^{29} \text{ إلكترون فولت}$$

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

الحل :

$$E = mc^2 = 1.66 \times 10^{-27} \times 9 \times 10^{10} = 1.494 \times 10^{-11} \text{ جول}$$

$$E = eV = \frac{1.494 \times 10^{-11}}{1.6 \times 10^{-19}} = 9.315 \times 10^7 \text{ مليون إلكترون فولت}$$

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 :

$$(١) ٠,٤ \text{ كغم} \quad (٢) ٠,٤ \text{ و.ك.ذ}$$

الحل :

$$(١) E = mc^2 = 0.4 \times 9 \times 10^{10} = 3.6 \times 10^{11} \text{ جول}$$

$$(٢) E = mc^2 = 0.4 \times 9.315 \times 10^7 = 3.726 \times 10^8 \text{ مليون إلكترون فولت}$$

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

النقص في كتلة الوقود النووي بوحدة :

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

الحل :

$$(١) \text{ نحول الطاقة إلى وحدة الجول } E = 22.5 \times 10^{25} \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.6 \times 10^{11} \text{ جول}$$

$$E = eV = \frac{3.6 \times 10^{11}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.25 \times 10^{25} \text{ كغم}$$

$$(٢) E = mc^2 = \frac{2.25 \times 10^{25}}{9.315 \times 10^7} = 2.4 \times 10^2 \text{ و.ك.ذ}$$

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

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

منشأ طاقة الربط النووي

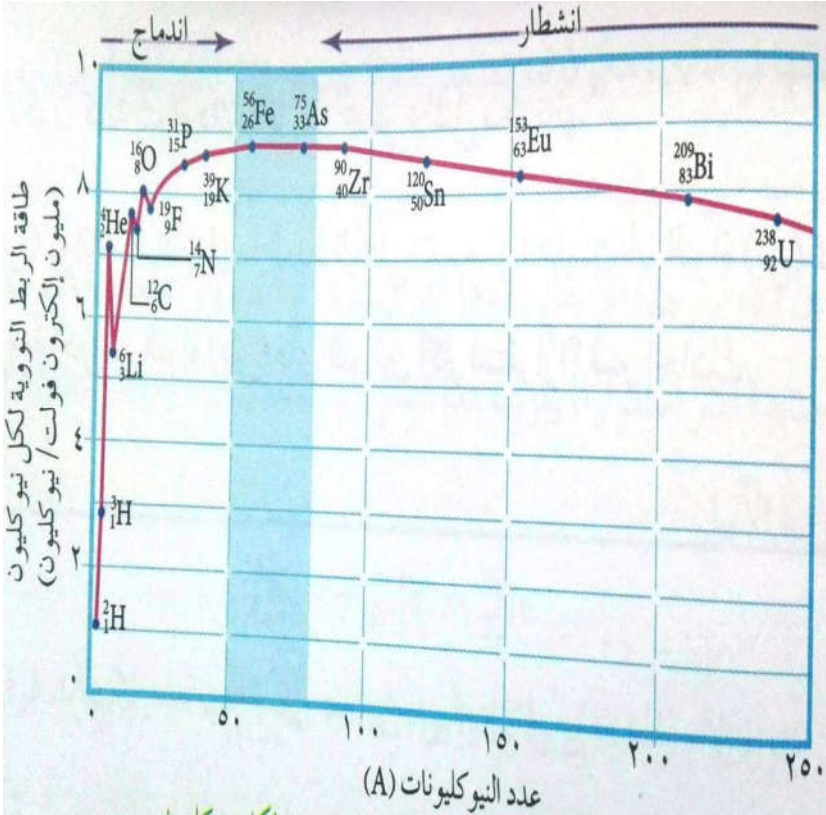
وجد أن كتلة مكونات أي نواة وهي متباعدة أكبر من كتلة النواة المكونة لها (وهي متجمعة) حيث فرق الكتلة $(\Delta K = K_p \times Z + K_n \times n - K_{نواة})$ يتحول إلى طاقة حسب معادلة أينشتاين تسمى طاقة الربط النووية .

معدل طاقة الربط النووية :

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

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

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



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

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

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

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

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

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

(١) أي الأنوية أكثر استقراراً؟ ولماذا؟

(٢) احسب كتلة نواة 4_2X .

الحل :

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

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

$$= 2 \times 1,0087 + 2 \times 1,0083 - \frac{28}{931,5} = 4,0170 - 0,03 = 3,9870 \text{ و.ك.ذ}$$

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

$$\{ \text{ك.ب} = 1,008 \text{ و.ك.ذ} , \text{ك.ن} = 1,009 \text{ و.ك.ذ} , \text{نق} = 1,2 \times 10^{-10} \text{ م} , \text{ك.ا} = 26,981 \text{ و.ك.ذ} \}$$

(٢) ما عدد مكونات النواة (Z,N) .

(١) احسب نصف قطر نواة الالمنيوم .

(٣) احسب كتلة النواة التقريبية .

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

(ب) بوحدة (m.e.v)

(أ) بوحدة (و.ك.ذ)

الحل :

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

(٢) عدد البروتونات = Z = 13 بروتون

عدد النيوترونات = N = 27 - 13 = 14 نيوترون

(٣) الكتلة التقريبية = ك.ب \times A = 27 \times 1,008 = 27,216 و.ك.ذ

$$(٤) \Delta \text{ك} = Z \times \text{ك.ب} + n \times \text{ك.ن} - \text{كتلة نواة} = 13 \times 1,008 + 14 \times 1,009 - 26,981 = 27,23 - 26,981 = 0,249 \text{ و.ك.ذ}$$

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

8

مثال (٣) : احسب معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكلون لذرة 7_3Li بوحدة : (علماً أن $m_{Li} = 7,016 \text{ و.ك.ذ}$)

(٢) (m.e.v)

(١) (و.ك.ذ)

الحل :

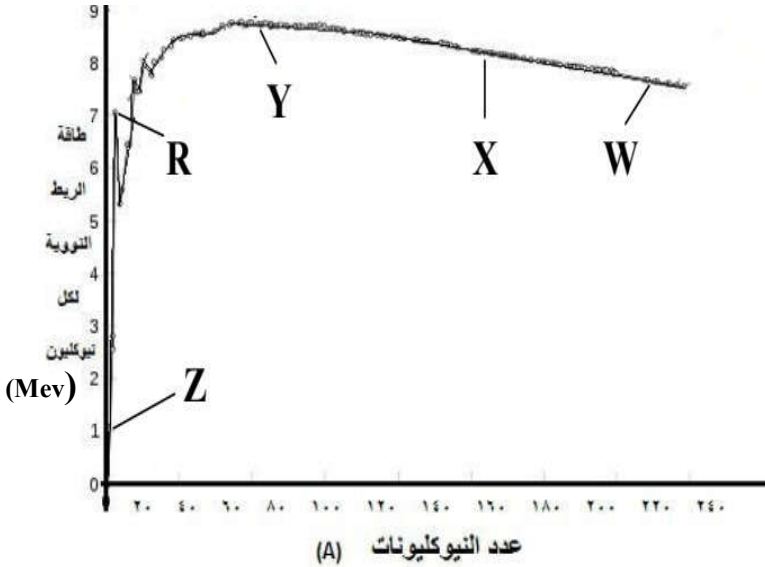
مثال (٤) : إذا كانت طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لنواة $({}_{10}\text{Ne}^{20})$ هي (٨) مليون إلكترون فولت جد كتلة النواة .
اعتبر $k_p = 1,0073$ (و.ك.ذ) ، $k_n = 1,0087$ (و.ك.ذ).
الحل :

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

$$k_n \times n + k_p \times Z - \Delta = \frac{160}{931,5}$$

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

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) تفكيك 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

$$\text{طربط} = \text{طربط/نيوكليون} \times A = 8 \times 12 = 96 \text{ مليون إلكترون فولت}$$

(٧) لأن لها أكبر استقرار (أعلى معدل طربط) وترابط بين نيوكليوناتها .

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

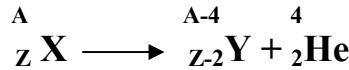
أنواع الإشعاع الصادر عن اضمحلال الأنوية غير المستقرة :

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

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

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

يمكن التعبير عن اضمحلال ألفا بالمعادلة :



ملاحظات :

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

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

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

لقد تبين أنه في اضمحلال ألفا يتحقق مبدأ حفظ (الكتلة - الطاقة) وكذلك مبدأ حفظ الزخم . حيث : $\alpha (X) = \text{Th}(X)$ و $\alpha (ع) = \text{Th}(ع)$ ومن تطبيق مبدأ حفظ الزخم على التفاعل لوحظ أن $\alpha \approx 5.7 \text{ eV}$ 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 العناصر الواحد تحمل مقادير محدودة من الطاقة .

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

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

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

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

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 نيوترينو أي جسيم صغير غير مشحون ويرمز له بالرمز (ν) ولاحقاً أثبتت التجارب وجود النيوترينو وبما أنه قد ينبعث الكترون أو بوزترون في حالة اضمحلال بيتا فقد وجد أن :
* النيوترينو (ν) يصاحب انبعاث البوزترون . ضدنيو النيوترينو ($\bar{\nu}$) يصاحب انبعاث الالكترون .

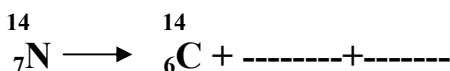
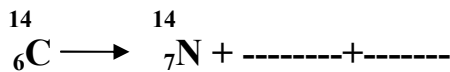
(٤) الالكترون ، البوزترون ، النيوترينو ، ضدنيو النيوترينو .. لايتواجدون في النواة وإنما تتكون خارج حيز النواة .

سؤال (علل) ما يلي :

(١) يصاحب تحلل البروتون إلى نيوترون وبوزترون جسيم يسمى النيوترينو .
(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 النيوترينو 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 الاتية :
الحل :

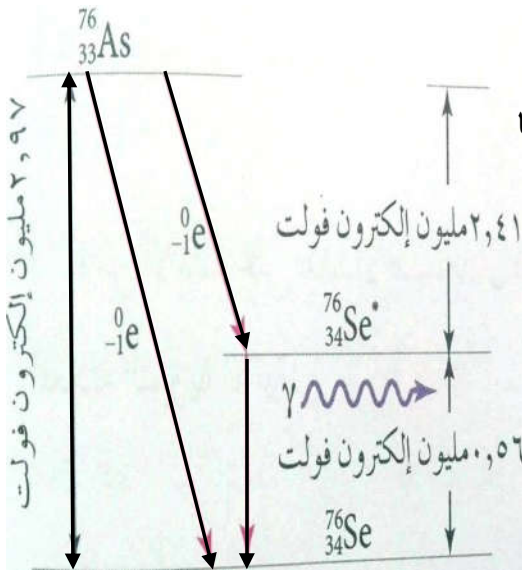


٣) اضمحلال غاما (γ): هي فوتونات ذات تردد كبير ليس لها شحنة وتعتبر جزء من الطيف الكهرومغناطيسي .

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

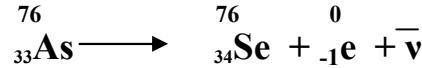
يمثل الشكل المجاور إشعاع نواة عنصر الزرنيخ $^{76}_{33}\text{As}$ لجسيم بيتا . بطريقتين مختلفتين . اعتمد على هذا الشكل للإجابة عما يلي :

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

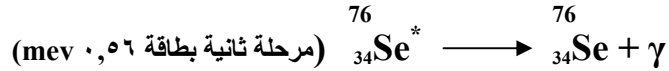
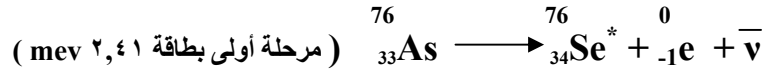


أولاً: الطريقة الأولى (مباشرة) : { لا يوجد داعي لانبعاث أشعة (γ) } حيث :

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



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



سؤال : اذكر خاصيتين تمتاز بها الإشعاعات النووية ؟

جواب :

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

سؤال (علل) : يكون للأشعة التي لها أكبر قدرة على الاختراق أقل قدرة على التأيين ؟

جواب : يحدد ذلك عامل الكتلة وعامل الشحنة حيث :

١) الأشعة التي تمتلك كتلة وشحنة أكبر يزداد احتمال تصادمها مع ذرات المادة بشكل كبير وبالتالي تزداد قدرتها على التأيين ويقل اختراقها . (احتمال التصادم كبير) مثل (α) .

٢) الأشعة التي تمتلك كتلة وشحنة أقل يقل احتمال تصادمها مع ذرات المادة وبالتالي تقل قدرتها على التأيين ويزداد اختراقها . (احتمال التصادم قليل) مثل (γ) .

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

جواب :

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

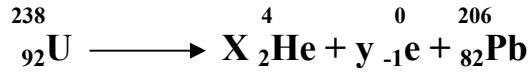
الإشعاع النووي الطبيعي

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

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

الحل :

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

طبيعي ، اجب عما يلي :

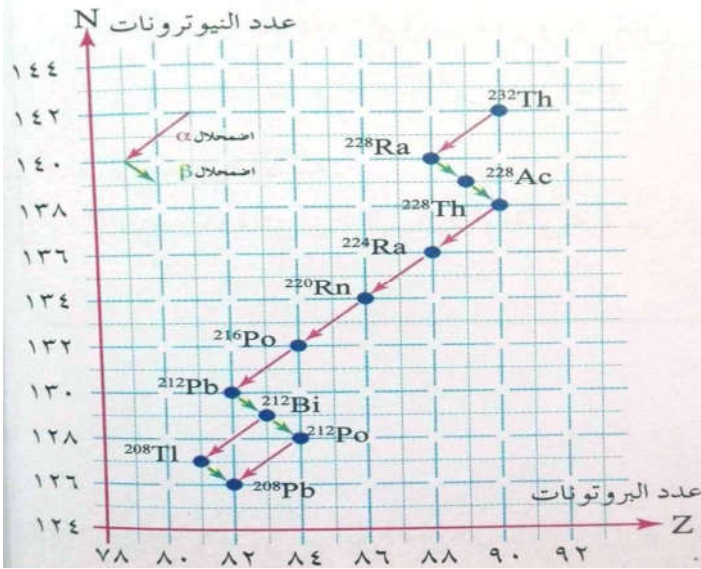
(١) ما اسم السلسلة المبينة فى الشكل .

(٢) اكتب معادلة موزونة تمثل اضمحلال الفا .

(٣) اكتب معادلة موزونة تمثل اضمحلال بيتا .

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

الحل :



235

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

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

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

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

الحل :

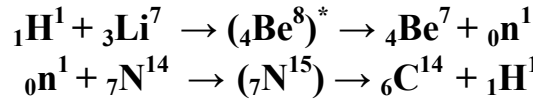
ظاهرة النشاط الإشعاعي الصناعي

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



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

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



* وتكمن أهمية التفاعلات النووية في :

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

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

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

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

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

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

سؤال : على ماذا تعتمد خطورة الإشعاع ؟

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

سؤال : كيف تفسر ما يأتي :

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

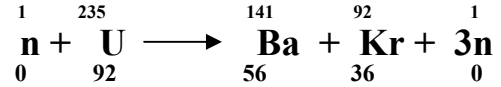
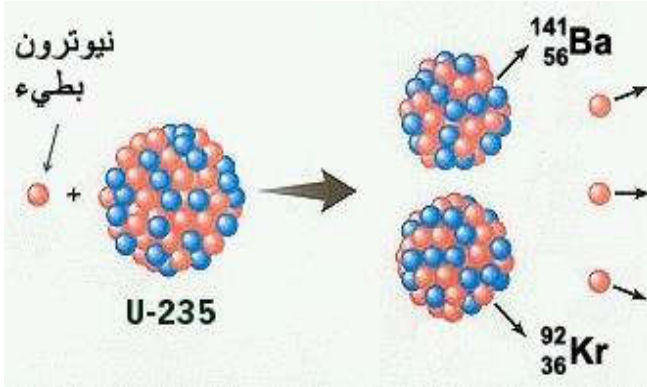
(ب) ألفا ، الخطر الحقيقي للأشعة يكمن في قدرتها على التأيين وأشعة ألفا لها أكبر قدرة على التأيين فهي الأخطر وتبقى داخل الجسم لأن اختراقها قليل .

الانشطار النووي

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

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

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



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

سؤال : وضح المقصود بالكتلة الحرجة ؟

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

من تطبيقات الانشطار النووي فى الحياة العملية

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

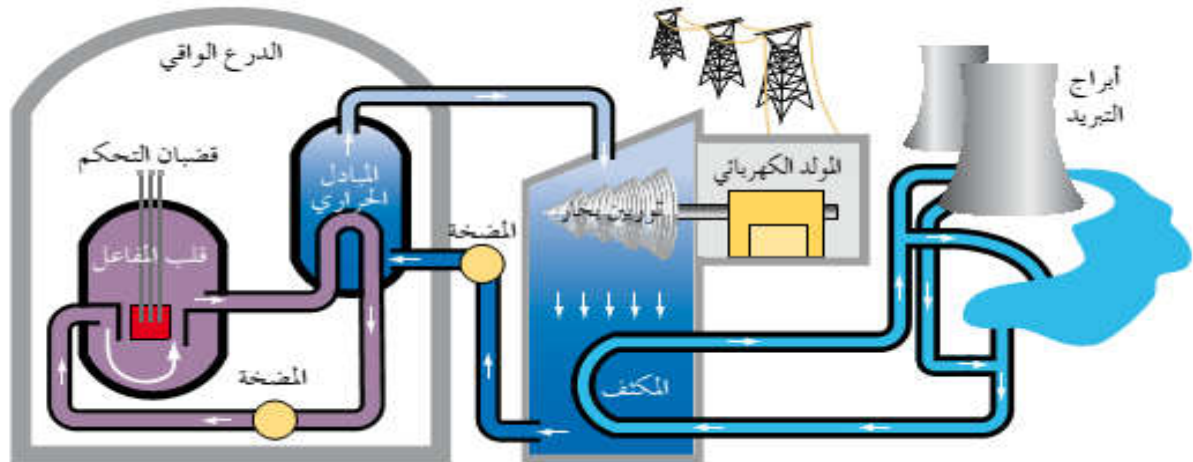
(٢) المفاعل النووي : أغراض سلمية استخداماته : (١) تحلية مياه البحر (٢) إنتاج الكهرباء (٣) إنتاج نظائر مشعة .

المفاعل النووي

سؤال : وضح المقصود بالمفاعل النووي ؟

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

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



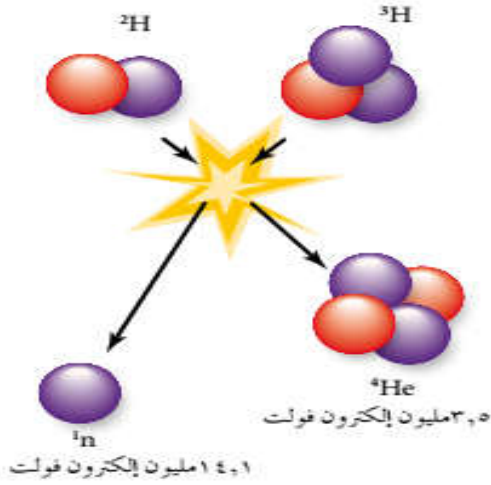
* وتكمن خطورة خطورة المفاعل النووي بفقدان السيطرة أو انفجاره ، لذا يجب مراعاة ما يلي :

- (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 فى نقل الوقود النووي باستمرار .

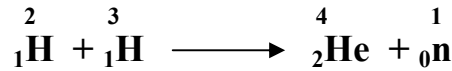
الاندماج النووي

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

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



مثلاً يتم الاندماج بين 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 فى النجوم وفى القنبلة الهيدروجينية .

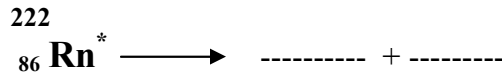
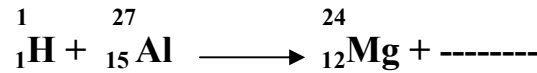
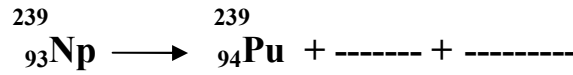
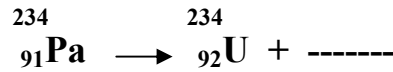
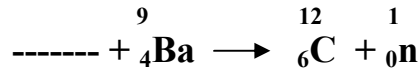
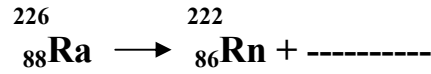
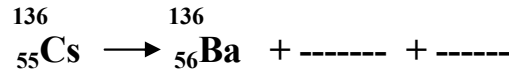
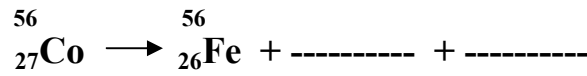
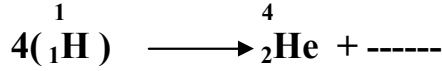
سؤال (علل) : تسمى القنبلة الهيدروجينية بالشمس المصغرة ؟
جواب : لأن التفاعلات داخل القنبلة الهيدروجينية تفاعلات اندماجية مثل التي تحصل على سطح الشمس .

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

انتهت بحمد الله

ورقة عمل على فيزياء النواة

السؤال الأول : أكمل المعادلات التالية :



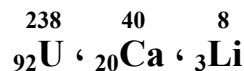
السؤال الثانى :

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

٢ (تحوي 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 = ١,٠٠٨ (و.ك.ذ.) ، ك = ١,٠٠٩ (و.ك.ذ.) ، ك = ٢٠٦,٣٤ = k_{Pb} (و.ك.ذ.))

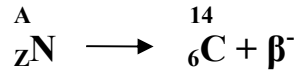
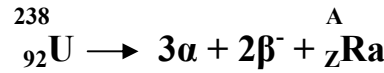
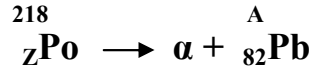
٤ (احسب نصف قطر نواة كل من العناصر التالية :



السؤال الثالث : فسّر كلّ مما يلي تفسيراً علمياً :

- تماسك البروتونات داخل النواة مع بعضها رغم تشابه شحناتها .
- لا يمكن للالكترونات 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 :

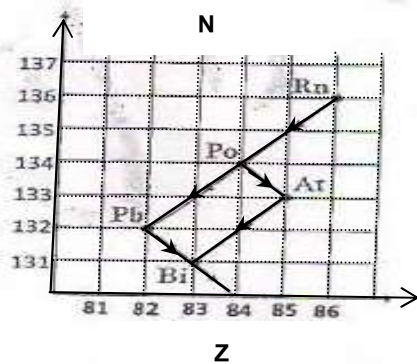
- شحنته موجبة . (٢) أكثر إشعاع نافذ وخطر . (٣) ينحرف بسهولة بواسطة المجال المغناطيسي .
- عبارة عن موجات كهرومغناطيسية (فوتونات) . (٥) له قدرة كبيرة على التأيين . (٦) لا يتأثر بالمجال الكهربائي .

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

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

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

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



السؤال السابع : احسب العدد الكتلي لعنصر إذا علمت أن نصف قطر نواته ($4,8 \times 10^{-10}$) م .

ورقة عمل على الفيزياء الحديثة (الكم والنواة)

س ١ : ما المقصود بكل مما يأتي :

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

س ٢ : علل لما يلي :

- (١) تشابه نظائر العنصر الواحد فى خصائصها الكيماوية .
- (٢) يزداد مقدار التيار الكهربائي المار فى الخلية كهروضوئية بزيادة شدة الضوء الساقط عليها .
- (٣) الطاقة الكلية للإلكترون فى 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 الثانى إلى المستوى الأول جد :

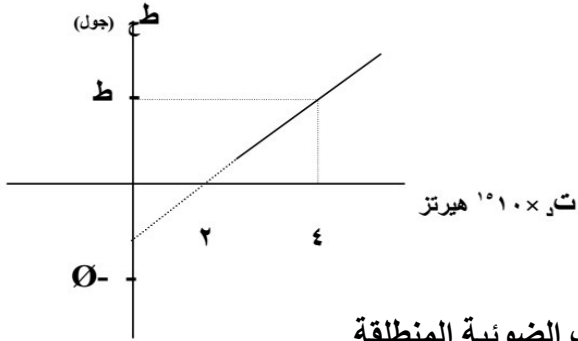
- (١) الطول الموجي للفوتون المنبعث .
- (٢) طاقة الفوتون المنبعث .

س ٤ : إلكترون ذرة هيدروجين زخمه الزاوي يساوي $\frac{h}{\pi^2}$ جد طاقة الإلكترون فى 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 فى المدار الذي أنتقل إليه .



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

والطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة فى 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 : فى الخلية كهروضوئية ، إذا كانت الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنطلقة

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

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

س ٨ : يتحرك إلكترون ذرة الهيدروجين فى مدار المستوى الثانى ، أحسب :

(١) نصف قطر هذا المدار .

(٢) طاقة الإلكترون وهو فى هذا المستوى بوحدة الإلكترون فولت .

(٣) اعتمادا على فرضية بور المتعلقة بالزخم الزاوي للإلكترون أحسب طول موجة المصاحبة للإلكترون فى هذا المدار .

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

(١) سرعة الإلكترون فى هذا المدار .

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

س ١٠ : وجد إلكترون ذرة الهيدروجين فى مستوى الطاقة الثانى ، فإذا كان نصف قطر هذا المستوى (١,٦ × ١٠^{-١١} م) أحسب الزخم الزاوي للإلكترون فى المدار .

س ١١ : سقط شعاع ضوئي طول موجته $(3,3 \times 10^{-7})$ م على فلز مهبط خلية كهروضوئية فانبعثت الكترونات طاقتها الحركية العظمى $(5,2)$ إلكترون فولت، أحسب :
(١) اقتران دالة الشغل للفلز . (٢) فرق جهد القطع في الخلية . (٣) تردد العتبة للفلز .

س ١٢ : احسب متوسط طاقة الربط لكل نيوكلون في نواة نظير الأكسجين $(^{17}_8O)$ إذا كانت طاقة الربط النووية له (1862) مليون الكترن فولت .

س ١٣ : إذا علمت إن كتلة نواة الهيليوم (^4_2He) تساوي $(4,0015)$ و.ك.ذ احسب :
(١) طاقة الربط النووية لهذه النواة . (٢) طاقة الربط لكل نيوكلون بوحدة .
ك_p = $1,008$ (و.ك.ذ.) ، ك_n = $1,009$ (و.ك.ذ.)

206

س ١٤ : احسب طاقة الربط النووية لنواة نظير $^{82}_{Pb}$.
ك_p = $1,008$ (و.ك.ذ.) ، ك_n = $1,009$ (و.ك.ذ.) ، ك_{Pb} = $206,344$ (و.ك.ذ.)

س ١٥ : لنواة النحاس $(^{64}_{29}Cu)$ اجب عما يلي علماً أن :

{ ك_p = $1,0073$ (و.ك.ذ.) ، ك_n = $1,0087$ (و.ك.ذ.) ، نق. = $1,2 \times 10^{-10}$ م ، ك_{cu} = $63,546$ (و.ك.ذ.) }

(١) احسب نصف قطر نواة النحاس . (٢) ما عدد مكونات النواة (Z, N) . (٣) احسب كتلة النواة التقريبية .
(٤) احسب طاقة الربط النووية لهذه النواة (أو الطاقة اللازمة لفصل مكونات النواة) .
(١) بوحدة (و.ك.ذ.) (٢) بوحدة (m.e.v)

206

س ١٦ : تبدأ سلسلة اضمحلال الأكتينيوم بنواة اليورانيوم ^{92}U فإذا انبعث جسيمي ألفا وجسيمي بيتا لتنتج نواة جديدة للعنصر X اجب عما يأتي :
(١) ما العدد الكتلي والعدد الذري لنواة العنصر X .
(٢) أيهما أكثر استقراراً نواة اليورانيوم ^{238}U أم نواة العنصر X .

س ١٧ : من الشكل المجاور الذي يمثل سلسلة اضمحلال طبيعي ، اجب عما يلي :

(١) ما اسم السلسلة المبينة بالشكل .
(٢) اكتب معادلة موزونة تمثل اضمحلال الفا .
(٣) اكتب معادلة موزونة تمثل اضمحلال بيتا .
(٤) جد عدد جسيمات ألفا وبيتا في تحول نواة $(^{238}_{92}U)$ إلى نواة $(^{222}_{86}Rn)$.

