بدأت الفيزياء النووية سنة 1886 عندما اكتشف "هنري بيكرل" النشاط الإشعاعي، وبعدها قام العالم رذرفورد بوضع فرضياته عام 1911 بافتراض أن الذرة مكونه من كتلة موجبة الشحنة هي النواة ويبلغ قطرها حوالي ($10^{-12}$cm) والتي هي اصغر بكثير من قطر الذرة ($10^{-8}$cm) وتحيط الالكترونات بهذه النواة (بحيث يكون عدد الشحنات الموجبة مساويًا لعدد الالكترونات في الذرة المتعادلة)، وفي عام 1913 تم وضع أول نموذج متكامل لحركة الالكترونات في الذرة من طرف العالم بور.

إن اكتشاف النيترون من قبل جادويك عام 1932 أعطى صورة أكثر وضوحا عن التركيب النووي مما أدى إلى ظهور فرضية هايزنبرغ سنة 1932 والتي تنص على أن النواة مكونة من البروتونات والنيترونات.

**1.1 النواة :** تتكون المادة من وحدات متشابهة ومتناهية في الصغر تسمى الذرات وتختلف العناصر بإختلاف ذراتها وتتركب ذرات العنصر من جسيم مركزي صغير الحجم يعرف بالنواة تدور حولها عدد من الإلكترونات وتتمركز الذرة في النواة الصغيرة وتتركب النواة بدورها من نوعين من الجسيمات المتناهية الصغر تعرف بالبروتونات و النيترونات ويطلق عليهما ( النكليونات).

**2.1 الجسيمات الأولية:** هي جسيمات نجهل بنيتها الداخلية، وان مفهوم الجسم الأولي مفهوم نسبي يتوقف على مستوى معارفنا فقبل حوالي 70 سنة كانت الذرة تعد كائنا أوليا بينما نعلم الان أنها بنية معقدة، وكذلك النكليونات كانت جسيمات أولية واقترحت نماذج لبنيتها. ويمكن ان نقسم الجسيمات الأولية إلى قسمين حسب طبيعتها:

- جسيمات مادية وهي فيرميونات عددها المغزلي السبيني نصف عدد صحيح 1/2، 3/2، 5/2 ...
- جسيمات القوى الطبيعية وهي البوزونات (عددها المغزلي عدد صحيح 1،3،2.....الخ)

تتكون الفيرميونات من اللبتونات و الكواركات وتتأثر الجسيمات بالقوى الكهرومغناطيسية حيث تظهر الكواركات دائما متحدة على شكل مجموعات من 2 فأكثر مكونة جسيمات غير أولية، مثلا البروتون يتكون من 3 كواركات اما البوزونات هي عبارة عن فوتونات عديمة الكتلة يتم تبادلها أثناء تفاعلات بين جسيمات المادة.

ويمكن تصنيف الجسيمات المادية إلى ثلاث أقسام:

1- **الباريونات:** وهي جسيمات ثقيلة نسبيا مثل البروتونات والنيترونات حيث أن البروتون والنيترون يشكلان معا المكونات الأساسية للنواة ومن ثم يمثلان المادة النووية في الكون.
2- **الميزونات :** وهي جسيمات ثقيلة ومسؤولة عن تماسك البروتونات والنيترونات داخل النواة ولعل أهمها وأكثرها شيوعا جسيم البيون.
3- **اللبتونات :** وهي مجموعة من الجسيمات الخفيفة تضم ستة أنواع:

- الإلكترون أخفها وزنا ويحمل شحنة سالبة؛

- النيون أثقل ب 207 مرة من الالكترون ويحمل شحنة سالبة؛
- التاو أثقل ب 3500 مرة من الالكترون ويحمل شحنة سالبة؛

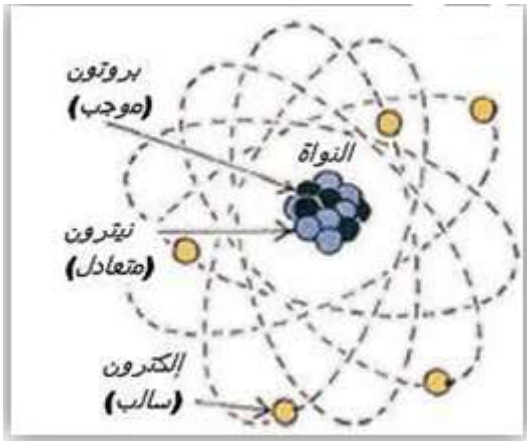
تأتي بعد ذلك جسيمات النيوترينو الثلاثة وهي لبتونات خفيفة جدا تكاد كتلتها تساوي الصفر وهي:

- نيوترينو الإلكترون
- نيوترينو الميون
- نيوترينو التاو

| اللبتونات (الشحنة) | الالكترون ($e^-$)<br>(1-)<br>النيوترينو الالكتروني<br>(0) | الميون ($\mu$)<br>(1-)<br>النيوترينو الميوني<br>($\nu_\mu$)<br>(0) | التاو ($\tau^-$)<br>(1-)<br>التاو الالكتروني ($\nu_\tau$)<br>(0) |
|---|---|---|---|
| الكواركات (الشحنة) | الفوق (U)<br>(1/3+)<br>التحت (d)<br>(1/3-) | الفاتن (C)<br>(1/3+)<br>الغريب (s)<br>(1/3-) | العلوي (b)<br>(1/3+)<br>السفلي (t)<br>(1/3-) |

## 3.1 خصائص بعض الجسيمات :

- **الإلكترونات :** هي عبارة على جسيمات أولية تدور في مدارات حول النواة وتحمل شحنة كهربائية سالبة قيمتها المطلقة مساوية تماما لشحنة البروتون $q = -1.6 * 10^{-19}c$ وكتلتها أصغر من كتلة البروتون بحوالي 1840 مرة حيث تبلغ $m_e = 9.10939 * 10^{-31} Kg$ أي 0.000548 وحدة كتلة ذرية.
- **البروتون :** جسيم نووي يحمل شحنة كهربائية مساوية لشحنة الالكترون ولكنها موجبة و تبلغ كتلته وهو ساكن $m_p = 1.67262 * 10^{-27} Kg$ اي 1.007276 وحدة كتلة ذرية.
- **النيترون :** هو جسيم نووي متعادل الشحنة وكتلته في السكون تساوي تقريبا كتلة البروتون وتساوي $m_n = 1.67493 * 10^{-27} Kg$ أي 1.008665وحدة كتلة ذرية.




**الشكل (1.1):** شكل توضيحي لتركيب الذرة

## 4.1 حاملات القوى الطبيعية:

والتي تسمى البوزونات –عددها المغزلي عدد صحيح 1،2.....إلخ وهي عبارة عن فوتونات عديمة الكتلة يتم تبادلها أثناء التفاعلات بين الجسيمات المادة والتي عن طريقها يحصل مختلف تأثير القوى الطبيعية.

ولديها أربعة أنواع:

- الغلوينات : وهي التي تحمل القوى النووية القوية
- البوزون$(w \pm z)$:وهما اللذان يحملان القوى النووية الضعيفة.
- الفوتونات العادية: وهي التي تحمل القوى الكهرومغناطيسية بين الجسيمات المشحونة.
- الغرافيتون: وهو جسيم مايزال افتراضيا حتى الآن ويحمل قوة الجاذبية ويتم تبادلها أثناء تجاذب الكتل.

## 5.1 أنواع القوى الطبيعية:

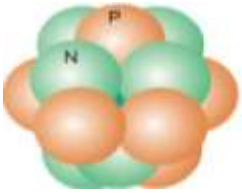
1. **القوى النووية القوية**: وهي القوى التي تربط الجسيمات الأولية للمادة داخل النواة أي تربط بين البروتونات و النيترونات و المكونات الأولية لها المسماة بالكواركات بمختلف أنواعها وأضدادها وهي أشد قوى معروفة وتحمل هذه القوى جسيمات غير مرئية تسمى الغرافيتون.
2. **القوى النووية الضعيفة**: هي قوى ذات مدى ضعيف جدا لا يتعدى حدود الذرة وتساوي $10^{-13}$ من شدة القوى النووية القوية وتقوم بتفكيك بعض الجسيمات الأولية وتحليلها ولهذا فإن هذه القوى تتحكم في عملية إفناء العناصر المسؤولة عن النشاط الإشعاعي، وتحمل هذه القوى جسيمات سالبة الشحنة وتسمى بالبوزونات (Bosons) وهي ناقلة ثقيلة تحمل قوى ضعيفة.
3. **القوى الجاذبية**: هي قوى بعيدة المدى تبلغ شدتها $10^{-39}$ من شدة القوى القوية وهي مسؤولة عن تجاذب الكواكب والنجوم و المجرات في المجموعات مثل المجموعات الشمسية، أما تأثيرها عن الجسيمات الأولية فهو ضعيف ومهمل في معظم الاحيان.
4. **القوى الكهرومغناطيسية**: تبلغ شدتها 1/137 من شدة القوى الشديدة وهي المسؤولة عن ترابط الذرات والجزيئات ويكون مداها أطول من القوى الشديدة وتتناسب شدتها عكسيا مع مربع المسافة بين الجسيمات أي أنها تخضع لقانون التربيع العكسي.

| حاملات القوى | نوع القوة |
|---|---|
| الغلويونات (Gluons) | القوة النووية القوية |
| البوزون (Boson $w \pm z$) | القوة النووية الضعيفة |
| الفوتون (Photon) | القوة الكهرومغناطيسية |
| الغرافيتون (Graviton) | قوة تجاذب |

## 6.1 خصائص النواة:

نرمز لنواة عنصر ما بـرمز ${}^{A}_{Z}X$ حيث : X هو الرمز الكيميائي الموافق للعنصر وZ هو العدد الذري أو الشحني وA هو العدد الكتلي ويكون عدد النيترونات N هو (N=A-Z)

**ملاحظة:**يعطى العدد الكتلي A بوحدة Uma وهي وحدة كتلة الذرة




**شكل (2.1):** شكل توضيحي للنواة.

**العدد الكتلي A :** هو مجموعة البروتونات و النيترونات المكونة لنواة وهو عدد صحيح ويرمز له برمز A .

**العدد الذري Z:** هو عدد البروتونات ويساوي عدد الالكترونات للذرة المتعادلة ويرمز له بالرمز Z ويعين العدد الذري الخصائص الكيمائية للذرة وبالتالي يحدد العنصر.

**النكليونات :** هو اسم يطلق على الجسيمات النووية أي البروتونات والنيترونات ومجموع عددها هو العدد الكتلي إذن فهو مسمى مشترك لكل من البروتونات و النيترونات.

**7.1 النضائر:** تحتوى نواة العنصر الواحد علـى عدد نفسه من البروتونات إلا انها يمكن أن تختلف فيما بينها في عدد النيترونات وهذا يعني أن Z لعنصر واحد لاتتغير في حين يتغير A ويقال في هذه الحالة أن للعنصر الواحد عدة نظائر فمثـلا الهيدروجين له ثلاث نظائر هم: ${}^{3}_{1}H$, ${}^{2}_{1}H$, ${}^{1}_{1}H$

يوجد لكـل عنصر نظائر تصل أحيانا إلى أكثر من 50 نظير، تكون نوى بعض العناصر مستـقرة بينما أنواع أخرى غير مستقرة وقابلة للتفكك بإصدار إشعاع $\alpha, \beta, \gamma$ ويتواجد العنصر في الطبيعة على شكل خليط لبعض نظائر بنسب مختلفة مثل: ${}^{238}U(99.27\%)$ - ${}^{235}U(0.72\%)$ - ${}^{234}U(0.005\%)$

**الايـزوبارات Isobares :** وهي التي يكون لها نفس العدد A و تختلف في قيمة N وZ

**الايـزوتونات Isotones :** وهي التي يكون لها نفس العدد N و تختلف في قيمة A وZ

**الايـزوتوبات Isotopes :** وهي التي يكون لها نفس العدد Z و تختلف في قيمة A وN

**النوى المتماثلة**: وهي التي لها نفس العدد الكتلي A ولكنها تتعاكس في العدد الذري Z وعدد النيترونات N أي عدد البروتونات في النواة الأولى يساوي عدد النيترونات في الثانية والعكس صحيح مثال: ${}^{17}_{9}F_8$ , ${}^{17}_{8}O_9$

**8.1 الـوحدات المستعملة في الفيزياء النووية:** نستعمل في مادة الفيزياء وحدات النظام الدولي (SI)، أما في الفيزياء النووية فنستعمل وحدات خاصة

فمـثلا: إنتقال الاكترون من مدار إلى أخر هي من رتبة $10^{-19}$ جول هي صغيرة جدا بحيث يصبح غـير

ملائم استعمال واحدات (SI)، ولذا نستبدل وحدة الجول بوحدة خاصة وهي ev

$$1ev = 1.60217 * 10^{-19}\ Joule$$

**وحدة الكـتل الذرية:** بما أن كتـلة الذرة صغيرة جدا فما بالك كتلة النواة، يستحسن استعمال وحدة جديدة والتي تسمى وحدة الكتـل الذرية ونرمز لها ب Uma

$$1Uma \approx 1.66 * 10^{-27} kg \quad \text{و} \quad 1Uma \approx 931.49 \frac{Mev}{c^2}$$

| الكتلة | | | |
|---|---|---|---|
| الجسم | Kg | Uma | $Mev/c^2$ |
| بروتون | $1.67262*10^{-27}$ | 1.007276 | 938.28 |
| نيترون | $1.67493*10^{-27}$ | 1.008665 | 939.57 |
| الالكترون | $9.10939*10^{-31}$ | $5.48579*10^{-4}$ | 0.510999 |
| ذرة ${}^{1}_{1}H$ | $1.67353*10^{-27}$ | 1.007825 | 938.783 |
| نواة ${}^{4}_{2}He$ | $6.64466*10^{-27}$ | 4.001506 | 3727.38 |
| ذرة ${}^{12}_{6}C$ | $1.99265*10^{-27}$ | 12.000000 | 11177.9 |

**9.1 الخصائص الأساسية للنواة:** بينت التجارب مثل تجربة العالم رذرفورد على أن أغلب اقطار الانوية في حدود $10^{-14}$m، بينما قطر الذرة في حدود $1A^0$، كما بين طومسون أن كتلة الإلكترون في ذرة الهيدروجين هي 0.000548579Uma بينما كتلة الذرة $^{12}_{6}C$ هي 12Uma, من القياسات التجريبية للإلكترون عن طريق عناصر الانوية المختلفة فإن كثافة البروتون داخل الانوية تعطى بالعلاقة التالية:

$$f_p(r) = \frac{p_p}{1+e^{(\frac{r-R}{a})}} = \frac{P_{proton}}{(\rho^3)}$$

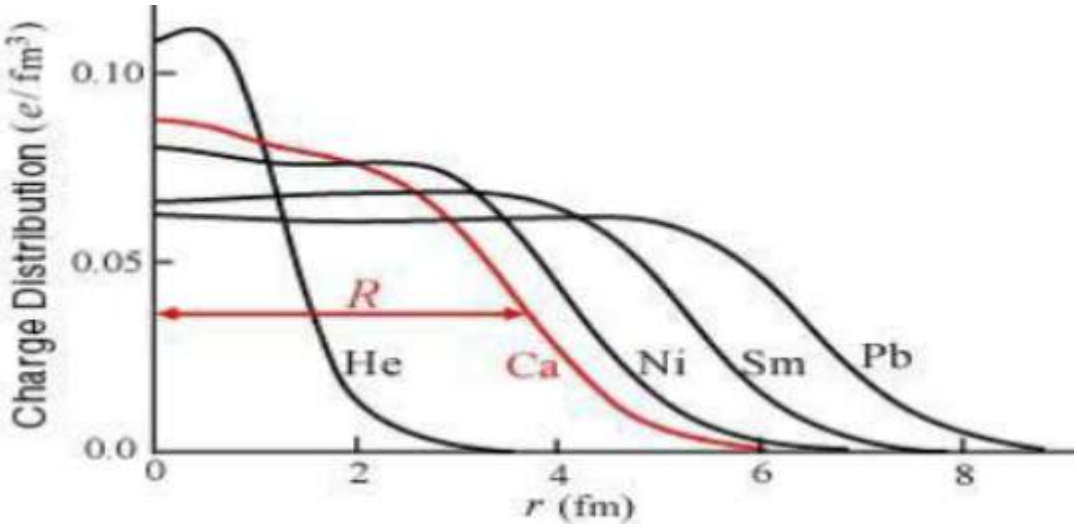
$R$: تمثل قطر النواة $r$: البعد عن مركز النواة $a$: يمثل سمك السطح للمنطقة الخارجية للنواة

ملاحظة:حساب الكثافة يكون صغير جدا بالعلاقة التالية:

$$\iiint \rho_p(r) = Z$$

$$\iiint \rho_n(r) = N$$

$$\frac{\rho_n(r)}{\rho_p(r)} = \frac{N}{Z} = \frac{A-Z}{Z}$$




من خلال المنحنى نجد أن $R$ نصف قطر النواة متناسب مع $A^{1/3}$ بنفس المقدار تقريبا، و $r$ يمثل ثابت التناسب يستبدل ب $r_0 = 1.1fm$ وعليه

نصف قطر النواة تكون بالعلاقة التالية: $R = r_0 A^{1/3}$ وتكون بوحدة $fm$

ملاحظة: $1fm = 10^{-15}m$

ويكون حساب حجم النواة كـالتالي $V=\frac{4}{3}\pi.R^3$ ومنه يعرف $V$ بالعبارة التالية : $V=\frac{4}{3}\pi A r_0^3$

تتكون النواة من مجموعة من النكـليونـات ومنها البروتونـات التي تتنافر مع بعضها البعض بفعل قوى تسمى قوى كـولومب ومع ذلك تبقى النواة مستقرة بفضل القوة النووية القوية التي هي من خصائص النواة.

## 10.1 كثافة النواة وكثافة النكليونات:

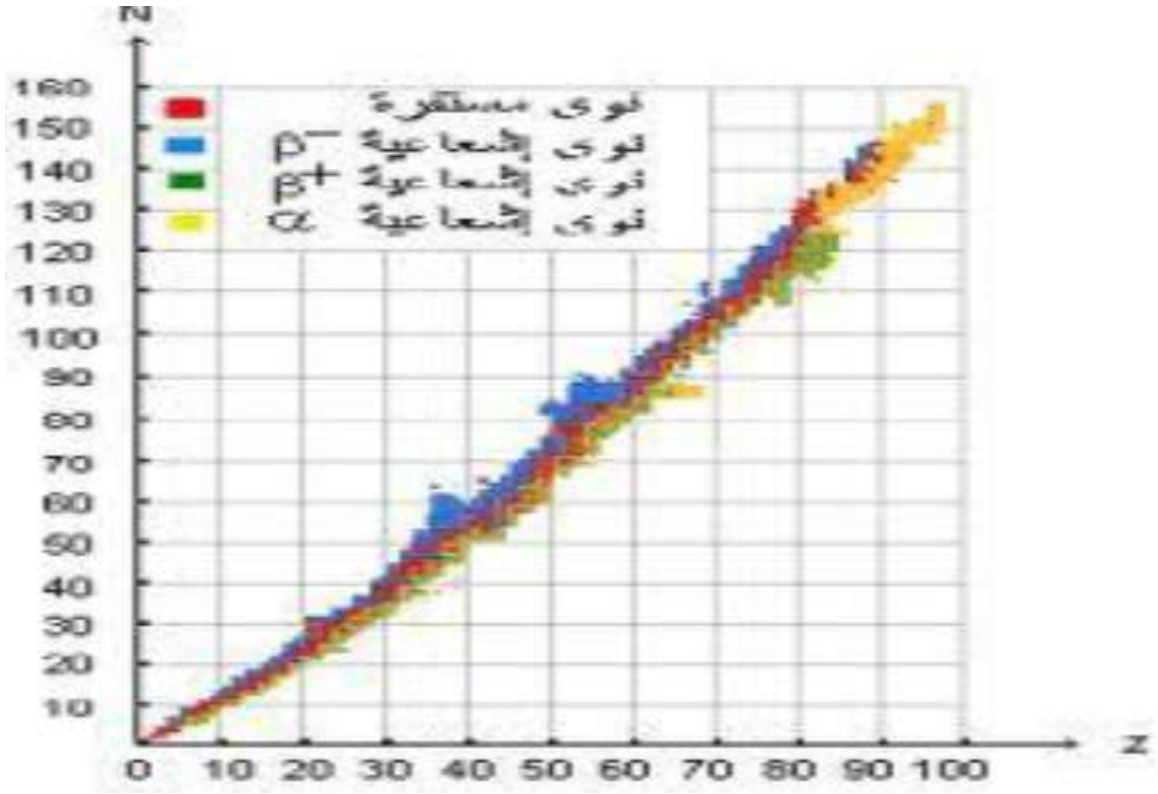
$$f(r)=f_p(r)+f_n(r)=\left[1+\frac{A-Z}{Z}\right]\rho_p(r)=\frac{A}{Z}\rho_p(r)$$

$$f(r)=\frac{\rho}{1+e^{(r-R/a)}}.\frac{nuclion}{(fm)^3} \quad / \quad \rho^0=\frac{A}{Z}\rho_p^0(r)$$

يمثل الجدول كثافة بعض الانوية بدلالة r

| النواة | $^{16}O$ | $^{109}Ag$ | $^{208}Pg$ |
|---|---|---|---|
| R(fm) | 2.61 | 5.33 | 6.65 |
| a(fm) | 0.513 | 0.523 | 0.526 |
| $\rho_0(fm^3)$ | 0.156 | 0.157 | 0.159 |
| $R/A^{1/3}$ | 1.036 | 1.116 | 1.122 |

**11.1 استقرار النواة:** تملك انويه العناصر الخفيفة المستقرة عدد متساوي تقريبا من البروتونات والنيترونات إلا أنه بازدياد كتلة العنصر تزداد نسبة عدد النيترونات على عدد البروتونات وتظهر هذه الحقائق في الشكل




نلاحظ من الشكل أن النقط الواقعة على المنطقة المتعرجة أو حزم ثابتة تمثل نظائر ثابتة أما النقط خارج هذه المنطقة فتمثل عناصر مشعة فإذا كانت نسبة N/Z للنواة عالية جدا يقال أنها غنية بالنيترونات لذلك يجب أن تمر بالانحلال الإشعاعي الذي يقلل فيه نسبة النيترونات إلى البروتونات لتصل إلى قيمة الاستقرار $(^{N}/_{Z} = 1)$ في هذه الحالة يجب على النواة أن تقلل من قيمة N وتزداد قيمة Z إذ يمكن عمل ذلك بتحويل النيترونات إلى البروتونات وذلك بإنبعاث جسيمات $\beta^-$ لكن عند ظهور البزترون بدل البروتون بإنبعاث جسيمات $\beta^+$ أو امتصاص النواة الالكترون المداري. نلاحظ أن جميع الانوية تكون غير مستقرة تجاه النشاط الإشعاعي بإنبعاث جسيمات ألفا في حين أن البعض تكون غير مستقرة أيضا تجاه إنحلال بيتا.

أي يمكن تقسيم المنحنى إلى ثلاث مناطق:

1-الأنوية التي لها Z=20 هنا تكون النسبة N/Z مستقرة مساوية للقيمة 1 أو 1.1

2-الأنوية التي لها Z=20-83، تزداد نسبة N/Z للأنوية المستقرة للقيمة 1.5، أي أننا نحتاج إلى عدد أكبر من النيترونات لزيادة القوى النووية للجذب حتى تتغلب على قوى التنافر الكولومبية التي تنشأ بين العدد الكبير من البروتونات.

3-الأنوية التي لها Z>83 هنا تزداد القوى الكولومبية بين البروتونات بحيث يستحيل الحصول على أنوية مستقرة للعناصر ذات العدد أكبر من 83.

## 12.1 التمارين المقترحة:

**<u>التمرين الاول</u>**: عين نصف القطر النووي لكل من الانوية التالية $^{64}_{29}Cu$ $^{125}_{53}I$ $^{216}_{64}Po$ $^{4}_{2}He$

ارسم منحنى نصف القطر بدلالة عدد النكليونات A علق على هذا المنحنى.

**التمرين الثاني:** ماهي طاقة التنافر الكولومي بين بروتوني $^{3}_{2}He$ اذا افترضنا ان المسافة بينهما هي نصف قطر نووي ( الجواب ب Mev ).

**التمرين الثالث:** بافتراض ان النواة على شكل كرة نصف قطرها ( R) وشحنتها (+Ze) موزعة بانتظام على حجمها

احسب الطاقة المخزنة الكهربائية Bc بدلالة $A , Z , a_c$

لدينا $a_c = 3e^2/5.4\pi£_0 r_0$ , $R = r_0 A^{1/3}$ , $dBc = dq(v(\infty)-v(r))$.