الفيزياء الإشعاعية

اعداد

دكتور/ أبوالوفا أبوالمعارف محمد سالم

كلية العلوم قسم الفيزياء

العام الجامعي

2023/2022

➢ **الفيزياء الاشعاعية Radiation Physics :**

وهي فرع من فروع العلوم النووية التي تشمل الفيزياء النووية والتكنلوجيا النووية والكيمياء النووية والكيمياء الاشعاعية وتتداخل الكيمياء النووية مع الكيمياء الاشعاعية في مواضيعهما حيث تهتمان بدراسة العناصر المشعة وعمليات الانحلال الاشعاعي ونتائجه وتدرسان كيفية الوقاية من الاشعاع ووسائل الكشف عنه كما تدرسان كيفية استخدام هذا الاشعاع للأغراض الحياتية المختلفة (الطبية والزراعية والصناعية والغذائية والاستكشافية) كما تهتم بدراسة نوى الذرات ومكوناتها والعلاقة فيما بينها والطاقة المتحررة منها وتدرس التفاعلات النووية التي تحدث نتيجة قصف النوى بإشعاع معين وتدرس استخدام الطاقة النووية لإنتاج الكهرباء .

الدقائق النووية الأساسية Principle Nuclear Particles :

يوجد في النواة دقائق عديده وصلت المعروفة منها 150 دقيقه ولا يعرف عنها الا الشيء القليل ويمكن تصنيفها حسب كتلتها الى :

1- **الدقائق الخفيفة leptons : وهي الالكترون والنيوترينو الذي يرمز له υ كتلته صفر وشحنته صفر لذلك فهو جسيم طاقي.**
2-
3- **الدقائق المتوسطة mesons : وتتراوح كتلتها من 280 – 1000 مره اكبر من كتلة الالكترون ومنها البيوتونات π^- , π^0 , π^+ والكاوونات K .**
4-
5- **الدقائق الثقيلة baryons : ومنها البروتونات والنيوترونات.**

القوى النووية Nuclear Forces :

تعتبر هذه القوى اشد القوى وتظهر كقوى جذب بين مكونات النواة مثلا n-n , p-n , p-p
ان هذه القوى قصيرة المدى حيث لا يتجاوز مداها 10^{-12} سم أي بحدود نصف قطر النواة , ان القوى النووية تسببها جسيمات صغيره تسمى الميزونات وهذه الجسيمات موجوده في الطبيعة وان التجاذب بين النويات يحصل بواسطة تيار مستمر من الميزونات بين النويدتين .

الاصناف النووية Nuclear Species :

وهي عناصر لها عدد معين من البروتونات وعدد معين من النيوترونات أي عدد كتله معين واصطلح ان يكتب عدد الكتله على الجهه العليا اليسرى من رمز العنصر وقد يكتب العدد الذري اسفله مثال ذلك :

$^{59}_{27}Co$, $^{60}_{27}Co$, $^{4}_{2}He$, $^{238}_{92}U$

تقسم الاصناف النووية الى أربعة أصناف وهي :

1- النظائر Isotopes :

وهي الاصناف النوويه التي تتساوى في اعدادها الذريه Z وتختلف في اعدادها الكتليه A أي انها تحتوي على اعداد مختلفه من النيوترونات n مثال على ذلك نظيري الكوبالت اعلاه وتقسم النظائر حسب نشاطها الاشعاعي الى :

A : النظائر المستقره :

وهي النظائر غير المشعه حيث ان نويداتها ثابته حيث على الاغلب تحتوي على عدد زوجي من البروتونات والنيوترونات . توجد حوالي 275 نواة مختلفه لاتظهر نشاطا اشعاعيا منها 60 % تمتلك عدد زوجي من n و p ومنها 40% تمتلك عدد زوجي من n وفردي من p أو العكس وتوجد فقط ستة نوى مستقره تمتلك عدد فردي من n وعدد فردي من p وهي :

$^{180}_{73}Ta$, $^{50}_{23}V$, $^{14}_{7}N$, $^{10}_{5}B$, $^{6}_{3}Li$, $^{2}_{1}H$

B : النظائر غير المستقره :

وهذه النظائر مشعه حيث ان نويداتها غير مستقره تتحول الى نويدات مستقره وذلك ببعثها اشعاعات مختلفه ناتجه عن تفاعلات نوويه فيما بين النويدات النوويه وهذه العمليه تسمى بالنشاط الاشعاعي واغلبها تحتوي على اعداد منفرده من البروتونات والنيوترونات , وتقسم النظائر الغير مستقره الى:.

1- Isobars :

وهي النويدات التي تحتوي على اعداد ذريه مختلفه واعداد كتله متساويه مثل :

$^{130}_{56}Ba$, $^{130}_{54}Xe$, $^{130}_{52}Te$.

2- Isotons : وهي النويدات التي تحتوي على اعداد متساويه من النيوترونات واعداد كتله مختلفه مثل :

$^{32}_{16}S$, $^{31}_{15}p$, $^{30}_{14}Si$.

3- Isomers : وهي نويدات لها نفس العدد الذري والعدد الكتلي ولكنهما يختلفان بالخصائص الاشعاعيه كشكل الانحلال وطاقته وعمر النصف وغالبا مايكون احدهما مشع والآخر مستقر مثلا :

^{60m}Co , ^{60g}Co **حيث يرمز للنويده المستقره g وتعني ground state وللنويده المشعه m وتعني metastable**

التفاعل النووي والتفاعل الكيمياوي

التفاعل النووي	التفاعل الكيمياوي
1- ذرات عنصر واحد معين تتحول الى ذرات عنصر آخر	1- ماده واحده تتحول الى ماده أخرى ولكن لاتتغير هوية الذرات
2- البروتونات والنيوترونات ودقائق اخرى تشارك في التفاعل , في حين ان الالكترونات المداريه نادرا ماتشترك في التفاعل	2- الالكترونات المداريه هي التي تشترك في التفاعل حيث تتكسر اواصر وتتكون اواصر غيرها وان الدقائق النوويه لاتشترك في التفاعل
3- التفاعل يصاحبه تغير كبير في الطاقه وتغيرات ممكن حسابها في الكتله	3- التفاعل يصاحبه تغير طفيف في الطاقه بدون تغير في الكتله
4- سرعة التفاعل تتاثر بعدد النوى ولاتتاثربدرجة الحراره او العوامل المساعده او نوع المركب المتواجد فيه العنصر المشع	4- سرعة التفاعل تتأثر بدرجة الحراره والتركيز والعوامل المساعده ونوع المركب المتواجد فيه العنصر

<u>الاشعاع</u>

ماهو الاشعاع ؟ الاشعاع من وجهة النظر الفيزياويه هو حاله فيزياويه تتواجد فيها أمواج كهرومغناطيسيه أو جسيمات تمتلك صفه موجيه لها طاقه معينه في بداية تكونه وطاقه أخرى في نهاية تكونه وينتهي الاشعاع عندما تصبح طاقته صفر.

<u>تصنيف الاشعاع</u>

1-الاشعاع الموجي :

A:الاشعاع المؤين : مثل اشعة γ واشعة X

B:الاشعاع غير المؤين : مثل الضوء العادي (المرئي) .Visible , الاشعه الفوق بنفسجيه .U.V , الاشعه تحت الحمراء .I.R , الليزر

2- الاشعاع الجسيمي (كله مؤين) :

A : جسيمات مشحونه : مثل α, β , p

B: جسيمات غير مشحونه :مثل n

تعتمد قابلية الاشعاع على التأين على مقدار طاقته والتي تحدد بالمقدار hυ وكذلك على شحنته.

<u>التأين :</u>

هو عملية ازاحة احد الكترونات الذره وينتج عنها مايعرف بالزوج الآيوني (ion pair) وفي التفاعلات النوويه يحصل نوعين من االتاين:

1- التأين المباشر :
وهو تكوين الازواج الآيونيه مباشرة عند قصف الذره بدقيقه مشحونه لها طاقه كافيه لاحداث عملية التأين او تقصف بفوتونات ذات طاقه عاليه كافيه لاحداث عملية التأين
2- التأين غير المباشر :
وهو تكوين الازواج الآيونيه بصوره غير مباشره ويحدث عند قصف الذره بجسيمات غير مشحونه مثل النيوترونات حيث تتولد نتيجة ذلك جسيمات مشحونه تقوم بانجاز عملية التأين.

ملاحظه : الاشعه التي طاقتها تتراوح مابين 100 – 1000 الكترون فولت تعتبر اشعه مؤينه.

<u>حساب طاقة الاشعه:</u>

تحسب طاقة الاشعه بوحدات الجول أوالالكترون فولت ووحدة ال eV في الكيمياء الاشعاعيه تستخدم الوحدات التاليه:
eV : هو مقدار الطاقه المتحرره عند مرور شحنه مقدارها الكترون واحد بين نقطتين فرق الجهد بينهما فولت واحد أي ان
الطاقه بوحدة eV = شحنة الالكترون * 1 فولت
وبما ان الفولت هو الشغل المصروف لنقل وحدة الشحنه (الفولت = جول / كولوم)

$$eV = 1.6 * 10^{-19} \text{ coul } J / coul$$
$$eV = 1.6 * 10^{-19} J$$

العلاقه بين الطاقه بوحدة ev والطول الموجي للاشعاع بوحدة الانكستروم

$E = h\upsilon = h\,c / \lambda$

$E = 6.63 * 10^{-34}\ J\ s * 3 * 10^{8}\ m\ s^{-1} / \lambda\ A^{0}$

$1m = 10^{10}\ A^{0}$

$1eV = 1.6 * 10^{-19}\ J$

$E_{ev} = 12400 / \lambda(A^{0})$

الاشعاع الموجي :

عباره عن امواج تتكون من مجالين متعامدين أحدهما كهربائي والاخر مغناطيسي وكلاهما عمودي على اتجاه سير الموجه ولهما طور واحد لذلك فالموجه تكون مستعرضه ذات ثلاثة ابعاد في المحاور الثلاثه.

خواص الموجه الكهرومغناطيسيه

1. **سرعتها في الفراغ تساوي $3 * 10^{8}$ م / ثا**
2. **المجالان الكهربائي والمغناطيسي الذان يكوناها عموديان على بعضهما ولهما طور واحد**
3. **طاقة الموجه تتوزع بين المجالين بالتساوي**
4. **تختلف الامواج الكهرومغناطيسيه فيما بينها نتيجة اختلافها بالطاقه**
5. **يمكن ان تفقد الموجه طاقتها او تتحول طاقتها الى شكل اخر عند اصطدامها بالماده**

انواع الاشعه الموجيه:

1. **الاشعه السينيه X-RAY : يتراوح طولها الموجي 1 – 100 انكستروم وهي على نوعين :**
   - **الاشعه السينيه المميزه**
   - **الاشعه السينيه ذات الطيف المستمر**

الاشعه السينيه المميزه :

ان الميكانيكيه العامه لتوليدها تتضمن خلع الكترون من مدارات الذرة الداخليه يتبعه املاء الفجوه التي تركها بالكترون من مدار اعلى واثناء عملية الانتقال لهذا الالكترون يبعث اشعه سينيه ممزه تميز كلا من المدار والذره الباعثه

طرق توليد الاشعه السينيه المميزه:

1. **–التأثير الكهروضوئي : حيث يتم قصف ذره معينه بأشعة كاما او أشعة اكس المتفلوره ونتيجه لهذا القصف تحدث الميكانيكيه اعلاه .**
2. **قصف الذره بأشعه جسيميه ذات طاقه عاليه مثل سيل من الالكترونات او البروتونات اودقائق الفا تؤدي الى حدوث الميكانيكيه اعلاه**
3. **اثناء عملية التحول الداخلي حيث تحدث هذه العمليه للنويدات التي تشع اشعة كاما حيث ان هذه الاشعه عند امتصاصها من قبل احد الالكترونات المداريه القريبه من النواة فسوف يقذف هذا الالكترون وتحدث الميكانيكيه اعلاه**

4- الأسر الالكتروني : حيث تأسر نواة عنصر معين احد الكتروني الغلاف K القريب منها وتحدث الميكانيكيه اعلاه.

الاشعه السينيه ذات الطيف المستمر :

تسمى هذه الاشعه البرمشتالنك وهي كلمه المانيه تعني الكبح أو الابطاء للاشعه . فعند مرور الالكترونات المعجله في المجال الكهربائي للنواة الهدف تبدأ بالتباطؤ السريع نتيجه لتنافرها مع الكترونات الذره الهدف وهذا التنافر يؤدي الى انحراف مسارها , التباطؤ والانحراف يؤدي الى فقدان هذه الالكترونات جزء من طاقتها والتي يظهر على شكل اشعه سينيه ذات طيف مستمر وكلما ازداد العدد الذري للذره الهدف ازدادت شدة الاشعه المنبعثه

2- أشعة كاما γ :

تنطلق اشعة كاما من المصادر المشعه الطبيعيه أو الصناعيه اثناء عملية الانحلال الاشعاعي حيث ان النواة المتهيجه تعود الى حالة الاستقرار عند فقدانها للطاقه على شكل اشعة كاما , ان اهم مصدر معروف لاشعة كاما هو الكوبالت – 60 حيث انه اثناء عملية انحلال النيكاترون له (تبعث نواته β^- بطاقه تساوي 0.31 الكترون فولت) تبقى نواته متهيجه وتحمل طاقه مقدارها Mev 2.5 حيث تتخلص هذه النواة من الطاقه هذه بمرحلتين : الاولى انبعاث كاما بطاقه مقدارها Mev 1.17 والمرحله الثانيه انبعاث كاما بطاقه مقدارها Mev 1.33 والنتيجه الحصول على الوليده النيكل – 60

$$^{60}_{27}Co \rightarrow \beta(0.31ev) + Co^{*}(2.5Mev) \rightarrow \gamma(1.17Mev) + Co^{*}(1.33Mev) \rightarrow \gamma(1.33Mev) + ^{60}_{28}Ni$$

مقارنه بين اشعة اكس واشعة كاما :

اشعة اكس	اشعة كاما
1- تنبعث عندما تعاني الالكترونات المداريه تغيرا في موقعها بين المدارات 2- طيفها قد يكون مستمرا او احديا 3- طيفها صفه مميزه للذرات 4- لايمكن تمييز النظائر المختلفه بواسطة طيفها	1- منشئها من نواة الذره حيث تنتج من التغيرات التي تحصل في النواة 2- طيفها مستمرا 3- طيفها صفه مميزه للنواة 4- يمكن ان يستخدم طيفها للتمييز بين النظائر المختلفه

س : ماسبب انبعاث اشعة كاما

الاشعاع الجسيمي:

جسيمات α :

وهي عباره عن نواة ذرة الهيليوم (بروتونين ونيوترونين) تحمل دقائق الفا شحنه موجبه ثنائيه وكتلتها 4.002603 وحدة كتله ذريه وعند انبعاثها فان العدد الكتلي للام يقل بمقدار 4 وعددها الذري يقل بمقدار 2 , ونظرا للكتله الكبيره لها فانها تحتاج الى طاقه كبيره جدا لكي تتحرك بسرعه تقارب سرعة الضوء وعند هذه السرع تعتبر اشعاع موجي ويمكن تطبيق معادلة بلانك عليها

$$E = hv$$

وعندما تكون سرعتها قليله فانها تعد جسيما غير نسبي وتطبق عليها القوانين الكلاسيكيه لحركة الجسيم ,

$$E = mC^2$$

ان المصدر الطبيعي لدقائق الفا هو انحلال اليورانيوم – 238 الى الثوريوم – 234 , ان مدى الفا قصير لذلك فان الورقه العاديه تكفي لايقافها وذلك لكتلتها الكبيره التي تجعلها تسير ببطئ مما يزيد من احتمالية تفاعلها مع الماده الماره خلالها مما يؤدي الى فقدانها لطاقتها وتوقفها كما ان التأين الذي تحدثه في المادة كبير بسبب شحنتها العاليه وسرعتها البطيئه التي تساعد على ذلك بشكل كبير

العلاقه بين طاقة الفا وطاقة الوليده وQ للتفاعل :
اثناء الانحلالات الاشعاعيه تنبعث اشعة الفا مع الوليده الناتجه من الام المشعه وهناك علاقه بين طاقة اشعة الفا المنبعثه والوليده المرافقه لها وكما يلي:

$$E_\alpha = (A-4)/A \times E_Q$$

$E\alpha$= energy of alpha particles, E_Q energy of the daughter and A is the mass number of the daughter.

س : احسب الطاقه الحركيه لجسيم الفا المنبعث من انحلال ^{212}Po والطاقه الحركيه للوليده المرتده ^{208}Pb ؟

<u>العلاقه بين طاقة الفا ومداها :</u>

ان مقدار طاقة الفا الناتجه من التفاعلات النوويه تتراوح بين 4-9 Mev ان مدى جسيمات الفا قصير جدا ويحسب كالاتي :

$$R_{\alpha(air)} = 0.4 \times E_\alpha^{\frac{1}{3}}$$

$$R_{\alpha(z)} = 0.173 \times E_\alpha^{\frac{3}{2}} \times A_Z^{\frac{1}{3}}$$

يقاس R بوحدة ملغم / سم^2 , A الوزن الذري للماده يقاس بالغرام يجب ان يحول الى ملغم , E يجب ان تقاس بوحدة ملغم . سم^2 / ثا^2 ويتم التحويل كالاتي :
E بوحدة ev تحول الى الجول (كغم . م^2 / ثا^2) وهذه تحول الى ملغم . سم^2 / ثا^2
ومن مدى الفا يمكن حساب سمك الاختراق d لها

$$R\alpha_{(z)}=d \times \rho_{(z)}$$

حيث ان ρ كثافة الماده التي تمر خلالها الفا
س : احسب سمك اختراق الفا طاقتها 8.78 Mev عند قصفها لوح من الالمنيوم كثافته 5.9 غم / سم^2 ووزنه الذري 26.98154 ؟
س : احسب مدى الفا في الهواء عند انبعاثها من انحلال البولونيوم – 212 اذا علمت ان الكتل الذريه للبولونيوم 211.98886 وللوليده 207.97665 ولالفا 4.002603 ؟

جسيمات بيتا (ß)

هي عباره عن سيل من الالكترونات العالية السرعه تتولد في النواة وقد تكون سالبة الشحنه وتسمى النيكاترون او بيتا السالبه وقد تكون موجبة الشحنه وتسمى البوزترون او اشعة بيتا الموجبه وان الفارق الاساس بين اشعة بيتا والالكترونات المداريه هو ان الاخيره تنبعث من المدارات الذريه بينما اشعة بيتا بنوعيها تنبعث من النواة ويكون انبعاثها من النواة مصحوب بانبعاث جسيمات طاقيه عديمة الكتله والشحنه وتسمى (النتريونو U) وهي جسيمات طاقيهوهي لاتظهر مع الالكترونات المداريه.

العلاقه بين طاقة بيتا ومداها

ان مدى دقائق بيتا في الهواء كبير جدا وان مداها في الماده اكبر بكثير من دقائق الفا بسبب كتلتها المتناهيه في الصغر مقارنه مع جسيمات الفا تكون العلاقه عكسيه بين مدى اشعة بيتا والوزن الذري لمادة الوسط الذي تمر فيه وان مدى اشعة بيتا في الهواء يكون:

$$R_{ß}(air)= 0.542 \times E_{ß}$$

يقاس المدى R بوحدة ملغم/سم^2 .

النيترونات

- وهي احد الجسيمات النوويه التي لاتحمل شحنه وهي على انواع اعتمادا على طاقتها :
- 1 – النيوترونات الحراريه : وهي اهم انواع النيوترونات وطاقتها تساوي 0.025 الكترون فولت وتكون في حالة توازن حراري مع الوسط الذي تتحرك فيه .
- 2 – النيوترونات الفوق حراريه : تتولد نتيجه لتهدئة النيوترونات السريعه وتتراوح طاقتها بين 10 – 0.5 الكترون فولت .
- 3 – النيترونات السريعه : وهي ذات طاقه عاليه جدا وتتراوح بين 20 – 1 مليون الكترون فولت .
-
- 4 – النيوترونات البطيئه : طاقتها اقل من 0.025 الكترون فولت وهي عديمة الفائده.

مصادر النيترونات

- 1 – المصادر المشعه :

يمزج العنصر الهدف الذي يحوي على نيوترونات ضعيفة الارتباط مثل 9-Be مع عنصر مشع آخر (الامريشيوم-241) الذي يستخدم كمصدر لتوليد دقائق الفا التي تتفاعل مع الهدف لتوليد النيوترونات

$$^{9}_{4}Be + \alpha \rightarrow ^{12}_{6}C + n$$

وقد يستخدم مصدر مشع لاشعة كاما وتسمى النيوترونات في هذه الحاله بالنيوترونات الضوئيه

$$^{2}_{1}H + \gamma \rightarrow ^{1}_{1}H + n$$

- 2 – المعجلات :
- وهي اجهزه تستخدم المجال الكهربائي والمغناطيسي لتعجيل الجسيمات مثل البروتونات والالكترونات والنيوترونات , ولتوليد النيوترونات تستخدم البروتونات وعند سقوطها على الهدف يحدث التفاعل النووي بينهما مولدا نيوترونات ذات طاقه عاليه جدا
- $$P + ^{7}_{3}Li \rightarrow ^{7}_{4}Be + n$$

واهمها المعجل الخطي والمعجل الدائري (السايكلترون) ومعجل فان دي كراف.

3 – مولدات النيوترونات : وهي اجهزه اقل حجما من المعجلات تستخدم لتوليد نيوترونات ذات طاقه اقل حيث يجهز نظير بطاقه تصل الى 50 كيلو الكترون فولت ويقوم بقصف نظير آخر ساكن ويحدث تفاعل نووي يؤدي الى انتاج النيوترونات

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

4 – المفاعلات النوويه : تنتج النيوترونات في المفاعل نتيجه لعملية الانشطار النووي وتعد المفاعلات النوويه اهم مصادر النيوترونات الحراريه:

$$ {}_{92}^{235}U + n \rightarrow {}_{56}^{142}Ba + {}_{36}^{91}Kr + 3n $$

Nuclear Physics

- طاقة الربط النووية
- النشاط الإشعاعي الطبيعي
- التحلل الإشعاعي بانبعاث جسيمات ألفا
- التحلل الإشعاعي بانبعاث جسيمات بيتا
- التحلل الإشعاعي
- التحلل بانبعاث اشعة جاما
- قانون التحلل الإشعاعي
- عمر النصف الفيزيائي
- الشدة الإشعاعية
- التفاعلات النووية
- التحول النووي بواسطة النيوترونات

Nuclear Physics

- بعض خصائص النواة:

1) تركيب النواة Nucleus structure

2) النظائر Isotopes

3) كتلة النواة Nuclear mass

4) حجم النواة Size of nucleus

تركيب النواة

- تتكون النواة من بروتونات ونيوترونات تسمى نيوكلونات(نويات) ، مجموعها يسمى بالعدد الكلي A .
- عدد البروتونات في النواة هو العدد الذري Z.
- عدد النيترونات في النواة هو N حيث A=Z+N.

- يوجد في الطبيعة 92 عنصرا تبدأ بالهيدروجين (Z=1) إلى عنصر اليورانيوم (Z=92) ، وبواسطة المعجالت النووية أمكن انتاج عناصر

صناعية وصل عددها الذري إلى Z=111.

- أي عنصر X يمكن كتابته كما يلي: $_{Z}^{A}X$

❑ النظائر

- النوى التي لها نفس عدد البروتونات (Z) ولكن يختلف عدد النيترونات فيها وبالتالي العدد الكتلي تسمى النظائر.

- نظائر نفس العنصر لها نفس الخواص الكيميائية ألن لها نفس عدد الإلكترونات ونفس التركيب الذري.

- قد ال تكون للنظائر نفس الخواص النووية فمثال قد يكون لنفس العنصر عدة نظائر بعضها مستقرة والأخرى غير مستقرة)نشطة إشعاعيا(.

- هذه النظائر موجودة في العينة الطبيعية بنسب مختلفة، فمثال الكلور يوجد في الطبيعة كخليط من نظيرين هما $^{35}_{17}Cl$ و $^{37}_{17}Cl$ ويكونان بنسبة 75.53% و

Nuclear Physics

24.47% على التوالي.

❑ كتلة النواة

- النواة تحتوي على بروتونات ونيوترونات)عدا الهيدروجين الخفيف فال يوجد في نواته نيوترونات(.

- كتلة البروتونات والنيوترونات تقريبا متساوية وكتلة االلكترون أقل منها بنحو 1836 مرة لذا فإن كتلة المادة تكون متمركزة في أنوية ذراتها.

- من السهل استخدام وحدة الكتل الذرية (u) بدال من الكيلو جرام حيث أن:

$$1\ u = 1.660566 \times 10^{-27}\ Kg$$

$$m_p = 1.672648\times10^{-27}\ kg = 1.007276u$$

$$m_n = 1.674955\times10^{-27}\ kg = 1.008665u$$

$$m_e = 9.109 \times 10^{-31} kg = 0.000549u$$

- يعبر أحيانا عن وحدات الكتل الذرية بوحدات الطاقة:

فمن معادلة اينشتاين لتحويل الكتلة إلى طاقة نجد:

$$E = mc^2 = (mass of\ 1u) \times c^2$$

$$E = 1.660566 \times 10^{-27}\ kg \times (3 \times 10^8\ m/s)^2$$

$$= 0.149 \times 10^{-9}\ J$$

$$E = \frac{0.149 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 9.315 \times 10^8\ eV = 931.5 MeV$$

- إذن: 1u= 931.5 MeV

وبالتالي فإن:

$$m_p = 1.007276u = 938.28MeV$$

$$m_n = 1.008665u = 939.57MeV$$

$$m_e = 0.000549u = 0.511MeV$$

❑ حجم النواة

- يعتمد حجم النواة على عدد النويات (مجموع البروتونات والنيوترونات).

- وجد أن نصف قطر النواة يتناسب مع العدد الكتلي كما يلي:

$$r^3 \propto A$$

$$r \propto A^{\frac{1}{3}} \Rightarrow r = r_0 A^{\frac{1}{3}},$$

$$r_0 = 1.2 \times 10^{-15}\, m$$

- وباعتبار أن النواة كرة فإن حجمها يعطى بالعالقة:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi\left(r_0 A^{\frac{1}{3}}\right)^3 = \frac{4}{3}\pi\left(r_0^3 A\right)$$

- مثال: احسب حجم نواة ذرة الكربون وكثافتها حيث A=12.

$$V = \frac{4}{3}\pi\left(r_0^3 A\right) = \frac{4}{3}\pi\left(1.2\times10^{-15}\right)^3 \times 12 = 8.6859\times10^{-44}\ m^3$$

$$\rho = \frac{M}{V} \approx \frac{12 \times 1.660566 \times 10^{-27}}{8.6859 \times 10^{-44}} = 2.3 \times 10^{17}\ kg / m^3$$

وهي قيمة عالية جدا تدل على أن المادة النووية مضغوطة جدا داخل النواة.

➢ استقرار النواة والقوى النووية Nuclear stability and nuclear forces

- لكي تكون النواة مستقرة والنيوكلونات بداخلها مترابطة ،البد أن تكون هناك قوى جاذبة أقوى من قوى التنافر الكهربائي. هذه القوى الجاذبة هي القوى النووية.
- يظهر االثر الكبير للقوى النووية عند المسافات القصيرة فقط.
- القوى النووية تكون بين النيوكلونات و ال تعتمد على الشحنة الكهربائية، وتكون أكبربحوالي 40 مرة من قوى التنافر الكهربائية بين البروتونات.

➢ الطاقة الرابطة النووية Nuclear binding energy

- كتلة النواة تساوي كتلة النيوكلونات مطروحا منها كتلة االلكترونات ،أي أن كتلتها أقل دائما من كتلة النيوكلونات.
- فمثال كتلة نواة الكربون 12 يمكن حسابها كما يلي:

$$M\left({}^{12}_{6}C\right)=12u-6\times 0.000549u=11.996706u$$

- كتلة النيوكلونات في ذرة الكربون:

$$6m_p+6m_n=6\times 1.007276+6\times 1.008665=12.095646u$$

- فيكون الفرق: $-11.996706u = 0.09894u$

$\Delta m = 12.095646u$

- يمكن حساب الطاقة المكافئة لهذا الفرق في الكتلة حسب اينشتاين كما يلي:

$$\Delta mc^2 = E = 0.09894u \times 931.5MeV/u = 92.2MeV$$

- الفرق في الكتلة Δm يكافئ الطاقة التي استخدمت لربط النيوكليونات مع بعضها وتسمى بالطاقة الرابطة Binding energy.
- الطاقة الرابطة لكل نيوكليون في نواة الكربون 12 هي:

$$\frac{B.E.}{A} = \frac{92.2MeV}{12} = 7.68MeV$$

- يمكن كتابة الطاقة الرابطة ألي نواة كما يلي:

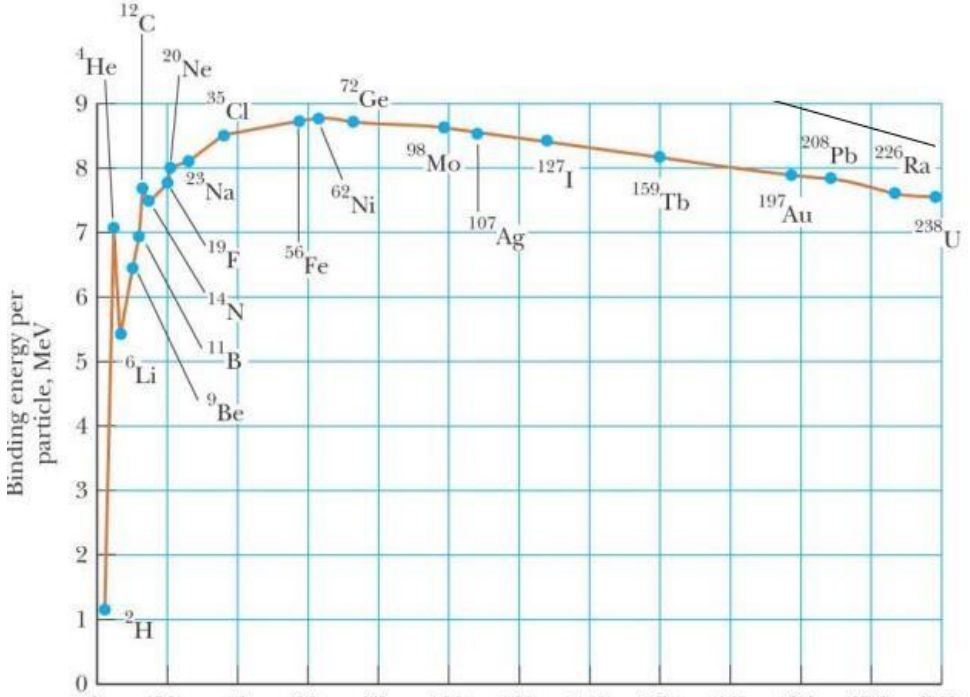
$$B.E = \left(Zm_p + Zm_e + Nm_n - M\left({}^{A}_{Z}X\right)\right) \times 931.5MeV$$

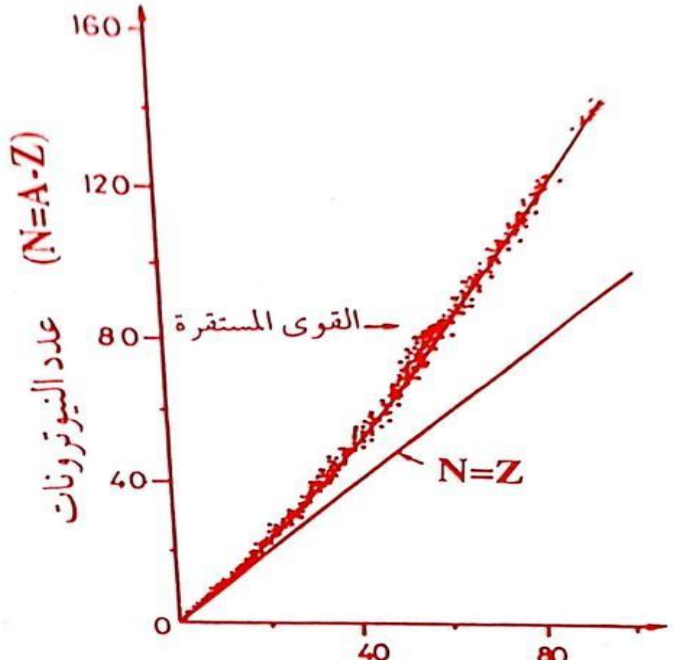
$$= \left(Zm_H + Nm_n - M\left({}^{A}_{Z}X\right)\right) \times 931.5MeV,$$

Nuclear Physics

Nuclear Physics

- تتناقص الطاقة الرابطة لكل نيوكليون بزيادة عدد البروتونات.
- الطاقة الرابطة لكل نيوكليون تكون أكبر ما يمكن عند A=60.
- ألجل النوى الخفيفة (حتى A=40) تكون فيها النواة مستقرة عند Z=N.
- ألجل Z>20 فإن النوى تستقر عندما يزيد عدد النيترونات فيها عن عدد البروتونات.





مثال: احسب الطاقة الرابطة لكل نيوكليون لنواة نظير الحديد $\left({}^{56}_{26}Fe\right)$ 56

مع العلم أن كتلة ذرة نظير الحديد تساوي: $M\left({}^{56}_{26}Fe\right)=55.934937u$

الحل:

$$B.E=\left(Zm_H+Nm_n-M({}^{A}_{Z}X)\right)\times 931.5MeV,$$

$$Z=26, N=A-Z=56-26=30$$

$$\therefore B.E=\left(26\times 1.007825+30\times 1.008665-55.934937\right)\times 931.5MeV$$

$$=492.2663MeV$$

$$\therefore \frac{B.E}{A} = \frac{492.2663}{56} = 8.79 MeV \text{ / } Nucleon$$

➢ النشاط الإشعاعي الطبيعي Natural radioactivity

الإشعاعات المنبعثة من المواد النشطة إشعاعيا (أو المشعة) حسب شحناتها الكهربائية وقدرة نفاذها في المادة تم تصنيفها على ثالثة أنواع:

1) جسيمات ألفا (α): وهي عبارة عن نواة ذرة الهليوم $\left({}_{2}^{4}He\right)$ وشحنته موجبة وتساوي +2e ومداها قصير في الهواء (3cm).

2) إشعاعات جاما (γ): وهي عبارة عن إشعاعات كهرومغناطيسية ليس لها شحنة أو كتلة وطول موجاتها قصير جدا ومداها في الهواء طويل جدا.

3) جسيمات بيتا (β): وهي جسيمات مشحونة وتخترق مسافة طويلة في الهواء(3 m).

وتصنف جسيمات (β) إلى نوعين:

أ- جسيمات بيتا الموجبة (β^+): وهي جسيمات مشحونة بشحنة موجبة وتساوي عدديا شحنة الإلكترون وكتلتها تساوي كتلة الإلكترون.

ب- جسيمات بيتا السالبة (β^-): وهي جسيمات مشحونة بشحنة سالبة وتساوي عدديا شحنة الإلكترون وكتلتها تساوي كتلة الإلكترون، غير أن مصدرها النواة أما الإلكترونات مصدرها مدارات الذرات.

❑ التحلل بانبعاث ألفا Alpha decay

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

2

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

الطاقة المتحررة نتيجة التحلل التلقائي تسمى طاقة التحلل ويرمز لها عادة ب Q أي أن:

$$Q = [M(x) - (M(y) + M_{\alpha})] \times 931.5 MeV$$

ولكي تكون النواة باعثة لجسيمات ألفا يجب أن يكون $Q<0$.

مثال: هل البولونيوم 210 باعث لجسيمات ألفا إذا علم أن:

$$M\left(^{210}Po\right) = 209.98285u$$

$$M\left(^{206}Pb\right) = 205.97440u$$

$$M_{\alpha} = 4.002603u$$

الحل: معادلة التحلل هي:

$$^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$$

$$\therefore Q = \left[M\left(^{210}Po\right) - \left(M\left(^{206}Pb\right) + M_{\alpha}\right)\right] \times 931.5MeV$$

$$= [209.98285 - (205.97440 + 4.002603] \times 931.5$$

$$= 5.45MeV \cdot 0$$

إذن يمكن للبولونيوم 210 أن يتحلل بانبعاث جسيمات ألفا

❑ التحلل بانبعاث بيتا β- decay

هناك نوعين من هذا التحلل هما :

أ- بيتا السالب : $${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + \beta^{-} + \bar{\nu}$$

هذا التحول يحدث عندما تكون نسبة النيوترونات إلى البروتونات في النواة أكبر من قيمتها في منطقة االستقرار،

فلكي يحدث استقرار يتحول النيوترون إلى بروتون وينطلق جسيم بيتا السالب من النواة:

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

طاقة تحلل بيتا السالب يعطى بالعالقة:

$$Q = [M(x) - (M(y) + m_e)] \times 931.5 MeV$$

- نحصل على أعلى قيمة لطاقة تحلل جسيمات بيتا السالبة بأخذ الكتل الذرية بدل النووية:

$$Q = [M(x) - M(y)] \times 931.5 MeV$$

مثال : تحلل الكربون 14: $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + \beta^{-} + \nu -$

ب- بيتا الموجب :

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + \beta^{+} + \nu $$

فلكي يحدث استقرار يتحول البروتون إلى نيوترون وينطلق جسيم بيتا الموجب)البوزيترون(من النواة:

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

- طاقة تحلل بيتا الموجب يعطى بالعالقة:

$$ Q = [M(x) - (M(y) + m_e)] \times 931.5 MeV $$

- نحصل على أعلى قيمة لطاقة تحلل جسيمات بيتا الموجبة بأخذ الكتل الذرية بدل النووية:

$$ Q = [M(x) - (M(y) + 2m_e)] \times 931.5 MeV $$

مثال : تحلل النيتروجين 13:

$$ {}^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + \beta^{+} + \nu $$

- هناك جسيمين يصاحبان تحلل بيتا السالب والموجب هما نيوترينو v وضد نيوترينو $\bar{\nu}$ ، وهما

بدون شحنة وبال كتلة ولكن وجودهما ضروري لكي تبقى الطاقة والزخم الخطي والزاوية قبل وبعد التحلل محفوظة حسب مبدأ حفظ الطاقة والزخم.

- **Problem**:
- Calculate the disintegration energy Q for the beta decay $^{32}P \rightarrow {}^{32}S + e^- + \nu$.
  Atomic masses: $m(^{32}P) = 31.97391$ u, $m(^{32}S) = 31.97207$ u
- Solution:
  $Q = m_i c^2 - m_f c^2$.
  $m_i = m_{nuc}(^{32}P) = m(^{32}P) - 15*m(e^-)$,
  $m_f = m_{nuc}(^{32}S) + m(e^-) = m(^{32}S) - 16*m(e^-) + m(e^-) = m(^{32}S) - 15*m(e^-)$
  The mass of the neutrino is negligibly small.
  $Q = m_i c^2 - m_f c^2 = (m(^{32}P) - m(^{32}S))c^2 = 1.71$ MeV.
  In β^- decay subtracting the atomic masses automatically takes into account the mass of the emitted electron. This is not true for β^+ decay.
- Calculate the disintegration energy Q for the beta decay $^{64}Cu \rightarrow {}^{64}Ni + e^+ + \nu$.
  Atomic masses: $m(^{64}Cu) = 63.929766$ u, $m(^{64}Ni) = 63.927968$ u
- Solution:
  $Q = m_i c^2 - m_f c^2$.
  $m_i = m_{nuc}(^{64}Cu) = m(^{64}Cu) - 29*m(e^-)$,
  $m_f = m_{nuc}(^{64}Ni) + m(e^+) = m(^{64}Ni) - 28*m(e^-) + m(e^+) = m(^{64}Ni) - 27m(e^-)$
  The mass of the neutrino is negligibly small and $m(e^+) = m(e^-)$.
  $Q = m_i c^2 - m_f c^2 = (m(^{64}Cu) - m(^{64}Ni))c^2 - 2*m(e^-)c^2 = 1.6748$ MeV $- 2*0.511$ MeV
  $= 0.653$ MeV.
  In β^+ decay subtracting the atomic masses does not automatically take into account the mass of the emitted positron.

❑التحلل بانبعاث جام ا ٢- decay

$$ {}^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{0}\gamma $$

${}^{A}_{Z}X^{*}$: يعني أن النواة في حالة مثارة

- إشعاعات جاما مصدرها النواة المثارة بينما أشعة X تنبعث من الذرة المثارة.

➢ قانون التحلل الإشعاعي Radioactive decay law

- شدة الإشعاعات المنبعثة من مادة مشعة ال تعتمد على الحرارة أو الضغط أوأي مؤثر خارجي ولكنها تعتمد فقط على عدد النوى غير المستقرة في العينة (N).
- عدد النوى المحتمل تحللها تلقائيا في وحدة الزمن أي معدل التحلل (ΔN/Δt) يزيد بزيادة عدد النوى غير المستقرة في العينة، وفق القانون:

$$\frac{N - N_0}{t - t_0} = \frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N$$

حيث λ ثابت التحلل وقيمته موجبة.

- ويمكن كتابة قانون التحلل الإشعاعي عند أي لحظة زمنية t كما يلي:

Nuclear Physics

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

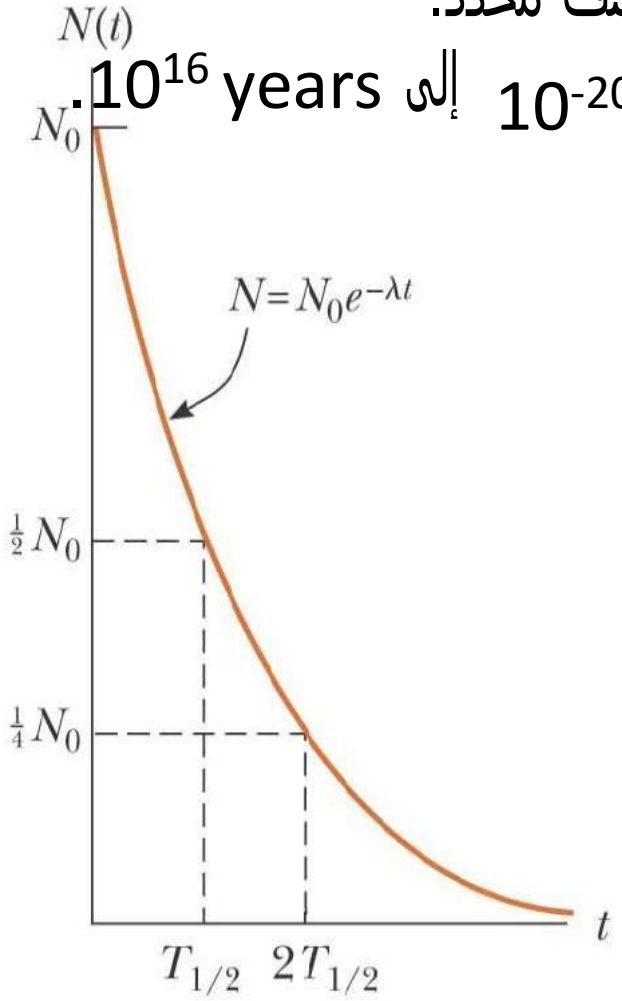
Half life ➢ عمر النصف

- وهو الزمن الالزم لكي تحلل نوى نظير معين إلى نصف عددها ويرمز له ب $T_{1/2}$

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\therefore 2 = e^{\lambda T_{1/2}} \Rightarrow T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

- كل نظير مشع له λ خاص به وبالتالي عمر نصف محدد.
- أعمار النصف للنظائر المشعة تتراوح بين 10^{-20} sec إلى 10^{16} years.



➢ الشدة الإشعاعية) النشاط الإشعاعي(Radioactivity

- عدد النوى في العينة ال يمكن عدها مباشرة ولكن يمكن قياس معدل التحلل R)عدد التحلالت في وحدة الزمن(والمسمى بالشدة الإشعاعية:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$$\therefore R = \left|\frac{dN}{dt}\right| = \lambda N \ = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\therefore R = R\, e^{-\lambda t}, R \ = \lambda N_0$$

- R_0 هو معدل التحلل العينة عند t=0، و R معدل التحلل عند الزمن t.

➢ الشدة الإشعاعية) النشاط الإشعاعي(Radioactivity

- تقاس الشدة الإشعاعية بوحدة الكيوري)Ci(.
- ويعرف الكيوري بأنه الشدة الإشعاعية لكتلة جرام واحد من الراديوم 226 وهو يساوي:

$$1\ Ci = 3.7 \times 10^{10}\ decay/sec$$

- وفي وحدات النظام العالمي)SI(وحدة الشدة الإشعاعية هي البيكريل)Bq(:

$$1\ Bq = 1\ decay/sec,$$
$$1\ Ci = 3.7 \times 10^{10}\ Bq$$

- مثال: عينة من الكوبالت 60 (^{60}Co)، الذي عمر النصف له 5.26 years ، بها $3x10^{16}$ نواة مشعة. ماهي شدتها اإلشعاعية بوحدة الكيوري بعد مرور 15.78 سنة.

الحل:

$R=4.223 \times 10^{-4}$ Ci = 422.3 µCi

➢ التفاعالت النووية Nuclear reactions

$$ {}^{4}_{2}He + {}^{14}_{7}N \rightarrow \left[{}^{18}_{9}F \right] \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H $$

عملية تحول العناصر

مستقر مشع مستقر

- ويمكن التعبير عن التفاعلات النووية بالمعادلة الآتية: $x + X \rightarrow Y + y$

الطاقة المحررة تساوي:

$$Q = [M(x) + M(X) - (M(Y) + M(y))] \times c^2 \; joule$$

حيث الكتل بوحدة الكيلو جرام(kg).

أو:

$$Q = [M(x) + M(X) - (M(Y) + M(y))] \times 931.5 MeV$$

حيث الكتل بوحدات الكتل الذرية)u(.

$$\alpha + N \rightarrow F \rightarrow O + P \longrightarrow Q = -1.19 \text{ MeV}$$

ونظرا ألن قيمة الطاقة المحررة المحسوبة سالبة فإنه لحدوث التفاعل البد ان يكون لجسيم ألفا

Nuclear Physics

طاقة حركية تتحول إلى كتلة ليصبح الطرف االيسر مساويا أو أكبر من مجموع الكتل في الطرف االيمن لكي يتم التفاعل.

- استخدمت المعجالت النووية لتسريع الجسيمات النووية وقذف النوى

إلنتاجمشعة نظائر صناعية غيرموجودة بالطبيعة والتي قد تكون مستقرة أو

➢ **التحول النووي بواسطة النيوترونات Transmutation by neutrons**

إن امتصاص النيوترونات من بعض النوى التحتاج إلى طاقات عالية ألنهاعديمة الشحنة لذا استعملت لقذف العناصر الثقيلة وبالتالي زيادة العدد الذري
وانبعاث جسيمات بيتا السالبة:

$$ {}^{A}_{Z}X + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{A+1}_{Z+1}Y + \beta^{-} + \nu - $$

١ – كم عدد البروتونات والنيترونات في نوى النظائر التالية :

$^{18}_{8}O$, $^{56}_{26}Fe$, $^{126}_{53}I$, $^{200}_{80}Hg$, $^{232}_{90}Th$

٢- احسب نصف القطر لكل من النوى التالية :

(أ) $^{4}_{2}He$ ، (ب) $^{27}_{13}Al$ ، (جـ) $^{64}_{29}Cu$ ، (د) $^{216}_{84}Po$.

٣- نصف القطر لنواة نظير هو $6x10^{-15}m$،ما هو العـــــدد الكتلي لهذه النواة.

٥- الوزن الذري لنظير النيكل $^{60}_{28}Ni$ هو 59.930789 u احسب :

أ- كتلة نواة هذا النظير .

ب- الطاقة الرابطة لكل نيوكليون .

$$m_e = 5.486 \times 10^{-4} \text{ u}$$
$$M(n) = 1.008665 \text{ u}$$
$$M\left(^{1}_{1}H\right) = 1.007825 \text{ u}$$

٦- ما هو الجسيم النووي المجهول (x) في التفاعلات النووية التالية:

$$x + {}^{109}_{48}Cd \rightarrow {}^{109}_{47}Ag$$

$$\alpha + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{17}_{8}O + x$$

$$x + {}^{113}_{48}Cd \rightarrow {}^{114}_{48}Cd$$

٧- ما هي نواة النظير المجهول (x) في التفاعلات النووية التالية :

$$x \longrightarrow {}^{65}_{28}Ni + \gamma$$

$${}^{215}_{84}Po \rightarrow x + \alpha$$

$$\alpha + {}^{10}_{5}B \rightarrow x + p$$

٨- هل يمكن لنظير الرادون ٢٠٤ ($^{204}_{86}Rn$) أن يتحـــلل إلى البولونيوم ٢٠٠ ($^{200}_{84}Po$) بانبعاث جسيمات α . وإذا كان هذا ممكنا ما هي كمية الطاقة المتحررة.

$M(^{204}_{86}Rn) = 203.992300\ u$

$M(^{200}_{84}Po) = 199.982820\ u$

$M(\alpha) = 4.002603\ u$

٩- ما هي أعلى طاقـــة (β_{max}) لجسيمـــــات بيتا السالبة المنبعثة من نظير الكربون ١٤ ($^{14}_{6}C$) .

$$M(^{14}_{6}C) = 14.003242\,u$$

$$M(^{14}_{7}N) = 14.003074\,u$$

١٠- ما هي أعلى طاقة (β_{max}) لجسيمـــات بيتا الموجبة المنبعثة من نظير البوتاسيوم ٣٧ ($^{37}_{19}K$) .

$$M(^{37}_{19}K) = 36.973365\,u$$

$$M(^{37}_{18}Ar) = 36.966772\,u$$

$$M(2e) = 1.0972 \times 10^{-3}\,u$$

١١- كم من الوقت تستغرقه عينـــــة من الصوديوم ٢٢ المشع (^{22}Na) الذي عمر النصف له 2.6 y لكي يتحلل 80% من نواها .

١٢- ما هي الشدة الإشعاعيـــــة لجرام واحد من نظير الراديوم ٢٢٦ ($^{226}_{88}Ra$) الذي عمر النصف له يساوي 1622 y .

١٣- عينـــــــة من نظير الذهب ٢٠٠المشع ، ($^{200}_{79}Au$) ، كتلتهـــــا $5.103x10^{-8}$ kg وشدتهـــــا الإشعاعيـــة 1000 Ci ، ما هو عمر النصف لهذا النظير .