تم تحميل وعرض المادة من :

موقع واجباتي
www.wajibati.net

موقع واجباتي منصة تعليمية تساهم بنشر
حل المناهج الدراسية بشكل متميز لترتقي بمجال التعليم
على الإنترنت ويستطيع الطلاب تصفح حلول الكتب مباشرة
لجميع المراحل التعليمية المختلفة

GET IT ON Google Play
Download on the App Store

حمل التطبيق من هنا



الفصل 1

الحث الكهرمغناطيسي
Electromagnetic induction

الحث الكهرومغناطيسي :

لم يكن في حسبان احد قبل عام ١٨٣١ م أنه يمكن توليد الكهرباء من غير البطاريات الكيميائية إلا أن اكتشافا لمايكل فاراداي في ذلك العام غير هذا التفكير!!!

فقد وجد العالم فاراداي أنه أذا وضع جزء من سلك حلقة دائرة كهربائية داخل مجال مغناطيسي (لا تحتوي علي مولد) فإنه يتولد تيار كهربائي داخل الدائرة الكهربائية .

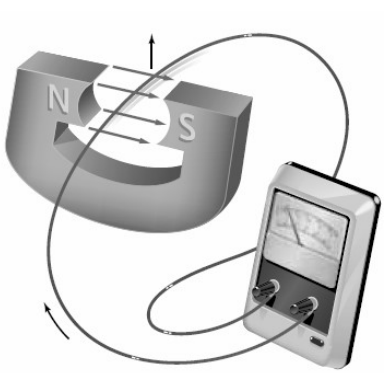
لاحظ أن التيار الكهربائي في السلك لا يتولد إذا كان :

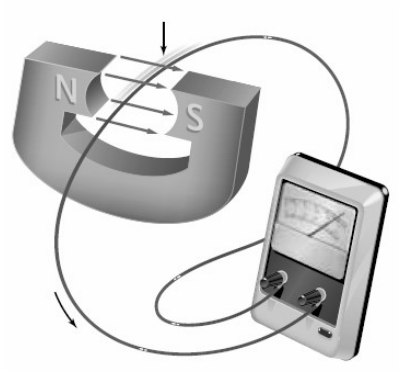
١- السلك ساكنا ٢- تحريك السلك باتجاه موازي للمجال المغناطيسي

بينما يتولد التيار الكهربائي:

١- إذا تحرك السلك إلي أعلى في المجال المغناطيسي فيتولد تيار باتجاه معين

٢- اذا تحرك السلك إلي الأسفل في المجال المغناطيسي فيتولد تيار باتجاه معاكس للإتجاه السابق .





يسمى التيار الكهربائي في هذه الحالة (تيار كهربائي حثي)

القوة الدافعة الكهربائية :

– تعلمنا سابقاً أنه لا يمر تيار كهربائي إلا إذا كانت الدائرة مغلقة وهناك بطارية (وفائدة البطارية أنها تضمن استمرار وجود فرق في الجهد حتى يحدث انتقال للشحنات من الجهد المنخفض إلي الجهد العالي) .

ملاحظات على القوة الدافعة الكهربائية :

– فرق الجهد المبذول من البطارية يسمى القوة الدافعة الكهربائية EMF

– القوة الدافعة الكهربائية هي فرق جهد وليست قوة.

– تسمى القوة الدافعة الكهربائية في تجربة فاراداي بالقوة الدافعة الحثية وتعطى من هذا القانون :

$$EMF = BL\nu(\sin\theta)$$

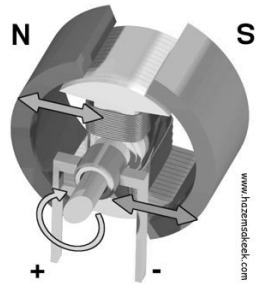
حيث :

EMF / القوة الدافعة الكهربائية ، L / طول السلك ، B / شدة المجال المغناطيسي ،

V / سرعة حركة السلك داخل المجال المغناطيسي ، θ/ زاوية حركة السلك داخل المجال المغناطيسي

③ المولدات الكهربائية :

المولد الكهربائي (الدينامو) يحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية



تركيبه :

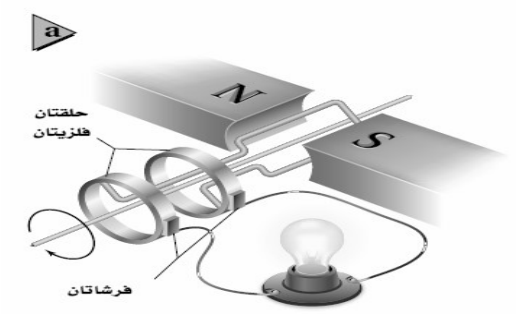
١– ملف نحاسي ملفوف حول قلب معدني قابل للدوران

٢– مغناطيس قوي على شكل حرف U .

طريقة عمله :

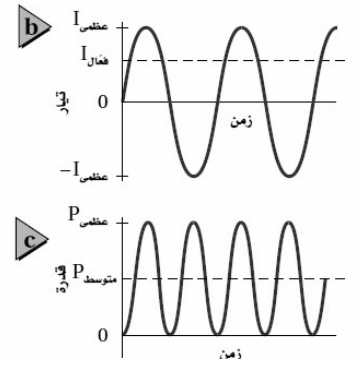
١–يثبت الملف داخل المجال المغناطيسي بحيث يكون حر الحركة .

٢– خلال دورانه يقطع خطوط المجال المغناطيسي فتتولد قوة دافعة كهربية حثية وبالتالي تيار كهربائي حثي

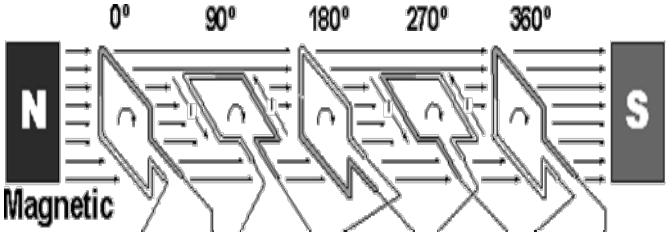


ملاحظات :

- **عند وصل المولد الكهربائي بدائرة مغلقة تنتج القوة الدافعة الكهربائية الحثية تيارا كهربائيا.**
- **تتغير قيمة التيار من قيمة عظمى الى قيمة صغرى كلما اتمت الحلقة دورة كاملة**



- نحصل على اكبر قيمة للتيار عندما تكون حركة الحلقة عمودية على اتجاه المجال المغناطيسي



- مع استمرار الحلقة في الدوران تقل عدد الخطوط التي تمر عبر الحلقة فيقل التيار الكهربائي الى ان تصبح قيمته صفر

وبالتالي يكون التيار أكبر ما يمكن عندما تكون الحلقة بوضع عمودي وأقل قيمة للتيار عندما تكون الحلقة موازي لخطوط المجال المغناطيسي .

أنواع التيارات الكهربائية :

١- التيار المستمر **D.C** :

هو التيار الكهربائي الذي يتدفق بشكل ثابت من القطب السالب إلى الموجب من مصدر توليد التيار الكهربائي .

مثل التيار المتدفق من البطارية الجافة .

٢- التيار المتناوب**A.C** :

هو التيار الذي يتدفق بشكل متناوب من السالب إلى الموجب مرة ومن الموجب إلى السالب مرة أخرى من مصدر توليد الطاقة الكهربائية .

مثل التيار المتدفق من مولد كهربائي .

سمي التيار المتناوب بهذا الاسم لأن الملف الذي يقطع المجال المغناطيسي يغير اتجاهه خلال عملية الدوران مما يعني تغيير اتجاهه في كل مرة يدور فيها الملف نصف دورة وبالتالي يتغير القطب الموجب والسالب في كل مرة .

مولدات التيار المتناوب :

- تسمى المولدات التي يتغير فيها التيار بين صفر وبين قيمة عظمى بمولدات التيار المتناوب .
- يوصف التيار المتناوب والجهد المتناوب بدلالة التيار الفعال والجهد الفعال(أو متوسط الجذر التربيعي **RMS**) بدلا من الإشارة إلى القيمة العظمى لهما حيث:

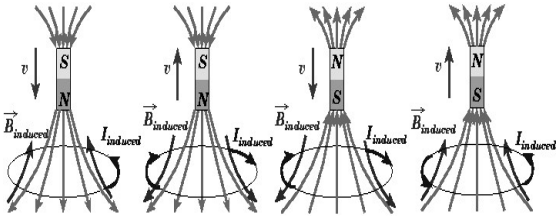
التيار الفعال	الجهد الفعال
$I_{\text{فعّال}} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_{\text{عظمى}}$	$V_{\text{فعّال}} = (\frac{\sqrt{2}}{2}) V_{\text{عظمى}} = 0.707\, V_{\text{عظمى}}$

قانون لنز :

اتجاه التيار الحثي يعاكس المجال المغناطيسي الذي سببه .

تفسير قانون لنز :

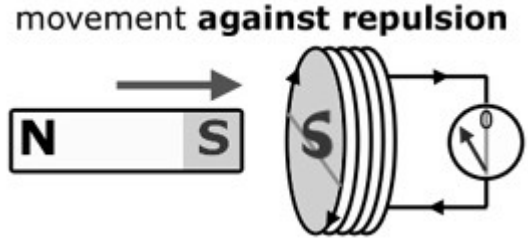
من الشكل المقابل :



إذا قرب القطب الشمالي لمغناطيس لملف تتولد قوة دافعة كهربية حثية في الملف تمانع اقتراب القطب الشمالي بحيث يصبح طرف الملف قطبا شماليا أيضا وبالتالي يمنع تزايد التيار التأثيري كذلك الأمر يحدث بالنسبة للقطب الجنوبي.

ممانعة التغير : (تطبيق قانون لنز) :

في الشكل المقابل :



عند تقريب قطب جنوبي لمغناطيس من الطرف الأيسر لملف

↓

يتغير المجال المغناطيسي

↓

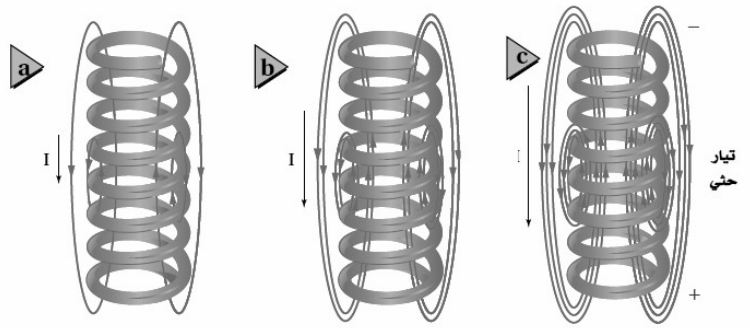
فيتولد تيار حثي يعاكس هذا التغير تبعاً لقانون لنز

↓

أي سيصبح الطرف الأيسر للملف قطب جنوبي

② الحث الذاتي :

في الشكل المقابل لاحظ أن التيار من a إلى b إلى c يتزايد في السلك وبالتالي فإن المجال المغناطيسي يتزايد معه فيتولد قوة دافعة كهربائية عكسية تولد تيارا حثيا يقاوم تغيرات التيار الذي أحدثه وتسمى هذه الظاهرة بالحث الذاتي .



المحولات الكهربائية :

الغرض منه

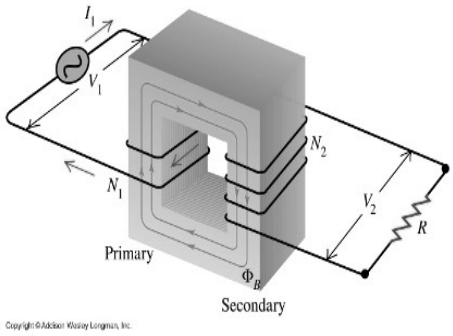
تغير قيمة الجهد الكهربائي إما زيادة (يسمى محول رافع للجهد) أو نقصاً (ويسمى خافض للجهد)

تركيبه

١) ملفان أحدهما ابتدائي والآخر ثانوي. احدهما عدد لفاته أكثر من الآخر.

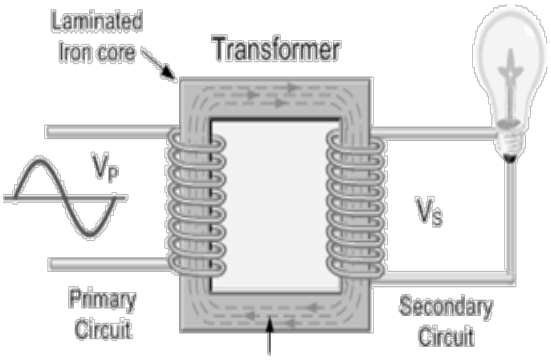
٢) الملف المتصل بالمصدر الكهربائي يسمى الملف الابتدائي والملف المتصل بالجهاز يسمى الملف الثانوي.

٣) قلب حديدي ، و يكون الملف الثانوي في جانب والملف الابتدائي في الجانب.



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

مبدأ عمله :



١- يتم توصيل الملف الابتدائي بمصدر للتيار المتناوب .

٢- ينشأ عن تغير التيار مجال مغناطيسي متغير .

٣- ينقل هذا التغير عبر القلب الحديدي إلى الملف الثانوي .

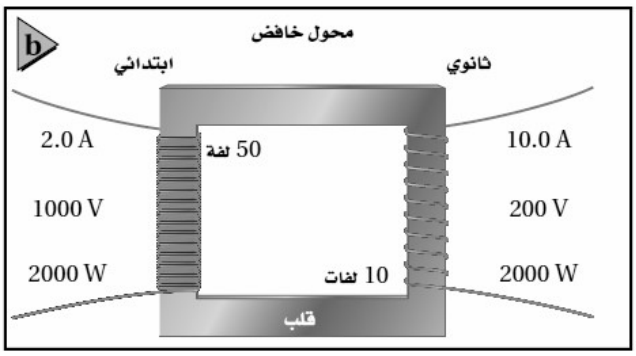
٤- تتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثيه .

٥- يسمى هذا التأثير بالحث المتبادل .

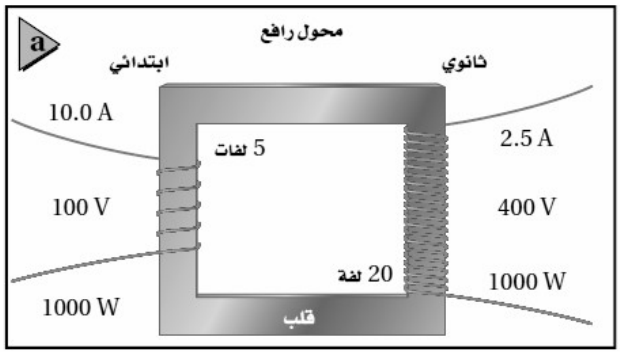
قانون المحول الكهربائي :

$$\frac{\text{الجهد الثانوي}}{\text{الجهد الإبتدائي}} = \frac{\text{عدد لفات الملف الثانوي}}{\text{عدد لفات الملف الابتدائي}} \longleftarrow \frac{I_s}{I_p} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

أنواع المحولات :



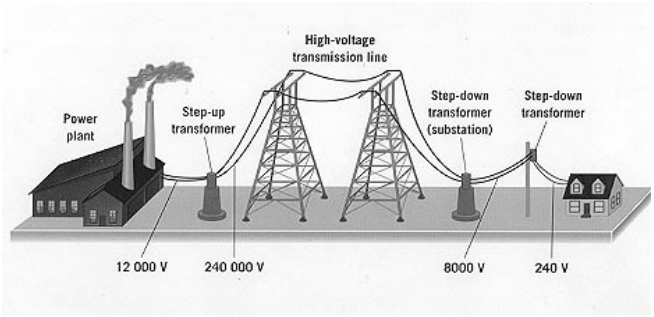
١- محول خافض للجهد إذا كان الجهد الابتدائي اكبر من الجهد الثانوي



٢- محول رافع للجهد إذا كان الجهد الثانوي اكبر من الجهد الابتدائي

الاستعمالات اليومية للمحولات الكهربائية:

تستخدم المحولات الرافعة للحصول على جهود كهربائية قد تصل إلى 480000 فولت وعندما تصل إلى المستهلك تستخدم محولات خافضة لتزويده بجهود منخفضة تناسب الأجهزة المنزلية



الفصل 2

الكهرومغناطيسية
Electromanetism

الموجات الكهرومغناطيسية

- **تتكون من مجالات كهربائية ومغناطيسية تنتشر في الفضاء**
- **سبب نشأة الموجات الكهرومغناطيسية هو (حركة الإلكترون) ، لأن شحنة الإلكترون تنتج مجالات كهربائية ومجالات مغناطيسية .**

① كتلة الإلكترون :

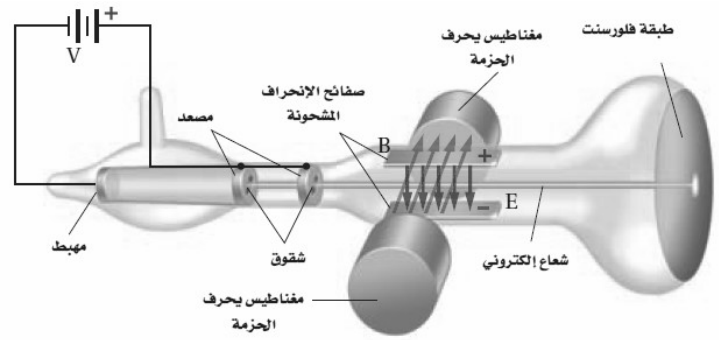
كيف يمكن قياس كتلة جسم صغير جداً لا يمكن رؤيته بالعين المجردة ولا يمكن قياسه حتى بأكثر الموازين الحساسة ؟

تطلب الحل سلسلة من الاكتشافات

١- العالم روبرت مليكان كشف أول السلسلة حيث تمكن تعليق قطرة الزيت داخل مجال كهربائي وموازنتها ليتمكن من قياس شحنة الإلكترون $q = 1.602 \times 10^{-19}$

٢- ثم تمكن العالم طومسون من تحديد نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته q/m

٣- ومن شحنة الإلكترون ونسبة الشحنة للكتلة تم حساب كتلة الإلكترون



تجارب طومسون مع الالكترونات :

– استخدم أنبوب أشعة المهبط

– وهو جهاز يولد حزمة الكترونات

ومن الجهاز قاس النسبة بين شحنة الإلكترون إلى كتلته

١- تنبعث الالكترونات من المهبط وتتسارع نحو المصعد

٢- تمر بعض هذه الالكترونات من خلال شقوق موجودة في المصعد لتشكل حزمة ضيقة

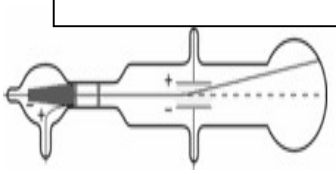
٣- عندما تصل هذه الالكترونات إلى نهاية الأنبوب تصطدم بطلاء فلورسنت فتسبب توهجها

إذا مرت حزمة الالكترونات بمجال كهربائي :

يتم توليد المجال الكهربائي عن طريق صفيحتين مشحونتين متعامدة مع اتجاه حزمة الالكترونات

ينتج المجال الكهربائي قوة تؤثر على الالكترونات تسبب انحرافها نحو الصفيحة الموجبة ومقدارها

q E



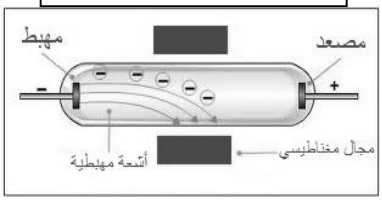
إذا مرت حزمة الالكترونات بمجال مغناطيسي :

ينتج المجال المغناطيسي عن طريق مغناطيسيين كهربائيين .

اتجاهه متعامد على كلاً من اتجاه الحزمة و المجال الكهربائي

ينتج المجال المغناطيسي قوة تؤثر على الالكترونات تسبب انحراف الالكترونات نحو الأسفل ومقدارها

BqV



يمكن تعديل المجالين الكهربائي والمغناطيسي بحيث تسلك حزمة الالكترونات مساراً مستقيماً دون أن ينحرف عندما تكون القوة المغناطيسية مساوية للقوة الكهربائية

أي **BqV=q E** **وبحل المعادلة لحساب v**

$$v = \frac{Eq}{Bq} = \frac{E}{B}$$

إذا فصل المجال الكهربائي :

تبقى القوة الناتجة عن المجال المغناطيسي فقط

اتجاه هذه القوة عمودي على اتجاه حركة الالكترونات مما يؤدي انحرافاً فتسلك الالكترونات مساراً دائريا نصف قطرة r

ومن قانون نيوتن الثاني للحركة تصبح القوة المغناطيسية

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

من هذا القانون نحسب كتلة الإلكترون بالمعادلة :

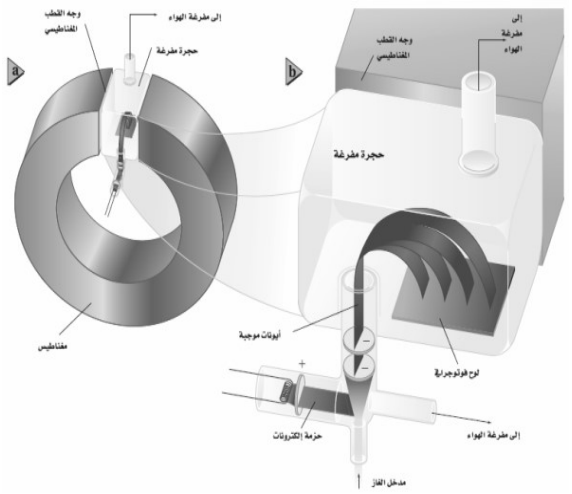
$$\mathbf{m = \frac{q\ B\ r}{v}}$$

حيث v هي سرعة الالكترونات

r هي نصف قطر مسار الالكترونات

ومن هذا القانون حسب طومسون كتلة الإلكترون $\mathbf{m = 9.11 \times 10^{-31}\ kg}$

② مطياف الكتلة :



لاحظ العالم طومسون عندما وضع غاز النيون في أنبوب الأشعة المهبطية توهج نقطتين مضيئتين على الشاشة بدلا من نقطة واحدة

و استنتج أن الذرات المختلفة من العنصر نفسه لها الخصائص كيميائية متماثلة لكن لها كتل مختلفة

النظير هو أشكال مختلفة من الذرة لها الخصائص كيميائية متماثلة لكن لها كتل مختلفة

إذن مطياف الكتلة هو جهاز مشابهة لأنبوب أشعة المهبط ولكن يستخدم لدراسة النظائر وحساب كتلة الايونات

نسبة شحنة الأيون إلى كتلته في مطياف الكتلة:

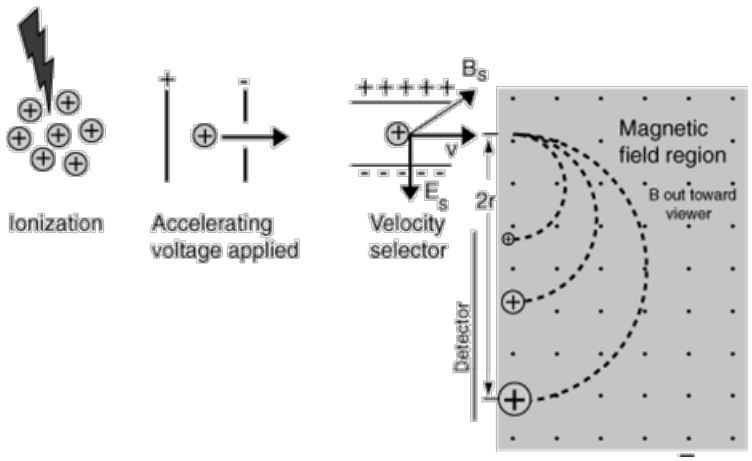
$$m = \frac{B^2 r^2 q}{2V}$$

حيث V هي فرق الجهد الكهربائي

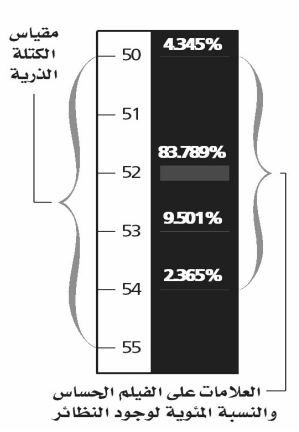
r هي نصف قطر المسار الدائري للايون

ملاحظة :

في بعض أنواع مطياف الكتلة يوضع أفلام فوتوغرافية تاركة نقطة (علامة) ومنه يمكن قياس قطر مسار الايون بسهولة (يمثل المسافة بين الثقب والعلامة على الفيلم) ومنه نحسب نصف القطر r وهو نصف المسافة المقيسة



تحليل النظائر :



يوضح الرسم العلامات على الفيلم الحساس لعنصر الكروم :

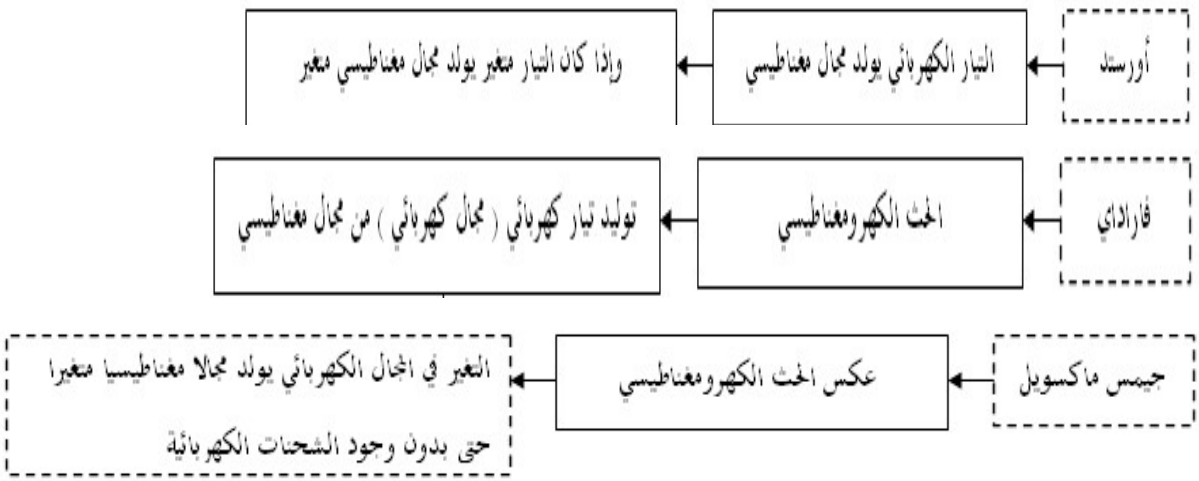
- عدد العلامات الظاهرة في الفيلم أربع علامات ويدل ذلك على أن العينة تحتوي على أربع نظائر للكروم

- يدل عرض العلامة على مدى توافر النظير في العينة .

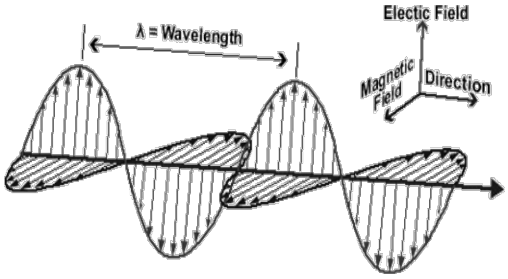
– لمطياف الكتلة استخدامات أخرى مثل فصل عينة من اليورانيوم إلى النظائر المكونة لها كما يستخدم لتحديد اثر كميات الجزيئات في عينة ما كما في العلوم البيئية أو الجنائية

*** الموجات الكهرومغناطيسية :**

سلسلة من الانجازات :



تعريفها : هي مجالان كهربائي و مغناطيسي منتشران معاً في الفضاء .



. خصائص الموجات الكهرومغناطيسية :

١ . سرعة الموجات الكهرومغناطيسية تساوي ($3x10^8$ m/s) وهي نفسها سرعة الضوء (c)

٢ . ترتبط كلا من الطول الموجي للموجة الكهرومغناطيسية وترددها و سرعتها بالعلاقة:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

. وحدات القياس :

في هذه المعادلة يقاس الطول الموجي λ بوحدة m، وتقاس السرعة v بوحدة m/s، ويقاس التردد f بوحدة Hz.

*** انتشار الموجات الكهرومغناطيسية خلال مادة :**

تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية خلال بعض المواد مثل سقوط أشعة الشمس على كأس زجاجية بها ماء

. تكون سرعة الموجات الكهرومغناطيسية خلال اتلمواد اقل من سرعتها في الفراغ .

ويمكن حسابها من خلال العلاقة التالية :

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}}$$

. ثابت العزل الكهربائي النسبي (k) :

K=1.00000 في الفراغ ، وفي الهواء K=1.00054

****

. انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء :

. الهوائي هو سلك بمصدر تيار متناوب مصمم لبث واستقبال الموجات الكهرومغناطيسية

يولد المصدر المتناوب فرق جهد متغير في الهوائي الذي يهتز بتردد مساوي لتردد التيار المتناوب

⇩

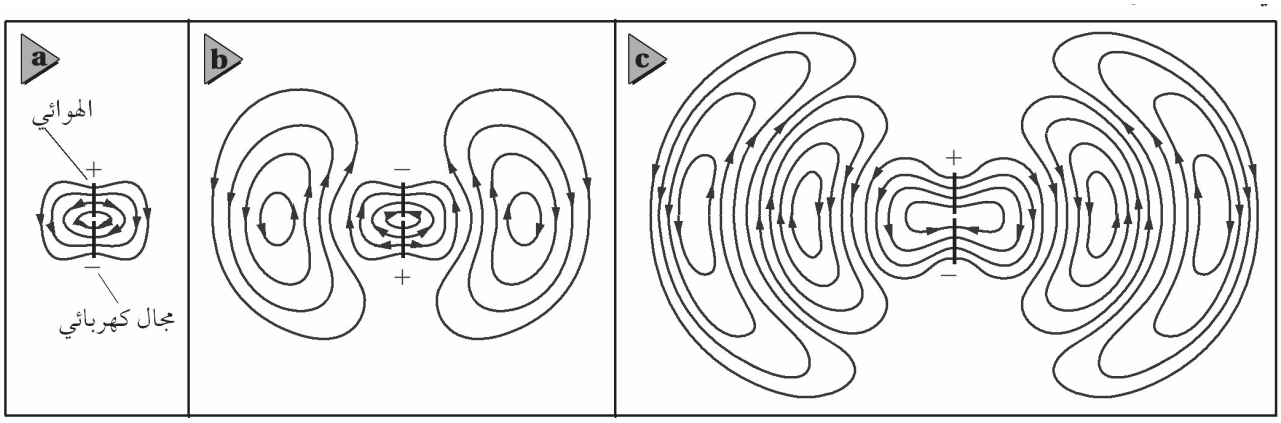
يولد فرق الجهد المتناوب مجالا كهربائيا متغيرا مماثلا . ينتشر ويبتعد عن الهوائي

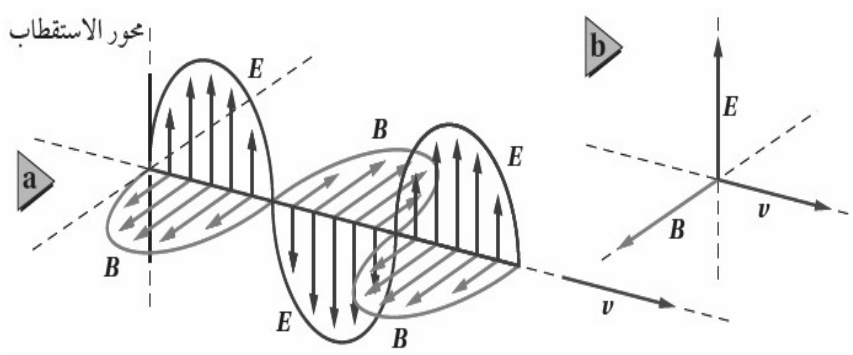
⇩

المجال الكهربائي المتغير يولد مجالا مغناطيسيا متغيرا اتجاهما متعامدان

⇩

ينشأ عن ترابط المجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية معاً موجات كهرومغناطيسية تنتشر في الهواء





المجال الكهربائي

يتذبذب باتجاه الأعلى والأسفل

المجال المغناطيسي

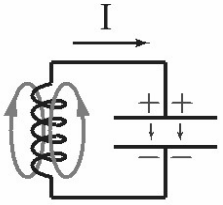
يتذبذب بزوايا قائمة مع المجال الكهربائي

وكلا المجالين متعامدين على اتجاه انتشار الموجة

****

*** توليد الموجات الكهرومغناطيسية :**

نستخدم ملف ومكثف كهربائي متصلين مع بعض على التوالي.



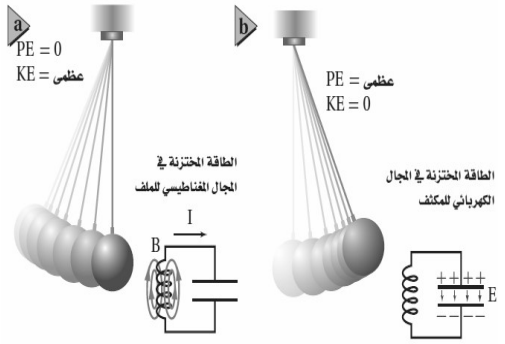
– يتم شحن المكثف عن طريق بطارية. وهذا يؤدي إلى وجود فرق جهد بين لوحي المكثف فينتج مجال كهربائي

– عند فصل البطارية يفقد المكثف شحنه عن طريق تدفق الالكترونات المختزنة فيه خلال الملف مولدا مجال مغناطيسي .

يتم توصيل هوائي بالمكثف لنقل المجالات المتولد لنقل هذه المجالات في الفضاء

الطاقة في دائرة المكثف والملف :

يمكن تشبيه ما يحدث في دائرة المكثف والملف بالدورات الاهتزازية في البندول البسيط وتحولات الطاقة ما بين طاقة حركية وطاقة وضع

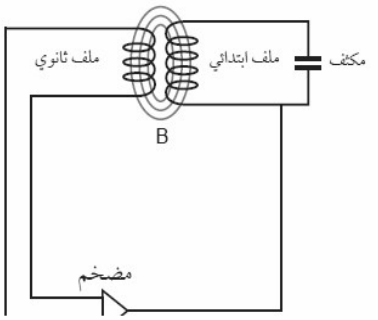


وكما أن الطاقة الكلية في البندول مقدار ثابت فإن مجموع طاقتي المجالين الكهربائي والمغناطيسي والطاقة الحرارية في الأسلاك والطاقة المحمولة بعيداً بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية مقدار ثابت

تسمى الطاقة التي تحمل أو تشع علي شكل موجات كهرومغناطيسية (الإشعاع الكهرومغناطيسي)

*** كيف يمكن المحافظة على الاهتزازات في البندول وفي دائرة الملف والمكثف ؟**

– يتوقف البندول البسيط المتأرجح إذا ترك وحدة بسبب مقاومة الهواء وبنفس الطريقة يحدث للذبذبات الناتجة عن دائرة الملف والمكثف بسبب مقاومة الدائرة الكهربائية .



كيف يمكن المحافظة على الاهتزازات ؟

١- في البندول عن طريق التأثير بدفعات خفيفة في أوقات مناسبة لان ذلك سيحافظ على على تأرجح البندول واستمراره في الاهتزاز

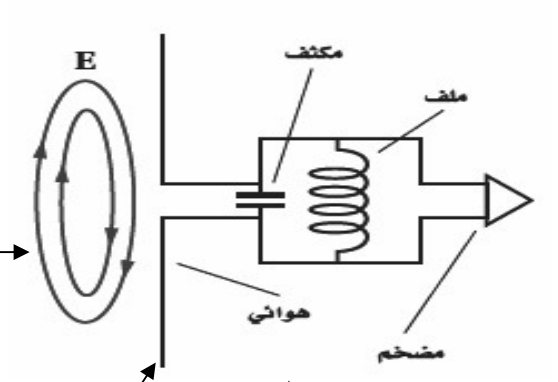
٢- في دائرة الملف والمكثف بتزويد الدائرة بنبضات جهد بترددات مناسبة سيحافظ على استمرار حدوث الاهتزازات في الدائرة ويتم ذلك عن طريق إضافة ملف آخر إلى الدائرة لتشكيل محول كهربائي.

الموجات الناتجة :

يمكن زيادة تردد الاهتزاز الناتج بواسطة دائرة الملف والمكثف عن طريق تقليل حجم كل من الملف والمكثف المستخدمين .

استقبال الموجات الكهرومغناطيسية :

يتم استقبال الموجات الكهرومغناطيسية عن طريق هوائي



تعمل المجالات الكهربائية للموجات في تسارع الكترونات المادة المكونة للهوائي

يتذبذب فرق الجهد بين طرفي الهوائي بتردد الموجة الكهرومغناطيسية نفسه ويصبح الجهد قيمة عظمى عندما يكون طوله يساوي نصف الطول الموجي للموجة التي يراد التقاطها

يكون اتجاه الهوائي موازيا لاتجاه المجالات الكهربائية للموجة وذلك حتى يكون مقدار التسارع اكبر ما يمكن

*** اختيار الموجات :**

– جميع الموجات الكهرومغناطيسية لها خصائص الموجات وهي الانعكاس و الانكسار و الحيود ولذلك تعكس الأطباق اللاقطة الموجات الكهرومغناطيسية تماما كما تعكس المرايا موجات الضوء المرئي

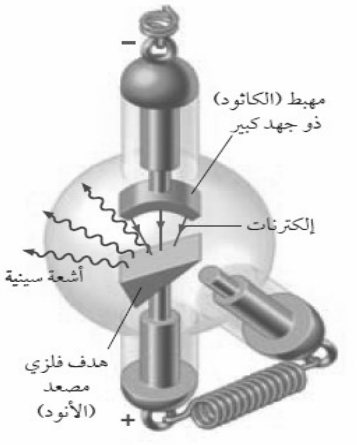
– تكون مساحة سطح الطبق اللاقط كبيرة لجمع الموجات وتركيزها على قطعة أو جهاز يسمى اللاقط

– لاختيار موجات من محطة ذات تردد معين ورفض باقي الموجات نستخدم قطعة تسمى الموالف وهو دائرة مكثف وملف متصلة بالهوائي وتعدل السعة الكهربائية للمكثف حتى يصبح تردد الدائرة مساويا لتردد الموجة المطلوبة .

الأشعة السينية X :

مكتشفها : اكتشفها العالم وليام رونتجن

سبب تسمية الأشعة السينية : لعدم المعرفة بطبيعة هذه الأشعة الغريبة



طريقة إنتاجها :

تنبعث عند اصطدام الكترونات ذات طاقة كبيرة بهدف فلزي داخل أنبوب الأشعة السينية ويمكن تغيير الهدف لإنتاج أشعة سينية ذات أطوال موجية مختلفة .

خصائص الأشعة السينية :

الأشعة السينية هي موجات كهرومغناطيسية ذات تردد كبير و سرعة كبيره جدا .

الفصل 3

نظرية الكم
Quantun Theory

مقدمة :

تم إثبات صحة نظرية الموجات الكهرومغناطيسية لماكسويل عن طريق تجارب العالم هيرتز عام ١٨٨٩ م وقد اعتبر الضوء موجة كهرومغناطيسية وتم تفسير اغلب الظواهر البصرية ومنها التداخل و الحيود والاستقطاب

ولكن وعلى الرغم من ذلك بقيت بعض المشكلات بحاجة إلى حل لان ما أشارت إليه نظرية ماكسويل هو أن الضوء موجة كهرومغناطيسية فقط ولم تستطع هذه النظرية تفسير بعض الظواهر الهامة ومنها :

١- الطيف المنبعث من جسم ساخن

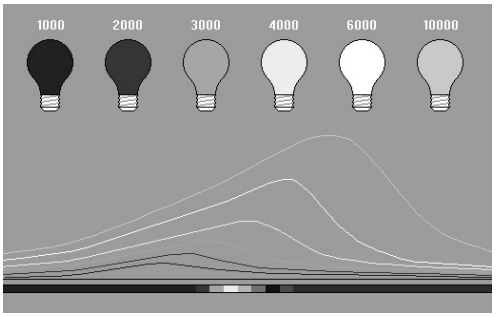
٢- تفريغ الجسيمات المشحونة من سطح معدن عند سقوط أشعة ضوئية عليها

وسندرس هاتين الظاهرتين اللتين تثبتان أن للضوء خصائص جسيمية إضافة إلى خصائصه الموجية

① الإشعاع من الأجسام المتوهجة :

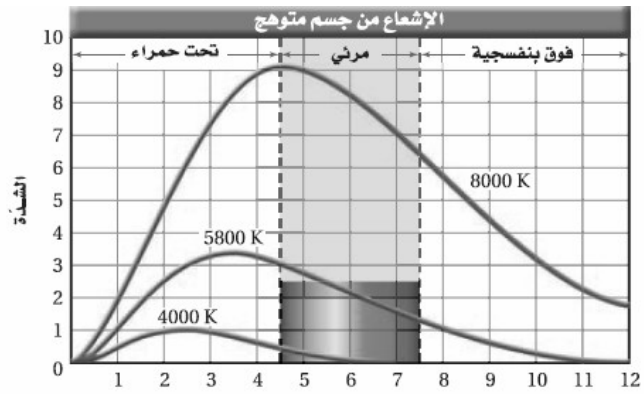
عند تسخين جسم (مثل المصباح المتوهج) تبعث الجسيمات المتوهجة في فتيلة المصباح الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء والذي يحدث للون فتيلة المصباح عند زيادة درجة الحرارة هو تغيره من الأحمر إلى البرتقالي إلى الأصفر إلى الأبيض وسبب تغير اللون هو تغير التردد بتغير درجة الحرارة

عند النظر إلى المصباح عن طريق محزوز حيود فانه يمكن مشاهدة ألوان الطيف المرئي(ألوان قوس قزح) كما يبعث ألوان تحت حمراء وفوق بنفسجية لا يمكن أن نراها



يسمى الرسم البياني التالي بترددات طيف الانبعاث :

طيف الانبعاث : هو شدة الضوء المنبعث من جسم ساخن ويحتوي على مدى من الترددات



ماذا نستفيد من الرسم البياني :

١- عند كل درجة هناك تردد تنبعث عنده كمية عظمى من الطاقة .

٢- كلما زادت درجة الحرارة فإن التردد الذي تنبعث عند القيمة العظمى من الطاقة يزداد.

٣- إذن القدرة الكلية المنبعثة من جسم ساخن تزداد بازدياد درجة حرارته.

تتناسب القدرة (الطاقة المنبعثة في الثانية) للموجات الكهرومغناطيسية طرديا مع درجة حرارة الجسم الساخن بوحدة الكلفن مرفوعة للقوة الرابعة أي $P \propto T^4$

أحد أسباب ظهور الفيزياء الحديثة ونظرية الكم :

لأن النظرية الكهرومغناطيسية لماكسويل غير قادرة علي تفسير شكل الطيف السابق وقد حاول الكثير من الفيزيائيين تفسيرها باستخدام النظريات للفيزياء الكلاسيكية ولكنها فشلت .

في عام 1900 م وجد الفيزيائي ماكس بلانك أن باستطاعته حساب الطيف اعتماداً علي فرضية ثورية

نظرية العالم بلانك

١- أن الذرات غير قادرة علي تغير طاقتها بشكل مستمر وأفترض أن طاقة اهتزاز الذرات في الجسم الصلب لها ترددات محددة وحسبها من المعادلة

$$E = nhf$$

في المعادلة أعلاه، يمثل f تردد اهتزاز الذرة، و h ثابت بلانك ومقداره $6.626\times10^{-34}\ \mathrm{J/Hz}$،
و n عدد صحيح مثل ... 0,1,2,3.

$n = 0:\ E = (0)\ hf = 0$
$n = 1:\ E = (1)\ hf = hf$
$n = 2:\ E = (2)\ hf = 2\ hf$
$n = 3:\ E = (3)\ hf = 3\ hf$ وهكذا

٢- اقترح بلانك أن الذرات لا تشع دائماً موجات كهرومغناطيسية عندما تكون في حالة اهتزاز وإنما تبعث إشعاعا عندما تتغير طاقة اهتزازها مثلاً

فإذا تغيرت طاقـة اهتزاز ذرة مثلاً مـن $3\ hf$ إلى $2\ hf$ فإن الذرة تبعث إشعاعًا. والطاقة المنبعثة تساوي التغير في طاقة اهتزاز الذرة، وهي تساوي hf في هذه الحالة.

② ظاهرة التأثير الكهروضوئي :

من التحديات التي واجهها الفيزيائيون وتتعلق ببعض النتائج العملية التي لا يمكن تفسيرها عن طريق النظرية الموجية لماكسويل ظاهرة التأثير الكهروضوئي.

التأثير الكهروضوئي هو :

انبعاث الالكترونات عند سقوط إشعاع كهرومغناطيسي مناسب على جسم .

الخلية الضوئية:

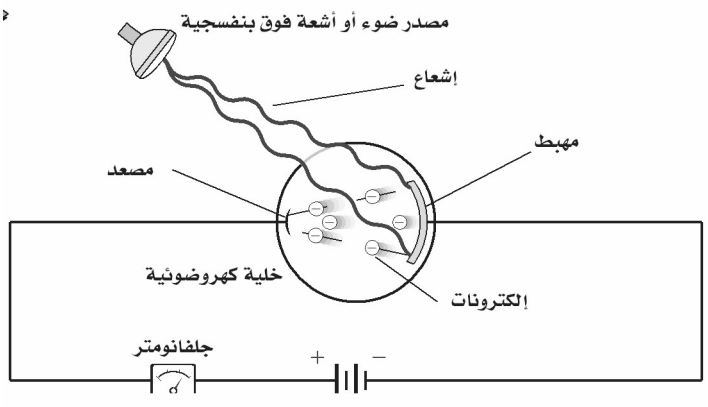
يتم دراسة ظاهرة التأثير الكهروضوئي باستخدام جهاز الخلية الضوئية.

تركيبها :

تتكون من قطبين الأكبر هو المهبط ويطلى بمادة السيزيوم والأصغر هو المصعد ويصنع من سلك رفيع.

طريقة عملها /

يسري تيار في الدائرة إذا سقط شعاع مناسب على المهبط حيث يمر تيار كهربائي يمكن قياسه بواسطة الأميتر وذلك لان الشعاع الضوئي قد تمكن من تحرير الكترونات من المهبط .



تردد العتبة f_o

هو أدنى تردد للفوتون يلزم لتحرير الإلكترون من سطح المعدن

إذا كان تردد الشعاع اكبر من أو يساوي من تردد العتبة تتحرر الالكترونات وبالتالي يمر تيار كهربائي وإذا زادت شدة الشعاع الساقط زاد تدفق الالكترونات.

إذا كان تردد الشعاع اقل من تردد العتبة لا تتحرر الالكترونات وبالتالي لا يمر تيار كهربائي مهما كانت شدة الشعاع الساقط.

كيف تفسر النظرية الكهرومغناطيسية القديمة التأثير الكهروضوئي ؟

بناءا على النظرية الكهرومغناطيسية فان المجال الكهربائي يحرر الالكترونات من المعدن و يسرعها وترتبط شدة المجال الكهربائي مع شدة الإشعاع ولذلك فان الكترونات المعدن يمكن أن تمتص طاقة من مصدر ضعيف الشدة (خافت)لفترة زمنية طويلة جدا لتكتسب طاقة كافية لتحررها . ولكن ذلك غير صحيح فقد بينت المشاهدات العملية أن الالكترونات تنطلق مباشرة حتى عندما يسقط على المعدن إشعاع ذو شدة منخفضة وتردد مساو أو اكبر من تردد العتبة.

تفسير ظاهرة التأثير الكهروضوئي :

نظرية اينشتاين أن الضوء والأشكال الأخرى من الموجات الكهرومغناطيسية تتكون من حزم مكماة ومنفصلة من الطاقة سميت بالفوتونات وتعتمد طاقة الفوتون علي تردده

طاقة الفوتون $E = hf$

في المعادلة أعلاه تمثل f التردد بوحدة Hz، و h ثابت بلانك.

وحدة الطاقة في المعادلة السابقة تقاس الطاقة بوحدة (الجول) ولأنها وحدة طاقة كبيرة جداً لاستخدامها في النظام الذري فإنها تستبدل بوحدة الإلكترون فولت . ويرمز لها بالرمز (ev) حيث

$$1\,\text{eV} = 1.60 \times 10^{-19}\,\text{J}$$

قانون طاقة الفوتون بوحدة الإلكترون فولت

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(1240\ \text{eV.nm})}{\lambda}$$

تفسير تردد العتبة :

إذا كان تردد الفوتون $\leq$ تردد العتبة f_0

أي طاقة الفوتون $\leq h f_0$

يتحرر الإلكترون

إذا كان الإشعاع أكبر من f_0 فإن له طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون فتتحول الطاقة الزائدة إلي طاقة حركية للإلكترونات المتحررة

إذا كان تردد الفوتون $>$ تردد العتبة f_0

أي طاقة الفوتون $> h f_0$

لا يتحرر الإلكترون

الطاقة الحركية لإلكترون كهروضوئي (متحرر)

$$KE = hf - hf_o$$

KE الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر

f تردد الفوتون الساقط على الجسم

f_o تردد العتبة للجسم

③ تأثير كومبتون :

نلاحظ مما سبق بالرغم من أن الفوتون ليس له كتلة إلا أن له طاقة حركية تماماً كالجسيمات

واقترح اينشتاين أن الفوتون يجب أن يكون له خاصية جسيميه أخرى وهي الزخم (P)

$$p = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

تجربة العالم آرثر كومبتون :

اختبرت تجارب الفيزيائي الأمريكي كومبتون عام ١٩٢٢ م نظرية اينشتاين.

خطوات التجربة :

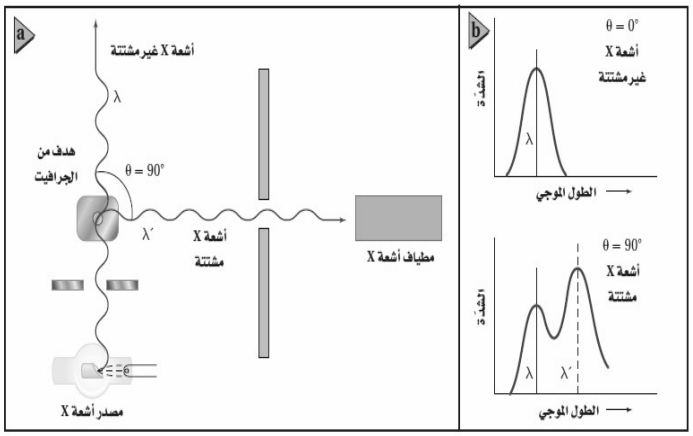
كما في الرسم سلط أشعة X بأطوال موجية معلومة علي هدف من الجرافيت وقاس الأطوال الموجية لأشعة X التي شتتها الهدف فلاحظ :

١- أن بعض الأشعة لم يتغير طولها الموجي (طاقتها لم تتغير)

وهذه الأشعة لم تتشتت بل تحركت بزاوية $\Theta = 180$

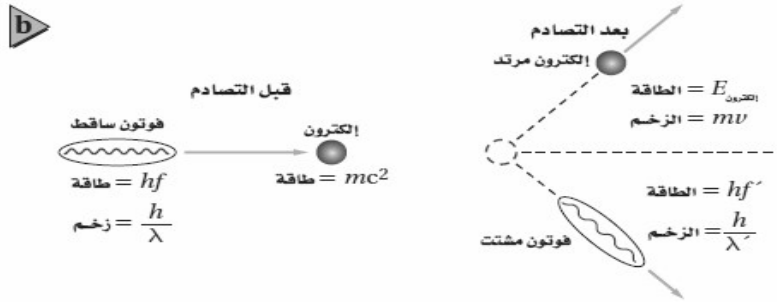
٢- وأصبح لبعضها طول موجي اكبر مما لأشعة X الساقطة

(طاقتها أصبحت اقل) وهذه الأشعة تشتت بزاوية $\Theta = 90$



المشاهدة:

ومن العلاقة بين طاقة الفوتون والطول الموجي فإن الزيادة في الطول الموجي الذي لاحظه كومبتون تعني أن فوتونات أشعة X قد فقدت طاقة و زخما . وتسمى الإزاحة في طاقة الفوتونات المشتتة (تأثير كومبتون)وهي صغيرة جداً



تفسير ملاحظة العالم كومبتون :

أن فوتونات أشعة X اصطدمت بالالكترونات الموجودة في الجرافيت ونقلت الطاقة والزخم أليها مثل التصادمات المرنة التي تحدث في كرات البلياردو.ووجد عملياً أن الطاقة والزخم اللذين تكتسبهما الالكترونات = الطاقة والزخم اللذين يفقدهما الفوتون

النتيجة التي استنتجها كومبتون :

أن الفوتونات تحقق قانوني حفظ الزخم والطاقة عندما تصطدم بجسيمات أخرى

① موجات دي برولي:

– من قانون زخم الجسيم $p = mv$.

– من قانون زخم الفوتون $p = h/\lambda$

بمساواة المعادلتين نحصل علي مقدار الطول الموجي λ ويسمى طول موجة دي برولي

$$p = mv = \frac{h}{\lambda}$$

وبناء علي نظرية دي برولي فإن الجسيمات مثل الالكترونات و الفوتونات لها خصائص موجية مثل الحيود والتداخل

ملاحظة :

أن الطبيعة الموجية للأجسام التي تراها وتتعامل معها يوميا لا يمكن ملاحظتها لان أطوالها الموجية قصيرة جدا .

② الجسيمات والموجات :

س: هل الضوء جسيم أو موجة ؟

تشير الدلائل إلى أن كلا من النموذج الجسيمي والنموذج الموجي يلزمان لتفسير سلوك الضوء .

س: كيف يمكن تحديد موقع جسيم ؟

١- أن تلمس هذا الجسيم .

٢- أن تعكس ضوءا عنه وإذا استخدم ضوء فانه يجب تجميع الضوء المنعكس عن الجسيم بجهاز أو بالعين المجردة إلا انه و بسبب تأثيرات الحيود فان الضوء المستخدم لتحديد موقع الجسيم ينتشر مما يجعل تحديد موقع الجسم بدقة مستحيلا .

مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج :

(من غير الممكن قياس زخم جسيم وتحديد موقعه بدقة في الوقت نفسه)

أي إذا تم قياس زخم الجسيم بدقة فإن موقعه يصبح اقل تحديدا وإذا تم تحديد موقع الجسيم بدقة فإن قياس زخمه يصبح اقل تحديدا أي أن هناك حدا للدقة في قياس الموقع والزخم . ويعود السبب في ذلك إلى الطبيعة المزدوجة للضوء والمادة .

الفصل 4

الذرة
The Atom

① النموذج النووي :

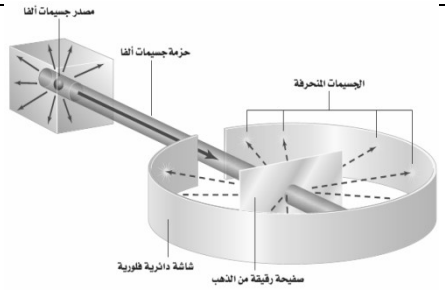
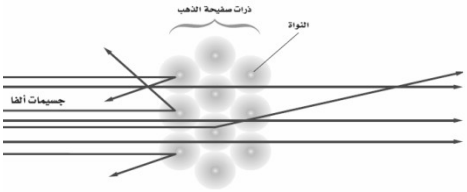
- بنهاية القرن التاسع عشر اتفق معظم العلماء على وجود الذرات .
- أعطى اكتشاف طومسون للإلكترون دليلا مقنعا على أن الذرة تتكون من جسيمات دون ذرية .
- وجد أن كل ذرة اختبرها طومسون تحتوي على إلكترونات سالبة الشحنة ، و أن لهذه الإلكترونات كتلة صغيرة جدا .
- لأن الذرات التي كانت لها كتلة معلومة لها كتلة أكبر من الكتلة التي تم حسابها بواسطة الإلكترونات التي تحويها .
- فقد بدأ العلماء بالبحث عن الكتلة المفقودة التي يجب أن تكون جزاءا من كتلة الذرة الكلية .

١ – العالم طومسون

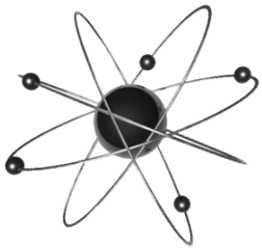
اعتقد أن المادة الثقيلة الموجبة الشحنة تملأ الذرة وقد صور الالكترونات السالبة الشحنة على أنها تتوزع خلال المادة الموجبة تماما مثل حبات الزبيب في الفطيرة المسطحة



٢ –العالم رذرفورد

التجربة		**أستخدم مركبات مشعة تصدر أشعة نافذة يرمز له اα (ألفا) (وهي جسيمات موجبة الشحنة و ثقيلة وتتحرك بسرعات عالية)** **قذف جسيمات ألفا علي صفيحة رقيقة من الذهب** **توقع رذرفورد أن هذه الجسيمات الثقيلة تمر دون انحراف أو مع حدوث انحرافات بسيطة** **ولكن لاحظ أن بعض هذه الجسيمات قد ارتد بزوايا كبيرة جدا**
التفسير		**أن شحنة الذرة متمركزة في حيز صغير يسمى الآن النواة لذلك سمي نموذج رذرفورد للذرة بالنموذج النووي**

مميزات ذرة رذرفورد:

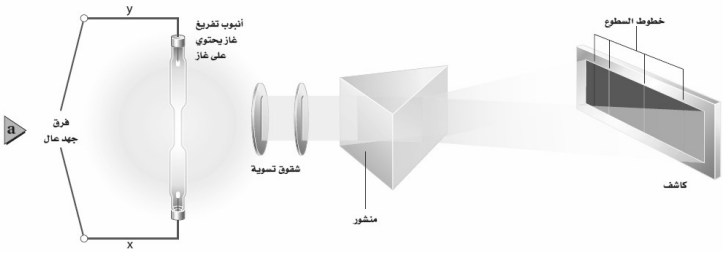


١- معظم حجم الذرة فراغ

٢-كتلة النواة تشكل 99.9% من كتلة الذرة

٣- الالكترونات تكون موزعة خارج النواة لذلك فالفراغ حول النواة يحدد الحجم الكلي للذرة

② الأطياف الذرية :



يمكن الحصول علي طيف الانبعاث لمادة غازية عن طريق

تمرير الضوء الناتج من الغاز خلال منشور ضوئي

- لاحظ العلماء أن كل غاز يتوهج بضوء مختلف خاص به

- الجهاز المستخدم لدراسة طيف الانبعاث يسمى المطياف

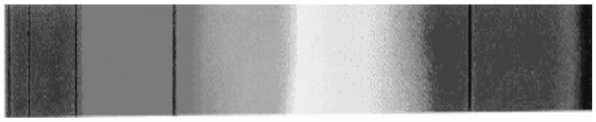
الفرق بين طيف الانبعاث الناتج من جسم صلب ساخن وطيف الانبعاث من غاز:

طيف الانبعاث لجسم صلب	طيف الانبعاث لغاز
	
حزمة متصلة من ألوان الطيف المرئي	سلسلة من الخطوط المنفصلة ذات ألوان مختلفة

- فائدة طيف الانبعاث :

١- تحديد عينة من غاز مجهول ٢- تحليل خليط من الغازات

طيف الامتصاص :

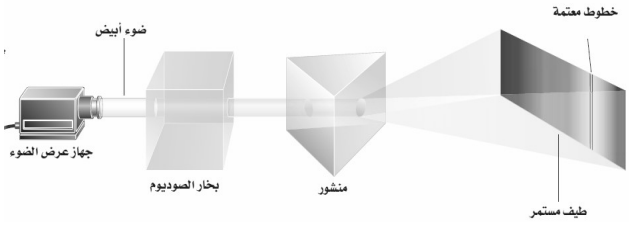


لاحظ العالم فرنهوفر أن طيف ضوء الشمس يتخلله بعض الخطوط المعتمة

- تفسير ذلك :

أن ضوء الشمس يعبر خلال الغلاف الغازي المحيط بالشمس وهذه الغازات تمتص أطوالاً موجية محددة وهي التي تنتج الخطوط المعتمة في الطيف المرئي وتسمى مجموعة الأطوال الموجية الممتصة بواسطة الغاز طيف الامتصاص

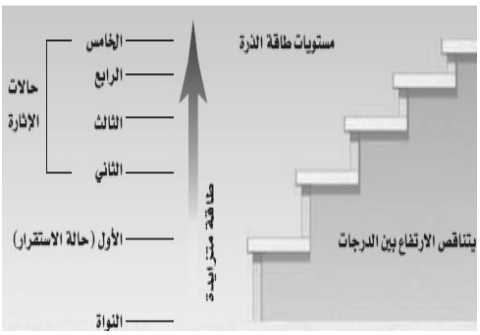
نستطيع مشاهدة طيف الامتصاص لأي غاز من خلال تمرير ضوء البيض خلال عينة غاز و مطياف كما بالشكل



③ نموذج بور للذرة :

– درس بور ذرة الهيدروجين لأنه العنصر الأخف وله ابسط طيف ذري الذي يتكون من أربع خطوط وهي الأحمر – الأخضر – الأزرق – البنفسجي .

– كانت فكرة بور لتحديد تركيب الذرة هي توحيد النموذج النووي لرذرفورد مع مستويات الطاقة المكماة لبلانك واينشتاين .



تكمية الطاقة :

فروض بور للذرة

١- يتحرك الإلكترون حول النواة بتأثر قوة جذب النواة كما تتحرك الكواكب .

٢- أن الذرات لها كميات محددة من الطاقة كل منها يسمى (مستوى طاقة)

يمكن تشبيها بدرجات سلم (كما في الشكل المقابل)

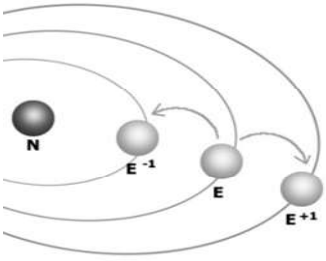
٣- تكون الذرة مستقرة عندما تكون طاقة الذرة اقل مقدار مسموح به (حالة الاستقرار)

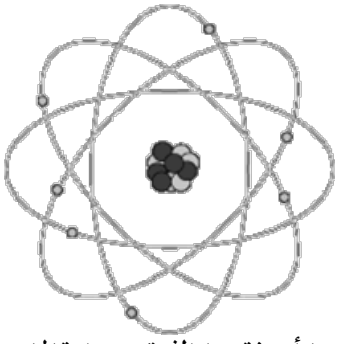
٤- تكون الذرة غير مستقرة عندما تمتص الذرة كمية محددة من الطاقة لكي تنتقل إلى مستوى أعلى من الطاقة (أي في حالة الإثارة)

٥- أن الالكترونات في المدار المستقر لا تشع طاقة رغم انها تتسارع .

أ– تمتص الذرة طاقة فتنتقل من مدار اقرب إلى النواة إلى مدار ابعد عن النواة

ب– تشع الذرة طاقة إذا انتقلت من مدار ابعد من النواة إلى مدار اقرب



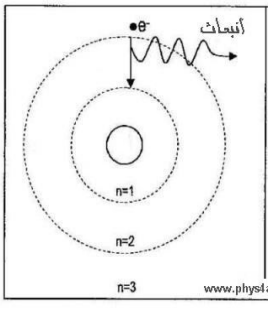


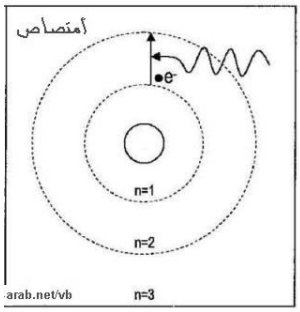
– مقدار الطاقة التي تمتصها أو تفقدها الذرة عند انتقالها بين المستويات بالعلاقة :

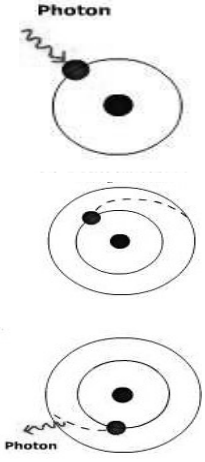
$$E_{\text{فوتون}} = E_f - E_i$$

أو

$$E = hf \quad \text{طاقة الفوتون}$$







تطور نموذج بور :

حسب العالم بور نصف قطر مستوى إلكترون ذرة الهيدروجين

$$r_n = r_1 \times n^2 \quad \leftarrow \quad r_1 = 5.3 \times 10^{-11}$$

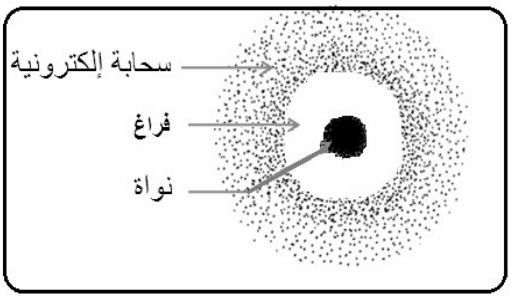
طاقة ذرة الهيدروجين

$$E_n = -13.6 \times \frac{1}{n^2}$$

حيث n رقم المدار الذي يدور فيه الإلكترون

① من مستويات الطاقة إلي السحابة الالكترونية :

س: ما هو النموذج الكمي للذرة ؟



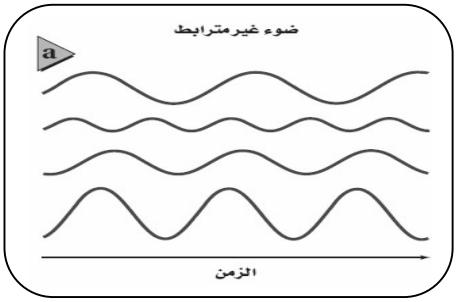
النموذج الكمي للذرة

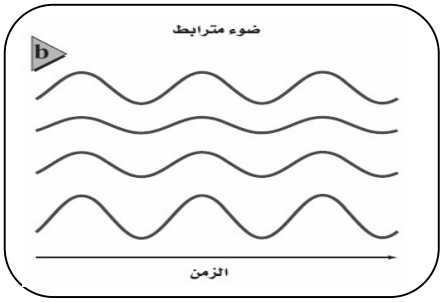
يتوقع احتمالية وجود الإلكترون في منطقة محددة فقط

والمنطقة ذات الاحتمالية العالية لوجود إلكترون تسمى السحابة الالكترونية

② الليزرات :

– الضوء الناتج عن مصدر متوهج (مثل المصباح أو الكشاف) يتكون من سلسلة من متتالية من الأطوال الموجية (من الأحمر إلى البنفسجي وينتقل في جميع الاتجاهات بالإضافة إلى أن موجاته غير مترابطة بعكس الليزر كما بالشكل :





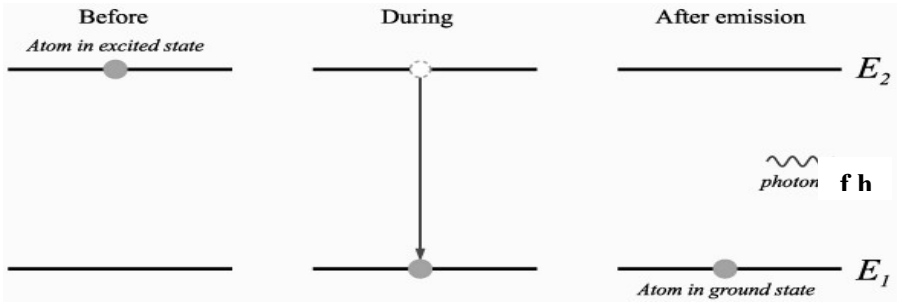
الليزر:

عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات ترابط وتماثل في التردد ومعناه /تكبير الضوء عن طريق الانبعاث المحفز للإشعاع .

الانبعاث التلقائي و الانبعاث المحفز :

١– الانبعاث التلقائي :

تكون الذرة مثارة (الإلكترون في مستوى الإثارة) لا تبقى الذرة مثارة لأن بعد فترة قصيرة جداً تعود إلي حالتها المستقرة باعثة فوتونا طاقته = الطاقة التي امتصها .

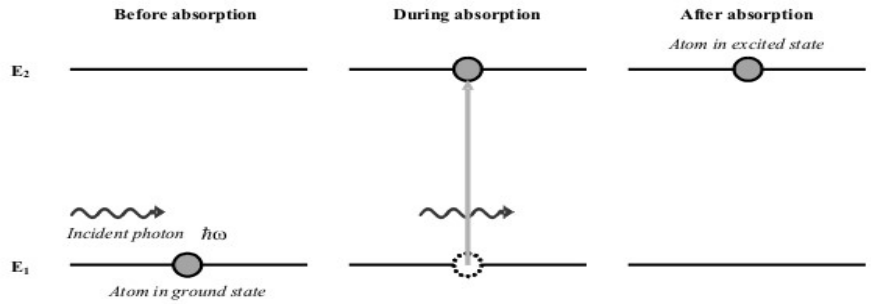


٢– كيفية انتاج الليزر (الانبعاث المحفز) :

١– يمكن الحصول على ذرة مثارة إذا اصطدمت مع الفوتون الأول ذو طاقة محددة وعندها لابد أن تكون طاقة الفوتون = فرق الطاقة بين مستوى الإثارة ومستوى الاستقرار و يسمى الانبعاث المحفز

٢– عند عودة الذرات إلى حالة الاستقرار فإنها تبعث طاقة (الفوتون الثاني) تساوي الفرق بين المستويين ويغادر الفوتون الأول والثاني الذرة ولهما التردد نفسه والطور نفسه ويكونان مترابطين .

٣– إذا اصطدم أي من هاذين الفوتونين بذرات أخرى فسيخرج مجموعة من الفوتونات الأخرى لينتج سيل من الفوتونات (لها نفس التردد والطول الموجي والطور والترابط) والضوء الناتج يسمى الليزر .



شروط هذه العملية :

١- يجب أن يكون هناك ذرات أخرى مثارة .

٢- يجب أن تبقى الذرات مثارة لفترة زمنية كافية حتى يحدث التصادم .

٣- يجب السيطرة على الفوتونات وتوجيهها حتى تكون قادرة على إحداث تصادم مع الذرات المثارة.

خصائص شعاع الليزر :

١- شدتها عالية بسبب استمرار الشعاع في حزمة ضيقة دون أن يتفرق

٢- تسير في اتجاه واحد ولا يحدث لها تشتت

٣- متفقة في الطور (تتطابق القمم والقيعان)

٤- تسير لمسافات بعيدة دون أن تضعف (لأن شدتها عالية ومتفقة في التردد واتجاهها واحد)

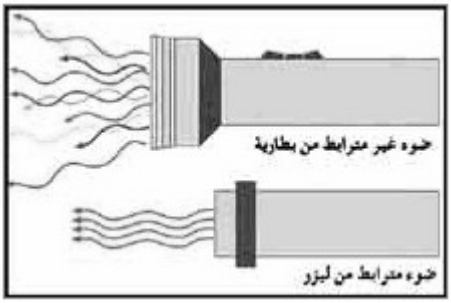
٥- تشبه الضوء العادي من حيث الانعكاس والانكسار .

تطبيقات الليزر :

١- في الحاسوب لقراءة الأقراص الليزرية

٢- في اتصالات الألياف الضوئية .

٣- في الطب بسبب دقتها ولأنها تخثر الدم كما في عملية الليزك .



الفصل 5

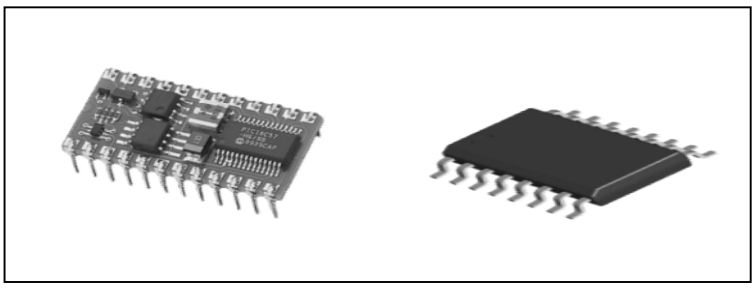
إلكترونيات الحالة الصلبة
Solid–State Electronics



الدرس الأول : التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة

مقدمة :

. لا تعتمد الأدوات الإلكترونية على الموصلات والعوازل الطبيعية فقط ففي أواخر الأربعينيات من القرن الماضي اخترعت أدوات الحالة الصلبة صنعت هذه الأدوات من مواد تعرف بـ(أشباه الموصلات) مثل : السيليكون و الجرمانيوم. وتعمل هذه الأدوات على تكبير الإشارات الكهربائية وضبطها .



خصائص أشباه الموصلات :

١– صغيرة جدا ٢– لا تولد حرارة كبيرة ٣– تكلفة صناعتها قليلة ٤– عمرها الافتراضي يصل إلى ٢٠ سنة

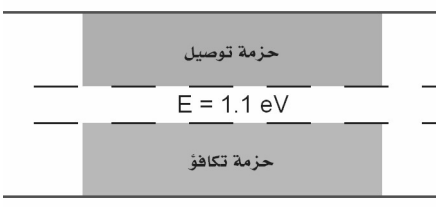
. نظرية الأحزمة للمواد الصلبة :

هو وصف التوصيل الكهربائي لمادة عن طريق وصف حزمتي التكافؤ و التوصيل المنفصلتين بواسطة الفجوات الممنوعة .

حزم الطاقة :

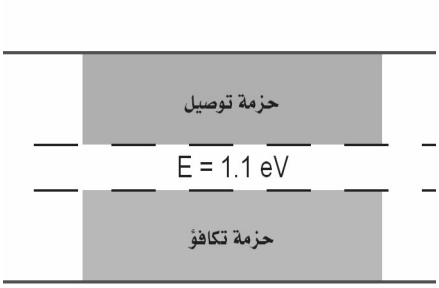
. حزم الطاقة ذات مستويات الطاقة الدنيا أو حزم التكافؤ تكون مملوءة بإلكترونات مرتبطة في البلورة . أما مستويات الطاقة العليا أو حزم التوصيل فيكون متاحا فيها للالكترونات الانتقال من ذرة إلى أخرى .

– يفصل بين حزمتي التكافؤ و التوصيل فجوة يمنع على الإلكترون التواجد فيها ولذلك تسمى مناطق الطاقة الممنوعة أو المحظورة .



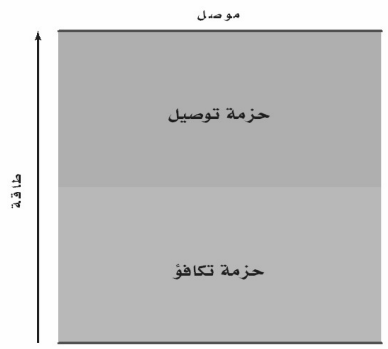
مثال :

. عند درجة حرارة الصفر الكلفن تكون حزمة تكافؤ للسيليكون مملوءة كليا بالالكترونات وتكون حزمة التوصيل فارغة تماما ، وعندما تزداد درجة الحرارة تكتسب المزيد من الكترونات التكافؤ طاقة كافية للقفز عن الفجوة لتصل إلى حزمة التوصيل وتزداد موصلّية السيليكون .



أولا : الموصلات الكهربائية :

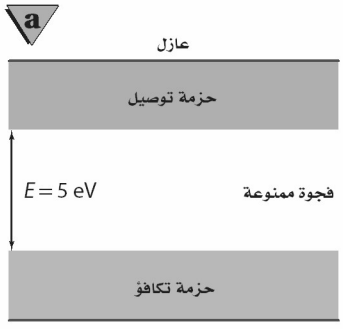
في المادة جيدة التوصيل تكون حزمة التوصيل مملوءة جزئيا بالالكترونات ولا توجد فجوة بين حزمتي التكافؤ والتوصيل كما في الشكل :



ثانيا: العوازل :

. تكون حزمة التكافؤ في المادة العازلة مملوءة ، في حين تكون حزمة التوصيل فارغة .

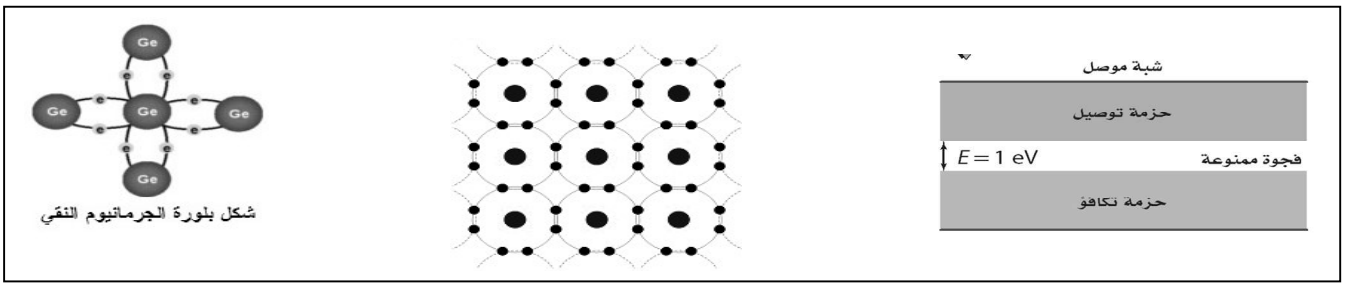
. يتعين أن يكتسب الإلكترون كمية كبيرة من الطاقة كي ينتقل إلى حزمة التوصيل . ولأنه توجد في العوازل فجوات طاقة مقدارها (5 ev) وهذه الطاقة لا تمتلكها الالكترونات وبالتالي لا يمكن أن تقفز عن الفجوة الممنوعة .لذلك فان المادة العازلة لا توصل التيار الكهربائي.



٣- أشباه الموصلات :

- مثل السليكون و الجرمانيوم وهي تمتلك أربع الكترونات تكافؤ و ذرات أشباه الموصلات في البلورة ترتبط بروابط تساهمية

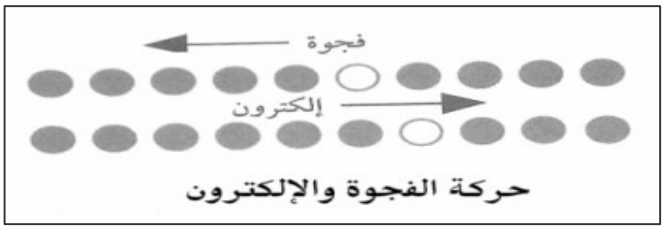
- تكون حزمة التكافؤ مملؤة بالالكترونات كما في العوازل ولكن الفجوة بين حزمتي التكافؤ و التوصيل اصغر كثيرا مما في العوازل ولذلك فان نقل إلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل لا يحتاج إلى طاقة كبيرة .



- إذا تحرر الإلكترون (انتقل من حزمة التكافؤ إلي حزمة التوصيل) فانه يبقى مكانه فجوة وهي عبارة عن مستوى طاقة فارغ في حزمة التكافؤ وتصبح الشحنة الكلية للذرة موجبة مع زيادة كمية الفجوات.

حركة الالكترونات والفجوات :

ونلاحظ أنه عند حركة الإلكترون فإنه يترك وراءه فجوة وعندها يأتي إلكترون من ذرة أخرى لتتحد الفجوة والإلكترون وهكذا أي أن الالكترونات تتحرك في اتجاه و الفجوات تتحرك في اتجاه آخر.



وتسمى أشباه الموصلات التي توصل التيار نتيجة لتحرير الالكترونات والفجوات حرارياً بأشباه الموصلات النقية

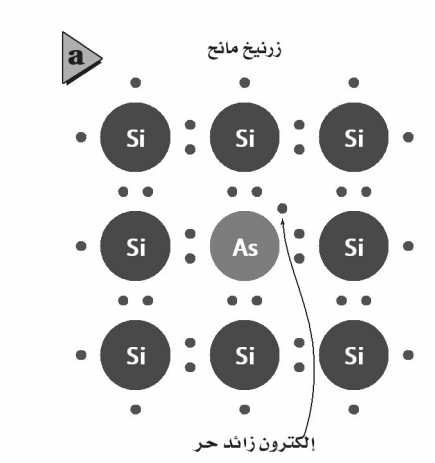
أشباه الموصلات المعالجة :

حتى يمكن استخدام أشباه الموصلات في صنع أدوات إلكترونية يجب أن تزيد موصليته وذلك بإضافة ذرات مانحة للالكترونات بتراكيز قليلة تسمى الشوائب وبالتالي تسمى أشباه الموصلات بأشباه الموصلات غير النقية أو المعالجة.

تنقسم أشباه الموصلات المعالجة إلى نوعين هما :

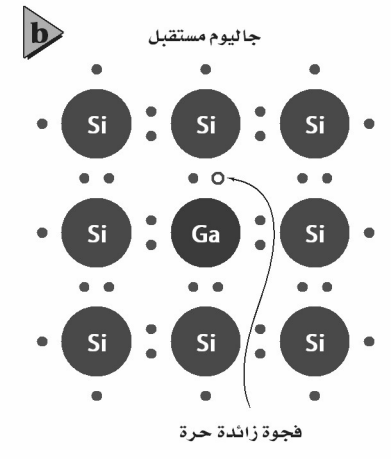
أشباه موصلات من النوع السالب (n)

تكون المادة الشائبة خماسية التكافؤ مثل الزرنيخ فترتبط أربع الكترونات مع ذرات المادة الشبة موصلة ويبقى إلكترون خامس يسمى الإلكترون المانح وتكون طاقة هذا الإلكترون قريبة جداً من حزمة التوصيل بحيث تكون الطاقة الحرارية كافية لنقل هذا الإلكترون بسهولة من الذرة المعالجة إلى حزمة التوصيل تزداد توصيل أشباه الموصلات من النوع n بتوافر أعداد من هذه الالكترونات المانحة وانتقالها إلى حزمة التوصيل



أشباه موصلات من النوع الموجب (p)

تكون المادة الشائبة ثلاثية التكافؤ مثل الجاليوم فترتبط الثلاث الكترونات مع ذرات المادة الشبة موصلة وينقص إلكترون واحد مما يحدث فجوة في بلورة السيليكون ويمكن للإلكترونات في حزمة التكافؤ أن تسقط في هذه الفجوات محدثة فجوات جديدة
تزداد توصيل أشباه الموصلات من النوع p بزيادة الفجوات التي تنتجها ذرات المستقبل المعالج .



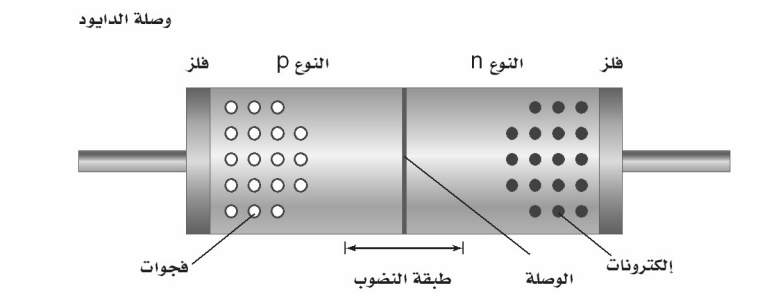
اولا . الدايود(الوصلة الثنائية):

. تركيبه :

. قطعة صغيرة من مادة شبه موصلة من النوع الموجب (P) موصولة بقطعة اخرى من النوع السالب (n) وتطلى منطقة الوصل الفلزية في كل منطقة بحيث يمكن وصل الاسلاك بها .

. يطلق على الحد الفاصل بين شبه الموصلين من النوعين اسم (الوصلة) وتسمى الاداة الناتجة بالدايود(الوصلة الثنائية) نوع (pn)

. تترك المنطقة المحيطة بالطبقة الفاصلة بدون فجوات او الكترونات حرة فتنضب فيها ناقلات الشحنة لذلك تسمى بطبقة النضوب وتعد رديئة التوصيل للكهرباء .



. طريقة عمله:

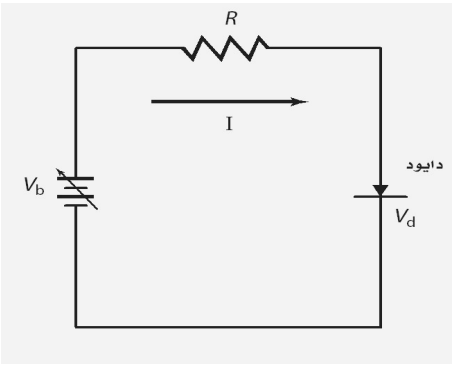
. تنجذب الإلكترونات الحرة في الطرف (n) من الوصلة نحو الفجوات الموجبة في الطرف (P) ويتحرك كل منهما في اتجاه الاخر ، ونتيجة لهذا التدفق تمتلك المنطقة n شحنة كلية موجبة بينما تمتلك المنطقة p شحنة كلية سالبة .

ملاحظة :

يرمز للدايود في الدوائر الالكترونية بالشكل :



وفي الشكل التالي دائرة تحتوي على الدايود :

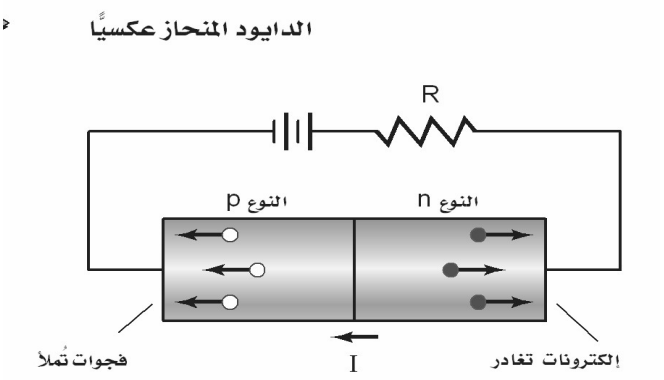


انواع انحياز الدايود(الوصلة الثنائية) :

. الدايود(الوصلة الثنائية) المنحاز عكسيا :

. عندما يوصل الطرف السالب للبطارية بشبه الموصل من النوع p والطرف الموجب بشبه الموصل من النوع n

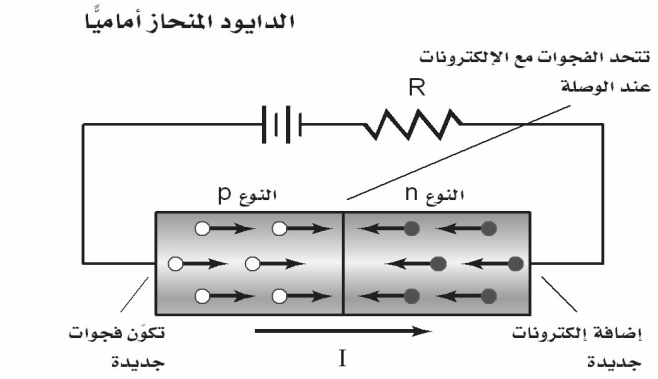
يزداد عرض طبقة النضوب ولايكاد يمر تيار كهربائي خلال الدايود(الوصلة الثنائية) وبالتالي فهو يعمل عمل مقاومة كبيرة جدا .



. الدايود(الوصلة الثنائية) المنحاز اماميا :

. اذا عكس اتجاه البطارية بحيث يوصل الطرف السالب للبطارية بشبه الموصل من النوع n والطرف الموجب بشبه الموصل من النوع p

– تتجه الالكترونات الى الطرف p وتملأ الفجوات وتضمحل طبقة النضوب ويعبر التيار من خلال الدايود وبزيادة الجهد من البطارية يزداد التيار



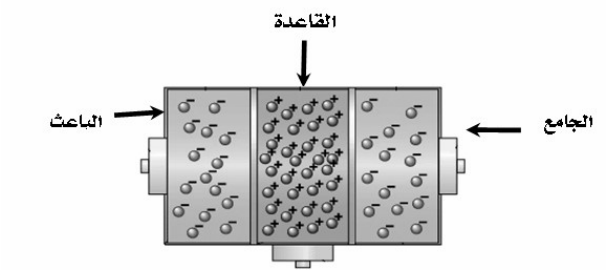
استخدام الدايود (الوصلة الثنائية)

الاستخدام الرئيسي له تحويل الجهد المتناوب AC الى جهد مستمر DC

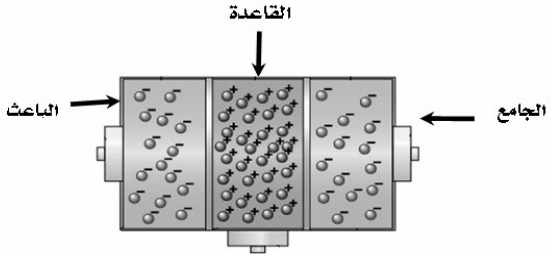
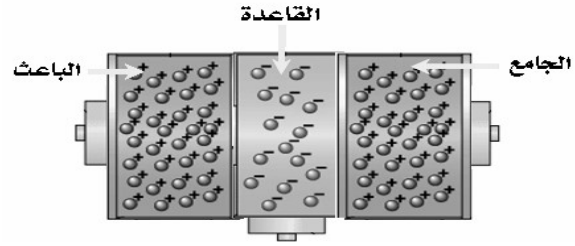
ثانيا : الترانزستورات

. تركيب الترانزستور :

. يتكون من طبقتين من مادة شبه موصله من نفس النوع تسمى احداهما الباعث والاخرى الجامع وبينهما طبقة رقيقة مركزية مصنوعة من مادة شبه موصله من نوع مخالف وتسمى هذه الطبقة القاعدة



. انواع الترانزستورات :

١ . ترانزستور (npn)	٢ . ترانزستور (pnp)
	
	
يشير السهم المرسوم على الباعث إلى اتجاه التيار الاصطلاحي	

طريقة عمله :

. عندما يكون الدايود(الوصلة الثنائية) الموجود بين القاعدة والجامع منحازة عكسيا تكون طبقة النضوب عريضة فلا يسري تيار من الجامع الى القاعدة .

– اما عندما يكون الدايود(الوصلة الثنائية) الموجود بين القاعدة والباعث منحازة اماميا فيسري تيار منالباعث الى القاعدة .

. استخدامات الترانزستور :

١– تضخيم وتقوية التغيرات في الجهد الحثي.

٢–يمكن وصل مجموعة ترانزستورات معا لتنفيذ عملية منطقية في الحواسيب حيث تعمل كمفاتيح تحكم سريعة الاداء.

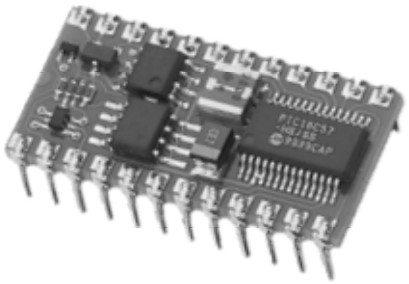
ثالثا : الرقائق الميكروية (الدوائر المتكاملة) :

. تتكون من الآف الترانزستورات و الدايودات والمقاومات والموصلات وطول كل منها لايتجاوز الميكرومتر الواحد .

. الحجم الصغير للرقائق الميكروية يسمح بوضع الدوائر المعقدة في مساحة صغيرة .

. استخداماتها :

. في الاجهزة الكهربائية وفي السيارات و الحواسيب لزيادة سرعتها .



الفصل 6

الفيزياء النووية
Nuclear Physics

مقدمة :

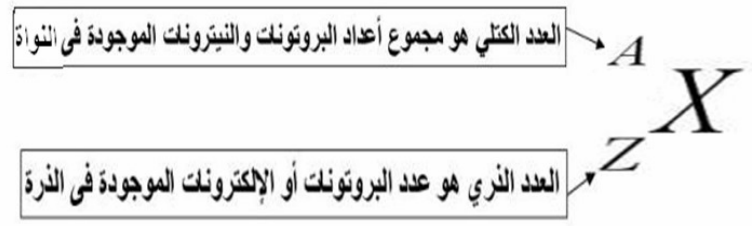
مر بك سابقا أن في تجربة شريحة الذهب لرذرفورد انه لم يثبت وجود النواة فقط بل أجرى تجارب تعتبر مبكرة بهدف اكتشاف تركيبها وقد أجرى مع فريقه قياسات دقيقة لانحراف جسيمات ألفا عندما اصطدمت بشريحة الذهب ويمكن تفسير هذه الانحرافات بأن معظم حجم الذرة فراغ . وقد أظهرت التجارب كذلك أن هناك مركز صغير جدا ذو كثافة كبيرة وله شحنة موجبة تتركز فيه معظم كتلة الذرة ومحاط بالالكترونات وهو ما يعرف بالنواة .(راجع ص ١٧ من هذا الملخص)

. وصف النواة :

. تحتوي النواة على بروتونات موجبة الشحنة و نيترونات متعادلة الشحنة وكتلة البروتون تساوي تقريبا كتلة النيترون .

*** كتلة النواة وشحنتها :**

يمكن أن نصف النواة بدلالة العدد الذري (Z) والعدد الكتلي (A) حيث :



ملاحظة هامة جدا : إذا تغير العدد الذري للعنصر (Z) يتغير العنصر بالكامل إلى عنصر آخر

. أمثلة :

١ . الكربون $^{12}_{6}C$ **٢ . النيون** $^{20}_{10}Ne$

. البروتون هو الجسيم الوحيد المشحون داخل النواة .

. شحنة النواة الكلية = عدد البروتونات × شحنة البروتون

(لا تنس أن شحنة البروتون = شحنة الإلكترون = 1.6×10^{-19} C)

. كتلة كل من البروتون و النيترون تزيد بحوالي (1800) مرة على كتلة الإلكترون .

. كتلة كل من البروتون و النيترون تساوي تقريبا 1u حيث (u) هي : وحدة الكتلة الذرية .

*** حجم النواة :**

. قطر النواة يساوي تقريبا = 10^{-14} m ، وللذرة المثالية نصف قطر اكبر 10000 مرة من قطر النواة .

هل لجميع العناصر العدد الكتلي نفسه ؟

. باستخدام جهاز مطياف الكتلة وجد انه يمكن أن يكون لذرات العنصر الواحد كتلا مختلفة كما رأيت في تجربة طومسون في بداية الفصل السابع .

. تسمى نواة النظير النويدة .

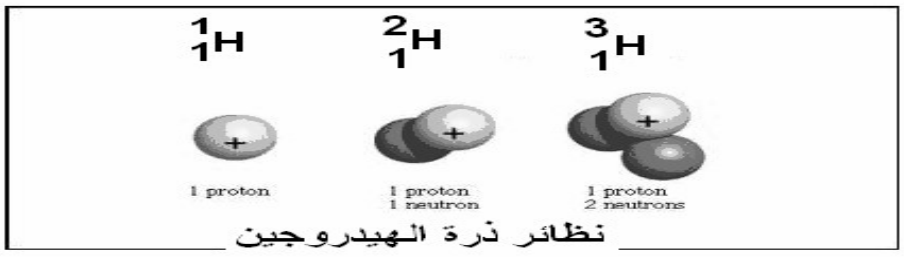
النظائر :

هي النويدات من عنصر ما تتفق في عدد البروتونات (العدد الذري) وتختلف في عدد النيترونات (العدد الكتلي)

. جميع نظائر العنصر المتعادل كهربائيا لها نفس العدد من الالكترونات حول النواة .

. أمثلة :

. ذرة الهيدروجين الطبيعية تحتوي على بروتون واحد و صفر نيترون في النواة ، وهناك أنواع أخرى منها تحتوي نواتها على بروتون واحد ونيوترون واحد ، كما أن هناك ذرة هيدروجين تحتوي على بروتون واحد ونيترونين هذه الأنواع من الذرات تسمى النظائر .



نظائر ذرة الهيدروجين

متوسط الكتلة :

. الكتلة المقيسة لغاز الهيدروجين 1.008 u وهذا الرقم يعرف بمتوسط كتلة نظائر الهيدروجين الموجودة طبيعيا .

س / ما لذي يحافظ على نيوكليونات النواة معا ؟

. النواة تتكون من بروتونات موجبة الشحنة و نيترونات متعادلة الشحنة وكان من المتوقع أن تسبب قوى التنافر الكهرومغناطيسية بين البروتونات تباعد بعضها عن بعض ، ولكن هذا لا يحدث بسبب وجود قوة تجاذب متبادلة وقوية داخل النواة يطلق عليها (طاقة الربط النووية).

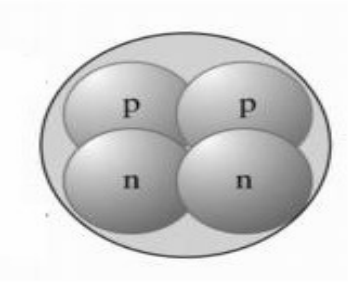
القوة النووية القوية :

. تعريفها : هي القوة التي تؤثر بين البروتونات و النيترونات الموجودة في النواة والقريبة جدا إلى بعض و القوة النووية القوية هي قوة تزيد 100 مرة عن القوى الكهرومغناطيسية .

خصائص القوة النووية القوية :

١– اثر طاقة الربط النووية لا يعتمد على الشحنة فهي تؤثر على أي بروتونين أو أي نيترونين أو أي بروتون ونيترون داخل النواة أي أنها لا تفرق بين أي جسيمين .

٢–مدى هذه القوة قصير حيث لا يتجاوز $1.4\times10^{-15}\ m$.

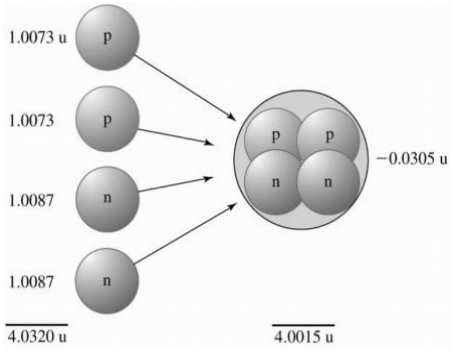


ملاحظة :

. تسمى البروتونات والنيوترونات (النيوكليونات) والقوة النووية الهائلة تحافظ على بقاء هذه النيوكليونات في النواة .

من أين تأتي طاقة الربط النووية ؟

وجد العلماء باستخدام مطياف الكتلة أن كتلة النواة مجتمعة يكون دائماً اقل من مجموع كتل أجزاؤها فأين تذهب الكتلة المتبقية ؟



. يتحول فرق الكتلة للنواة إلى طاقة ربط نووية حسب معادلة اينشتاين لتكافئ الطاقة والكتلة :

$$E = mc^2$$

قانونها :

طاقة الربط النووية = (الكتلة الذرية للعنصر – (عدد البروتونات × كتلة البروتون +عدد النيترونات × كتلة النيترون)) × 931.49

أو :

$$E = m-(n_p \times m_p + n_n \times m_n) \times 931.49$$

m_n = 1.0087 و.ك.ذ m_p = 1.0073 و.ك.ذ

n_n عدد النيترونات n_p عدد البروتونات

ملاحظات :

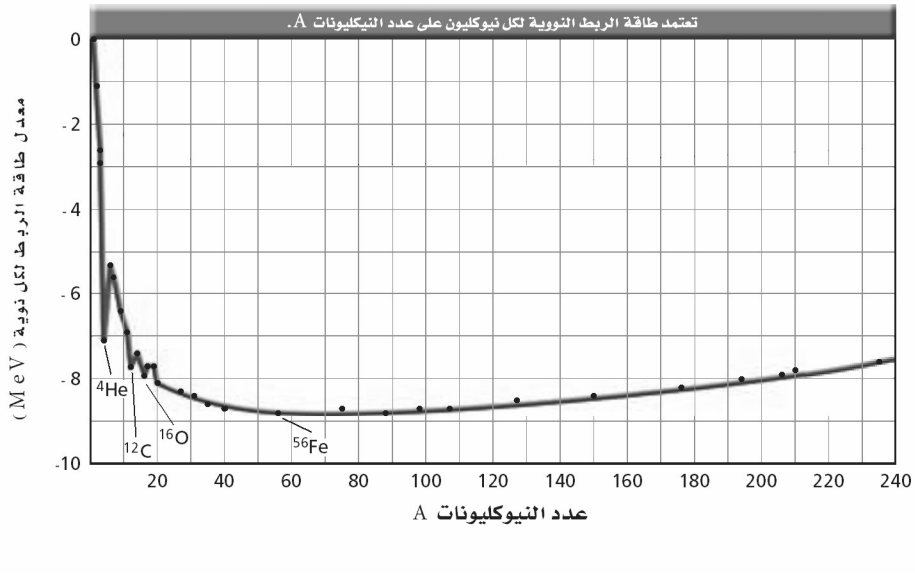
١– يسمى الحد (الكتلة الذرية للعنصر – (عدد البروتونات × كتلة البروتون +عدد النيترونات × كتلة النيترون) بنقص الكتلة .

أو $m-(n_p \times m_p + n_n \times m_n)$

٢– تقاس طاقة الربط النووية بوحدة ميغا إلكترون فولت (Mev)

طاقة الربط النووية وكتلة النواة :

تعتمد طاقة الربط النووية على كتلة النواة فالأنوية الكبيرة ترتبط بقوة اكبر من الأنوية الخفيفة وطاقة الربط النووية تصبح اكبر كلما ازداد العدد الكتلي حتى القيمة 56 (نواة الحديد) ويعد الحديد من أكثر الأنوية ترابطا لذلك تصبح الأنوية أكثر استقرارا كلما اقترب عددها الكتلي من العدد الكتلي للحديد .





الدرس الثاني : النموذج الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية

مقدمة :

يمكن لبعض المواد أن تبعث أشعة نافذة تسمى هذه المواد بالمواد المشعة وبسبب انبعاث جسيمات وإشعاعات من المواد فإنها تضمحل أي يتحول العنصر إلى عنصر أخر وعندما تضمحل النواة فتنتقل من حالة أقل استقراراً ألي حالة أكثر استقراراً

① الاضمحلال الإشعاعي :

في عام 1899 م اكتشف العالم رذرفورد أن عنصر الرادون يتحول تلقائياً ألي نواة أخف ونواة هيليوم خفيفة وفي نفس العام اكشف أن مركبات اليورانيوم تنتج ثلاثة أنواع مختلفة من الإشعاع فصل بينهما تبعاً لقدرتها علي اختراق المواد
وأطلق عليها إشعاعات ألفا (α) و بيتا (β) و جاما (γ)

وجه المقارنة	اضمحلال ألفا (α)	اضمحلال بيتا (β)	اضمحلال جاما (γ)
تركيبه	نواة هيليوم $^{4}_{2}He$	الكترونات تنبعث من النواة وذلك بتحول النيترون إلى بروتون	فوتونات ذات طاقة عالية
عدد الكتلة A	ينقص بمقدار 4	يبقى ثابتا (لا يتغير)	يبقى ثابتا (لا يتغير)
العدد الذري Z	ينقص بمقدار 2	يزداد بمقدار 1	يبقى ثابتا (لا يتغير)
التحولات الناتجة	يتحول العنصر إلى عنصر مختلف	يتحول العنصر إلى عنصر مختلف مع ظهور جسيم يسمى النيوترينو	لا يحدث تحول في النواة لان إشعاع جاما عبارة عن إعادة توزيع للطاقة داخل النواة
المعادلة العامة	$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He^{++}$	$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e$	$^{A}_{Z}X^{*} \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$
أمثلة	يتحول $^{238}_{92}U$ إلى $^{234}_{90}Th$	يتحول $^{14}_{6}C$ إلى $^{14}_{7}N$	
القدرة على النفاذ	ضعيفة حيث تتوقف عند اصطدامها بصفيحة رقيقة من الورق	متوسطة حيث يلزم سمك 6 mm من الألومنيوم لإيقافها	عالية حيث يلزم سمك عدة سنتيمترات من الرصاص لإيقافها

التفاعلات والمعادلات النووية :

. يحدث التفاعل النووي عندما تتغير طاقة النواة أو عدد النيوترونات أو عدد البروتونات فيها .ويمكن وصف التفاعلات النووية باستخدام : الكلمات أو التمثيل البياني أو المعادلات مثل :

١. انبعاث جسيم ألفا : $^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$

٢ . انبعاث جسيم بيتا : $^{234}_{90}Th \longrightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\upsilon}$

ملاحظة هامة عند وزن المعادلات النووية :

– من المهم عند حدوث التفاعل النووي أن يبقى مجموع العدد الكلي للجسيمات النووية ثابتا خلال التفاعل لذلك فان مجموع الأعداد العلوية في كل طرف يجب أن يتساوي ففي المعادلة (١) : 238=234+4 وكذلك في المعادلة ٢

أيضا فان الشحنة الكلية محفوظة لذلك فان مجموع الأعداد السفلية في كل طرف يجب أن يتساوى ففي المعادلة (١) :

92=90+2 وكذلك في المعادلة ٢

– خلال اضمحلال بيتا (كما في المعادلة ٢) ينتج أنتي نيوترنيو $^{0}_{0}\overline{\upsilon}$ **وهو جسيم ضديد المادة وليس له كتلة أو شحنة .**

عمر النصف :

هي الفترة الزمنية اللازمة لاضمحلال نصف ذرات أي كمية من نظير العنصر المشع .

مثال :

عمر النصف لنظير الراديوم $^{226}_{88}Ra$ **= 1600 سنة ، وبالتالي فان كل 1600 سنة سوف يضمحل نصف كمية الراديوم إلى عنصر آخر وهو الرادون وبعد 1600 سنة أخرى سوف يضمحل نصف كمية الراديوم المتبقية .**

قانون عمر النصف :

$$\text{الكمية المتبقية} = \text{الكمية الأصلية} (1/2)^{t}$$

حيث t عدد أعمار النصف التي انقضت

$$t = \frac{\text{الزمن في المسألة}}{\text{عمر النصف للعنصر المشع}}$$

استخدامات أعمار النصف للنظائر المشعة :

١ . إيجاد عمر عينة من مادة عضوية بقياس كمية الكربون 14 المتبقية .

٢ . حساب عمر الأرض اعتمادا إلى اضمحلال اليورانيوم إلى الرصاص .

النشاطية الإشعاعية (معدل الاضمحلال) :

هي عدد إنحلالات المادة المشعة كل ثانية .

. نشاطية أي عينة ترتبط مع عمر النصف ، فعمر النصف الأقصر يعني نشاطية إشعاعية اكبر.

. وحدة قياس النشاطية في النظام العالمي هي : البيكرل Bq

النشاط الإشعاعي الاصطناعي :

. يمكن إنتاج نظائر مشعة من النظائر المستقرة بقذفها بجسيمات ألفا أو بروتونات أو الكترونات أو أشعة جاما .

. يمكن للأنوية المشعة أن تبعث جسيمات ألفا أو بيتا أو إشعاع جاما بالإضافة إلى النيوترينو أو الانتنيوترينو أو البوزترون وهو : إلكترون موجب الشحنة ($_{+1}^{0}e$) .

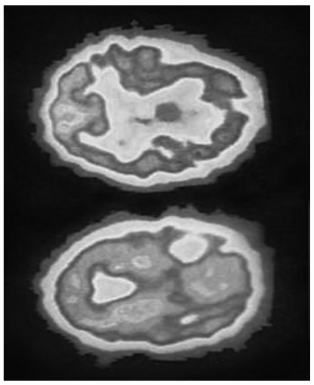
. استخدامات النظائر المشعة الاصطناعية :

١. تستخدم النظائر المشعة المنتجة اصطناعيا في البحوث الدوائية والطبية حيث يعطى المريض نظائر مشعة تمتصها أعضاء محدده من الجسم ويستخدم الأطباء عداد الإشعاع لمراقبة الإشعاع في العضو الخاضع للعلاج

٢. يستخدم انبعاث البوزترون في عملية التصوير الإشعاعي المقطعي أو التصوير الطبقي (PET) للدماغ .

٣. يستخدم إشعاع جاما للعلاج من السرطان وذلك بتدمير الخلايا السرطانية .

٤. يستخدم نظير اليود المشع لتحقن به الغدة الدرقية المصابة بالسرطان .



■ الشكل 5 — 11 من أجل إجراء مسح PET يقوم الأطباء بحقن سائل يحوي نظائر مشعة مثل $^{18}_{9}F$ ترتبط مع الجزيء الذي سوف يتركز في الأنسجة تحت العلاج. عندما يضمحل $^{18}_{9}F$ ينتج بوزترونات تفنى عندما تتحد مع الإلكترونات منتجة أشعة ما، التي يكشف عنها بجهاز مسح PET . بعد ذلك يكوّن الحاسوب خريطة ثلاثية الأبعاد لتوزيع النظير. دماغ طبيعي — في أعلى الشكل — ودماغ شخص يعاني من داء الخرف — في أسفل الشكل — مختلفان.

*** الانشطار النووي :**

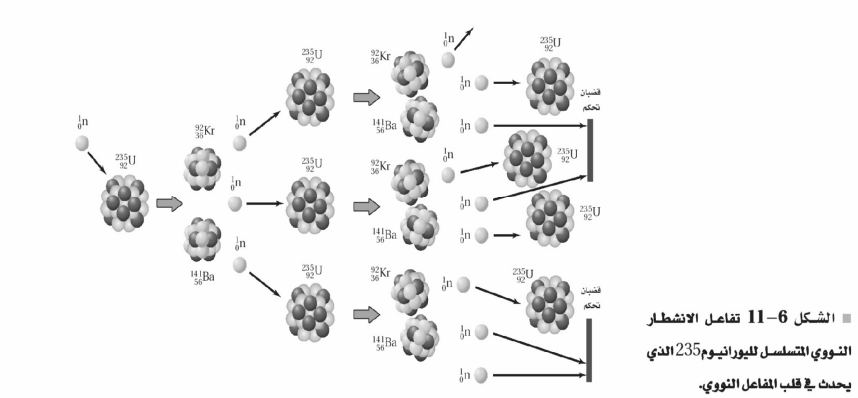
. تعريفه : هو انقسام النواة الثقيلة إلى نواتين أو أكثر وذلك بقذفها بالنيوترونات مما يؤدي إلى إنتاج طاقة كبيرة .

. مثال : نواة نظير اليورانيوم تنشطر إلى نواتي عنصري الباريوم والكربتون عند قذفها بالنيوترونات على حسب المعادلة التالية :

$$ {}^{0}_{1}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{92}_{36}Kr + {}^{141}_{56}Ba + 3\ {}^{0}_{1}n + \mathbf{200\ MeV} $$

. عندما يحدث النيوترون الواحد انشطارا نوويا فان ذلك الانشطار يحرر ثلاث نيوترونات وكل منها يحدث انشطارات جديدة .

. هذه العملية المستمرة في تفاعلات الانشطار المتكررة والتي تحرر نيوترونات تسمى التفاعل المتسلسل



■ الشكل 6–11 تفاعل الانشطار النووي المتسلسل لليورانيوم 235 الذي يحدث في قلب المفاعل النووي.

*** المفاعلات النووية :**

. يستخدم المفاعل النووي لإحداث تفاعل متسلسل نووي مسيطر عليه لإنتاج طاقة يمكن الاستفادة منها .

العناصر المشعة المستخدمة في المفاعل النووي:

١– نظير اليورانيوم الذي يستخدم في المفاعلات النووية ليحدث له انشطار هو $^{235}_{92}U$ ونسبته اقل من 1 % طبيعياً .

٢– نظير اليورانيوم $^{238}_{92}U$ ونسبته أكثر من 99 % طبيعياً.

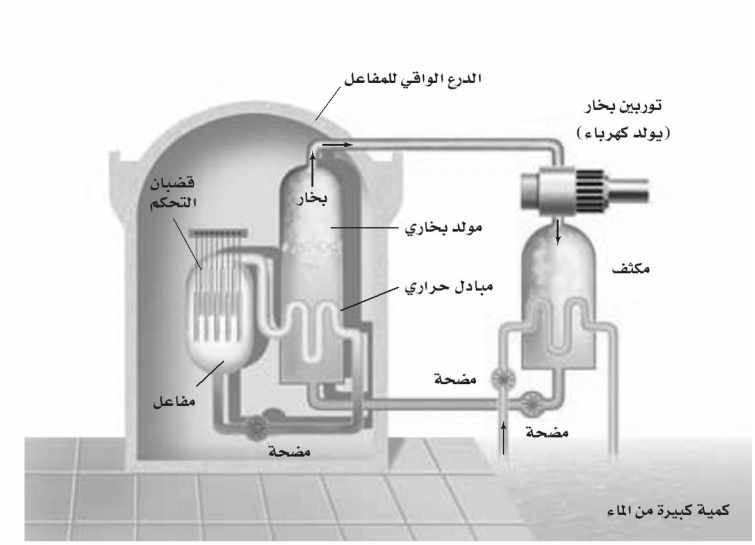
شروط حدوث الانشطار النووي في المفاعل:

– عندما تمتص نواة $^{238}_{92}U$ نيوترونا سريعة فإنها لا تنشطر ولكنها تصبح نظيرا جديدا هو $^{239}_{92}U$ لذلك فان امتصاص النيوترونات بواسطة $^{238}_{92}U$ يمنع معظم النيوترونات من الوصول إلى ذرات $^{235}_{92}U$ الانشطارية لذلك لابد من:

١– زيادة كمية اكبر من $^{235}_{92}U$ وتسمى هذه العملية بتخصيب اليورانيوم .

٢– تبطئ النيوترونات السريعة حتى تمتصها نواة $^{235}_{92}U$ وذلك بتفتيت اليورانيوم إلى قطع صغيرة ووضعها في مهدئ يبطئ هذه النيوترونات .

مفاعل الماء المضغوط:



. هو أحد أنواع المفاعلات النووية وفيه يتم غمر القضبان بالماء الذي يهدئ المفاعل وينقل الطاقة الحرارية بعيدا عن انشطار اليورانيوم و توضع قضبان من فلز الكادميوم بين قضبان اليورانيوم حتى تمتص النيوترونات بسهولة فيعمل مهدئا أيضا.

– تتحرك قضبان الكادميوم إلى داخل وخارج المفاعل للتحكم في معدل التفاعل المتسلسل كما يلي :

١– عندما يتم إنزال قضبان التحكم كلياً داخل المفاعل فإنها تمتص عددا كافيا من النيوترونات وبذلك تمنع حدوث تفاعل متسلسل.

٢– عند رفع قضبان التحكم يزداد معدل الطاقة المتحررة بسبب توافر نيوترونات حرة كافية لاستمرار حدوث التفاعل المتسلسل .

. يضخ الماء المحيط بقضبان اليورانيوم إلى مبدل الحرارة فيسبب غليان ماء آخر منتجا بخارا يعمل على إدارة توربينات موصولة بمولدات لتوليد الطاقة الكهربائية .

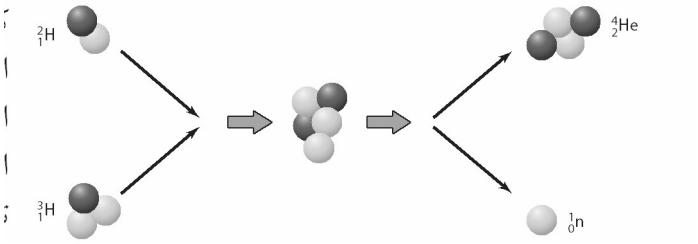
*** الاندماج النووي :**

. تعريفه : هو اندماج أنوية كتلها صغيرة لتكوين نواة ذات كتلة كبيرة .

. العمليات التي تحدث في الشمس هي مثال على عملية الاندماج النووي حيث تندمج أربعة أنوية هيدروجين (بروتونات) خلال عدة مراحل لتكوين نواة هيليوم واحدة وحيث أن كتلة البروتونات الأربعة اكبر من كتلة نواة الهيليوم فان فرق الكتلة بينهما يتحول إلى طاقة

. لا تحدث تفاعلات الاندماج إلا عندما يكون للأنوية كميات هائلة من الطاقة الحرارية للتغلب على قوى التنافر بين النوى المشحونة لذلك تحتاج إلى درجات حرارة تصل إلى $2\times10^{7}\ K$.

. في القنبلة الهيدروجينية أو القنبلة الحرارية النووية نحصل على درجات الحرارة العالية اللازمة لإحداث التفاعل الاندماجي من انشطار اليورانيوم أو القنبلة الذرية .



*** كواشف الجسيمات المشحونة وأشعة جاما :**

يمكن الكشف عن الجسيمات المشحونة عندما:

– تؤين المادة التي تقذف عليها.

– أو تلمع بعض المواد عندما تصطدم بها

– أو تبعث فوتونات عند تعرضها للإشعاع عندما تتعرض إلى أنواع معينة منه .

من الطرق المستخدمة في الكشف عن الإشعاعات أيضا :

. عداد جايجر

. حجرة غيمة ولسون

. حجرة الفقاعة

. حجرات سلك

. الكاشف التصادمي والذي يرصد ربع مليون تصادم للجسيم في الثانية الواحدة ويعمل كآلة تصوير ولتكوين صور حاسوبية لحالات التصادم .



الشكل 13–11 تُظهر صورة حجرة فقاعة اللون الوهمية مسار الجسيمات المشحونة.

وحدات بناء المادة :

. المسارعات الخطية :

. استخدامها : لمسارعة البروتونات أو الالكترونات (الجسيمات المشحونة فقط) .

. تركيبها :

. سلسلة من الأنابيب المجوفة داخل حجرة طويلة مفرغة موصولة بمصدر جهد متناوب عالي التردد يولد مجالا كهربائيا.

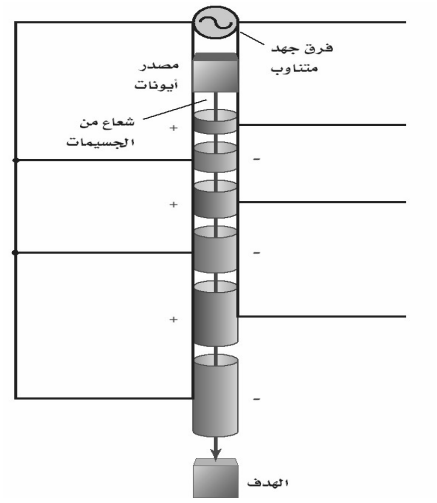
. لا يوجد مجال كهربائي داخل الأنبوب وإنما يوجد في الفجوات بين الأنابيب لذلك تتحرك البروتونات داخله بسرعة ثابتة .

طريقة عملها :

. تنتج البروتونات من مصدر ايوني وعند تطبيق جهد سالب على الأنبوب الأول فإنها تتسارع .

. يعدل جهد الأنبوب الثاني بحيث يكون سالبا بالنسبة للأول فيعمل المجال الكهربائي المتكون في الفجوة بين الأنبوبين على مسارعة البروتونات داخل الأنبوب الثاني .

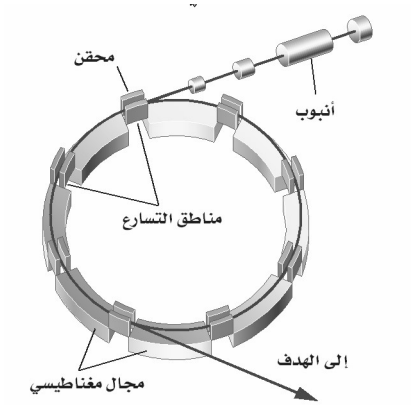
. تستمر هذه العملية حيث تبقى البروتونات تتسارع في الفجوات بين كل زوج من الأنابيب و في نهاية المسارع تكون البروتونات قد اكتسبت عدة ملايين إلكترون فولت من الطاقة .



السنكروترون :

. يمكن أن يصنع المسارع ليكون اصغر باستخدام المجال المغناطيسي لثني مسار الجسيمات ليصبح دائريا .

. في جهاز السنكروترون تفصل مناطق الثني المغناطيسي بمناطق تسارع وفي نهاية المسارع تصبح طاقة البروتون كبيرة .



*** ضديد المادة :**

_ في بداية 1920 توقع ديراك وجود ضديد جسيم لكل نوع من الجسيمات و الإلكترون الموجب أو البوزترون مثال على ضديد الأجسام .

للإلكترون و ضديده البوزترون نفس الكتلة ومقدار الشحنة ومع ذلك فان إشارتي شحنتيهما مختلفتين وعند اصطدامهما فان كل منهما يفني الآخر وينتج عن ذلك طاقة على شكل أشعة جاما .

*** الجسيمات :**

– لقد كان نموذج بور للذرة الذي اكتشف عام ١٩٣٠ م بسيطا للغاية حيث كانت الذرة مكونة من الكترونات وبروتونات ونيترونات ثم عملت الدراسات العميقة للاضمحلال الإشعاعي على تشويش هذه الصورة المبسطة .

– توقع العالمان باولي عام ١٩٣١ و فيرمي عام ١٩٣٤ وجود جسيم متعادل ينبعث مع جسيم بيتا وقد أطلق عليه (نيوترينو) وقد تمت ملاحظته عام ١٩٥٦

– في عام ١٩٣٧ اكتشف جسيم سمي (الميون) كتلته كإلكترون ثقيل

– في عام ١٩٣٥ افتراض العالم يوكاوا وجود جسيم يحمل القوة النووية القوية في الفراغ تمام كما يحمل الفوتون القوة الكهرومغناطيسية و قد اكتشف هذا الجسيم عام ١٩٤٧ وسمي (البيون)

*** النموذج المعياري :**

– هل البروتونات و النيترونات جسيمات أولية ؟

– لقد أصبح واضحا عام ١٩٦٠ أن البروتونات والنيترونات والبيونات ليست جسيمات أولية وأنها مكونة من مجموعة من جسيمات تسمى (الكوارك)

. يعتقد العلماء الآن وجود ثلاث عائلات من الجسيمات الأولية وهي :

١– الكواركات :

تضم بداخلها البروتونات والنيترونات أنواع الكواركات هي : العلوي–السفلي–الساحر–الغريب– القمة –القاع .

٢– اللبتونات :

تضم بداخلها الالكترونات والنيوتريونات.

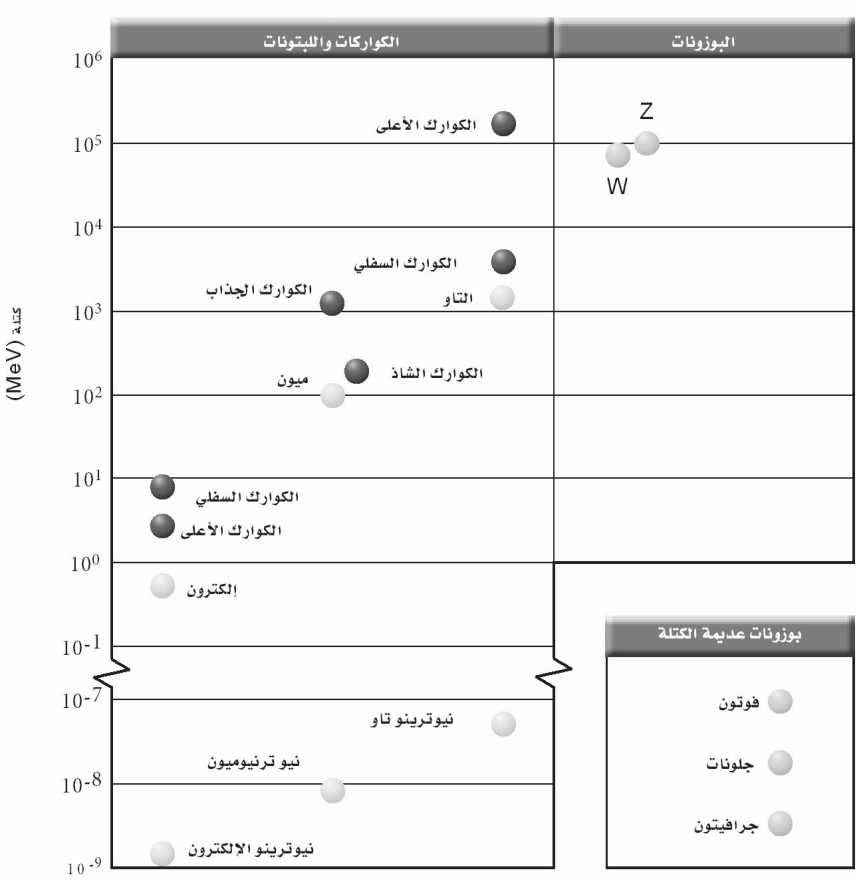
٣–حاملات القوة :

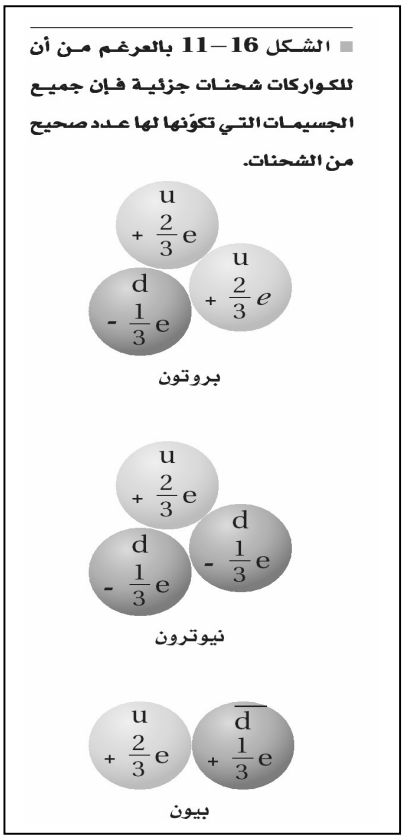
–تضم كلا من :

١–الفوتونات حاملات القوة الكهرومغناطيسية

٢–الجلونات حاملات القوة النووية بين الكواركات .

٣–الجرافيتون الذي لم يكتشف حتى الآن حامل قوة الجاذبية الأرضية.





* البروتونات والنيوترونات :

. تتكون النيوكليونات (البروتونات والنيوترونات) من ثلاثة كواركات .

	البروتون	النيوترون
مكوناته	يتكون من اثنين من الكواركات العلوية u وكوارك سفلي واحد d	يتكون من كوارك واحد علوي u واثنين من الكواركات السفلية d
شحنته	مجموع شحنة ثلاثة كواركات $(\frac{2}{3}+\frac{2}{3}+-\frac{1}{3})e=+e$	مجموع شحنة ثلاثة كواركات $(\frac{2}{3}+ -\frac{1}{3} + -\frac{1}{3})e=0$
رمزه	P = uud	n = udd

التحولات بين الكتلة والطاقة :

. يمكن حساب كمية الطاقة التي تتولد نتيجة فناء جسيم من باستخدام معادلة اينشتاين : $E = m c^2$

. يمكن أن يحدث معكوس الفناء أي أن الطاقة يمكن أن تتحول إلى مادة . فإذا عبر إشعاع جاما بالقرب من نواة فقد ينتج زوج من الإلكترون و البوزترون .

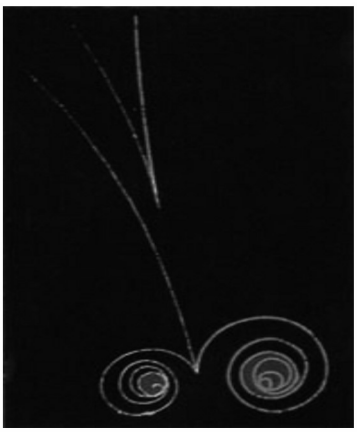
وذلك على حسب المعادلة : $\gamma \longrightarrow e^- + e^+$

. يسمى تحول الطاقة إلى الجسيمات (مادة و ضديد المادة) : إنتاج الزوج .

. لا يمكن أن تحدث هذه التفاعلات منفردة (السبب) : لأنها لا تحقق قانون حفظ الشحنة.

* حفظ الجسيم :

. عند اصطدام الجسيم و ضديده فان كل منهما يفني الآخر ويتحولان إلى فوتونات أو إلى زوج من جسيم و ضديد جسيم اخف والى طاقة .



■ الشكل 18 – 11 عندما ينتج الجسيم فإن ضديد هذا الجسيم ينتج أيضًا. هنا تضمحل أشعة جاما إلى زوج من الإلكترون والبوزترون.

*** اضمحلال بيتا والتفاعل الضعيف :**

. في عملية اضمحلال النيوترون يتحول النيوترون إلى بروتون مع انبعاث جسيم بيتا (إلكترون سالب)
و نيوترينو (جسيم كتلته صغيرة جدا وعديم الشحنة) وتكتب معادلة اضمحلال النيوترون كالتالي :

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

. عند اضمحلال البروتون الحر فانه يتحول إلى نيوترون داخل النواة مع إطلاق بوزترون و نيوترينو على
حسب المعادلة التالية :

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

. إن انحلال النيوترونات إلى بروتونات، وانحلال البروتونات إلى نيوترونات لا يمكن تفسيره بواسطة القوة القوية بل يشير إلى انه يجب أن يكون هناك تفاعل آخر وهي : القوة النووية الضعيفة .

. ساد الاعتقاد لفترة طويلة من أن النيوترينو و ضديده عديمة الكتلة إلا أن التجارب الأخيرة التي التقطت هذه الجسيمات من الشمس أثبتت أن للنيوترينات كتلة على الرغم من أنها اقل من أي كتلة جسيم معروف .

*** اختبار النموذج المعياري :**

. الكواركات و اللبتونات تنفصل إلى ثلاثة عائلات وهي :

١. عائلة اليد اليسرى وهي العالم المحيط بنا حيث يتكون من الجسيمات (بروتونات و نيوترونات و الكترونات)

٢. المجموعة الوسطى وهي جسيمات توجد في الأشعة الكونية وتنتج بطريقة روتينية في مسارعات الجسيمات .

٣. عائلة اليد اليمنى : يعتقد أنها كانت مستثارة قليلا خلال اللحظات الأولى للانفجار العظيم ونتجت عن تصادمات عالية الطاقة.

. التركيب الرياضي لنظريات التفاعل الضعيف والتفاعل الكهرومغناطيسي متماثلان والنظريات الحالية المتعلقة بأصل الكون تتوقع أن أنهما كانتا متحدتين في قوة واحدة تسمى قوة كهربائية ضعيفة .