البراء في الفيزياء

σ α ν

الفيزياء الحديثة

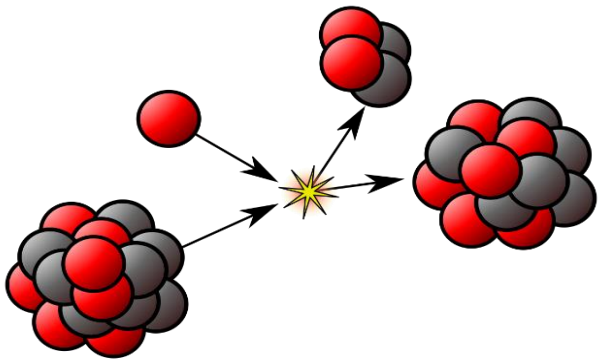
λ Φ

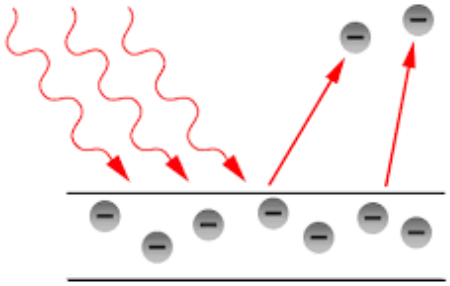
∞ مقدمة إلى فيزياء الكم π

β الفيزياء النووية γ

φ λ

Ω





إعداد الأستاذ :

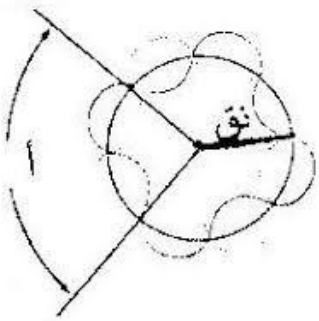
براء جابر

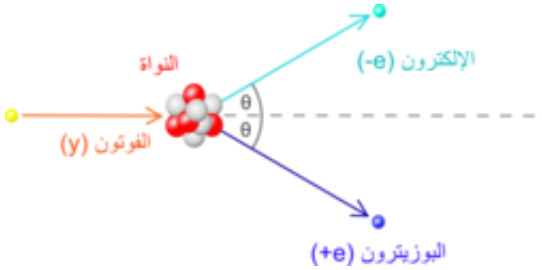
٠٧٨١٤٣١٠٤١

Braa Jaber

Braajaber1

Braa_jaber1





◄ لا تتوقف عن السؤال أبدًا .

براء جابر ٠٧٨١٤٣١٠٤١

الفيزياء الكلاسيكية

يصدر عن الأجسام إشعاعات كهرومغناطيسية عندما تكون درجة حرارتها فوق درجة الصفر المطلق ، *حيث يعتمد هذا الإشعاع على درجة حرارة الجسم ، وطبيعة 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 مقدارًا غير محدد من الطاقة أو يمتصه ، عندما يتغير اتساع اهتزازاته وفقًا للنظرية الكلاسيكية ، غير أن النظرية الكلاسيكية واجهت صعوبات في تفسيربعض الظواهر المتعلقة في الإشعاع وهي :

أ) الظاهرة الكهروضوئية. ب) ظاهرة كومتون.

* اقترح العلماء نموذجًا للضوء يفترض أن الضوء يمتلك طبيعة مزدوجة (موجية وجسيمية) ولا يسلك السلوكين معًا 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 عددًا صحيحًا من مضاعفات الكمية (هـ تـد) " وتحتسب الوحدة الأساسية للطاقة من العلاقة :

$$ط = هـ \, تـد$$

ط : طاقة الكمّة الواحدة.

هـ : ثابت بلانك (٦,٦٣ × ١٠ $^{-٣٤}$ جول.ث).

تـد : تردد الإشعاع.

ملاحظات هامة :

١) تمثل فرضية بلانك مبدأ تكميم الطاقة حيث أن الطاقة تكون مكمّمة مثلها مثل الشحنة ومن مضاعفات (هـ تـد) استفاد العالم أينشتاين من مبدأ تكميم الطاقة وصاغ فرضيته التي تنص على أن **" الضوء ينبعث على شكل كمّات محددة منفصلة من الطاقة اسماها " (فوتونات) "** حيث :

(ط فوتون = هـ تـد)

٢) تقاس الطاقة بالجول : (وهناك وحدة أصغر للطاقة هي الإلكترون فولت حيث للتحويل من جول إلى الإلكترون فولت نقسم على شحنة الإلكترون)

٣) هناك علاقة عكسية بين التردد والطول الموجي حيث :

$$ت_د = \frac{س}{\lambda}$$

سؤال : سخن جسم حتى توهج باللون الأحمر، إذا كان تردد الإشعاع الصادر منه يساوي (٤ × ١٠^{١٤} هيرتز)

فاحسب طاقة الكمّة الواحدة لهذا الإشعاع.

الحل :

ط = هـ تـد

= ٦,٦٣ × ١٠ $^{-٣٤}$ × ٤ × ١٠^{١٤}

= ٢,٦٥ × ١٠ $^{-١٩}$ جول

نلاحظ أن هذا المقدار من الطاقة صغير جدًا مقارنةً بوحدة قياس الطاقة في النظام العالمي للوحدات (جول) لذلك استخدمت وحدة أخرى لقياس الطاقة تسمى **إلكترون فولت.**

* إلكترون فولت : هي الطاقة الحركية التي يكسبها إلكترون عندما يتسارع عبر فرق جهد كهربائي مقداره (١) فولت.

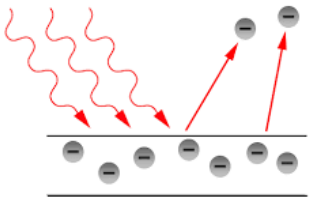
إذا أردنا التحويل من جول إلى إلكترون فولت نقسم على مقدار شحنة الإلكترون ، إذا أردنا التحويل من إلكترون فولت إلى جول نضرب بشحنة الإلكترون.

الظاهرة الكهروضوئية

هي ظاهرة إنطلاق إلكترونات من سطح فلز عند سقوط ضوء له تردد معين على سطح الفلز.

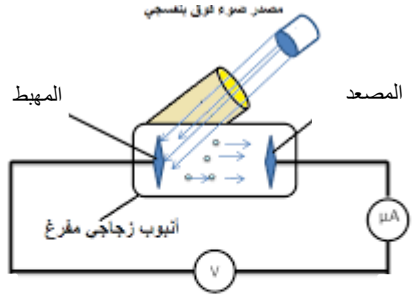
وتسمى الإلكترونات المنبعثة من سطح الفلز بـ **(الإلكترونات الضوئية).**

فشلت الفيزياء الكلاسيكية في تفسير هذه الظاهرة ، وقدّم أينشتاين تفسيره الذي أدى لحصوله على جائزة نوبل.



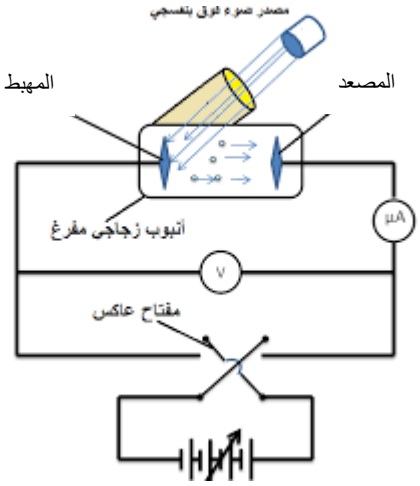
درس العالم لينارد الظاهرة الكهروضوئية تجريبيًّا (وهو أول دارسيها) ، واستخدم دارة تحتوي على خلية كهروضوئية تتكون من انتفاخ داخلي زجاجي مفرغ من الهواء ؛ لكي لا تعيق جزيئات الهواء حركة الإلكترونات المنبعثة ، ويوجد داخل الانتفاخ صفيحتان فلزيتان الأولى تنبعث منها الالكترونات عند سقوط الضوء عليها تسمى **المهبط** ، والثانية تجمع الإلكترونات المنبعثة تسمى **المصعد**.

وهذه الدراسة تمّت على ثلاثة مراحل :



١) وصل لينارد الخلية الكهروضوئية مع ميكروأميتر بغياب مصدر فرق جهد كهربائي ، لاحظ لينارد عند سقوط ضوء بتردد مناسب على مهبط الخلية الكهروضوئية أن الميكروأميتر يكشف عن مرور تيار كهربائي بغياب مصدر فرق الجهد ، فاستنتج أن مصدر هذا التيار هو إلكترونات ضوئية تحررت من المهبط ووصلت إلى المصعد ، وهذا يدل على أن الإلكترونات الضوئية تمتلك قدرًا كافيًا من الطاقة الحركية مكّنتها من الوصول إلى مصعد وهذا التيار الناتج يسمى التيار الكهروضوئي.

التيار الكهروضوئي : التيار الناتج من حركة الإلكترونات المنبعثة من المهبط والمتجهة نحو المصعد.



٢) أضاف لينارد مصدر جهد متغير، حيث كان جهد المصعد موجب وجهد المهبط سالب فلاحظ زيادة في التيار الكهروضوئي فاستنتج أن الفرق في الجهد بين المصعد والمهبط يبذل شغلًا موجبًا على الإلكترونات ناقلًا إليها طاقة حركية ويجذب المزيد منها نحو المصعد ، يعني هذا مع زيادة فرق الجهد الموجب يزداد التيار الكهروضوئي إلى أن يصل إلى قيمة معينة يثبت عندها ، وبعدها **يثبت التيار عند قيمة معينة بالرغم من الاستمرار في زيادة فرق الجهد بين المصعد والمهبط؛ وهذا يعني أن الإلكترونات المتحررة من المهبط جميعها قد وصلت إلى المصعد** وتسمى القيمة العظمى للتيار الكهروضوئي تيار الإشباع.

٣) أعاد لينارد وصل مهبط الخلية الكهروضوئية بالقطب الموجب والمصعد بالقطب السالب ، فأصبح فرق الجهد عكسيًا وهذا الفرق في الجهد يبذل شغلًا سالبًا ويسحب طاقة حركية من الإلكترونات ، ويعيق وصول بعض الإلكترونات المنبعثة إلى المصعد ؛ مما يسبب في تناقص عدد الإلكترونات التي تمتلك قدرًا كافيًا من الطاقة الحركية يمكنها من التغلب على قوة التنافر مع المصعد السالب ؛ لذا التيار الكهروضوئي يتناقص تدريجيًّا مع الاستمرار في زيادة فرق الجهد العكسي ؛ وهذا يدل على أن **الإلكترونات تنبعث ممتلكةً طاقات حركية مختلفة ؛ إذ كلما زادت الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة احتاجت إلى فرق جهد عكسي أكبر لإيقافها ؛ لذا ينعدم التيار الكهروضوئي عندما يكون فرق الجهد العكسي كافيًا لإيقاف الإلكترونات الضوئية التي تمتلك أكبر طاقة حركية (ط ح عظمى).**

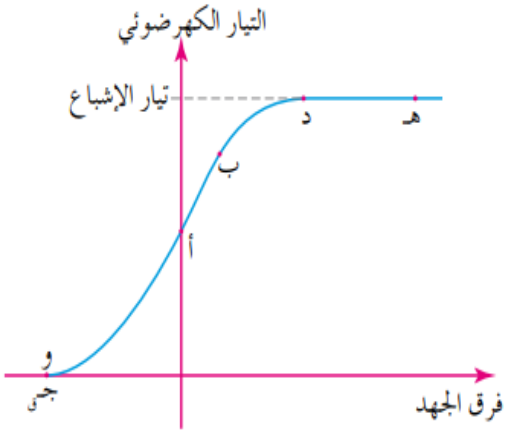
وهنا سنتعرف على مصطلح **جهد القطع : هو أقل فرق جهد كهربائي عكسي لجعل التيار الكهروضوئي يساوي صفرًا.**

ويرمز له بالرمز (جـ ق) ويرتبط جهد القطع مع الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بالعلاقة الرياضية :

$$ط_ح = ev_- جـ_ق$$

$$(ط_ح = \frac{1}{2} ك ع^2)$$

**** العلاقة البيانية بين فرق الجهد بين المصعد و المهبط والتيار الكهروضوئي في الخلية الكهروضوئية :***



النقطة (د) ، عندما يزداد فرق الجهد الموجب يزداد التيار الكهروضوئي إلى أن يصل إلى قيمة معينة يثبت عندها التيار ، وهي القيمة العظمى للتيار الكهروضوئي ، **والنقطة (أ)** التيار الكهروضوئي بغياب مصدر الجهد.

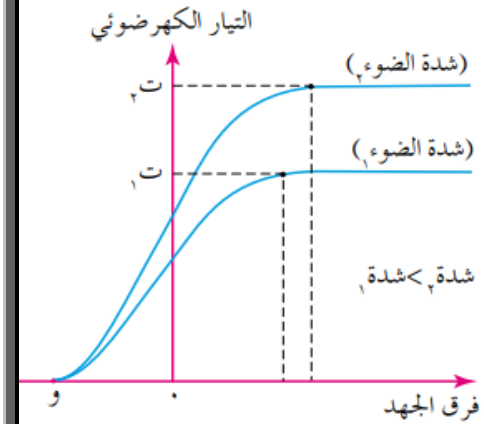
النقطتين (د ، هـ) ، ثبات التيار الكهروضوئي بالرغم من الاستمرار في زيادة فرق الجهد بين المصعد والمهبط وهذا يعزى إلى أن جميع الإلكترونات المتحررة من المهبط قد وصلت إلى المصعد.

النقطة (ب) ، يدل على أن المصعد يجذب المزيد من الإلكترونات الضوئية في حالة فرق الجهد الموجب.

النقطتين (أ ، و) ، التيار الكهروضوئي يتناقص تدريجيًّا مع الاستمرار في زيادة فرق الجهد العكسي ، وهذا لأن الجهد العكسي يبذل شغلًا سالبًا ويسحب الطاقة الحركية من الإلكترونات ويعيق وصولها إلى المصعد مما يسبب في تناقص عدد الإلكترونات التي تمتلك قدرًا كافيًا من الطاقة الحركية التي يمكنها من التغلب على قوة التنافر مع المصعد السالب.

النقطة (و) ، تمثل جهد القطع وهو أقل جهد عكسي يلزم لجعل التيار الكهروضوئي يساوي صفرًا.

هناك عوامل أخرى تتحكم في قيمة التيار الكهروضوئي و جهد القطع و أيضًا الطاقة الحركية ، فكرّر لينارد التجربة :



١) زيادة شدة الضوء الساقط على المهبط عن طريق إضافة مصباح آخر (مع ثبات تردد الضوء الساقط).

عند زيادة شدة الضوء تم الحصول على منحنى آخر وبيّنت التجارب أن جهد القطع لم يتغير ، هذا يعني أن الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية لم تتغير وفق العلاقة **($ط = ev_- جـ_ق$)** ..

وهذا يعني أن **الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية لا تعتمد على شدة الضوء الساقط .**

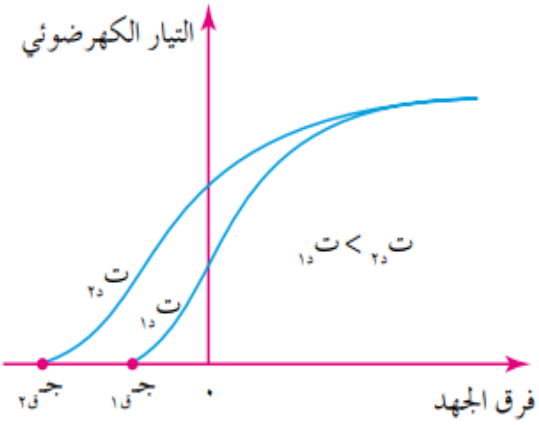
ومن خلال المنحنيان نلاحظ بأن التيار الكهروضوئي الناتج من شدة الضوء الثاني أكبر من التيار الكهروضوئي الناتج من شدة الضوء الأول ، بما في ذلك تيار الإشباع عند ثبات فرق الجهد عند المصعد والمهبط ؛ هذا يعني زيادة العدد الكلي للإلكترونات الضوئية الواصلة إلى المصعد مما يعني أن **التيار الكهروضوئي يزداد بزيادة شدة الضوء الساقط عند ثبات فرق الجهد بين المهبط والمصعد.**

عند زيادة شدة الضوء :

١) يزداد التيار الكهروضوئي (يزداد عدد الفوتونات الساقطة).
٢) الطاقة الحركية العظمى ثابتة لا تتغير.
٣) جهد القطع لا يتغير ويبقى ثابت.

ملاحظة :
حزم الضوء تسمى الفوتونات.

٢) زيادة تردد الضوء الساقط (مع ثبات شدة الضوء).



عند زيادة التردد وبقاء شدة الضوء نفسها وُجِد تجريبيًّا أن جهد القطع تزداد قيمته المطلقة بزيادة تردد الضوء الساقط ، هذا يعني أن الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية ستزداد حسب العلاقة :

(ط = ــ ev جـ ق) ونستنتج من ذلك أن **الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط.**

ونلاحظ أن تيار الإشباع لم يتغير بتغير التردد ، وهذا يدل على أن العدد الكلي للإلكترونات الضوئية المنبعثة لا يعتمد على تردد الضوء الساقط.

#ملاحظة مهمة : الإلكترونات تنبعث فور سقوط الضوء على المهبط ، و أن هذه الإلكترونات لا تنبعث من المهبط إذا كان تردد الضوء الساقط أقل من قيمة معينة مهما بلغت شدة الضوء.

*** إذًا متى تتحرر الإلكترونات ؟!**
يجب أن يكون تردد الضوء الساقط على الفلز أكبر من تردد العَتَبة للفلز أو يساويه.
تردد العَتَبة : أقل تردد للضوء يلزم لتحرير إلكترونات من سطح الفلز.

لكل فلز تردد عتبة خاص به ، أي أنه خاصية للفلز ، وإذا كان تردد الضوء أقل من ترر العتبة لن يحرر إلكترونات.

عند زيادة تردد الضوء :

١) التيار الكهروضوئي يبقى ثابتًا. ٢) الطاقة الحركية العظمى تزداد.

٣) يزداد جهد القطع.

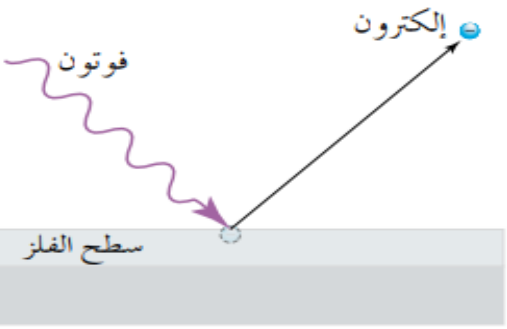
تفسير فيزياء الكم

قدم أينشتاين تفسيرًا للظاهرة الكهروضوئية ، مؤكدًا مفهوم تكمية الطاقة الذي افترضه بلانك ووسع المفهوم ليشمل جميع الموجات الكهرومغناطيسية جميعها.
افترض أينشتاين أن الضوء تتركز في حزم منفصلة ، أي كمّات ، سميت فيما بعد فوتونات ، كل فوتون يحمل طاقة مقدارها (هـ ت د).

عند سقوط الضوء على سطح فلز ، فإن الفوتون الواحد يعطي طاقته كاملة إلى إلكترون واحد فقط ، فيتحرر من ارتباطه بذرات الفلز بجزء من هذه الطاقة ، وينطلق بما تبقى على صورة طاقة حركية عظمى ، أي أن :

$$هـ ت_د = \Phi + ط_{ح\ عظمى}$$

(هـ ت د) : طاقة الفوتون الواحد.
Φ : اقتران الشغل.



اقتران الشغل : أقل طاقة يمتلكها فوتون الضوء تلزم لتحرير إلكترون من سطح الفلز من غير إكسابه طاقة حركية.

والفوتون الذي تكون طاقته مساوية إقتران الشغل للفلز يحرر إلكترونًا من السطح دون أن يكسبه طاقة حركية ، فيكون تردده مستويًا تردد العتبة ، أي أن :

$$\Phi = هـ ت_{د_o}$$

$هـ ت_د = \Phi + ط_{ح\ عظمى}$ تسمى هذه العلاقة **(معادلة أينشتاين الكهروضوئية)** والتي عن طريقها فسر هذه الظاهرة.

****تفسير الظاهرة الكهروضوئية :**

لقد تعرفنا على الظاهرة الكهروضوئية وعلى العوامل التي تُغير من قيمة التيار الكهروضوئي وجهد القطع والطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة من الفلز عند سقوط ضوء عليه بتردد معين.
وقلنا مسبقًا بأن الفيزياء الكلاسيكية قد فشلت في تفسير هذه الظاهرة ، وهذا يعني أن تفسيرها خاطئ ، حيث تفترض أن الموجات الكهرومغناطيسية تحمل طاقة ، وهذه الطاقة تزداد بزيادة شدة الضوء ولا علاقة لتردد الضوء.
وهذا الجدول يبيّن المقارنة ما بين تفسير الفيزياء الكلاسيكية والفيزياء الحديثة لهذه الظاهرة :

الفيزياء الكلاسيكية	الفيزياء الحديثة
١) تمتص الإلكترونات الطاقة من الموجات الكهرومغناطيسية على نحو مستمر، وزيادة شدة الضوء الساقط تعني زيادة معدل امتصاص الإلكترونات للطاقة مما يكسبها طاقة حركية أكبر ولا علاقة بين تردد الضوء الساقط والطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة.	١) زيادة شدة الضوء الساقط على سطح الفلز (مع بقاء تردده ثابتًا) ، هذا يعني أن عدد الفوتونات الساقطة في الثانية على وحدة المساحة يزداد ، وحيث كل إلكترون يمتص فوتونًا واحدًا فقط ، وهذا يؤدي لزيادة عدد الإلكترونات الضوئية المتحررة في الثانية وهذا يزيد من التيار الكهروضوئي ويزداد تيار الإشباع . إلا أن الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية لا تتغير ؛ بسبب عدم تغير جهد القطع.
٢) يحتاج الإلكترون لبعض الوقت لإمتصاص الطاقة الكافية وتجميعها ليتحرر من الفلز، خاصة عند سقوط ضوء خافت (شدته قليلة).	٢) إذا كانت طاقة الفوتون أكبر من اقتران الشغل للفلز فإن الإلكترون يتحرر وينبعث ممتلكًا طاقة حركية فور سقوط الفوتون. (سبب الإنبعاث الفوري للإلكترونات)
٣) عند سقوط ضوء ذي شدة عالية على الفلز أن يتحرر منه إلكترونات بغض النظر عن تردد الضوء الساقط عليه.	٣) أقل طاقة يمتلكها فوتون تلزم لتحرير إلكترون من سطح فلز ، يجب أن تساوي اقتران الشغل للفلز ، فإذا كان تردد الضوء الساقط أقل من تردد العتبة لن تتحرر إلكترونات من سطح الفلز حسب ($\Phi = هـ ت_{د_{\circ}}$)

كيف فسّر أينشتاين انبعاث الإلكترونات الضوئية بسرعة مختلفة من سطح الفلز ؟

أنه عند سقوط الضوء على سطح الفلز فإن بعض الفوتونات تصطدم بذرات السطح الخارجية ، وبعضها الآخر يصل إلى الذرات الأعمق داخل السطح حيث أن الإلكترونات تمتلك الطاقة نفسها عند تردد معين للضوء (هـ ت$_د$) ، وافتران الشغل متساوي للذرات جميعها ، فإن الإلكترونات المتحررة من سطح الفلز تتحرر ممتلكة الطاقة الحركية العظمى نفسها
أما بالنسبة للإلكترونات التي تتحرر من داخل السطح ، فإنها ترتطم بالذرات التي تكون في طريق خروجها فتقل طاقتها الحركية ، ويعتمد الجزء المفقود من الطاقة الحركية على العمق الذي تتحرر منه الإلكترونات ، ولهذا السبب **تتفاوت الإلكترونات الضوئية في سرعة انبعاثها من سطح الفلز.**

سؤال : كيف فسرت الفيزياء الكلاسيكية (النموذج الموجي) الظاهرة الكهروضوئية ؟ **الإجابة في الجدول (١)**

سؤال : احسب تردد العَتَبة للفضة ومن ثم طول موجة العتبة ، إذا علمت أن اقتران الشغل للفضة بوحدة الإلكترون فولت يساوي (٤,٣).

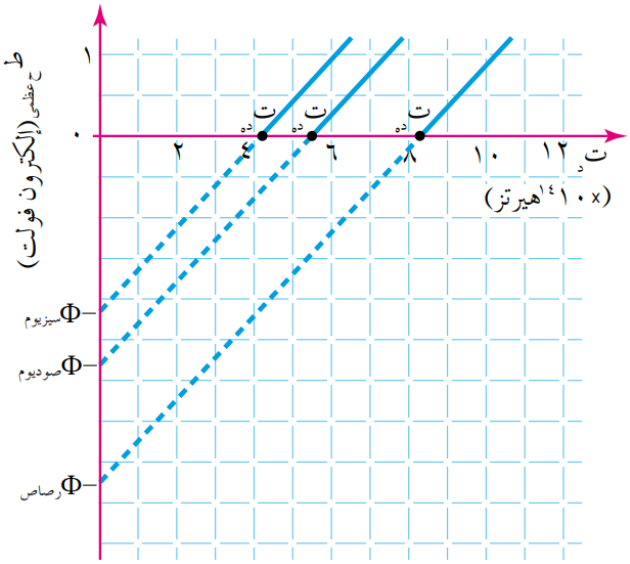
الحل :

$\Phi = هـ \times ت_{د_o}$ ← $٤,٣ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩} = ٦,٦٣ \times ١٠^{-٣٤} \times ت_{د_o}$ (نحول اقتران الشغل لوحدة الجول)

$ت_{د_o} = ١ \times ١٠^{١٥-}$ هيرتز

$ت_{د_o} = \frac{س}{\lambda}$ ← $\lambda = \frac{س}{ت_{د_o}}$ ← $\lambda = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{١ \times ١٠^{١٥-}}$ $\lambda = ٣ \times ١٠^{٧-}$ م

درس أينشتاين العلاقة بين تردد الضوء الساقط والطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة ، وأجرى ميليكان تجربة للتحقق من فرض أينشتاين واستطاع إثبات صحته مستخدمًا فلزات مختلفة فحصل على المنحنيات في الشكل المجاور وهنا تم قياس ثابت بلانك تجريبيًا.



نلاحظ أن الخطوط المستقيمة المرسومة متوازية وهذا يعني أن ميلها متساوٍ وهذا الميل هو ثابت بلانك (هـ) ، ومن معادلة أينشتاين الكهروضوئية ($هـ \times ت_د = \Phi + ط_{ح\ عظمى}$) ، يمكن التوصل إلى أن نقطة التقاطع أي من هذه الخطوط مع المحور السيني تمثل تردد العتبة للفلز ، وأن أي نقطة تقاطع الخط مع المحور الصادي تمثل اقتران الشغل للفلز إذا كتبت العلاقة على الشكل التالية (تمثل علاقة خطية *ص = أس + ب* حيث أ الميل و **ب** المقطع الصادي) :

$ط_{ح\ عظمى} = هـ \times ت_د - \Phi$

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

الإجابة : وفقًا لنموذج أينشتاين تعتمد ($ط_{ح\ عظمى}$)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.

سؤال : **ما هو الذي لم تستطيع الفيزياء الكلاسيكية تفسيره في الظاهرة الكهروضوئية ؟**

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

ملاحظات هامة : ١) في الرسم البياني لميليكان نلقي نظرة على محور الصادات (الطاقة) فإذا كان يمثل :

أ) طـ (جول) نعتمد ، ويكون ميل الخط ثابت بلانك (هـ) ووحدته (جول . ث).

ب) طـ (إلكترون فولت) أو (جـ ق = فولت) نضرب المحور بشحنة الإلكترون ليتحول إلى (طـ (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 (يقابله أقل تردد).

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) ثابتًا في الخلية الكهروضوئية بالرغم من زيادة شدة الضوء.

الإجابة : ١) لأن الضوء لا يمتلك طاقة كافية للتغلب على طاقة ربط الإلكترون بنواته.
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 : عند سقوط ضوء ازرق 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 : سقط فوتون طاقته (١٢ × ١٠$^{-١٩}$ جول) على سطح فلز اقتران الشغل له (٦ × ١٠$^{-١٩}$ جول) **احسب** :

١) تردد الضوء الساقط (الفوتون).

٢) طول موجة الضوء الساقط.

٣) تردد العتبة للفلز.

٤) أكبر طول موجة يستطيع تحرير إلكترونات من سطح الفلز. (المصاحب لتردد العتبة)

٥) الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة.

٦) جهد القطع.

٧) السرعة القصوى للإلكترونات المنبعثة. (ك = ٩ × ١٠ $^{-٣١}$ كغ) (ط $_{ح}$ = $\frac{١}{٢}$ ك ع^{٢})

احسب : احسب طاقة فوتون طول موجته (٣ × ١٠ $^{-٧}$ م) بوحدة إلكترون فولت.

الحل :

ت$_{د}$ = $\frac{س}{\lambda}$ ⟵ ت$_{د}$ = $\frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٣ \times ١٠^{-٧}}$

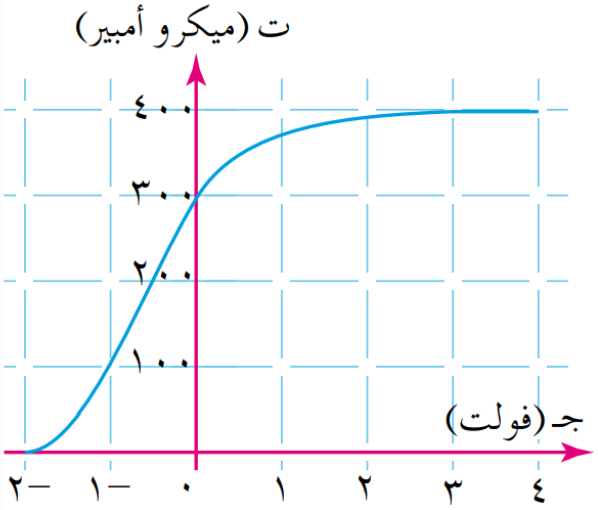
ت$_{د}$ = ١ × ١٠^{١٥} هيرتز

ط = هـ ت$_{د}$ ⟵ ط = ٦,٦٣ × ١٠$^{-٣٤}$ × ١ × ١٠^{١٥}

ط = ٦,٦٣ × ١٠$^{-١٩}$ جول ط = $\frac{٦,٦٣ \times ١٠^{-١٩}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$

ط = ٤,١٤ إلكترون فولت

سؤال : يمثل الشكل المجاور العلاقة ما بين فرق جهد قطبي خلية كهروضوئية والتيار الكهروضوئي معتمدًا على الشكل **أجب عما يلي** :



١) ما مقدار تيار الإشباع ؟ (٤٠٠ ميكرو أمبير)

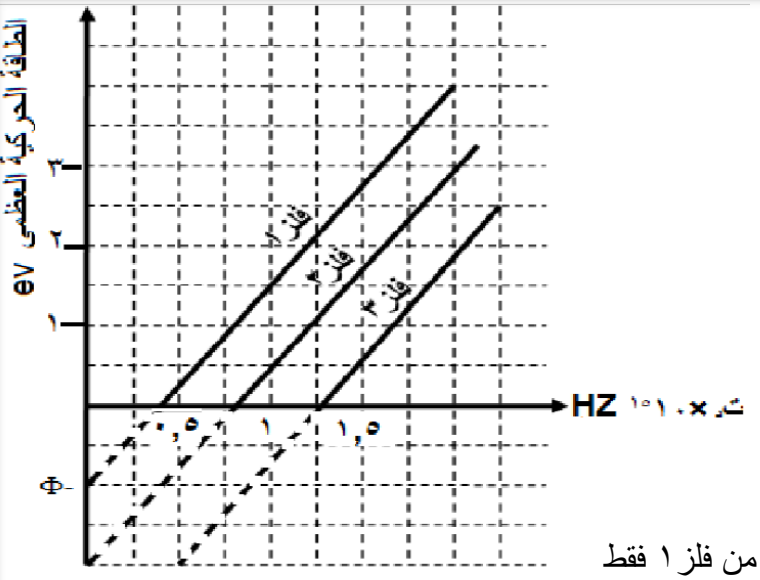
٢) بقاء التيار ثابت بين نقطتين (د ، هـ) على الرغم من زيادة فرق الجهد ، فسّر ذلك.

٣) ما مقدار التيار الكهروضوئي الناتج عن سقوط الضوء على مهبط الخلية عند غياب مصدر فرق الجهد ؟ (٣٠٠ ميكرو أمبير)

٤) ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بوحدة الجول و بوحدة الإلكترون فولت ؟ (٣,٢ × ١٠$^{-١٩}$ جول ، ٢eV)

٥) احسب السرعة العظمى للإلكترونات الضوئية.

سؤال : في الشكل المجاور العلاقة بين تردد الضوء الساقط والطاقة الحركية للإلكترونات **أجب عما يلي** :



١) أي الفلزات سيتحرر منها إلكترونات عند سقوط فوتون على سطحها طوله الموجي (٣ × ١٠$^{-٧}$ م).

٢) احسب اقتران الشغل للفلز (٣).

الحل :

ت$_د$ = س / λ ← ت$_د$ = ٣ × ١٠^{٨} / ٤ × ١٠$^{-٧}$

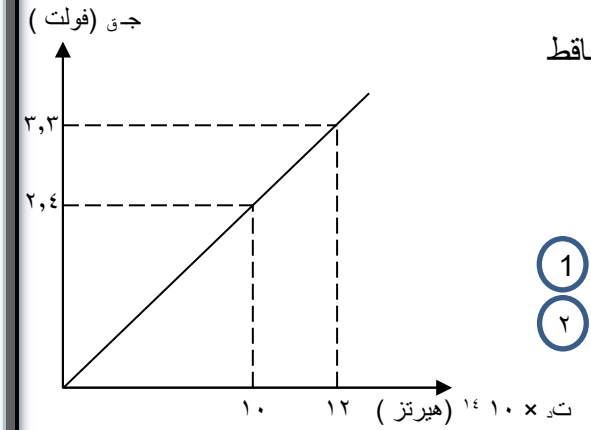
ت$_د$ = ٠,٧٥ × ١٠^{١٥} هيرتز ستتحرر إلكترونات من فلز ١ فقط

Φ = هـ ت$_{د_٥}$ = ٦,٦٣ × ١٠$^{-٣٤}$ × ١,٥ × ١٠^{١٥}

= ٩٩ × ١٠$^{-٢٠}$ جول

سؤال : في الشكل المجاور العلاقة ما بين جهد القطع والتردد للضوء الساقط

احسب ثابت بلانك.



الحل :

هـ ت د = Φ + ط ح عظمى

(1) هـ ت د١ = Φ + ـــ ev جـ

(٢) هـ ت د٢ = Φ + ـــ ev جـ

نطرح المعادلة (١) من (٢)

$$هـ = ـــ ev \frac{\Delta \text{ جـ ق}}{\Delta \text{ ت}}$$

$$هـ = ١,٦ \times ١٠^{-١٩} \frac{(٢,٤ - ٣,٣)}{(١٠ - ١٢)}$$

هـ = ٦,٥٦ × ١٠^-٣٤ جول . ث

سؤال : إذا كان أكبر طول موجي لازم لتحرير إلكترونات هو (٢ × ١٠^-٧ م) **احسب** اقتران الشغل.

$$Φ = هـ ت_{د_o} \longleftarrow Φ = \frac{هـ س}{\lambda_o}$$

$$= \frac{٦,٦٣ \times ١٠^{-٣٤} \times ٣ \times ١٠^{٨}}{٢ \times ١٠^{-٧}}$$

= ٩,٩ × ١٠^-١٩ جول

سؤال : سقط ضوء طاقته (٦,٦ × ١٠^-١٩ جول) على باعث خلية كهروضوئية اقتران الشغل له (٢,٥ eV) **احسب** :

١) جهد القطع. ٢) تردد العتبة.

الحل :

١) ط ح عظمى = هـ ت_د - Φ

ط ح عظمى = ٦,٦ × ١٠^-١٩ ــ ٢,٥ × ١,٦ × ١٠^-١٩

ط ح عظمى = ٢,٦ × ١٠^-١٩ جول

٢) ط = ـــ ev جـ ق ⟵ ٢,٦ × ١٠^-١٩ = ١,٦ × ١٠^-١٩ جـ ق ⟵ جـ ق = ١,٦ فولت

Φ = هـ ت_{د_o} ⟵ ٢,٥ × ١,٦ × ١٠^-١٩ = ٦,٦٣ × ١٠^-٣٤ ت_{د_o} ⟵ ت_{د_o} = ٠,٦ × ١٠^١٥ هيرتز

سؤال : أسقط ضوء على سطح فلز اقتران الشغل له (٣,٩ × ١٠$^{-١٩}$ جول) ، فانطلقت منه إلكترونات ضوئية تمتلك طاقة حركية مقدارها (٤ × ١٠$^{-١٩}$ جول) **أجب عما يأتي :**

١) احسب تردد الضوء الساقط.
٢) ما الشرط اللازم توافره لتحرير إلكترونات من سطح الفلز دون إكسابها طاقة حركية.

الحل :

١) ط ح عظمى = هـ ت$_{د}$ - Φ ⟵ ٤ × ١٠$^{-١٩}$ = هـ ت$_{د}$ ـ ٣,٩ × ١٠$^{-١٩}$

$\frac{ت_{د}}{هـ} = \frac{٧,٩ \times ١٠^{-١٩}}{٦,٦ \times ١٠^{-٣٤}}$ ⟵ ت$_{د}$ = ١,١ × ١٠^{١٥} هيرتز

٢) يجب أن تكون طاقة الضوء الساقط تساوي اقتران الشغل.

سؤال : سقط ضوء طول موجته (٣٣٠ نم) على مهبط خلية كهروضوئية ، فانبعثت إلكترونات من سطحه ، إذا علمت أن جهد القطع للفلز يساوي (٠,٦ فولت) **فاحسب** : ١) تردد الضوء. ٢) تردد العتبة.

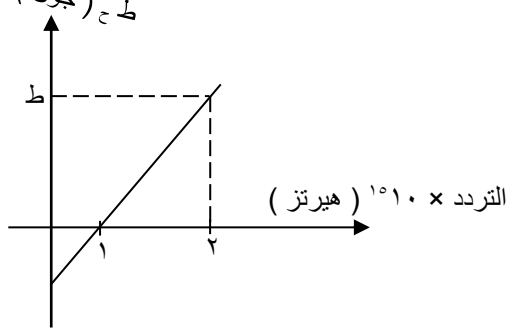
الحل :

١) $ت_{د} = \frac{س}{\lambda}$ ⟵ $ت_{د} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٣٣ \times ١٠^{-٨}}$ ⟵ ت$_{د}$ = ٠,٩ × ١٠^{١٥} هيرتز

٢)

ط$_{ح}$ = ـــ$_{ev}$ جـ ق ط$_{ح}$ = ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ × ٠,٦

ط ح عظمى = ٦,٦ × ١٠$^{-٣٤}$ × ٠,٩ × ١٠^{١٥} - Φ ⟵ Φ = هـ ت$_{د_{٥}}$ ⟵ ومنها ت$_{د_{٥}}$= ٠,٧٥ × ١٠^{١٥} هيرتز



سؤال : اعتمادًا على الشكل ، **احسب** :
١) اقتران الشغل للفلز.
٢) أكبر طول موجي يلزم لتحرير الإلكترونات.
٣) الطاقة الحركية العظمى بالجول للإلكترونات المنبعثة.

Φ = ٦,٦ × ١٠$^{-١٩}$ جول
$\lambda_{٥}$ = ٣ نم
ط ح = ٦,٦ × ١٠$^{-١٩}$ جول

الأطياف الذرية للغازات

تصدر عن الأجسام إشعاعات كهرومغناطيسية ، فإذا كانت هذه الأجسام ساخنة ستبعث إشعاعًا حراريًا ، عند تحليل هذا الإشعاع بواسطة منشور فإننا نحصل على طيف متصل يضم الأطوال الموجية التي يقع بعضها في منطقة الطيف المرئي.

تقسم الأطياف الذرية (الإشعاع الصادر من الذرات المُهتزّة) إلى قسمين رئيسيين هما :

١) **طيف الإنبعاث** : وهو حالتين إما انبعاث متصل وإما انبعاث منفصل.

*** طيف الإنبعاث المتصل :** إشعاع تمثله ألوان قوس المطر متصل تمامًا بدون انقطاع.

ومن الأمثلة عليه : الإشعاع المنبعث من الشمس، أو قطعة حديد عندما تسخن لدرجة التوهج الأبيض.

*** طيف الإنبعاث 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).

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

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

٢) **طيف الإمتصاص الخطي** : طيف إنبعاث 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.

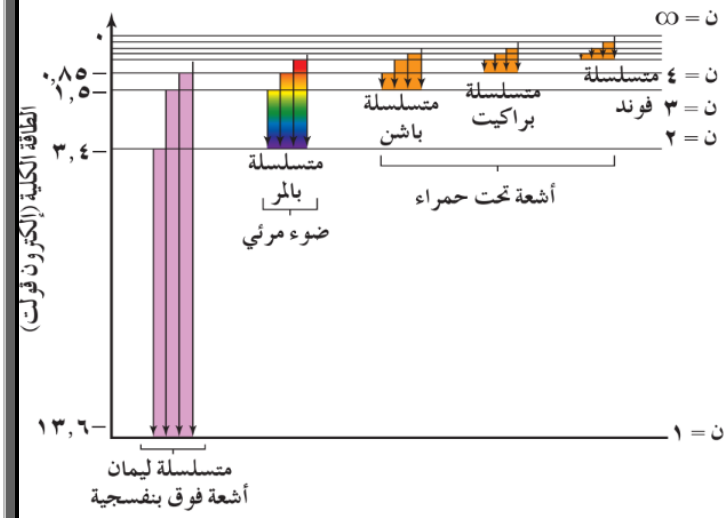
الإجابة : لأنه تبين أن لكل عنصر طيف خاص يمتصه (يظهر مكانه خط أسود) فلا يمكن أن نجد لعنصرين الطيف نفسه لذلك يعتبر أيضاً صفة مميزة.

براء جابر ٠٧٨١٤٣١٠٤١

لكن ما توصل إليه بالمر مجرد معادلة تتفق مع البيانات التجريبية ، لكنها لم تفسر سبب إنبعاث 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 حلولًا للصعوبات التي واجهت نموذج رذرفورد من قبله.

اعتمد بور على فرضيته الثالثة والتي تشير إلى أن الإشعاع المنبعث أو الممتص يكون منفصلًا وذا تردد محدد ويساوي فرق الطاقة بين المستويين اللذين ينتقل بينهما الإلكترون ، وهذا يتفق مع ما توصل إليه تجريبيًا عن الطيف الخطي (متسلسلة بالمر و ريدبيرغ) وتمكن من حساب الأطوال الموجية الأربعة فيزيائيًا.

بدأ العلماء بعد بالمر (مثل ليمان ، باشن ، براكيت وفوند) بدراسة العلاقات التجريبية التي تعطي أطول موجات طيف ذرة الهيدروجين تجريبيًا 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 مكتشفيها علميًا على النحو التالي :



متسلسلة ليمان ، تقع خطوطها الطيفية في منطقة الضوء فوق البنفسجي :

$$\frac{١}{\lambda} = R_H \left(\frac{١}{٢١} - \frac{١}{٢ن} \right) \quad ن = ٢ ، ٣ ، ٤ ، ... $$

متسلسلة بالمر ، تقع خطوطها الطيفية في منطقة الضوء المرئي :

$$\frac{١}{\lambda} = R_H \left(\frac{١}{٢٢} - \frac{١}{٢ن} \right) \quad ن = ٣ ، ٤ ، ٥ ، ... $$

متسلسلة باشن ، تقع خطوطها الطيفية في منطقة الأشعة تحت الحمراء :

$$\frac{١}{\lambda} = R_H \left(\frac{١}{٢٣} - \frac{١}{٢ن} \right) \quad ن = ٤ ، ٥ ، ٦ ، ... $$

متسلسلة براكت ، تقع خطوطها الطيفية في منطقة الأشعة تحت الحمراء :

$$\frac{١}{\lambda} = R_H \left(\frac{١}{٢٤} - \frac{١}{٢ن} \right) \quad ن = ٥ ، ٦ ، ٧ ، ... $$

متسلسلة فوند ، تقع خطوطها الطيفية في منطقة الأشعة تحت الحمراء :

$$\frac{١}{\lambda} = R_H \left(\frac{١}{٢٥} - \frac{١}{٢ن} \right) \quad ن = ٦ ، ٧ ، ٨ ، ... $$

حيث (λ) : طول موجة الخط الطيفي.

(R_H) : ثابت ريدبيرغ وقيمته تساوي (١,٠٩٧ × ١٠^{٧} م$^{-١}$).

(ن) : عدد صحيح موجب.

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

براء جابر ٠٧٨١٤٣١٠٤١

ملاحظة مهمة : لحساب 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** ودائمًا أكبر طاقة هي الانتقال من المالانهاية إلى المدار الخاص بالمتسلسلة.

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

وأقل طاقة تنتج عندما يحدث انتقال من المستوى الأعلى مباشرة.

إذًا 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.

سؤال : احسب أقصر طول موجي في متسلسلة فوند.

الحل :

$\frac{١}{\infty}$ = صفر

$$\left(\frac{١}{٢\infty} - \frac{١}{٢٥}\right) R_H = \frac{١}{\lambda} \qquad \left(\frac{١}{٢ن} - \frac{١}{٢٥}\right) R_H = \frac{١}{\lambda}$$

$$\lambda = ٢٢,٧ \times ١٠^{-٦} \text{ م} \qquad \frac{١}{\lambda} = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧} \left(\frac{١}{٢٥}\right)$$

نقلب الجواب

نموذج بور لذرة الهيدروجين

حفظ

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

وبهذا ربط بور بين فيزياء الكم و الفيزياء الكلاسيكية ، ووضع نموذجًا لذرة الهيدروجين ويتركز على أربعة فروض أساسية.

*** نموذج بور الذري :**

سؤال : اذكر فرضيات نموذج بور الذري ؟

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 بقي في مستوى طاقة معين.

وتكون $ط_{ن} = \frac{-١٣,٦}{ن^{٢}}$ eV

ط$_{ن}$: طاقة المدار (المستوى).

ن : رقم المدار (المستوى).

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

$ط_{فوتون} = هـ ت_{د} = |ط - ط_{ـ}|$

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

ط : طاقة المدار النهائي.
ط$_{ـ}$: طاقة المدار الإبتدائي.

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

أي أن : $خ_{زاوي} = \frac{ن\ هـ}{\pi ٢}$

ك : كتلة الإلكترون.

ع : سرعة الإلكترون.

نق : نصف قطر المدار الذي يوجد فيه الإلكترون.

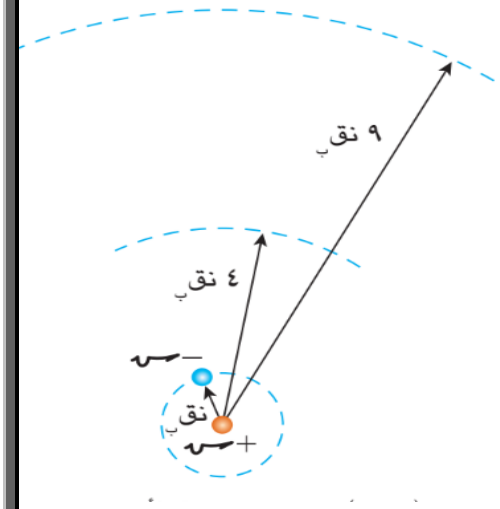
ن : رقم المدار.

نستنتج أن زخم الإلكترون الزاوي له كمّات محددة.

وبناءً على هذه الفروض تمكّن بور من حساب أنصاف أقطار مدارات ذرة الهيدروجين وطاقتها.

* حساب أنصاف أقطار المدارات المسموح للإلكترون الوجود فيها :

يكون نصف قطر المدار الأول للإلكترون عندما (ن = ١) : نق١ = ٥,٢٩ × ١٠^-١١ م وهذا يسمى نصف قطر بور يرمز له بالرمز (نق ب) ، ويمكن حساب نصف قطر المدار ذو الرقم (ن) وفق العلاقة الآتية :



$$نق_{ن} = نق_{ب} ن^{٢}$$

* حساب طاقة المستويات المسموح بها في ذرة الهيدروجين :

يمكن حساب الطاقة الكلية لأي مستوى في ذرة الهيدروجين بوحدة الإلكترون فولت حسب العلاقة الآتية :

$$ط_{ن} = \frac{-\ ١٣,٦}{ن^{٢}}\ eV$$

ماذا تعني الإشارة السالبة ؟؟

تعني أنه يجب تزويد الإلكترون بكمية من الطاقة تساوي طاقة المدار الذي يوجد فيه ليتحرر من الذرة من غير إكسابه طاقة حركية.

طاقة التحرر تسمى **طاقة التأين**

عندما (ن = ١) يكون الإلكترون في المستوى الأول (ط = - ١٣,٦) إلكترون فولت ، وهو أدنى مستوى طاقة لذرة الهيدروجين ويسمى **مستوى الإستقرار.**

والمستويات التي تعلو مستوى الإستقرار **تسمى مستويات الإثارة وهي المستويات التي ينتقل إليها الإلكترون إذا امتص مقدارًا محددًا من الطاقة.**

تكون الذرة غير مستقرة إذا كانت في حالة الإثارة ، ولكي تصل إلى حالة الإستقرار يجب أن يعود الإلكترون من مستوى الإثارة إلى مستوى الإستقرار ، يمكن أن تكون عودة الإلكترون مرة واحد أو على عدة مراحل ، وفي كل مرة ينتقل فيها الإلكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أدنى فإنه **يبعث فوتونًا** طاقته تساوي *فرق الطاقة بين المستويين* ، **وتظهر الفوتونات المنبعثة من الإنتقالات المختلفة بعد تحليلها بالمطياف على هيئة خطوط تقع ضمن طيف الإنبعاث الخطي للهيدروجين.**

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

الحل :

$ط_ن = \frac{-١٣,٦}{ن^٢}$

$ط_١ = \frac{-١٣,٦}{١^٢}$ $ط_١ = -١٣,٦ \ eV$

$ط_٢ = \frac{-١٣,٦}{٢^٢}$ $ط_٢ = -٣,٤ \ eV$

$ط_٣ = \frac{-١٣,٦}{٣^٢}$ $ط_٣ = -١,٥ \ eV$

$ط_\infty = \frac{-١٣,٦}{\infty^٢}$ $ط_\infty =$ صفر

سؤال : إلكترون موجود في المستوى الثاني لذرة بور ، احسب :

١) نصف قطر المستوى الموجود فيه. ٢) الزخم الزاوي للإلكترون في هذا المستوى.

٣) سرعة الإلكترون في هذا المستوى. ٤) الطاقة الكلية لهذا الإلكترون في مستواه.

٥) الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون. ٦) طاقة الفوتون المنبعث عند انتقال الإلكترون إلى المدار الأول.

الحل :

١) $نق_ن = نق_ب \ ن^٢$ ⟵ $نق_٢ = ٥,٢٩ \times ١٠^{-١١} \times ٢^٢$ ⟵ $نق_٢ = ٢١,١٦ \times ١٠^{-١١}$ م

٢) $خ_{زاوي} = \frac{ن \ هـ}{\pi ٢}$ ⟵ $خ_{زاوي} = ٢ \times ١,٠٥ \times ١٠^{-٣٤}$ ⟵ $خ_{زاوي} = ٢,١ \times ١٠^{-٣٤}$ جول . ث

٣) $خ_{زاوي} = ك \ ع \ نق_ن$ ⟵ $٢,١ \times ١٠^{-٣٤} = ٩,١ \times ١٠^{-٣١} \times ع \times ٢١,١٦ \times ١٠^{-١١}$ ⟵ $ع = ١١ \times ١٠^٥$ م/ث

٤) $ط_٢ = \frac{-١٣,٦}{٢^٢}$ ⟵ $ط_٢ = -٣,٤ \ eV$

٥) $ط_{تحرير} = +٣,٤ \ eV$

٦) $ط_١ = \frac{-١٣,٦}{١^٢}$ ⟵ $ط_١ = -١٣,٦ \ eV$

$ط = |ط - ط_٥|$ ⟵ $ط_١ = |-١٣,٦ - - ٣,٤|$ ⟵ $ط_١ = ١٠,٢ \ eV$ هذا الطيف ينتمي لسلسلة ليمان

سؤال : احسب نصف قطر المستوى الرابع للإلكترون فى ذرة الهيدروجين بناء على نموذج بور.

الحل : $نق_ن = نق_ب \ ن^٢$ $نق_٤ = ٥,٢٩ \times ١٠^{-١١} \times ٤^٢$ $نق_٤ = ٨٤,٦٤ \times ١٠^{-١١}$ م

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

الحل :

$خ_{زاوي} = \frac{ن هـ}{\pi ٢}$ ⟵ ٥,٢٥ × ١٠$^{-٣٤}$ = ن × ١,٠٥ × ١٠$^{-٣٤}$ ن = ٥

* نموذج بور ومتسلسلات طيف ذرة الهيدروجين :

علمنا أن طاقة الفوتون الممتص أو المنبعث تعطى بالعلاقة التالية من الفرض الثالث لعالم بور :

$ط_{فوتون} = هـ ت_د = |ط - ط_ن|$ ومن العلاقة لحساب الطاقة الكلية للمستوى بتحويلها إلى وحدة الجول ، وتعويض ($ت_د = \frac{س}{\lambda}$) نجد أن :

$\frac{س هـ}{\lambda} = ١٣,٦ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩} \left| \frac{١}{ن_٢^٢} - \frac{١}{ن_٥^٢} \right|$ وبتعويض قيم (س ، هـ) والقسمة عليها نجد :

$\frac{١}{\lambda} = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧} \left| \frac{١}{ن_٢^٢} - \frac{١}{ن_٥^٢} \right|$ نستنتج أنه يمكن حساب الأطوال الموجية للخطوط الطيفية لطيف ذرة الهيدروجين من العلاقة الآتية :

$$\left\{ \left| \frac{١}{ن_٢^٢} - \frac{١}{ن_٥^٢} \right| R_H = \frac{١}{\lambda} \right\}$$

بتعويض قيم ن = ١ ، ٢، ... ، ٥ في هذه العلاقة سنحصل على متسلسلات الطيف لذرة الهيدروجين ، ابتداءً من متسلسلة ليمان (ن = ١) وانتهاءً بمتسلسلة فوند (ن = ٥).

سؤال : انتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة الثاني إلى المستوى الطاقة الأول ، احسب :

١) طاقة الفوتون المنبعث. ٢) تردد الفوتون المنبعث. ٣) طول موجة الفوتون المنبعث.

الحل : ١) $ط_{فوتون} = هـ ت_د = |ط - ط_ن|$

$ط_{فوتون} = |ط_١ - ط_٢|$ $ط_١ = \frac{-١٣,٦}{٢^١}$ $ط_١ = -١٣,٦$ eV

$ط_٢ = \frac{-١٣,٦}{٢^٢}$ $ط_٢ = -٣,٤$ eV

$ط_{فوتون} = |-١٣,٦ - -٣,٤|$

$ط_{فوتون} = ١٠,٢$ eV لحساب التردد نحتاج إلى طاقة الفوتون بوحدة الجول فتصبح ط = ١,٦ × ١٠$^{-١٨}$ جول

٢) $ط_{فوتون} = هـ ت_د \longleftarrow ١,٦٣ \times ١٠^{-١٨} = ٦,٦٣ \times ١٠^{-٣٤} \times ت_د$

$ت_د = ٢,٤٦ \times ١٠^{١٥}$ هيرتز

٣) $R_H = \frac{١}{\lambda} \left| \frac{١}{ن_٢^٢} - \frac{١}{ن_٥^٢} \right|$ $\frac{١}{\lambda} = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧} \left| \frac{١}{٢١} - \frac{١}{٢٢} \right|$ $\lambda = ١,٢٢ \times ١٠^{-٧}$ م

الطبيعة المزدوجة للمادة (فرضية دي بروي)

وجد كما ذكرنا سابقًا في الظاهرة الكهروضوئية أن للموجات طبيعة جسيمية ولكن السؤال الذي كان يطرح في الأذهان **هل للجسيمات طبيعة موجية ؟**

- الضوء موجة له طبيعة جسيمية وموجية.

- المادة ، هل لها طبيعة مزدوجة ؟!

في عام ١٩٢٣ م ، قدم العالم دي بروي فرضية تقول **" بما أن للفوتونات خواص موجية و جسيمية ، فمن المحتمل أن يكون لأشكال المادة جميعها خواص موجية كما لها خواص جسيمية ".**

تدلنا هذه الفرضية إلى أن الأجسام جميعها يصاحبها موجات أثناء حركتها وتسمى هذه الموجات **موجات المادة** أو **موجات دي بروي** ، وهي ليست موجات كهرومغناطيسية كالضوء ولا موجات ميكانيكية كالصوت ، إنما لها خواص ترتبط بخواص الجسم الذي تلازمه في الحركة وحسب فرضية دي بروي هذا يعني **أن الإجسام المادية لها طبيعة مزدوجة (جسيمية – موجية).**

توصل أينشتاين لعلاقة زخم الفوتون ($خ = \frac{هـ}{\lambda}$) ، فافترض دي بروي أن طول الموجة المصاحبة لحركة الجسم تتناسب عكسيًا مع زخمه ، **والزخم هو (الكتلة × السرعة)** فإن :

$\lambda = \frac{هـ}{ك ع}$ $\lambda_{فوتون} = \frac{هـ}{خ}$

**** من معادلة دي بروي نلاحظ :***

١) تربط المعادلة بين الصفات الجسمية (ك ع) والصفات الموجية (λ) وأن العلاقة بينهما تعتمد على ثابت بلانك(هـ).

٢) تعتمد الطبيعة الموجية للأجسام في ظهورها على سرعة الجسم (ع ≠ صفر) وكتلته (ك) حيث :

كلما زادت الكتلة قل طول موجة دي بروي ويصعب ملاحظتها وإذا قلت الكتلة يزداد طول موجة دي بروي وتُلاحظ.

علل : يمكن ملاحظة الطبيعة الموجية للجسيمات الذرية ودون الذرية بينما لا يمكن ملاحظتها للأجسام الكبيرة ؟

الإجابة : لأن الطول الموجي المصاحب للجسيمات الذرية ودون الذرية يساوي مقدارًا كبيرًا يمكن قياسه وملاحظته والطول الموجي المصاحب للجسيمات الجاهرية (الكبيرة) فهو صغير جدًا فيصعب قياسه وملاحظته.

سؤال : إذا قذف جسيم كتلته (٦ × $١٠^{-٦}$ كغ) بسرعة ($١٠^{٤}$ م/ث) احسب طول موجة دي بروي وزخمها.

الحل :

$\lambda = \frac{هـ}{ك\ ع}$ $\quad \lambda = \frac{٦,٦٣ \times ١٠^{-٣٤}}{٦ \times ١٠^{-٢}}$

$\lambda = ١١ \times ١٠^{-٢٩}$ م

خ = ك × ع ⟵ خ = ٦ × $١٠^{-٦}$ × $١٠^{٤}$ ⟵ خ = ٢ × $١٠^{-٢}$ كغ.م/ث

سؤال : جسيم كتلته (٣,٣ × $١٠^{-٦}$ كغ) وطول الموجة المصاحبة له (٢ × $١٠^{-٣٠}$ م) ما مقدار السرعة الخطية للجسيم ؟

الحل :

$\lambda = \frac{هـ}{ك\ ع}$ $\quad ٢ \times ١٠^{-٣٠} = \frac{٦,٦ \times ١٠^{-٣٤}}{٣,٣ \times ١٠^{-٦}\ ع}$

ع = $١٠^{٢}$ م/ث

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

الحل :

$\lambda_{فوتون} = \frac{هـ}{خ}$

$خ = \frac{هـ}{\lambda_{فوتون}}$

$خ = \frac{ط}{س}$

$خ = \frac{١٢ \times ١٠^{-١٩}}{٣ \times ١٠^{٨}}$ $\quad$ خ = ٤ × $١٠^{-٢٧}$ كغ.م/ث

$ط_{فوتون} = هـ\ ت_د = \frac{هـ\ س}{\lambda}$

$\lambda_{فوتون} = \frac{هـ\ س}{ط_{فوتون}}$

براء جابر ٠٧٨١٤٣١٠٤١

ورقة عمل

سؤال (١) : علل :

أ) تنبعث الإلكترونات بسرعات مختلفة وبطاقة حركية مختلفة لكل إلكترون مع أن تردد الضوء ثابت.

ب) يعتمد جهد القطع على تردد الضوء الساقط ولا يعتمد على شدة الضوء.

ج) كيف تفسر إنبعاث إلكترونات من سطح الباعث.

د) ما العوامل التي تعتمد عليها الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة.

سؤال (٢) : يمتلك إلكترون ذرّة الهيدروجين في أحد المدارات طاقة كليّة تساوي (-٣,٤ إلكترون فولت) ، **أجب :**

١) ما رقم المدار المتواجد فيه الإلكترون.

٢) احسب نصف قطر المدار المتواجد فيه الإلكترون.

٣) احسب تردد الفوتون المنبعث عندما يعود إلى مستوى الإستقرار.

٤) احسب الزخم الزاوي للإلكترون في مستوى الإستقرار.

سؤال (٣) : إذا علمت أن اقتران الشغل لفلز ما يساوي (٤ إلكترون فولت) ، **احسب :**

١) تردد العتبة. ٢) جهد القطع عندما يسقط ضوء تردده (١٥ × $١٠^{١٥}$ هيرتز)

سؤال (٤) : سقط ضوء طول موجته (٢٢٠ نم) على مهبط خلية كهروضوئية ، فتحررت باتجاه المصعد ، إذا علمت أن جهد القطع العكسي (٦ فولت) **احسب :**

١) طاقة فوتون الضوء الساقط.

٢) الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية.

٣) اقتران الشغل للمهبط.

٤) السرعة العظمى للإلكترونات المتحررة.

س = ٣ × $١٠^{٨}$ م/ث
نق$_{ب}$ = ٥,٢٩ × $١٠^{-١١}$ م
هـ = ٦,٦ × $١٠^{-٣٤}$ جول.ث
$\hbar_{ev}$ = ١,٦ × $١٠^{-١٩}$ كولوم
R_H = ١,٠٩٧ × $١٠^{٧}$ $م^{-١}$
ك$_{e}$ = ٩,١ × $١٠^{-٣١}$ كغ

سؤال (٥) : إلكترون في المستوى الطاقة الخامس **جد :**

١) الزخم الزاوي للمستوى المتواجد فيه الإلكترون.

٢) أقصر طول موجي في متسلسلة باشن.

٣) أقل تردد في متسلسلة بالمر.

سؤال (٦) : امتصت ذرة هيدروجين مثارة فوتونًا من الضوء ، إذا كان الإلكترون أصلًا في المستوى الثاني وارتفع للمستوى الخامس ، **أجب عما يأتي :**

١) ما تردد الفوتون الممتص.

٢) ما الطاقة الكلية للإلكترون حينما يصبح في المستوى الخامس.

٣) احسب نصف قطر المدار الخامس.

٤) إذا عاد الإلكترون إلى المستوى الأول ، احسب طول موجة الفوتون المنبعث ، وحدد إلى أي متسلسلة ينتمي.

٥) احسب الزخم الزاوي للإلكترون في المستوى الثاني.

براء جابر ٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر ٠٧٨١٤٣١٠٤١

الفيزياء النووية

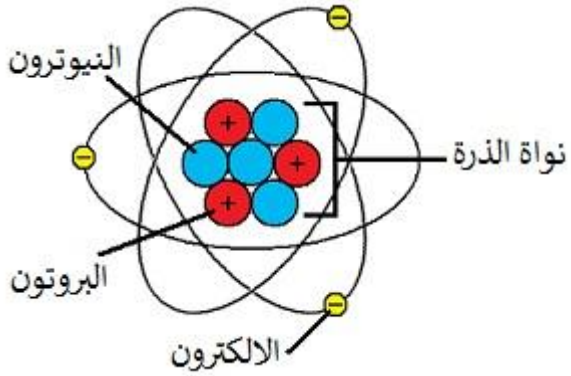
(البنية النووية وبعض خصائص النواة)

اقترح رذرفورد نموذجًا 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 خصائصها مماثلة لنواة ذرة الهيدروجين.

توصل العالم شادويك إلى أن : قذف صفيحة من البريليوم بجسيمات ألفا ، يؤدي إلى انبعاث جسيمات متعادلة كهربائيًا 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 معًا اسم (نيوكليونات)*** ويرمز لعدد النيوكليونات بالرمز (A) ويسمى العدد الكتلي حيث :



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

$$ {}^{A}_{Z}X $$

لإيجاد عدد النيوترونات (N = A – Z) ، قلنا **أن العدد الذري هو عدد البروتونات ، العدد الكتلي هو عدد البروتونات و النيوترونات**

لكن يوجد في الطبيعة **ذرات للعنصر نفسه تتساوى أنويتها في العدد الذري وتختلف بالعدد الكتلي وتسمى النظائر**.

لذرة الكربون أربعة نظائر (${}^{11}_{6}C$ ${}^{12}_{6}C$ ${}^{13}_{6}C$ ${}^{14}_{6}C$) وتتفاوت بنسبة وجودها في الطبيعة.

* تقاس كتل الجسيمات الذرية بوحدة تسمى وحدة كتلة ذرية لصغر كتلها ويرمز لها بالرمز (و.ك.ذ) وتكافئ ($\frac{1}{12}$) من كتلة نظير الكربون (${}^{12}_{6}C$).

ملاحظة : للتحويل من كغ إلى (و.ك.ذ) (نقسم على ١,٦٦ × ١٠-٢٧ كغ).

١ و.ك.ذ = ١,٦٦ × ١٠-٢٧ كغ

من (و.ك.ذ) إلى كغ (نضرب بـ ١,٦٦ × ١٠-٢٧ كغ).

تقاس طاقة الجسيمات النووية والذرية بوحدة تسمى وحدة إلكترون فولت.

براء جابر ٠٧٨١٤٣١٠٤١

قياس نصف قطر النواة (حجمها& كثافتها)

إن النواة كرة صغيرة لايتجاوز نصف قطرها ١٠-١٥ م ، وقد دلت التجارب بعد ذلك على أن معظم النوى كروية الشكل تقريبًا ويمكن حساب نصف قطرها من خلال العلاقة :

$$\text{نق} = \text{نق}_{\circ} (A)^{\frac{١}{٣}}$$

نق$_{\circ}$: ثابت ويساوي ١,٢ × ١٠-١٥ م

A : العدد الكتلي للنواة.

سؤال : احسب نصف قطر نواة الليثيوم $^{8}_{3}Li$.

الحل :

نلاحظ أن العدد الكتلي A = ٨

$$\text{نق} = \text{نق}_{\circ} (A)^{\frac{١}{٣}}$$

نق = ١,٢ × ١٠-١٥ (٢) نق = ٢,٤ × ١٠-١٥ م

بعد تجارب العالم رذرفورد وأظهرت النتائج أن معظم نوى الذرات شكلها كروي ، لذلك يمكن حساب حجم النواة من حجم الكرة (ح = $\frac{٤}{٣}\pi$ نق^{٣}) وبتعويض نصف قطر النواة فإن حجم النواة يصبح :

$$\text{ح} = \frac{٤}{٣}\pi (\text{نق}_{\circ} (A)^{\frac{١}{٣}})^{٣}$$

$$\text{ح} = \frac{٤}{٣}\pi \text{نق}_{\circ}^{٣} A$$ **حجم النواة يعتمد فقط على العدد الكتلي**

لحساب كثافة النواة نستخدم العلاقة المعروفة لحساب كثافة أي جسم وهي الكتلة مقسومة على الحجم ، لكن نلاحظ بأن كتلة البروتون تساوي تقريبًا كتلة النيوترون ، وهذا يمكننا من أن نحسب كتلة تقريبية للنواة حيث * **كتلة النواة التقريبية تساوي كتلة البروتون × العدد الكتلي** *

$$\text{ث} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$ وإذا عوّضنا الكتلة التقريبية للنواة في العلاقة نجد :

$$\text{ث}_{\text{نواة}} = \frac{\text{ك}_{\text{ب}} \times A}{\frac{٤}{٣}\pi \text{نق}_{\circ}^{٣} A}$$ أي أن $$\text{ث}_{\text{نواة}} = \frac{\text{ك}_{\text{ب}}}{\frac{٤}{٣}\pi \text{نق}_{\circ}^{٣}}$$

نلاحظ أن جميع الكميات ثوابت ونستنتج أن * **كثافة نوى العناصر جميعها ثابتة ؛ لأن مكونات النواة نفسها للعناصر كلها.***

لو أردنا حساب كثافة أي نواة .

$$ث_{نواة} = \frac{ك_{ب}}{\frac{٤}{٣}\pi نق_{٥}^{٣}} \qquad ث_{نواة} = \frac{١,٦٧ \times ١٠^{-٢٧}}{\frac{٤}{٣} \times ٣,١٤ \times (١,٢ \times ١٠^{-١٥})^{٣}}$$

$$ث_{نواة} = ٢,٣ \times ١٠^{١٧} \text{ كغ/م}^{٣}$$

استقرار النواة

عرفنا أن النواة تتكون من نيوترونات متعادلة كهربائيًا ، وبروتونات تمتلك شحنات موجبة في حيز صغير جدًّا ، وتعلمنا أن الشحنات المتشابهة تتنافر **فكيف تعمل النواة على الحفاظ على تماسكها بالرغم من وجود قوة تنافر كهربائية بين البروتونات ؟؟**

القوة النووية هي سبب تماسك النواة وتربط مكوناتها معًا ، فكل نيوكليونين متجاورين يتجاذبان بغض النظر عن شحنة أي منهما سواء أكانا بروتونين أو نيوترونين أو بروتونًا و نيوترونًا ؛ **وهذا يعني أن * البروتونات والنيوترونات تتجاذب بفعل القوة النووية بالإضافة إلى إلى تنافر البروتونات بفعل القوة الكهربائية.***

*** القوة النووية : هي قوة تجاذب ذات مدى قصير جدًّا تربط النيوكليونات المتجاورة في النواة.**

ســـؤال : بماذا تمتاز القوة النووية ؟.

١) مقدارها كبير ومداها قصير في حال كان النيوكليونين متجاورين.

٢) تكون أكبر ما يمكن بين نيوكليونين متلاصقين عندما يكون البعد بينهما (١,٤ × ١٠$^{-١٥}$ م).

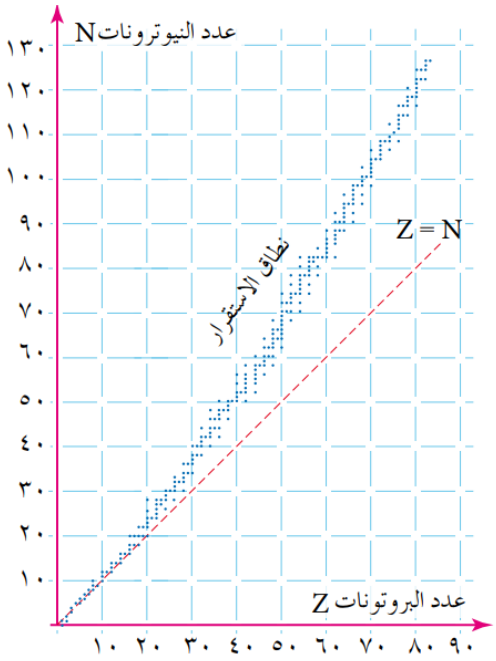
***[١]تصبح قوة التنافر الكهربائية بين بروتونين في نواة أكبر من القوة النووية إذا زاد البعد بينهما إلى أربعة أضعاف المسافة (١,٤ × ١٠$^{-١٥}$ م).**

سؤال : *تشكل النيوترونات في النواة عاملًا مهمًا في استقرارها ، فسّر ذلك.*

ــ لأن النيوترونات متعادلة كهربائيًا فتتأثر بالقوة النووية فقط.

عند تصنيف النوى تجريبيًا إلى مستقرة وغير مستقرة ، وتمثيل العلاقة بيانيًا بين عدد البروتونات والنيوترونات للنوى التي يقل عددها الذري عن (٨٣) نحصل على الشكل الآتي.

تشير النقاط إلى في الشكل إلى **النوى غير المستقرة** وتظهر في نطاق ضيق يسمى **نطاق الاستقرار**.



من المنحنى نجد أن :

١) النوى المستقرة الخفيفة : (Z ≤ ٢٠) إما أن يكون **عدد البروتونات يساوي عدد النيوترونات** ، أو **عدد النيوترونات يزيد عن عدد البروتونات.**

٢) النوى المتوسطة المستقرة : يقع عددها الذري ما بين (٢٠ < Z < ٨٣) **يكون عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات دائمًا ، لهذا تبقى القوة النووية سائدة على القوة الكهربائية.**

#ملاحظة :
تعرّفنا على دور النيوترونات وقلنا بأنها مسؤولة عن استقرار النواة نلاحظ هنا في الحالتين ، أن **عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات فتكون القوة النووية السائدة هنا ، وتقع نوى الحالة الأولى على الخط (Z = N) أما الثانية أنويتها تقع ضمن نطاق الاستقرار فوق الخط (Z = N).**

٣) النوى غيرالمستقرة : **يزيد أو يساوي عددها الذري عن (٨٣)** ، تكون النوى غير مستقرة نظرًا لكبر حجم النواة **ولأن النواة كبيرة الحجم تكون النيوكليونات متباعدة عن بعضها البعض ، فتزداد قوى التنافر الكهربائية بين بروتونات النواة ، فتتغلب القوة الكهربائية على القوة النووية مهما بلغ عدد النيوترونات في النواة.** (حسب *١ في الصفحة السابقة)

سـؤال : *نلاحظ انحراف نطاق الإستقرار نحو الأعلى مع زيادة العدد الذري في منحنى الإستقرار ، علل ذلك.*
ـ لأن النوى المتوسطة والمستقرة التي يقع عددها الذري ضمن المدى (٢٠< Z <٨٣) فإن عدد نيوتروناتها يفوق عدد البروتونات فيها ولذلك تبقى قوى الجذب سائدة على قوى التنافر الكهربائية في هذه النوى مما يجعل ميل نطاق الإستقرار أكبر من ١ فينحرف النطاق نحو الأعلى.

طاقة الربط النووية

يمكن للكتلة أن تتحول إلى طاقة ، ويمكن أيضًا أن تتحول الطاقة إلى كتلة وفقًا للنظرية النسبية الخاصة للعالم أينشتاين وتسمى المعادلة الآتية معادلة أينشتاين في تكافؤ (الطاقة ــ الكتلة) ، ويمكن حساب الطاقة المكافئة لمقدار من الكتلة (Δك) :

$$ط = Δك \times س^{٢}$$

ط : الطاقة بوحدة الجول

Δك : الكتلة بوحدة الكيلوغرام

س : سرعة الضوء في الفراغ

تبين هذه العلاقة أنه يمكن الحصول على مقدار هائل من الطاقة من مقدار صغير جدًّا من الكتلة ؛ فالطاقة المكافئة لكتلة (١ و.ك.ذ) تساوي (٩٣١,٥) مليون إلكترون فولت ، ومن هنا يمكن حساب الطاقة بوحدة إلكترون فولت المكافئة لكتلة (Δك) مقيسة بوحدة (و.ك.ذ) حسب العلاقة :

$$ط = \Delta ك \times ٩٣١,٥$$

سـؤال : احسب الطاقة المكافئة لكتلة البروتون بوحدة المليون إلكترون فولت.

الحل : كتلة البروتون = ١,٠٠٧٣ و.ك.ذ

ط = Δك × ٩٣١,٥ ⟵ ط = ١,٠٠٧٣ × ٩٣١,٥ ⟵ ط = ٩٣٨,٣ مليون إلكترون فولت

استطاع العلماء من تحديد كتل النوى وكتل مكوناتها بدقة كبيرة عندما اخترعوا جهاز مطياف الكتلة ، ووجدوا فرق بين كتلة النواة ومجموع كتل مكوناتها.

لنفترض أن لدينا بروتونًا واحدًا ونيوترونًا واحدًا ، وأردنا تكوين نواة ديتيريوم $^{2}_{1}H$ منهما ، فإن كتلة مكونات نواة الديتيريوم تحسب من العلاقة :

كتلة البروتون = ١,٠٠٧٣ و.ك.ذ
كتلة النيوترون = ١,٠٠٨٧ و.ك.ذ

$ك_{مكونات} = Z \times ك_{ب} + N \times ك_{ن}$

$ك_{مكونات} = ١ \times ١,٠٠٧٣ + ١ \times ١,٠٠٨٧$

= ٢,٠١٦ و.ك.ذ

تبين في الأبحاث أن كتلة نواة الديتيريوم = ٢,٠١٣٦ و.ك.ذ ، والفرق في الكتلة بين النواة ومكوناتها يحسب من خلال :

$\Delta ك = ك_{مكونات} - ك_{النواة}$

= ٢,٠١٦ – ٢,٠١٣٦

= ٠,٠٠٢٤ و.ك.ذ

سبب وجود هذا الفرق في الكتلة هو أن **هذا الفرق يتحول إلى طاقة وفق معادلة أينشتاين في تكافؤ (الطاقة – الكتلة) ، ووُجد أن كتلة النواة دائمًا تكون أقل من مجموع كتل مكوناتها** وهذا المقدار من الطاقة يمثل **مقدار الطاقة الخارجية التي يجب أن تزوّد بها النواة لفصل مكوناتها عن بعضها نهائيًا وتسمى طاقة الربط النووية.**

يمكن حساب طاقة الربط النووية (ط ر) من خلال :

$ط_{ر} = \Delta ك \times ٩٣١,٥$ $ط_{ر} = (ك_{مكونات} - كالنواة) \times ٩٣١,٥$

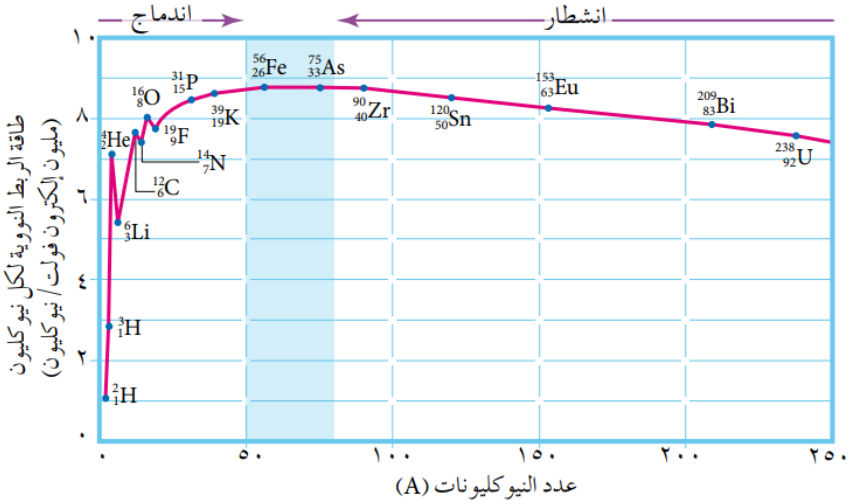
$ط_{ر} = \{ (Z \times ك_{ب} + N \times ك_{ن}) - ك_{النواة} \} \times ٩٣١,٥$

ويمكن حساب طاقة الربط النووية للنيوكليون الواحد من العلاقة الآتية :

$$\text{طاقة الربط النووية لكل نيوكليون} = \frac{\text{طاقة الربط النووية}}{\text{العدد الكتلي}}$$

متى تكون النواة في العنصر مستقرة أكثر استقرارًا من نواة عنصر آخر ؟
كلما كانت طاقة الربط النووية لكل نيوكليون أكبر كانت النواة أكثر استقرارًا.

يوضح الشكل المجاور طاقة الربط النووية لكل نيوكليون مع العدد الكتلي للنوى المختلفة.



نلاحظ من المنحنى أن ***النوى المتوسطة** (٥٠ ≤ A ≤ ٨٠) لها أعلى طاقة ربط نووية لكل نيوكليون ، **وهذا يجعلها أكثر استقرارًا من غيرها** ، ويبين المنحنى أن القيمة العظمى لطاقة الربط النووية لكل نيوكليون (٨,٨) مليون إلكترون فولت لكل نيوكليون ، تكون نواة الحديد $^{56}_{26}Fe$ إحدى النوى المتوسطة.

***أما النوى الخفيفة** (A < ٥٠) فإن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون فيها تكون **أقل** بالنسبة إلى النوى المتوسطة ، **لذلك يمكنها الإندماج لتكوين نوى كتلتها أقرب إلى كتلة نواة الحديد لتصبح أكثر استقرارًا** ، وينتج عن ذلك تحرر طاقة بمقدار معين.

***النوى الثقيلة** (A > ٨٠) تكون طاقة الربط النووية لكل نيوكليون فيها **أقل** بالنسبة إلى النوى المتوسطة ؛ **لذلك يمكنها الانشطار لتكوين نواتين أكثر استقرارًا ، كتلة كل منهما أقرب إلى كتلة نواة الحديد** ، ويرافق ذلك مقدار محدد من الطاقة.

باختصار : النوى الثقيلة تميل للإنشطار النووي لتصبح النوى الناتجة قريبة من كتلة نواة الحديد لتصبح أكثر استقرارًا والنوى الخفيفة تميل للإندماج النووي لتكوين نواة كتلتها أقرب لكتلة نواة الحديد لتصبح أكثر استقرارًا .

سـؤال : احسب الطاقة الناتجة من تحويل (١ × ١٠$^{-٣}$ كغ) من المادة إلى طاقة بوحدة الجول ثم بوحدة مليون إلكترون فولت.

الحل :

ط = Δك × س^{٢} ط = ١٠$^{-٣}$ × (٣ × ١٠^{٨})^{٢} ط = ٩ × ١٠^{١٣} جول

ط = $\frac{٩ \times ١٠^{١٣}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$ ط = ٥,٦ × ١٠^{٢٦} مليون إلكترون فولت

سـؤال : احسب لنواتي البوتاسيوم $^{39}_{19}K$ واليورانيوم $^{235}_{92}U$ ما يأتي :
أ) طاقة الربط النووية علمًا بأن كتلة نواة البوتاسيوم (٣٨,٩٦٣٧ و.ك.ذ) وكتلة نواة اليورانيوم (٢٣٥,٠٤٣٩ و.ك.ذ).
ب) طاقة الربط النووية لكل نيوكليون.

كتلة البروتون = ١,٠٠٧٣ و.ك.ذ
كتلة النيوترون = ١,٠٠٨٧ و.ك.ذ

الحل :

*لنواة البوتاسيوم : $Z = ١٩$ ، $N = ٣٩ - ١٩ = ٢٠$

$ط_ر = \{ (Z \times ك_{ب} + N \times ك_{ن}) - ك_{النواة} \} \times ٩٣١,٥$

$ط_ر = \{ (١٩ \times ١,٠٠٧٣ + ٢٠ \times ١,٠٠٨٧) - ٣٨,٩٦٣٧ \} \times ٩٣١,٥$

$ط_ر = ٣٢٥,٠٩$ مليون إلكترون فولت.

*لنواة البوتاسيوم : $Z = ٩٢$ ، $N = ٢٣٥ - ٩٢ = ١٤٣$

$ط_ر = \{ (Z \times ك_{ب} + N \times ك_{ن}) - ك_{النواة} \} \times ٩٣١,٥$

$ط_ر = \{ (٩٢ \times ١,٠٠٧٣ + ١٤٣ \times ١,٠٠٨٧) - ٣٨,٩٦٣٧ \} \times ٩٣١,٥$

$ط_ر = ١٧٤٣,٥٨$ مليون إلكترون فولت.

نلاحظ أن طاقة الربط النووية لنواة اليورانيوم أكبر منها لنواة البوتاسيوم ، لكن الذي يحدد الاستقرار هو طاقة الربط النووية لكل نيوكليون ، وحسابها كالتالي :

طاقة الربط النووية لكل نيوكليون $_{(البوتاسيوم)} = \frac{\text{طاقة الربط النووية}}{\text{العدد الكتلي}} = \frac{٣٢٥,٠٩}{٣٩} = ٨,٣٤$ مليون إلكترون فولت.

طاقة الربط النووية لكل نيوكليون $_{(اليورانيوم)} = \frac{\text{طاقة الربط النووية}}{\text{العدد الكتلي}} = \frac{١٧٤٣,٥٨}{٢٣٥} = ٧,٤٢$ مليون إلكترون فولت.

** بما أن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون في نواة البوتاسيوم أكبر هذا يعني أن نواة البوتاسيوم أكثر استقرارًا من نواة اليورانيوم.

سـؤال : إذا علمت أن كتلة نواة الأكسجين $^{16}_{8}O$ تساوي (١٥,٩٩٤٩ و.ك.ذ) ، وكتلة نواة الفضة $^{107}_{47}Ag$ (١٠٦,٩٠٥١ و.ك.ذ) ، بيّن أي النواتين أكثر استقرارًا رياضيًّا.

النشاط الإشعاعي

يوجد في الطبيعة نوى مستقرة ونوى غير مستقرة ، وقلنا بأن العناصر التي يزيد عددها الذري عن (٨٣) غير مستقرة **وللوصول لحالة الاستقرار تتحول النواة إلى نواة أخرى عن طريق التخلص من جزء من طاقتها على شكل إنبعاث إشعاعات فتتغير مكونات النواة وتوصف بأنها مشعة.**

سـؤال : ما هو مصدر الإشعاع في ظاهرة النشاط الإشعاعي ، ثم وضح ما المقصود بالنشاط الإشعاعي ؟
ـ أن النوى غير المستقرة لتصل إلى حالة الاستقرار تقو بالإضمحلال من نوى إلى أخرى ويصاحب هذا الإضمحلال انبعاث اشعاع.
النشاط الإشعاعي : عملية الإنبعاث التلقائي للإشعاع من النوى غير المستقرة.

سـؤال : في اضمحلال الأنوية يجب أن تتحقق أربعة مبادئ لحفظ الكميات الفيزيائية ، اذكرها موضحًا معناها.

١) **مبدأ حفظ العدد الذري** : مجموع الأعداد الذرية للنواتج يساوي العدد الذري لنواة الأم.
٢) **مبدأ حفظ العدد الكتلي** : مجموع الأعداد الكتلية للنواتج يساوي العدد الكتلي لنواة الأم.
٣) **مبدأ حفظ الزخم الخطي** : الزخم الخطي للنوى والجسيمات المتفاعلة أو المضمحلة يساوي الزخم الخطي للنوى الجسيمات الناتجة من التفاعل و الاضمحلال.
٤) **مبدأ حفظ (الطاقة ـ الكتلة)** : مجموع الطاقة والكتلة للنوى والجسيمات المتفاعلة أو المضمحلة يساوي مجموع الطاقة والكتلة للنوى والجسيمات الناتجة من التفاعل.

*يتألف الإشعاع المنبعث من نوى العناصر المشعة من ثلاثة أنواع وهي :
١) أشعة ألفا (α). ٢) أشعة بيتا (β). ٣) أشعة غاما (γ).
سنقارن بين هذه الإشعاعات ونتعرف على الإختلافات ما بينها وما هي أصلًا :

أوجه المقارنة / نوع الإشعاع	دقائق ألفا α	دقائق بيتا β	أشعة غاما γ
الطبيعة	جسيمات	جسيمات	فوتونات (أشعة كهرومغناطيسية)
الشحنة	موجبة	إما سالبة (الإلكترون) إما موجبة (البوزيترون)	لا شحنة لها
الكتلة	كبيرة جدًّا	تساوي كتلة الإلكترون وأقل من كتلة ألفا	لا كتلة لها
القدرة على النفاذ	قليلة	كبيرة / أكبر من ألفا وأقل من غاما	كبيرة جدًّا
السرعة	قليلة	عالية / أسرع من ألفا وأقل من غاما	الأسرع / سرعة الضوء
القدرة على التأيين	كبيرة نسبيًا	متوسطة / أقل من ألفا	قليلة جدًّا / أقل تأين

أولًا : اضمحلال ألفا (α).

هي دقائق موجبة الشحنة يتكون الجسيم الواحد من بروتونين و نيوترونين ، لذا فهي نوى ذرات الهيليوم $^{4}_{2}He$.

- تمتاز دقائق ألفا بقدرتها العالية على تأيين ذرات المادة التي تصطدم بها ، علل.

- تكون قدرة دقائق ألفا قدرتها قليلة على النفاذ ، علل.

* بسبب كبر كتلتها وكبر شحنتها وهذا يجعل احتمال تصادمها مع ذرات المادة كبيرًا عند مرورها في المادة.

* لأن دقائق ألفا تفقد معظم طاقتها في التأيين.

ما التغيرات التي تطرأ على النوى عندما تبعث دقائق ألفا ؟

"يقل عددها الذري بمقدار (٢) ويقل عددها الكتلي بمقدار (٤) أي تفقد بروتونين و نيوترونين ، وتنتج نواة جديدة أكثر استقرارًا."

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}He$$

X : نواة الأم (المشعة).

Y : النواة الناتجة.

يصاحب هذا الانبعاث فرق في الكتلة يظهر على شكل طاقة

نلاحظ أن مجموع الأعداد الكتلية للنواتج تساوي العدد الكتلي للنواة المشعة.

نلاحظ أن مجموع الأعداد الذرية للنواتج تساوي العدد الذري للنواة المشعة.

(يعد مبدأ حفظ العدد الذري صورة من صور حفظ الشحنة)

يجب أن يكون مجموع الطاقة والكتل للنوى والجسيمات الناتجة من التفاعل أو الاضمحلال مساويًا لمجموع الطاقة والكتل للنوى والجسيمات المتفاعلة.

يجب أن يكون الزخم الخطي للنوى والجسيمات المتفاعلة يساوي الزخم الخطي للنوى والجسيمات الناتجة من التفاعل.

ويتضح هذا من خلال المعادلة النووية الآتية :

$$^{238}_{92}U \longrightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He$$

ثانيًا: اضمحلال بيتا (β).

هي إلكترونات سالبة الشحنة وتسمى بيتا السالبة (-β) **وبوزيترونات لها نفس خصائص الإلكترون إلا أنها شحنتها موجبة تسمى بيتا الموجبة (+β) .**

*انبعاث بيتا **السالبة** يكون في الأنوية غير المستقرة **فوق** خط منحنى الاستقرار والتي يكون فيها $Z < N$ حيث يزيد عدد النيوترونات عن البروتونات بعدد قليل.

* انبعاث بيتا **الموجبة** يكون في الأنوية غير المستقرة **تحت** خط منحنى الاستقرار والتي يكون فيها $Z > N$.

- يعبر عن الإلكترونات $^{0}_{-1}e$ ويعبر عن البوزيترونات $^{0}_{+1}e$.

*تمتاز أشعة بيتا بعدة خصائص ، **اذكرها.**

١) تنتقل بسرعة عالية. ٢) شحنتها وكتلتها صغيرة. ٣) قدرتها على التأيين قليلة في الأوساط التي تعبرها.

ســـؤال : علل ، قدرة أشعة بيتا على التأيين قليلة في الأوساط التي تعبرها.

ـ ذلك يعود لصغر كتلتها فيكون مدى نفاذيتها كبيرًا.

ســـؤال : فسّر ، كيف تبعث النواة إلكترونًا من النواة بالرغم من أنه ليس من مكونات النواة.

ـ عندما يتحلل أحد نيوترونات النواة ينتج بروتون وإلكترون ، وبسبب صغر كتلة الإلكترون يكون الطول الموجي المصاحب له كبيرًا مقارنةً بأبعاد النواة حسب فرضية دي بروي ، فتبعث النواة الإلكترون خارجها بينما البروتون ذو الكتلة الكبيرة يبقى داخل النواة.

*انبعاث الإلكترون يصاحبه انبعاث جسيم آخر صغير مهمل الكتلة وغير مشحون يسمى **ضديد النيوترينو** $\bar{\nu}$ ، يمكن التعبير عن **تحلل النيوترون** بالمعادلة الآتية :

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

ســـؤال : فسّر ، كيف تبعث النواة بوزيترونًا من النواة بالرغم من أنه ليس من مكونات النواة.

ـ عندما يتحلل أحد بروتونات النواة ينتج نيوترون وبوزيترون فتبعث النواة البوزيترون خارجها بسبب صغر كتلته ويكون الطول الموجي المصاحب له كبيرًا ، ويبقى النيوترون داخل النواة.

*يصاحب انبعاث البوزيترون دائمًا **جسيم صغير مهمل الكتلة غير مشحون يسمى النيوترينو** ν ، يمكن التعبير عن **تحلل البروتون** بالمعادلة الآتية :

جسيم النيوترينو يَحُل مشكلة الطاقة والزخم في التفاعل.

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

ما التغيرات التي تطرأ على النوى عندما تبعث دقائق بيتا السالبة ؟

عدد **نيوترونات** النواة **يقل** بمقدار (١) نتيجه تحلله ، ويزداد لذلك عدد البروتونات بمقدار (١) ، أي **يزداد** العدد الذري بمقدار (١) بينما العدد الكتلي يبقى ثابتًا ، وتنتج نواة جديدة أكثر استقرارًا ويعبر عن هذا التحول **(اضمحلال بيتا السالبة)** بالمعادلة النووية الآتية :

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$

ومثال على اضمحلال بيتا السالبة اضمحلال نواة نظير الكربون إلى نواة النيتروجين حسب المعادلة النووية الآتية :

$$^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$

ما التغيرات التي تطرأ على النوى عندما تبعث دقائق بيتا الموجبة (البوزيترون) ؟

يقل عدد **بروتونات** النواة بمقدار (١) نتيجة تحلله ، نتيجةً لذلك يزداد عدد نيوترونات النواة بمقدار (١) ، أي **يقل** العدد الذري بمقدار (١) بينما يبقى العدد الكتلي ثابتًا ، وتنتج نواة جديدة أكثر استقرارًا ويعبر عن هذا التحول **(اضمحلال بيتا الموجبة)** بالمعادلة النووية الآتية :

بيتا السالبة ⟵ يزداد A بمقدار ١

بيتا الموجبة ⟵ يقل A بمقدار ١

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e + \nu$$

ومثال على اضمحلال بيتا الموجبة اضمحلال نواة نظير النحاس إلى نواة النيكل حسب المعاجلة النووية التالية :

$$^{64}_{29}Cu \longrightarrow {}^{64}_{28}Ni + {}^{0}_{+1}e + \nu$$

ثالثًا: اضمحلال غاما (γ).

أشعة غاما هي أشعة كهرومغناطيسة (فوتونات) ليس لها كتلة ولها طاقة عاليةً جدًّا.

***تمتاز** بقدرتها العالية على النفاذ ، وتكون قدرتها على التأيين منخفضة جدًّا ويعود ذلك لأنها لا تمتلك شحنة.

سـؤال : فسّر ، انبعاث أشعة غاما من أنوية العناصر.

ـ عندما تبعث نواة ما دقائق ألفا وبيتا فإن النواة الناتجة تبقى مثارة في بعض الأحيان ؛ لأنها تمتلك طاقة زائدة عن الوضع الطبيعي لها ، ولتستقر النواة تتخلص من هذه الطاقة باعثة أشعة غاما ولا يحدث أي تغيير في العددين الكتلي والذري للنواة الباعثة.

يمكن التعبير عن اضمحلال غاما بالمعادلة النووية الآتية :

$${}^{A}_{Z}X^{*} \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$$

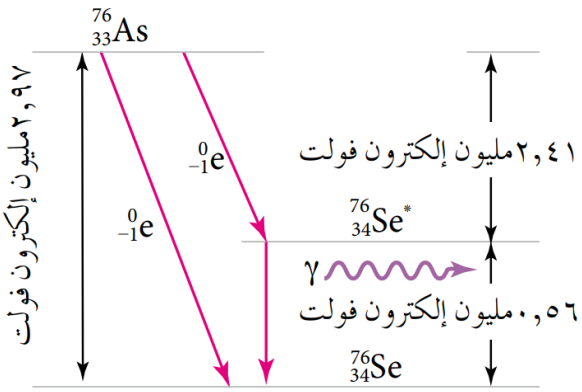
X* : النواة المثارة.

يمكن أن تصل النواة المشعة (مثال الزرنيخ ${}^{76}_{33}As$) إلى حالة الاستقرار بإنتاج نواة جديدة **بإحدى الطريقتين :**

١) تبعث النواة دقيقة بيتا السالبة طاقتها في **مرحلة واحدة** (٢,٩٧ مليون إلكترون فولت)

وتنتج نواة السيلينيوم ${}^{76}_{34}Se$ في حالة الاستقرار حسب المعادلة :

$${}^{76}_{33}As \longrightarrow {}^{76}_{34}Se + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$



٢) تتم بمرحلتين تبعث نواة الزرنيخ دقيقة بيتا سالبة طاقتها (٢,٤١مليون إلكترون فولت) فتنتج نواة السيلينيوم المثارة ${}^{76}_{34}Se^{*}$ ، ولكي تصل لمرحلة الاستقرار تبعث أشعة غاما على هيئة فوتون طاقته (٠,٥٧ مليون إلكترون فولت).

المعادلتين توضح ذلك :

$${}^{76}_{33}As \longrightarrow {}^{76}_{34}Se^{*} + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$

$${}^{76}_{34}Se^{*} \longrightarrow {}^{76}_{34}Se + \gamma$$

سـؤال : أي النوى الآتية تنتج عندما تضمحل نواة البولونيوم Po باعثة دقيقة ألفا (A = ٢١٠ ، Z = ٨٤) :

(${}^{206}_{82}Pb$ ، ${}^{208}_{82}Pb$ ، ${}^{210}_{82}Pb$)

الجواب : ${}^{206}_{82}Pb$

حسب مبدأ حفظ العدد الذري والمعادلة توضح معادلة الاضمحلال :

$${}^{210}_{82}Po \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$$

الإشعاع النووي الطبيعي

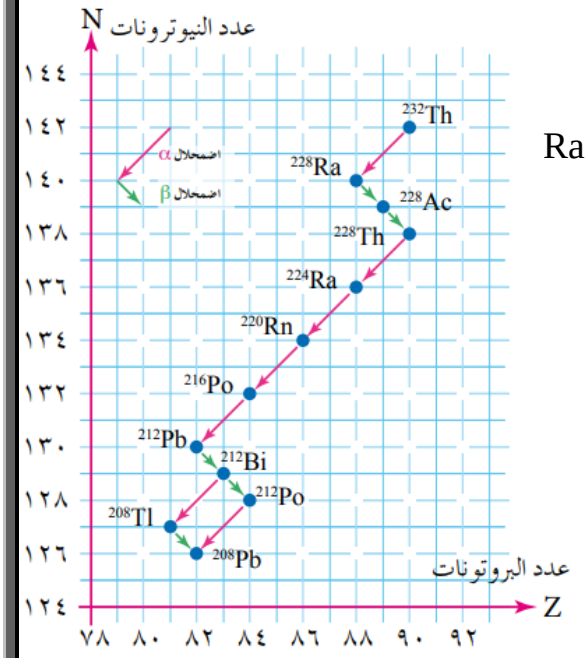
تضمحل النوى غير المستقرة تلقائيًّا في الطبيعة إشعاعًا نوويًا طبيعيًا ويكون مصدر هذا الإشعاع **سلاسل الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي**.

:: ما المقصود بسلاسل الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي ؟

هي مجموعة التحولات المتتالية التلقائية التي تبدأ بنواة نظير مشع لعنصر ثقيل وتنتهي بنواة نظير مستقر لعنصر آخر.

عند كل تحول يصاحبه انبعاث دقائق ألفا أو بيتا ، ومن أشهر سلاسل الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي :
سلسلة اليورانيوم تبدأ بنظير اليورانيوم $^{238}_{92}U$ ، وسلسلة الأكتينيوم تبدأ بنظير اليورانيوم $^{235}_{92}U$ ، وسلسلة الثوريوم تبدأ بنظير الثوريوم $^{232}_{90}Th$.

كل سلسلة تسمى باسم العنصر الأطول عمرًا فيها ، وتبدأ هذه السلاسل بنواة نظير مشع وتنتهي جميعها بنواة أحد نظائر الرصاص المستقر.



يمثل الشكل سلسلة اضمحلال الإشعاعي الطبيعي لنواة الثوريوم ، نلاحظ من الشكل أن نواة نظير الثوريوم تبدأ بإشعاع دقيقة ألفا لتنتج نواة الراديوم Ra وتضمحل لنواة أكتينيوم Ac وتبعث دقيقة بيتا السالبة ويستمر الاضمحلال للنوى حتى يصل إلى نواة البزموث Bi ، وتواجه النواة أكثر من اضمحلال وتنتهي هذه السلسلة بنواة نظير الرصاص المستقر $^{208}_{82}Pb$.

نلاحظ أيضًا من اضمحلالات سلسلة الثوريوم أنه ينبعث (٦) دقائق ألفا و (٤) دقائق بيتا السالبة عبر أي مسار اضمحلال تم اخياره ، فيمكن التعبير عن اضمحلالات هذه السلسلة جميعها بالمعادلة النووية الآتية :

$$^{232}_{90}Th \longrightarrow {}^{208}_{82}Pb + 6\,{}^{4}_{2}He + 4\,{}^{0}_{-1}e + 4\,\bar{\nu}$$

نلاحظ أن مبادئ حفظ الكميات الفيزيائية الأربعة تحققت.

سـؤال : تمضحل نواة اليورانيوم $^{238}_{92}U$ وفق المعادلة النووية الآتية :

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + 6\,{}^{4}_{2}He + 3\,{}^{0}_{-1}e + 3\,\bar{\nu}$$

١) ما العدد الكتلي (A) للنواة الناتجة (X) ؟
٢) ما العدد الذري (Z) للنواة الناتجة (X) ؟

الحل : *مبدأ حفظ العدد الكتلي

$A_{\text{اليورانيوم}} = A_X + A\ ٦$ ألفا $+ A\ ٣$ بيتا السالبة ((ضديد النيوترينو لا كتلة له))

$٢٣٨ = A_X + (٤ \times ٦) + (٠ \times ٣)$

$A_X = ٢١٤$

*مبدأ حفظ العدد الذري

$Z_{\text{اليورانيوم}} = {}_{x}Z + Z\,٦_{\text{ألفا}} + Z\,٣_{\text{بيتا}}$ ((ضديد النيوترينو لا شحنة له))

$٩٢ = {}_{x}Z + (٦ \times ٢) + (٣ \times -١)$

$٨٣ = {}_{x}Z$

تكون النواة الناتجة ${}^{214}_{83}X$

سـؤال : تمر نواة البروتكتينيوم ${}^{234}_{91}Pa$ في إحدى سلاسل الاضمحلال الإشعاعي لتنتج نواة الرصاص كما في المعادلة :

$${}^{234}_{91}Pa \longrightarrow {}^{210}_{82}Pb + س\,{}^{4}_{2}He + ص\,{}^{0}_{-1}e + ص\,\bar{\nu}$$

حيث (س) : عدد دقائق ألفا المنبعثة ، (ص) : عدد دقائق بيتا السالبة المنبعثة أو عدد جسيمات ضديد النيوترينو احسب قيم (س) و (ص) .

الحل :

*نطبق مبدأ حفظ العدد الكتلي لإيجاد قيمة (س)

$A_{\text{البروتكتينيوم}} = A_{\text{الرصاص}} + س\,A_{\text{ألفا}} + ص\,A_{\text{بيتا السالبة}}$

$٢٣٤ = ٢١٠ + (س \times ٤) + (ص \times ٠)$

س = ٦ دقائق ألفا.

*نطبق مبدأ حفظ العدد الذري لإيجاد قيمة (ص)

$Z_{\text{البروتكتينيوم}} = Z_{\text{الرصاص}} + Z\,٦_{\text{ألفا}} + ص\,Z_{\text{بيتا السالبة}}$

$٩١ = ٨٢ + (٦ \times ٢) + (ص \times -١)$

ص = ٣ دقائق بيتا السالبة.

سـؤال : من المعادلة النووية اللآتية التي تمثل جزء من سلسلة اضمحلال الإشعاعي جد عدد دقائق ألفا (X) وعدد دقائق بيتا السالبة (Y).

$$U \longrightarrow X\,{}^{4}_{2}He + Y\,{}^{0}_{-1}e + {}^{206}_{82}Pb$$

سـؤال : تبدأ سلسلة اضمحلال الثوريوم بنواة ${}^{232}_{90}Th$ ، ما العدد الكتلي والذري للنواة الناتجة بعد سلسلة تحولات انبعث فيها (٣) جسيمات ألفا وجسيمي بيتا .

سـؤال : تبدأ سلسلة اضمحلال الأكتينيوم بنواة اليورانيوم ${}^{235}_{92}U$ فإذا انبعث جسيمي ألفا وجسيمي بيتا لتنتج نواة جديد X أجب عما يأتي :

١) ما العدد الكتلي والذري لنواة العنصر X.

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

٣) أيهما أكثر استقرارًا نواة اليورانيوم ${}^{235}_{92}U$ ، أم نواة العنصر X.

الإشعاع النووي الصناعي

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

$$a + X \longrightarrow (C.N)^{*} \longrightarrow Y + b$$

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

*تمتص النواة الهدف القذيفة فتتشكل نواة مركبة في حالة إثارة وعدم استقرار فتضمحل ويصدر عنها إشعاعًا نوويًا ، **ويعد النيوترون من أفضل القذائف النووية المستخدمة في إنتاج نظائر ، لأنه متعادل كهربائيًّا .**
ومن الأمثلة على التفاعلات النووية الصناعية:

$${}_{1}^{1}H + {}_{3}^{7}Li \longrightarrow {}_{4}^{8}Be^{*} \longrightarrow {}_{4}^{7}Be + {}_{0}^{1}n$$

$${}_{0}^{1}n + {}_{7}^{14}N \longrightarrow {}_{7}^{15}N^{*} \longrightarrow {}_{6}^{14}C + {}_{1}^{1}H$$

*** تكمن أهمية التفاعلات النووية الصناعية في :**

١) إمكانية تحويل عنصر معين إلى عنصر آخر وإنتاج النظائر المشعة.

٢) الحصول على جسيمات أو أشعة ذات طاقة عالية.

#هناك تطبيقات على استخدام الإشعة النووية الصناعية والنظائر المشعة في المجال الطبي ومنها :

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 الإنقسامات السريعة ، حيث يتم توجيه حزمة ضيقة عالية التركيز من أشعة غاما المنبعثة من أحد النظائر المشعة مثل الكوبالت ${}_{27}^{60}Co$.

ســؤال : علل ١) القدرة على التأيين يعد الخطر الحقيقي على الكائنات الحية ؟

٢) 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 .

٣) ماذا لو أصبح مصدر الإشعاع داخل الجسم ، مثلًا عن طريق تناول طعام ملوث بالأشعة أو استنشاق هواء ملوث أي الإشعاعات الثلاثة الأكثر خطورة ؟

ســؤال : على ماذا تعتمد خطورة الإشعاع ؟

الإجابة : ١) 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.

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

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

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

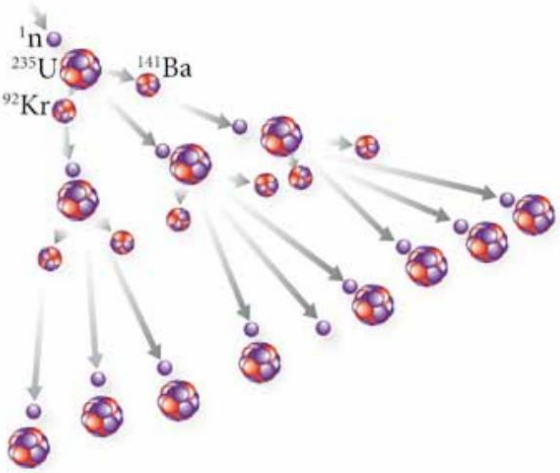
تطبيقات التفاعلات النووية

أولًا : الانشطار النووي.

الانشطار النووي : هو تفاعل نووي يتم فيه انشطار نواة ثقيلة إلى نواتين متوسطتين وانتاج طاقة عالية عن طريق قذف النواة الثقيلة بنواة خفيفة مثل (${}^{1}_{0}n$) ويحدث نقص في الكتلة يتحول إلى طاقة حسب معادلة الطاقة لإينشتاين.

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

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{236}_{92}U^{*} \longrightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n $$



***أهمية هذا التفاعل أنه يتحرر كمية هائلة من الطاقة.**

ـ تتمكن النيوترونات الناتجة من انشطار نواة اليورانيوم من شطر نوىً أخرى من اليورانيوم في كتلة من اليورانيوم وهذا يقود كل تفاعل انشطار نووي إلى انشطارات نووية أخرى.

التفاعل النووي المتسلسل : هو تتابع انشطار النوى الثقيلة ـ مثل اليورانيوم ـ نتيجة قذفها بنيوترونات تنبعث من النوى التي انشطرت سابقًا.

ســؤال : عرّف الكتلة الحرجة ؟

*الحد الأدنى من كتلة اليورانيوم اللازم لمنع تسرب النيوترونات وإدامة حدوث التفاعل المتسلسل.

ســؤال : ما الشروط اللازمة لحدوث التفاعل المتسلسل ؟

١) يجب منع تسرب النيوترونات الناتجة من الانشطار خارج كتلة اليورانيوم.

٢) توفر الحد الإدنى من كتلة الوقود النووي اللازم لإدامة التفاعل المتسلسل (الكتلة الحرجة).

***من تطبيقات الانشطار النووي في الحياة العملية : القنبلة النووية ، المفاعل النووي.**

ثانيًا : المفاعل النووي.

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

**أغراض المفاعل النووي : ١) تحلية مياه البحر. ٢) إنتاج نظائر مشعة. ٣) إنتاج كهرباء.

#هناك أنواع للمفاعلات النووية تبعًا لنوعية التبريد فيها.

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

١) اختيار أماكن نائية بعيدة عن السكان.

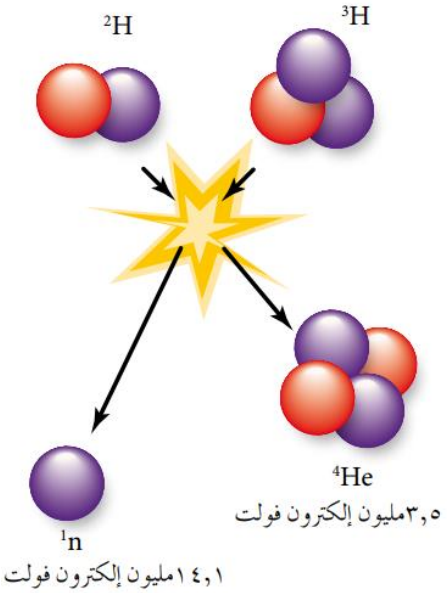
٢) اختيار أماكن قريبة من مصادر وافرة المياه.

٣) وجود هيئات دولية تضبط بناء المفاعلات النووية وتشغيلها ، **وتعمل على : تصريف النفايات المشعة ، وفحص الحاويات المستخدمة في نقل الوقود النووي.**

ثالثًا : الاندماج النووي.

هو تفاعل نووي تتحد فيه نوى خفيفة لتنتج نواة أكبر وينتج عن هذا التفاعل طاقة هائلة تفوق الطاقة الناتجة من الانشطار.

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



يتم اندماج نواة الديتيريوم ${}^{2}_{1}H$ والتتيريوم ${}^{3}_{1}H$ حسب المعادلة :

$$ {}^{2}_{1}H \ + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He \ + {}^{1}_{0}n $$

***يسمى الاندماج النووي بالاندماج الحراري ؛ وذلك لأن الاندماج النووي يحتاج إلى طاقة حرارية لتتغلب القوة النووية على القوة الكهربائية.**

***ويحدث هذا التفاعل في النجوم والقنابل الهيدروجينية.**

***القنبلة الهيدروجينية تسمى بالشمس المصغرة ؛ لأن التفاعلات التي تحدث بداخل القنبلة تفاعلات اندماجية كالتي تحدث في الشمس.**

***تعد القنبلة الانشطارية فتيل للقنبلة الهيدروجينية ؛ لأن القنبلة الانشطارية تعطي الحرارة والضغط العاليين اللازمة لحدوث الاندماج.**

براء جابر ٠٧٨١٤٣١٠٤١

ورقة عمل

سـؤال : أكمل المعادلات الآتية :

$^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + \ldots\ldots$

$^{56}_{27}Co \longrightarrow {}^{56}_{26}Fe + \ldots\ldots$

$^{136}_{55}Cs \longrightarrow {}^{136}_{56}Ba + \ldots\ldots + \ldots\ldots$

$^{239}_{93}Np \longrightarrow {}^{239}_{94}Pu + \ldots\ldots + \ldots\ldots$

$^{222}_{86}Rn^{*} \longrightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots$

$^{234}_{91}Pa \longrightarrow {}^{234}_{92}U + \ldots\ldots$

سـؤال : احسب طاقة الربط النووية لنواة نظير $^{208}_{82}Pb$. (ك$_{النواة}$ = ٢٠٦,٣٤ و.ك.ذ ، ك$_{ب}$ = ١,٠٠٧٣ ، و.ك.ذ ، ك$_{ن}$ = ١,٠٠٨ و.ك.ذ)

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

سـؤال : احسب نصف قطر نواة الحديد إذا علمت أن العدد الذري = ٥٦ ، والعدد الكتلي = ٢٦ .

سـؤال : احسب قيمة (س) و (ص) في المعادلات الآتية :

$^{218}_{س}Po \longrightarrow \alpha + {}^{ص}_{82}Pb$

$^{238}_{92}U \longrightarrow 3\alpha + 2\beta^{-} + {}^{ص}_{س}Ra$

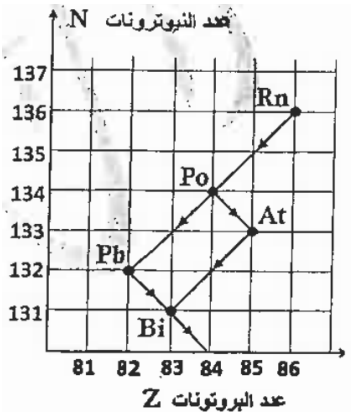
$^{ص}_{س}N \longrightarrow {}^{14}_{6}C + \beta^{-}$

سـؤال : في الشكل المجاور جزءًا من سلسلة الاضمحلال الإشعاعي لليورانيوم (٢٣٨).

١) ما عدد جسيمات ألفا وجسيمات بيتا المنبعثة من اضمحلال Rn إلى Bi ؟

٢) مثّل اضمحلال الرصاص Pb إلى Bi بمعادلة نووية موزونة.

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



سـؤال : إذا علمت أن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون (١٥,٤ مليون إلكترون فولت) لنواة النيتروجين $^{14}_{7}N$ ، احسب كتلة نواة النيتروجين.

سـؤال : جد ما يلي لنواة النحاس $^{64}_{29}Cu$:

١) احسب نصف قطر النواة.

٢) احسب كتلة النواة التقريبية.

٣) ما العدد الكتلي والعدد الذري للنواة.

٤) احسب طاقة الربط النووية لكل نيوكليون.

س = ٣ × ١٠^{٨} م/ث

نق$_{و}$ = ١,٢ × ١٠$^{-١٢}$ م

ك$_{ب}$ = ١,٠٠٧٣ و.ك.ذ

ك$_{ن}$ = ١,٠٠٨٧ و.ك.ذ

ك$_{cu}$ = ٦٣,٥٤٦ و.ك.ذ

النهاية

لا تتوقف عن السؤال أبدًا .

براء جابر ٠٧٨١٤٣١٠٤١