# الوحدة الأولى:الزخم الخطي و التصادمات

## الدرس الاول : الزخم الخطي و الدفع

**الزخم الخطي (كمية التحرك)** هو ناتج ضرب كتلة الجسم ( m) في سرعته المتجهة $(\boldsymbol{v})$ و رمزه **(p)** و يقاس بوحدة Kg.m/s بالإضافة إلى أنه كمية متجهة و له اتجاه السرعة نفسه .

$$p = m\boldsymbol{v}$$

صياغة نيوتن لقانونه الثاني بدلالة الزخم :

$$\Sigma F = \frac{dp}{dt}$$

$$= \frac{d(m\boldsymbol{v})}{dt} = m\frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = ma$$

و عند حدوث تغير في الزخم الخطي **(pΔ)** يمكن كتابة العلاقة على الشكل التالي :

$$\Sigma F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

**الدفع** هو ناتج ضرب القوة المحصلة (ΣF) المؤثرة في الجسم في زمن تأثيرها **(Δt)** و رمزه **(I)** و يقاس بوحدة N.s بالإضافة إلى أنه كمية متجهة و له اتجاه تغير الزخم و هو اتجاه القوة المحصلة نفسه ز

$$I = \Sigma F.\ \Delta t$$

مبرهنة الزخم الخطي – الدفع تنص على أن دفع قوة محصلة مؤثرة في الجسم يساوي التغير في زخمه الخطي .

$$I = \Delta P = P_F - P_i$$

$$I = F\,\Delta t = m\,\Delta\boldsymbol{v} = m\,(\boldsymbol{v_f} - \boldsymbol{v_i}) = \Delta P$$

### قانون الزعيم

حسب قانون نيوتن الثالث "لكل فعل رد فعل مساوي له في المقدار و معاكساً له في الإتجاه " فإن:

$$F_{AB} = -F_{AB}$$

و عند ضرب طرفي المعادلة بفترة زمنية يصبح :

$$F_{AB}\Delta t = -F_{AB}\Delta t$$

$$I_{AB} = -I_{AB}$$

$$\Delta P_B = -\Delta P_A$$

$$P_{BF} - P_{Bi} = P_{AF} - P_{Ai}$$

$$\boldsymbol{m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}}$$

و هذا ما يسمى **بقانون حفظ الزخم الخطي**

حيث $\boldsymbol{v_{Ai}}$ و $\boldsymbol{v_{Af}}$ تمثلان السرعتين المتجهتين للجسم الأول قبل التصادم و بعده مباشرة على الترتيب و $\boldsymbol{v_{Bi}}$ و $\boldsymbol{v_{Bf}}$ تمثلان السرعتين المتجهتين للجسم الثاني قبل التصادم و بعده مباشرة على الترتيب .

# الدرس الثاني : التصادمات

**الطاقة الحركية ( KE )** هي الطاقة المرتبطة بحركته عند انتقاله من مكان لآخر و تعتمد على كتلة الجسم (m) و مقدار سرعته $(v)$ و يعبر عنها بالمعادلة التالية :

$$\text{KE} = \frac{1}{2}\,\text{m}v^2$$

◄ قد تكون الطاقة محفوظة للأجسام المتصادمة و قد لا تكون محفوظة **اعتماداً على نوع التصادم .**

**التصادم المرن** يكون فيه مجموع الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم مساوياً مجموع طاقتها الحركية بعد التصادم ؛ أي أن الطاقة الحركية للنظام محفوظة .

$$\Sigma P_i = \Sigma P_f$$

$$\boldsymbol{m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}}$$

$$\Sigma KE_i = \Sigma KE_f$$

$$\boldsymbol{\frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}^2 = \frac{1}{2} m_A v_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bf}^2}$$

**التصادم غير المرن** لا يكون فيه مجموع الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم مساوياً مجموع طاقتها الحركية بعد التصادم ؛ أي أن الطاقة الحركية للنظام غير محفوظة ، و يوصف التصادم بأنه تصادم عديم المرونة .

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$

$$\boldsymbol{v_f = \frac{m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi}}{m_A + m_B}}$$

**البندول القذفي :**

**- لحساب سرعة الجسم الأول قبل التصادم :**

$$v_{1A} = \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1}\right)\sqrt{2gh}$$

- حيث $(m_1)$ هي كتلة الجسم الأول و $(m_2)$ هي كتلة الجسم الثاني و$(g)$ هو تسارع الجاذبية الأردنية و $(h)$ هو أقصى ارتفاع .

# الوحدة الثانية:الحركة الدورانية

## الدرس الاول : العزم و الإتزان السكوني

**العزم** يعد مقياساً لمقدرة القوة على إحداث دوران للجسم و هو كمية متجهة ، رمزه (τ) و هو ناتج الضرب المتجهي لمتجه القوة (F) و متجه موقع نقطة تاثير القوة (r) الذي يبدأ من نقطة على محور الدوران و ينتهي عند نقطة تأثير القوة ، و يقاس بوحدة (N.m).

$$\tau = r \times F = r\,F\sin(\theta)$$

حيث (θ) هي الزاوية المحصورة بين المتجهين r و F.

يسمى امتداد متجه القوة خط عمل القوة ، و أحصل عليه برسم خط ينطبق مع متجه القوة .

يسمى البعد العمودي بين خط عمل القوة و محور الدوران ذراع القوة .

يكون عزم القوة أكبر ما يمكن عندما تكون الزاوية بين متجه القوة و متجه موقع نقطة التأثير 90 ($\sin 90 = 1$) لأن مقدار الذراع يكون أعلى ما يكون .

العزم المحصل :

$$\Sigma\,\tau = \tau_1 + \tau_2$$

و يجب الإنتباه إلى تأثير القوة مع أو عكس عقارب الساعة .

عندما تكون القوتان متساويتين مقداراً و متعاكستين اتجاهاً و خطا عملهما غير متطابقين ؛ فإنهما تشكلان ازدواجاً (couple)، و يسمى العزم الناتج منه عزم الإزدواج .

**عزم الإزدواج** هو ناتج ضرب مقدار إحدى القوتين المتساويتين في البعد العمودي بينهما (d) .

$$\tau_{couple} = 2\,F\,r\sin(\theta)$$
$$= F\,(2r\sin(\theta)) = F\,d$$

إنّ الجسم الساكن يكون في حالة اتزان سكوني ، و الجسم المتحرك بسرعة ثابتة و بخط مستقيم يكون في حالة اتزان انتقالي ، و في الحالتين تكون القوة المحصلة المؤثرة في هذه الاجسام تساوي صفراً (ΣF=0) .

شروط أن يكون الجسم في حالة اتزان سكوني عند تاثير قوة عدة فيه :

- أن تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً (ΣF=0) .
- أن تكون العزم المحصل المؤثر فيه يساوي صفراً (Σ=0τ) .

- مركز الكتلة هي النقطة التي يمكن افتراض كتلة الجسم كاملة مركزة فيها ، و قد يقع مركز الكتلة داخل الجسم أو خارجه اعتماداً على شكل الجسم .

- لحساب موقع مركز الكتلة لنظام يتكون من عدد(n) من الجسيمات الموزعة على محور x :

$$\rightsquigarrow x_{cm} = \frac{m_A x_A + m_B x_B + \dots\dots + m_n x_n}{m_A + m_B \dots\dots + m_n} = \frac{\sum_i m_i x_i}{\sum_i m_i} = \frac{\sum_i m_i x_i}{M}$$

حيث ($x_i$) الإحداثي x للجسيم i و (M=$\sum_i m_i$) الكتلة الكلية للنظام .

- أما الجسم غير منتظم الشكل فيكون مركز كتلته اقرب إلى المنطقة ذات الكتلة الأكبر .

## الدرس الثاني : ديناميكا الحركة الدورانية

- يمكن وصف الحركة الدورانية باستخدام مفاهيم خاصة **كالإزاحة الزاوية** و **السرعة الزاوية** و **التسارع الزاوي** .

- **الموقع الزاوي** لأي جسم هو الزاوية التي يصنعها الخط الواصل بين الجسيم و نقطة الأصل مع الخط المرجعي (محور +x).

- **الإزاحة الزاوية ($\Delta\theta$)** هي التغير في الموقع الزاوي و تساوي الزاوية التي يمسحها نصف قطر المسار الدائري الذي يدور مع الجسم .

$$\rightsquigarrow \Delta\theta = \theta_f - \theta_i$$

◄ و تعد الإزاحة الزاوية موجبة عند الدوران بعكس اتجاه عقارب الساعة ، بينما تعد الإزاحة الزاوية سالبة عند الدوران باتجاه حركة عقارب الساعة .

- **السرعة الزاوية المتوسطة ($\bar{\omega}$)** هي نسبة الإزاحة الزاوية لذلك الجسم إلى الفترة الزمنية التي حدثت خلالها هذه الإزاحة و وحدة قياسها هي (rad/s) .

$$\rightsquigarrow \bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

- **السرعة الزاوية اللحظية ($\omega$)** هي السرعة الزاوية لجسم عند لحظة زمنية معينة.

◄ عندما تكون السرعة الزاوية ثابتة ، فإن السرعة الزاوية المتوسطة تساوي السرعة الزاوية اللحظية.

**التسارع الزاوي المتوسط ($\bar{\alpha}$)** هو نسبة التغير في مقدار السرعة الزاوية لذلك الجسم إلى الفترة الزمنية اللازمة لحدوث التغير و وحدة قياسه هي ($rad/s^2$) .

$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

**التسارع الزاوي اللحظي (α)** هو التسارع الزاوي لجسم عند لحظة زمنية معينة .

◄ عندما يدور الجسم بتسارع زاوي ثابت ؛ فإن تسارعه الزاوي المتوسط يساوي تسارعه الزاوي اللحظي.

◄ لتحديد ما إذا كان الجسم يدور بتسارع أو بتباطؤ ننظر إلى إشارتي السرعة الزاوية و التسارع الزاوي ؛ فعندما تكون إشارتاهما متماثلتين فإن الجسم يدور بتسارع ، أما إذا كانت إشارتاهما مختلفتين فإن الجسم يدور بتباطؤ .

عزم القصور الذاتي و القانون الثاني لنيوتن في الحركة الدورانية :

- عندما يتحرك الجسم حركة دورانية فإن مقدار تسارعه الزاوي يتناسب طردياً مع مقدار العزم المحصل المؤثر فيه :

$$\alpha \propto \Sigma\tau$$

و هذا يناظر القانون الثاني لنيوتن في الحركة الإنتقالية

$$a \propto \Sigma F$$

$$\Sigma F = ma$$

-

**عزم القصور الذاتي (I)** في الحركة الدورانية يقابل الكتلة (m) في الحركة الإنتقالية .

**يعد عزم القصور الذاتي مقياساً لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركية الدورانية كما الكتلة مقياس لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركية الإنتقالية .**

يمكن كتابة العلاقة الآتية للحركة الدورانية :

$$\Sigma\tau = I\alpha$$

حساب عزم القصور الذاتي (I) لجسيم نقطي كتلته m ، يبعد مسافة عمودية (r) عن محور الدوران و يقاس ب ($kg.m^2$):

$$I = mr^2$$

◄ يعتمد عزم القصور الذاتي لجسم على كيفية توزيع كتلته حول محور دورانه ، فكلما توزعت كتلته بعيداً عن محور الدوران ؛ فإن عزم القصور الذاتي له يكون أكبر .

# الدرس الثالث : الزخم الزاويّ

- الجسم الذي يدور حول محور ثابت لا ينتقل من مكان لآخر ، و لكنه **يمتلك طاقة حركية دورانية($KE_R$)**.

$$KE_R = \frac{1}{2} I\omega^2$$

حيث(I) عزم القصور الذاتي للجسم ، و(ω) سرعته الزاوية و تقاس الطاقة الحركية الدورانية بوحدة (J).

- يوجد للزخم الخطي (p) نظير دوراني يسمى **الزخم الزاوي (L)** يعرف بأنه يساوي ناتج ضرب عزم القصور الذاتي للجسم أو النظام في سرعته الزاوية ، و هو كمية متجهة و وحدة قياسه **($Kg.m^2/s$)**.

$$L = I\ \omega$$

◄ يتم استخدام **قاعدة اليد اليمنى** لتحديد اتجاه الزخم الزاوي ، و ذلك عن طريق لف أصابع اليد اليمنى حول محور الدوران بحيث يشير إلى اتجاه دوران الجسم ؛ فيشير الإبهام إلى اتجاه لزخم الزاوي .

- العزم المحصل المؤثر في جسم يتحرك حركة دورانية حول محور ثابت **يساوي** المعدل الزمني للتغير في زخمه الزاوي حول المحور نفسه .

$$\Sigma\tau = \frac{dL}{dt} = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

- **قانون حفظ الزخم الزاوي** ينص على أن " الزخم الزاوي لنظام معزول يظلُّ ثابتاً في المقدار و الإتجاه " ، إذ يكون العزم المحصل المؤثر في النظام يساوي صفراً .

$$\frac{dL}{dt} = 0$$

◄ **أي أن الزخم الزاوي الإبتدائي لنظام معزول يساوي زخمه الزاوي النهائي .**

$$L_f = L_i$$

◄ **عند تغيير (I) يجب أن تتغير ($\omega$) للنظام بحيث يبقى الزخم الزاوي ثابتاً .**

$$I_f\ \omega_f = I_i\ \omega_i = \text{constant}$$

# الوحدة الثالثة:التيار الكهربائي

## الدرس الأول : المقاومة و القوة الدافعة الكهربائية

- **التيار الكهربائي (I)** هو كمية الشحنة التي تعبر مقطعاً عرضياً في الموصل في وحدة الزمن و يكون بعكس اتجاه حركة الإلكترونات و يقاس بوحدة **أمبير (A)**.

$$\rightsquigarrow I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

◄ ينتج التيار الكهربائي في **الفلزات** بسبب حرجة الإلكترونات الحرة فيها تحت تأثير مجال كهربائي ينشأ داخل الموصل الفلزي عند تطبيق فرق في الجهد الكهربائي بين طرفيه .

- الأمبير هو مقدار التيار الكهربائي الذي يسري في موصل عندما تعبر مقطع هذا الموصل شحنة مقدارها (1C) في ثانية واحدة .

- التيار الكهربائي الذي يسري في موصل باتجاه واحد و قيمته لا تتغير مع الزمن هو **تيار مستمر (DC)** .

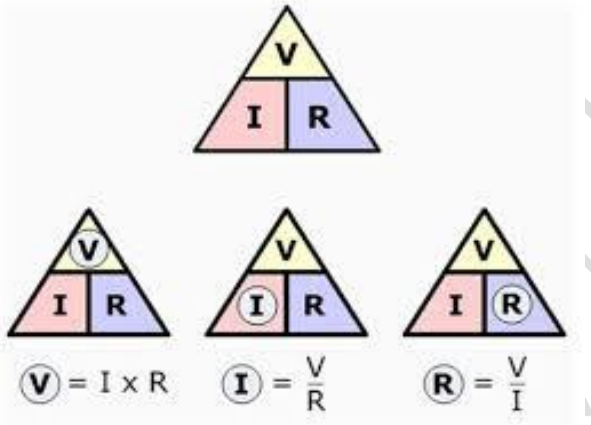
- تسمى خاصية ممانعة الموصل لمرور التيار الكهربائي فيه **المقاومة الكهربائية (R)** و تقاس بوحدة **أوم** و يستخدم لتمثيلها **الرمز (Ω)**.

◄ و تعرّف المقاومة الكهربائية للموصل بأنها نسبة فرق الجهد بين طرفيه إلى التيار الكهربائي المار فيه .

- **الأوم** هو مقاومة موصل يسري فيه تيار كهربائي (1A) عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه (1V) .

- ينص **قانون أوم** على أن " الموصل عند درجة الحرارة الثابتة ينشأ فيه تيار كهربائي (I) يتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه (ΔV) "

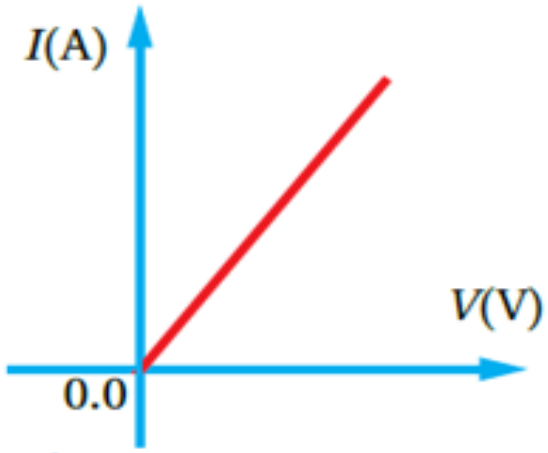
$$\rightsquigarrow \Delta V = I\,R$$




◄ و يقاس فرق الجهد بوحدة **فولت (V)** و يعرّف بانه فرق الجهد بين طرفي موصل مقاومته (Ω1) يسري فيه تيار كهربائي (1A) .

- **الموصلات الأومية** هي الموصلات التي تحقق قانون أوم و هي التي يكون منحنى (I-V) لها خطاً مستقيماً عند ثبات درجة الحرارة .

- ميل الخط المستقيم في منحنى (I-V) هو مقلوب المقاومة .




الشكل : منحنى ($I-V$) لموصل أومي.

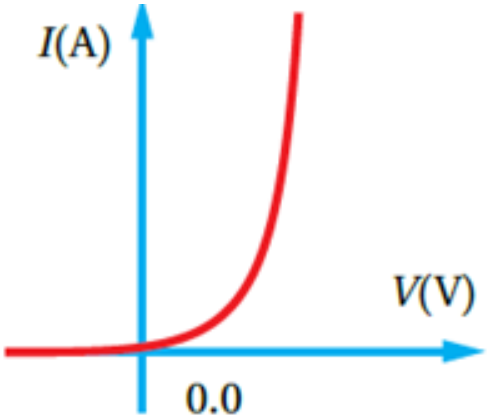
◄ عندما ترتفع درجة حرارة الموصل الأوميّ ، فإنّ مقاومته تزداد، وتبقى العلاقة بين الجهد والتيار خطية بثبات درجة الحرارة عند قيمة جديدة ؛ أي أنه يبقى موصلاً .

◄ كيف أُفسر زيادة مقاومة الموصل بارتفاع درجة الحرارة ؟!

عند سريان التيار الكهربائي في الموصل فإن الإلكترونات الحرة تتصادم في ما بينها ، كما تتصادم مع ذرات الموصل ؛ وتنقل جزءاً من طاقتها الحركية إلى الذرات ، فتزداد سعة اهتزازها، وترتفع درجة حرارة الموصل ، إن الزيادة في سعة اهتزاز الذرات تؤدي إلى زيادة احتمال تصادم الإلكترونات بها ، فتزداد إعاقة الموصل لحركة الإلكترونات داخله ، وتصبح مقاومة الموصل لسريان التيار الكهربائي أكبر .

- **الموصلات اللاأومية** هي الموصلات التي لا تحقق قانون أوم و هي التي يكون منحنى (I-V) ليس خطاً مستقيماً عند ثبات درجة الحرارة ؛ أي أن مقاومتها تتغير مع فرق الجهد .

- الأمثلة : الثنائي ، و الثنائي الباعث للضوء ، و الترانزستور و تعد من المكونات الاساسية للدارات الكهربائية و تصنع من أشباه الموصلات كالجرمانيوم و السيليكون .




الشكل: منحنى ($I-V$) لوصلة الثنائي.

- العوامل المؤثرة في المقاومة الكهربائية:

- **طول الموصل** و العلاقة طردية فكلما زاد طول الموصل زادت مقاومته و العكس صحيح .

- **مساحة المقطع العرضي للموصل** و العلاقة عكسية فكلما زادت مساحة المقطع العرضي الموصل قلت مقاومته و العكس صحيح .

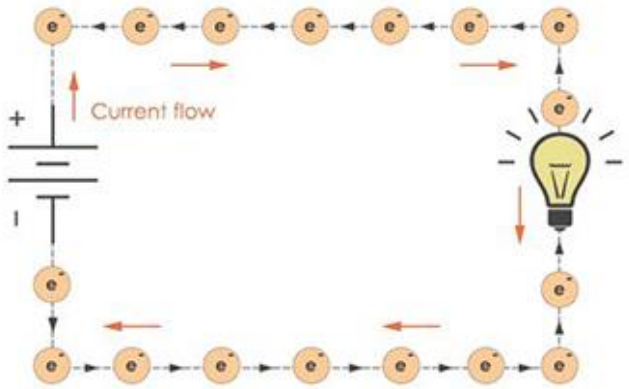
- **نوع مادة الموصل** إذ تختلف المواد عن بعضها البعض فبعض الفلزات موصلة جيدة كالنحاس و الفضة و بعضها أكثر مقاومة كالتنغستن و المواد العازلة لها قيم مقاومة عالية جداً .

$$\rho = \frac{RA}{L}$$

- **مقاومية المادة** هي مقاومة عينة من المادة مساحة مقطعها $(1m^2)$ و طولها $(1m)$ عند درجة حرارة معينة و تقاس بوحدة **(Ω.m)** .

◄ هنالك مواد فائقة التوصيل أي ان مقاومتها الكهربائية تساوي صفراً عند درجات حرارة منخفضة تساوي الصفر المطلق .

- **القوة الدافعة الكهربائية (ε)** هي الشغل الذي تبذله البطارية في نقل وحدة الشحنات الموجبة داخل البطارية من قطبها السالب إلى قطبها الموجب ، و مقدارها يساوي أكبر فرق جهد يمكن أن تولّد البطارية بين قطبيها .




◄ يوجد للبطارية مقاومة داخلية(r) تعيق حركة الشحنات داخلها فتفقدها جزءاً من طاقتها .

$$\Delta V_\varepsilon = V_b - V_a = \varepsilon - I\,r$$

$$\Delta V_R = I\,R$$

$$\Delta V_\varepsilon = \Delta V_R$$

$$\varepsilon - I\,r = I\,R$$

$$\boldsymbol{\varepsilon = I\,R + I\,r}$$

# الدرس الثاني : القدرة الكهربائية و الدارة البسيطة

**القوة الدافعة الكهربائية** هي ناتج قسمة الشغل الكلي على الشحنة المنقولة خلال البطارية .

$$\varepsilon = \frac{W}{\Delta Q}$$

**القدرة الكهربائية** هي المعدل الزمني للشغل الذي تبذله البطارية و تقاس بوحدة واط .

$$P_\varepsilon = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta Q\, \varepsilon}{\Delta t} = I\varepsilon$$

$$= I\,(I\,R + I\,r) = I^2\,R + I^2 r$$

◄ حيث $(I^2\,R)$ هي القدرة المستهلكة في المقاومة الخارجية و $(I^2\,r)$ هي القدرة المستهلكة في المقاومة الداخلية .

القدرة المستهلكة في المقاومة الخارجية تعطى بالعلاقة :

$$P = I^2\,R = I\,V = \frac{V^2}{R}$$

**الواط** هي قدرة جهاز كهربائي يستهلك طاقة كهربائية بمقدار (1J) كل ثانية أو هي قدرة جهاز كهربائي يمر فيه تيار كهربائي بمقدار (1A) عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه (1V).

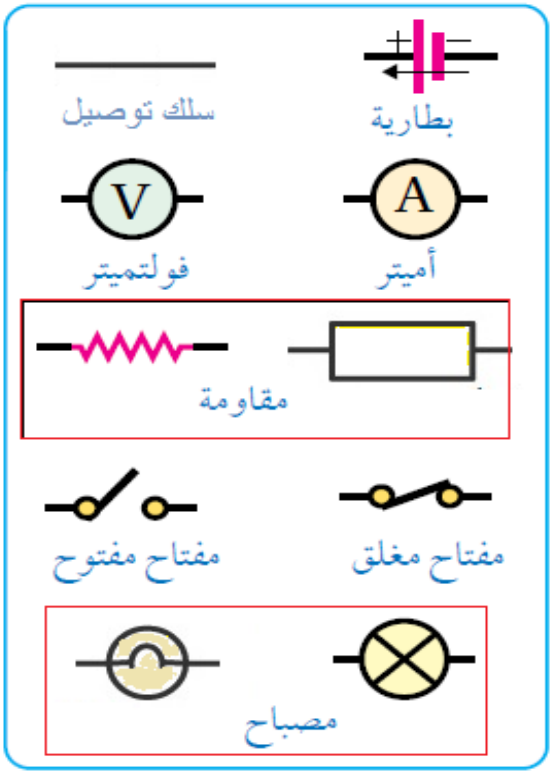
تستهلك الأجهزة الكهربائية الطاقة الكهربائية بكمية تعتمد على قدرة الجهاز و زمن تشغيله .

$$E = P\,\Delta t$$

◄ **و لحساب تكلفة استهلاك الطاقة يتم ضرب سعر وحدة الطاقة في كمية الإستهلاك .**

مكونات الدارة البسيطة :

تتكون من مسار مغلق يسري فيهه التيار الكهربائي و عادة تحتوي على بطارية و مقاومة و مفتاح و أسلاك توصيل و أحياناً أجهزة كالأميتر و الفولتميتر.




الشكل : بعض رموز عناصر الدارة الكهربائيّة البسيطة.

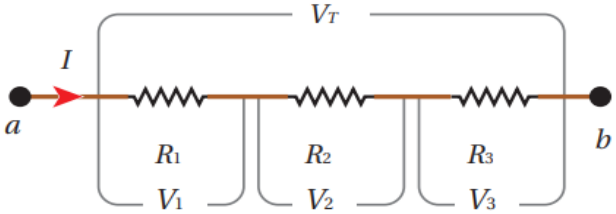
معادلة الدارة الكهربائية البسيطة :

$$\varepsilon - (I\,R + I\,r) = 0$$

# الدرس الثالث : توصيل المقاومات و قاعدتا كيرشوف

## توصيل المقاومات على التوالي :

- يكون التيار الكهربائي لجميع المقاومات نفسه .
- يكون فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة مساوياً لحاصل ضرب المقاومة في التيار.
- المقاومة المكافئة مجموع المقاومات الموصولة .
- المقاومة المكافئة أكبر من أكبر مقاومة .
- عند حدوث قطع في مقاومة يتوقف التيار في المقاومات جميعها .
- تنحصل في هذه الطريقة على تجزئة في الجهد بين المقاومات.



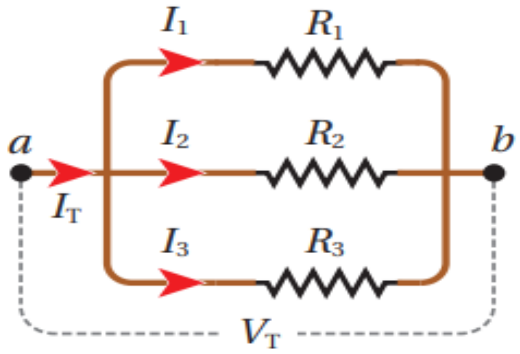

$\rightsquigarrow V_1 = I\,R_1 \, , V_2 = I\,R_2 \, , V_3 = I\,R_3$

$\rightsquigarrow V_T = V_1 + V_2 + V_3 = I\,R_{eq}$

$\rightsquigarrow R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$

## توصيل المقاومات على التوازي :

- يكون الجهد الكهربائي لجميع المقاومات نفسه .
- يكون التيار الكهربائي الذي يمر في كل مقاومة مساوياً لحاصل قسمة الجهد على المقاومة.
- المقاومة المكافئة مقلوب مجموع المقاومات الموصولة.
- المقاومة المكافئة أصغر من أصغر مقاومة .
- عند حدوث قطع في مقاومة لن يتوقف التيار في المقاومات الباقية و لن تتأثر .
- نحصل في هذه الطريقة على فرق جهد كلي و تجزئة التيار.




$\rightsquigarrow I_1 = \frac{V_1}{R_1} \, , I_2 = \frac{V_2}{R_2} \, , I_3 = \frac{V_3}{R_3}$

$\rightsquigarrow V_T = V_1 = V_2 = V_3$

$\rightsquigarrow I_{eq} = I_1 + I_2 + I_3$

$\rightsquigarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

## قاعدتا كيرشوف :

### ◄ القاعدة الأولى :

- تسمى قاعدة الوصلة و تمثل إحدى صور مبدأ حفظ الشحنة ؛ فكمية الشحنة الداخلة باتجاه نقطة في دارة كهربائية تساوي كمية الشحنة المغادرة لها و تنص عل أن **" المجموع الجبري للتيارات عند أي نقطة تفرع في دارة كهربائية يساوي صفراً "** .

$\rightsquigarrow \Sigma\, I = 0 \quad \rightarrow \quad \Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$

### ◄ القاعدة الثانية :

- تسمى قاعدة العروة و تحقق قانون حفظ الطاقة و تنص عل أن **" المجموع الجبري لتغيرات الجهد عبر مكونات مسار مغلق في**

دارة كهربائية يساوي صفراً " .

$$\Delta V = 0$$

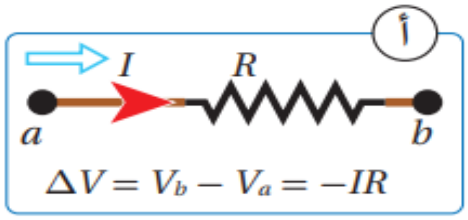
- القوة الكهربائية قوة محافظة ، لذلك فإن طاقة نظام (الشحنة – الدارة) تكون محفوظة عند حركة الشحنة من نقطة محددة و العودة إليها ؛ أي أن **التغير في طاقة الوضع الكهربائية يساوي صفراً** .

$$\Delta PE = \Sigma\, \Delta V = 0$$

- **لتطبيق القاعدة يجب اختيار اتجاه حركة محددة مع مراعاة نظام إشارات موجبة و سالبة كما يأتي :**

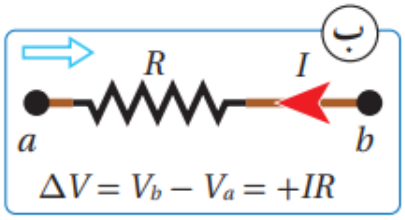
أ) عند عبور المقاومة (R) باتجاه التيار فهذا يعني الانتقال من جهد مرتفع عند بداية المقاومة إلى جهد منخفض عند نهايتها ؛ لذلك يقل الجهد .

$$\Delta V = -\, I\, R$$



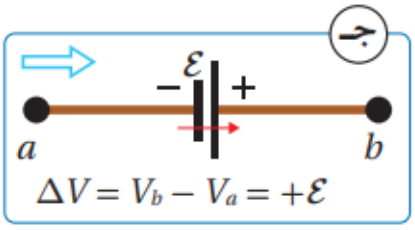

ب) عند عبور المقاومة باتجاه معاكس للتيار ؛ فهذا يعني الانتقال من جهد منخفض إلى جهد مرتفع ؛ لذلك يزداد الجهد .

$$\Delta V = I\, R$$



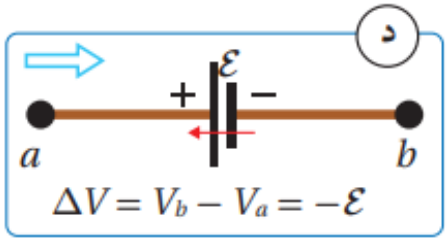

ج) عند عبور بطارية من قطبها السالب إلى قطبها الموجب (مع إتجاه قوتها الدافعة الكهربائية)؛ فهذا يعني الانتقال من جهد منخفض إلى جهد مرتفع، لذلك يزداد الجهد .

$$\Delta V = \varepsilon$$




د) عند عبور بطارية من قطبها الموجب إلى قطبها السالب (عكس إتجاه قوتها الدافعة الكهربائية) فهذا يعني الانتقال من جهد مرتفع إلى جهد منخفض ،لذلك يقل الجهد .

$$\Delta V = -\, \varepsilon$$



# الوحدة الرابعة:المجال المغناطيسي

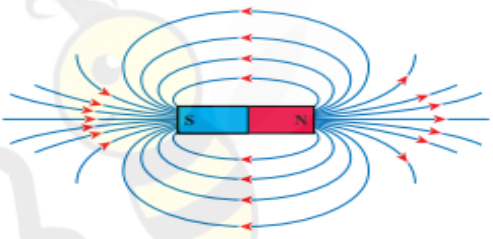
## الدرس الأول : القوة المغناطيسية

- تصنع **المغانط الدائمة** من مواد قابلة للتمغنط مثل؛ الحديد ، و النيكل ، و الكوبالت ، و النيوديميوم ، حيث تسمى مواد مغناطيسية .

- توجد أقطاب المغانط دائماً على شكل أزواج فلكل مغناطيس قطبان ؛ **قطب شمالي** و **قطب جنوبي** ولا يوجد مغناطيس مفرد على عكس الشحنات .

- **المجال المغناطيسي** هو خصيصة بالحيز المحيط بالمغناطيس و يظهر بهذا الحيز تأثيره على شكل قوى مغناطيسية تؤثر في المغانط الاخرى و المواد المغناطيسية و هو **كمية متجهة** و نحدد الإتجاه باستخدام البوصلة.

- **خصائص خطوط المجال المغناطيسي :**
  - خطوط وهمية مقفلة تخرج من القطب الشمالي و تدخل القطب الجنوبي و تكمل مسارها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي إلى الشمالي .
  - اتجاه المجال عند أي نقطة على خط المجال يكون على امتداد المماس للخط عند تلك النقطة .
  - لا تتقاطع ؛ لأن للمجال المغناطيسي اتجاه واحد عند كل نقطة ، يحدد باتجاه المماس لخط المجال.
  - يعبر عن مقدار المجال بعدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة عمودياً عليها .

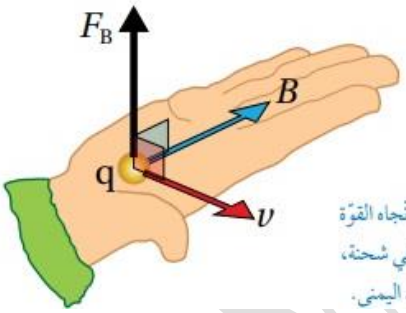



- **خصائص القوة المغناطيسية التي تؤثر في التي تؤثر في جسيم مشحون يترحك في مجال مغناطيسي :**
  - يتناسب مقدارها طردياً مع كل من ؛ شحنة الجسيم (Q)و مقدار سرعته ($v$) و مقدار المجال المغناطيسي (B).
  - يعتمد اتجاهها على اتجاه سرعة الجسيم و اتجاه المجال المغناطيسي و على نوع شحنة الجسيم .
  - تكون قيمتها العظمى عند ($\theta = 90°$) و تنعدم عند ($\theta = 0°$)و ($\theta = 180°$).
  - المجال المغناطيسي لا يؤثر بقوة في جسيم مشحون إذا كان ساكناً أو متحركاً بسرعة موازية للمجال المغناطيسي .

$$F_B = q\boldsymbol{v} \times B = qvB\sin(\theta)$$

- **المجال المغناطيسي** هو القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة لكل وحدة سرعة ، عندما تتحرك الشحنة بسرعة (1m/s) باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي لحظة مرورها في تلك النقطة و يقاس بوحدة **تسلا** .

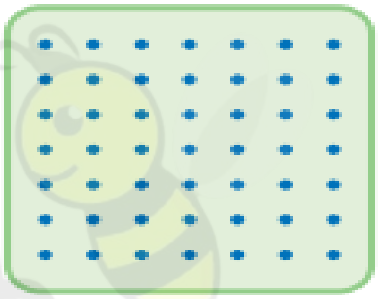
نستخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية .




الشكل : تحديد اتّجاه القوّة المغناطيسيّة المؤثّرة في شحنة، باستخدام قاعدة اليد اليمنى.

**المجال المغناطيسي المنتظم** هو المجال المغناطيسي الثابت مقداراً و اتجاهاً عند النقاط جميعها و يمثل بخطوط مستقيمة متوازية و تكون المسافات بينها متوازية .

◄ يمثل المجال المغناطيسي المنتظم بمجموعة نقاط إذا كان عمودياً على الصفحة و كأنه خارج منها نحو الناظر .



◄ يمثل المجال المغناطيسي المنتظم بمجموعة إشارات ضرب إذا كان عمودياً على الصفحة و كأنه داخل فيها مبتعدة عن الناظر .

تعمل القوة المغناطيسية كقوة مركزية في حال تحركت الجسيمات بسرعة ثابتة مقداراً في مسار دائري معامد لاتجاه المجال المغناطيسي.

$$\rightsquigarrow F_B = F_r$$

$$qvB = \frac{m v^2}{r} \rightarrow qB = \frac{m v}{r}$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$$

◄ و يسمى المقدار $\left(\frac{q}{m}\right)$ **الشحنة النوعية للجسيم** ، وهي ناتج قسمة شحنة الجسيم على كتلته .

**تطبيقات** تكنولوجية على القوة المغناطيسية :

1) **مطياف الكتلة** : جهاز يُستخدم لقياس كتل الجسيمات الذرية لتحديد مكونات عينة مجهولة.

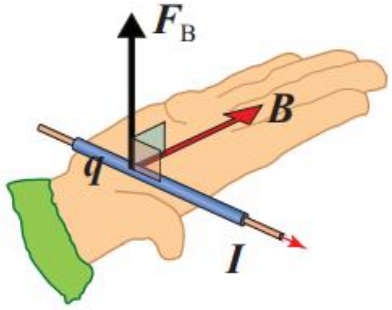
2) **مسارع السينكروترون** : جهاز يُستخدم لتسريع الجسيمات المشحونة كالإلكترون و البروتون و الأيونات لسرعات عالية لاستخدامها في الأبحاث العلمية و يتم استخدام المجال الكهربائي والمغناطيسي.

- **أهمية المجال الكهربائي** : تزويد الجسيمات المشحونة بالطاقة الحركية نتيجة مسارعتها في فرق جهد كهربائي .
- **أهمية المجال المغناطيسي** : يعمل على تغيير مسار الجسيمات لإبقائها في مسار حلقي ، و و إكساب الإلكترونات تسارعاً مركزياً .

## القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تياراً في مجال مغناطيسي :

القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل تساوي محصلة القوى المغناطيسية المؤثرة في الشحنات التي تنقل التيار الكهربائي .

- لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل يتم استخدام قاعدة اليد اليمنى .




◄ القوة المغناطيسية تتناسب طردياص مع كل من : مقدار المجال المغناطيسي ، و طول الموصل المغمور فيه ، و التيار الكهربائي ، و و جيب الزاوية بين متجه طول الموصل و و المجال المغناطيسي .

- متجه الموصل هو متجه مقداره يساوي طول الموصل و اتجاهه باتجاه سريان التيار الكهربائي في الموصل .

$$\rightsquigarrow F_B = IBL\ \sin(\theta)$$

## العزم المؤثر في حلقة تحمل تياراً في مجال مغناطيسي منتظم :

$$\rightsquigarrow \tau_{max} = IAB\ \sin(\theta) = \mu B\ \sin(\theta)$$

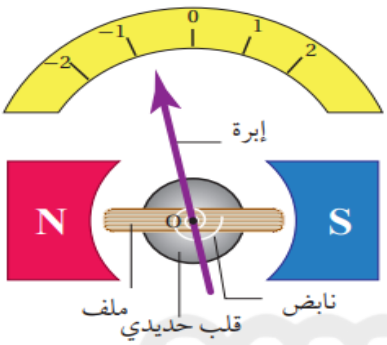
- الكمية (IA) تسمى **عزم الثناقطبي المغناطيسي** و يرمز له بالرمز (μ) و هو كمية متجهة يحدد اتجاهها باستخدام قاعدة اليد اليمنى ؛ بحيث تشير الأصابع إلى اتجاه التيار في الحلقة و يشير الإبهام إلى اتجاه العزم المغناطيسي الذي يكون باتجاه متجه المساحة (A) .

- و في حالة كان الملف يتكون من (N) لفة فإن العزم المؤثر فيه يساوي :

$$\rightsquigarrow \tau_{max} = \mu BN\ \sin(\theta)$$

## تطبيقات تكنولوجية على العزم المغناطيسي :

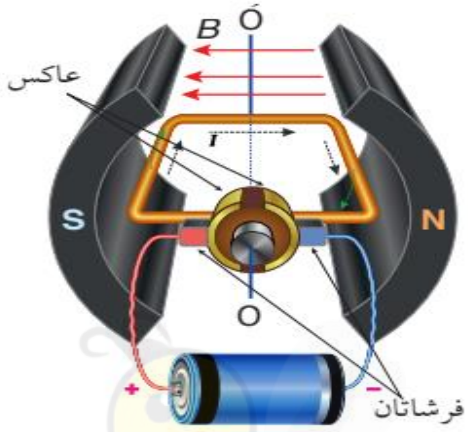
1) **الغلفانوميتر** : أداة تُستخدم للكشف عن التيار الكهربائي و قياسه ، و النوع المستخدم حاليا يسمى الغلفانوميتر ذو الملف المتحرك الذي يمكنه قياس التيارات الصغيرة جداا (μA).



- أجزاء الغلفانوميتر و وظائفها :

1. قطبا مغناطيس متقابلان بينهما مجال مغناطيسي؛ يؤثر بقوة مغناطيسية في الملف عند سريان تيار كهربائي فيه .
2. ملف مستطيل من سلك نحاسي رفيع معزول مغمور في المجال المغناطيسي .
عند مرور تيار كهربائي في الملف يتأثر بعزم ازدواج فيدور حول محور يمر بالنقطة () و عمودي على الصفحة ، و تدور معه إبرة تشير إلى تدريج معين يتناسب مع قيمة التيار .
3. قلب حديدي داخل الملف و يعمل على تركيز المجال المغناطيسي في الملف .
4. نابض حلزوني مثبت في أحد طرفي المحور و يعمل على إرجاع الملف إلى وضع الصفر بعد توقف التيار الكهربائي فيه .

2) **المحرك الكهربائي** : هو جهاز يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية ، و يُستخدم في كثير من التطبيقات مثل السيارة الكهربائية .




- أجزاء المحرك الكهربائي :

1. قطبا مغناطيس متقابلان يولدان مجالاً مغناطيسياً .
2. ملف من سلك نحاسي معزول و مغمور في مجال مغناطيسي يؤدي إلى دورانه حول محور (OO′) نتيجة تأثره بعزم عند مرور تيار كهربائي فيه نتيجة للقوة المغناطيسية المؤثرة فيه .
3. العاكس ؛ و هو نصفا أسطوانة موصلة ، يتصل كل نصف بأحد طرفي الملف و يعمل على توصيل التيار الكهربائي إلى الملف و عكس اتجاهه كل نصف دورة .
4. فرشاتان من الكربون تلامسان العاكس و تتصلان بمصدر التيار ، فتنقلانه إلى العاكس ، و عند دوران الملف يحدث تبديل في تلامس إحدى الفرشاتين مع أحد نصفي العاكس كل نصف دورة ، فينعكس اتجاه التيار الكهربائي في الملف و تنعكس القوة المغناطيسية المؤثرة فيه فيواصل دورانه باتجاه واحد .

- **تعتمد سرعة دوران المحرك الكهربائي على العزم الذي تولده القوة المغناطيسية على الملف .**

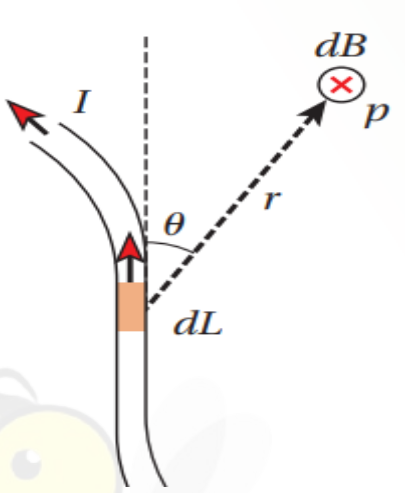
# الدرس الثاني : المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي

## المجال المغناطيسي الناشئ عن موصل يحمل تياراً كهربائياً :

◄ المجال المغناطيسي الجزئي الناتج عن قطعة صغيرة من موصل يحمل تياراً كهربائياً يسمى **قانون بيو-سافار**.

$$dB = \frac{\mu_\circ}{4\pi} \frac{IdL\sin(\theta)}{r^2}$$

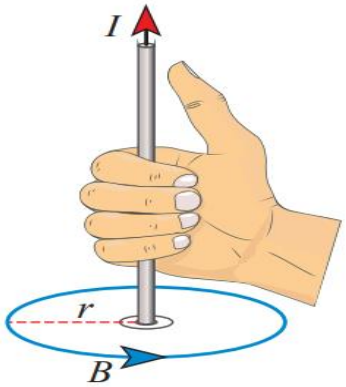
- حيث (dB) مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (p) الناشئ عن قطعة صغيرة (dL) من موصل يسري فيه تيار كهربائي (I) و المسافة (r) هي مقدار المتجه الذي يمتد من (dL) إلى النقطة (P) و يصنع زاوية ($\theta$) مع متجه الطول للقطعة (dL) .
- يرمز ($\mu_\circ$) إلى ثابت النفاذية المغناطيسية للفراغ و قيمته ($4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{T.m/A}$) و يعبر مقدار النفاذية المغناطيسية عن قابلية الوسط لتدفق خطوط المجال المغناطيسي خلاله .




◄ المجال المغناطيسي الناتج من موصل مستقيم لا نهائي الطول يحمل تياراً كهربائياً :

$$B = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r}$$

- لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة بالقرب من الموصل يتم استخدام قاعدة اليد اليمنى.




## المجال المغناطيسي الناشئ عن حلقة دائرية :

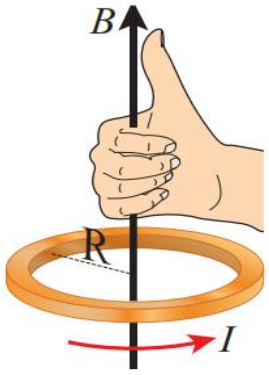
◄ المجال المغناطيسي في مركز حلقة دائرية نصف قطرها (R) مصنوعة من موصل يحمل تياراً كهربائياً :

$$B = \frac{\mu_\circ I}{2R}$$

◄ المجال المغناطيسي في مركز ملف دائري نصف قطره (R) يتكون من عدد (N) لفة :

$$B = \frac{\mu_\circ IN}{2R}$$

- لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي في مركز ملف دائري يتم استخدام قاعدة اليد اليمنى.




## المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف لولبي يحمل تياراً كهربائياً :

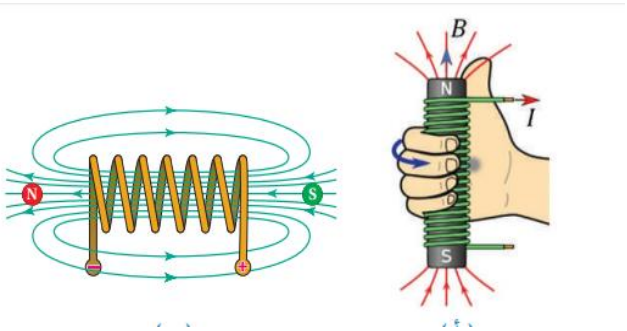
◄ **الملف اللولبي** هو سلك موصل ملفوف في حلقات دائرية متراصة معزولة عن بعضها بعضاً ، و يأخذ شكلاً اسطوانياً .

◄ المجال المغناطيسي في ملف لولبي عدد لفاته الكلي (N) يسري فيه تياراً كهربائياً:

$$\text{B} = \frac{\mu_{\circ} IN}{l} = \mu_{\circ} In$$

و تمثل (n) عدد اللفات في وحدة الطول و تساوي عدد اللفات الكلي (N) على طول الملف ($l$) .

- لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي في مركز ملف لولبي يتم استخدام **قاعدة اليد اليمنى** ، و يحدد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي القطب الشمالي للملف ؛ فيكون شماليا في جهة خروج خطوط المجال و جنوبياً في جهة دخولها .




## القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين :

◄ القوة المغناطيسية التي يتأثر بها الموصل الثاني من الموصل الأول :

$$F_{12} = \text{B}_1 \text{I}_2 \text{L} = \frac{\mu_{\circ} \text{I}_1}{2\pi r} \text{I}_2 \text{L} = \frac{\mu_{\circ} \text{I}_1 \text{I}_2 \text{L}}{2\pi r}$$

◄ القوة المغناطيسية التي يتأثر بها الموصل الأول من الموصل الثاني :

$$F_{21} = \text{B}_2 \text{I}_1 \text{L} = \frac{\mu_{\circ} \text{I}_2}{2\pi r} \text{I}_1 \text{L} = \frac{\mu_{\circ} \text{I}_1 \text{I}_2 \text{L}}{2\pi r}$$

- لتحديد اتجاه القوة المغناطيسي بين موصلين يتم استخدام قاعدة اليد اليمنى.

- $F_{21} = F_{12}$ و لكن متعاكستان في الإتجاه .

◄ القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين لكل وحدة أطوال :

$$\frac{F_{21}}{L} = \frac{F_{12}}{L} = \frac{\mu_{\circ} \text{I}_1 \text{I}_2}{2\pi r}$$

# الوحدة الخامسة:الحث الكهرومغناطيسي و أشباه الموصلات

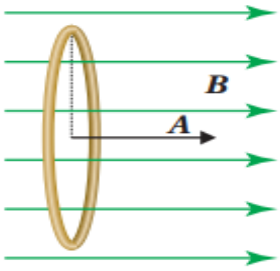
## الدرس الأول : التدفق المغناطيسي و الحث الكهرومغناطيسي

**التدفق المغناطيسي** هو ناتج الضرب القياسي لمتجه المجال المغناطيسي و متجه المساحة ، و يقاس بوحدة **($T.m^2$)** تسمى **ويبر (Wb)**.

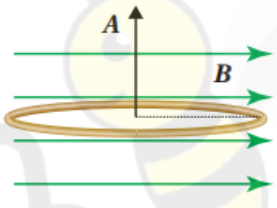
$$\Phi_B = B.A = BA\cos(\theta)$$

التدفق المغناطيسي يتناسب طردياً مع عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق مساحة محددة ، و مقدار المجال المغناطيسي يتناسب مع عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق عمودياً وحدة المساحة .

◄ يكون التدفق المغناطيسي أكبر ما يكون عندما تكون خطوط المجال المغناطيسي موازية لمتجه المساحة ($\theta = 0°$).




◄ يكون مساوياً للصفر عندما تكون خطوط المجال المغناطيسي عمودية على متجه المساحة ($\theta = 90°$) .

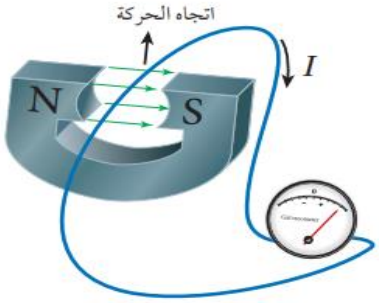



**التيار الكهربائي الحثي** هو التيار الكهربائي الناتج عن عملية الحث الكهرومغاطيسي.

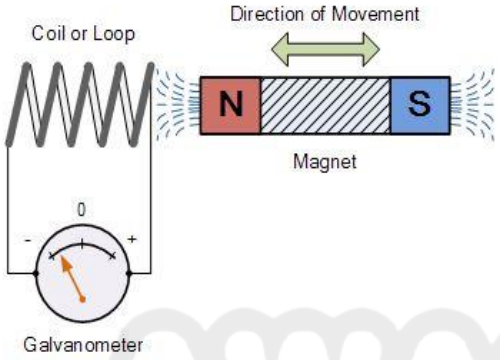
**الحث الكهرومغناطيسي** هي عملية توليد تيار كهربائي في دارة كهربائية مغلقة عند تغيير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها .

**طرق** توليد تيار كهربائي حثي:

- عند تحريك سلك موصل للأعلى و للأسفل في دارة بحيث يقطع الموصل خطوط المجال المغناطيسي .



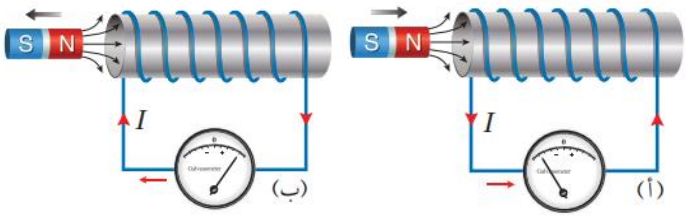

- عند تقريب مغناطيس من ملف أو إبعاده على نحو ما .



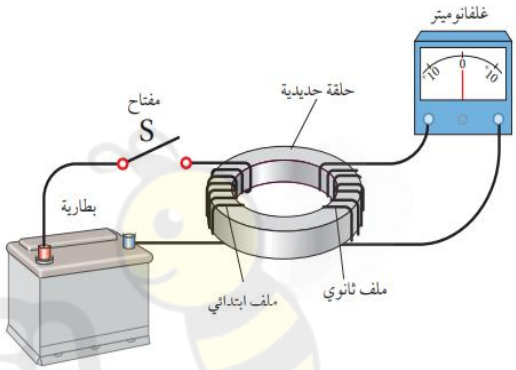
- تتولد **القوة الدافعة الكهربائية الحثية (غ)** عند تغير تغيير التدفق المغناطيسي الذي يخترقه .

◄ تغير التدفق المغناطيسي ينتج عن تغير في أي من مقدار المجال المغناطيسي ، أو المساحة التي يخترقها المجال المغناطيسي ، أو الزاوية المحصورة بين اتجاهي المجال المغناطيسي و المساحة .

- عند تحريك المغناطيس نحو الملف (كما في الشكل أ ) أو عند إبعاده (كما في الشكل ب) ينحرف مؤشر الغلفانوميتر في اتجاه معين دالاً على تولد قوة دافعة كهربائية حثية و سريان تيار كهربائي حتى في الملف .




- يمكن توليد قوة دافعة كهربائية عن طريق توصيل دارة كما يلي :




- عند إغلاق المفتاح (s) يسري تيار كهربائي في الملف الإبتدائي مولداً مجالاً مغناطيسياً يخترق الملف الثانوي ، فيتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقه من صفر إلى قيمة معينة خلال مدة زمنية معينة ، و هذا التغير في التدفق المغناطيسي مع الزمن يولد قوة دافعة كهربائية حثية و تياراً كهربائياً حثياً في الملف الثانوي .

- عند فتح دارة الملف الإبتدائي ، إذ يتلاشى التيار الكهربائي المار فيه ، و تبعاً لذلك يتناقص التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي ، فتتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية و تيار كهربائي حثي خلال فترة تلاشي تيار الملف الإبتدائي الأول .

- **قانون فارادي في الحث :**

- ينص على أن **"مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في دارة كهربائية يتناسب طردياً مع المعدل الزمني لتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها "**.

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi_B}{dt} = -N\frac{d}{dt}(BA\cos(\theta))$$

- قانون فارادي في الحث عندما يحدث تغير في التدفق المغناطيسي خلال مدة زمنية :

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

- لحساب التيار الحثي :

$$I = \left|\frac{\varepsilon}{R}\right|$$

نلاحظ من قانون فارادي أن إشارة إشارتي القوة الدافعة الكهربائية الحثية و التغير في التدفق المغناطيسي متعاكستان.

## القوة الدافعة الكهربائية الحثية في موصل متحرك :

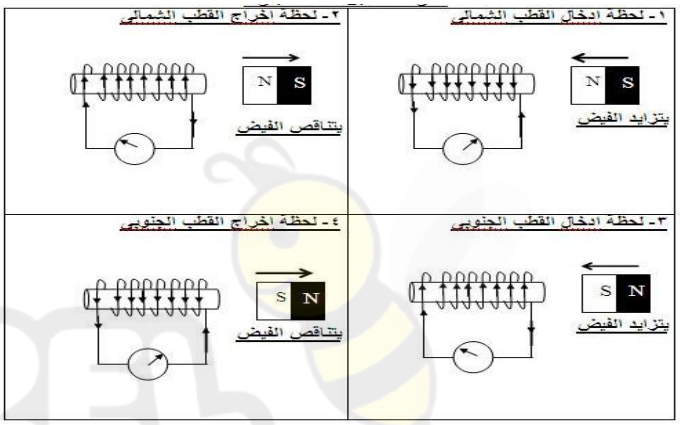
- عندما يتحرك موصل داخل مجال مغناطيسي منتظم فإن الإلكترونات الحرة داخل الموصل تتحرك معه ؛ مما يتأثر بقوة مغناطيسية حسب قاعدة اليد اليمنى .
- نتيجة لتحرك الإلكترونات تتجمع الشحنات السالبة عند طرف تاركة خلفها شحنات موجبة ع الطرف الآخر مكوناً فرق جهد بين الطرفين يسمى القوة الدافعة الكهربائية الحثية ($\grave{\varepsilon}$) .

$$\grave{\varepsilon} = Blv$$

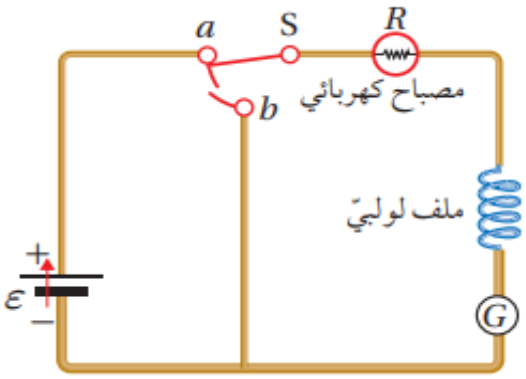
## قانون لنز :

- ينص على أن **"القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة تكون في الإتجاه الذي يقاوم التغير في التدفق المغناطيسي الذي يؤدي إلى توليدها ".**

- لتحديد اتجاه التيار الحثي أستخدم قاعدة اليد اليمنى.




**لا يصل التيار الكهربائي إلى قيمته العظمى لحظياً بل ينمو تدريجياً ، و كذلك يتلاشى تدريجياً .**




- تزداد إضاءة المصباح تدريجياً عند وصل المفتاح (s) بالنقطة (a) ، و تتلاشى إضاءة المصباح تدريجياً عند وصل المفتاح (s) بالنقطة (b) .
- وجود الملف اللولبي قد أعاق نمو التيار الكهربائي الناتج عن البطارية .
- يسري تيار كهربائي عند إغلاق الدارة ، فيتولد مجلاً مغناطيسياً في الملف اللولبي ، و يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقه .
- تنشأ قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية عكس القوة الدافعة الكهربائية للبطارية حسب قانون لنز ، يؤدي إلى نمو التيار الكهربائي إلى قيمته العظمى تدريجياً و ليس لحظياً .

◄ يسمى الملف اللولبي **محثًّا** ، أما التأثير فيسمى **الحث الذاتي** و يعرف بأنه تولد قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في دارة كهربائية مغلقة نتيجة تغير التدفق المغناطيسي بسبب تغير مقدار تيار الدارة نفسها .

- أستخدم قانون فارادي لحساب القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتولدة في المحث :

$$\mathcal{E}_L^{`} = -\mathrm{N}\frac{d\Phi_B}{dt}$$

- و تتناسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية طردياً مع مقدار التغير في التيار الكهربائي :

$$\mathcal{E}_L^{`} = -L\frac{d\mathrm{I}}{dt}$$

◄ حيث $(L)$ ثابت التناسب و يسمى **معامل الحث الذاتي** للمحث أو **محاثة المحث** :

- يعرف بأنه نسبة القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتولدة بين طرفي محث إلى المعدل الزمني للتغير في مقدار التيار الكهربائي المار فيه .
- هو مقياس لممانعة المحث للتغير في مقدار التيار الكهربائي المار فيه .
- وحدة قياسه **(V.s/A)** و تسمى **هنري** التي تعبر عن محاثة محث تتولد بين طرفيه قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية مقدارها (1V) ، عندما يكون المعدل الزمني للتغير في مقدار التيار الكهربائي (1A/s).

- **محاثة ملف لولبي**:
- أجد قانون المحاثة عن طريق مساواة علاقات القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية ببعضها .

$$-L\frac{d\mathrm{I}}{dt} = -\mathrm{N}\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\mathrm{LI} = \mathrm{N}\,\Phi_B = \mathrm{NBA} = \mathrm{NA}\frac{\mu IN}{l}$$

- و منها أجد أن معامل الحث الذاتي لمحث لولبي ثابت للمحث نفسه و يساوي :

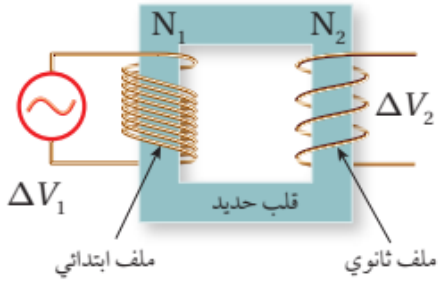
$$\mathrm{L} = \frac{\mu \mathrm{N}^2 \mathrm{A}}{l}$$

◄ **العوامل** التي يعتمد عليها معامل الحث الذاتي :

- طول المحث $(l)$ .
- مساحة مقطعه العرضي (A) .
- عدد لفاته (N) .
- النفاذية المغناطيسية لمادة قلب المحث $(\mu)$ .

## المحول الكهربائي و نقل الطاقة :

- يستخدم لتقليل الطاقة المفقودة في أثناء عملية النقل و يعتمد في عمله على الحث الكهرومغناطيسي .




- يتكون من ملفين من الأسلاك الموصلة ملفوفين على قلب حديدي مشترك (الملف الإبتدائي و الملف الثانوي).
- يتكون **الملف الأول** (الملف الإبتدائي) من ($N_1$) لفة و يتصل مع مصدر فرق جهد متغير مقداراً و اتجاهاً (مصدر فرق الجهد المتردد ) الذي يولّد تياراً كهربائياً متردداً فيتولّد في الملف مجالاً مغناطيسياً متغير يؤدي إلى تغير في التدفق المغناطيسي .

$$\Delta V_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

- يتكون **الملف الثاني** (الملف الثانوي) من ($N_2$) لفة و يتصل مع جهاز مستهلك للطاقة كالمقاومة و المصباح .
- يعمل القلب الحديدي على زيادة المجال المغناطيسي داخل الملف الإبتدائي ، و تدفق أكبر عدد من خطوط المجال للملف الثانوي و لنفترض عدم وجود طاقة مفقودة كما في المحول المثالي فإن هذا التدفق يولّد فرق جهد .

$$\Delta V_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

◄ و بتعويض التدفق في العلاقتين نحصل على :

$$\frac{\Delta V_1}{N_1} = \frac{\Delta V_2}{N_2} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta V_1}{\Delta V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

- عندما يكون $N_1 < N_2$ فإن $\Delta V_1 < \Delta V_2$ و يكون المحول رافعاً للجهد .
- عندما يكون $N_1 > N_2$ فإن $\Delta V_1 > \Delta V_2$ و يكون المحول خافضاً للجهد .

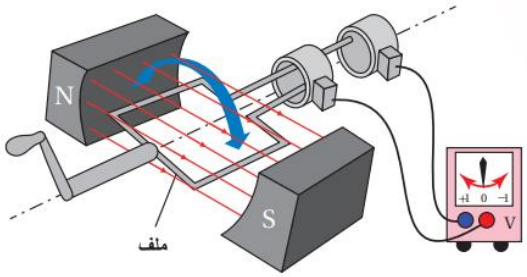
- في المحول المثالي تكون القدرة الداخلة في الملف الإبتدائي مساوية للقدرة الناتجة عن الملف الثانوي :

$$P_1 = P_2 \quad \rightarrow \quad I_1 \Delta V_1 = I_2 \Delta V_2$$

- لتقليل الطاقة المفقودة في أسلاك شركة توليد الكهرباء يجب خفض التيار عن طريق استعمال محول رافع للجهد لرفع الجهد إلى قيمة معينة و من ثم استخدام محول خافض للجهد للتوصيل للأحياء السكنية.

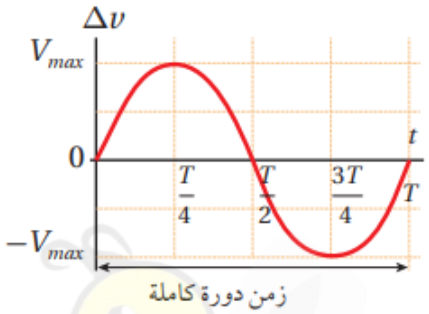
# الدرس الثاني : دارات التيار الكهربائي المتردد

نحصل على **التيار الكهربائي المتردد** من المولد الكهربائي الذي يتكون بأبسط أشكاله من ملف أحادي مصنوع من سلك فلزي معزول يدور داخل مجال مغناطيسي .




دوران الملف يغير الزاوية فيؤدي إلى تغير في التدفق المغناطيسي فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية تجعل مؤشر الفولتميتر يتذبذب يميناً و يساراً على جانبي الصفر و ذلك يعني تغير مقدارها و اتجاهها باستمرار .

**فرق الجهد الكهربائي المتردد** : هو فرق الجهد الذي يتغير مع الزمن باستمرار و الإتجاه أيضاً كل نصف دورة وفق علاقة جيبية .




$$\Delta V = V_{max} \sin(\omega t)$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

- حيث السعة ($V_{max}$) هي القيمة العظمى لفرق الجهد .

- يعتمد مقدار فرق الجهد على مقدار المجال المغناطيسي و مساحة مقطع الملف و عدد لفاته و التردد الزاوي (ω).

**المقارنة بين التيار الكهربائي المتردد و التيار الكهربائي المستمر (المباشر)**:

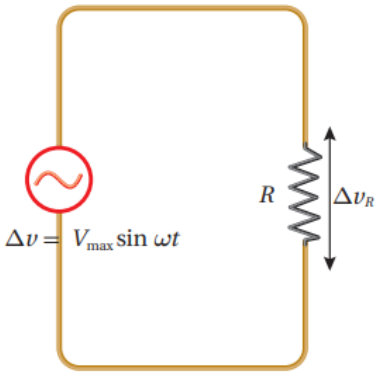
- يزودنا المحرك بتيار متردد (AC) و تزودنا البطاريات بتيار مستمر (DC).

- مقدار التيار المتردد يتغير باستمرار مع الزمن و يتغير اتجاهه كل نصف دورة (بسبب تغير اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المسببة له) بعكس التيار المستمر فهو ثابت مقداراً و اتجاهاً.

- نحصل على التيار المتردد من المقابس الكهربائية في المنازل و نحصل على التيار المستمر من الاجهزة الكهربائية بشكل مباشر من الغسالة و المدفاة و بشكل غير مباشر من الحاسوب و التلفاز و الهاتف .

**دارات التيار الكهربائي المتردد البسيطة** :

## ◄ مقاومة في دارة تيار كهربائي متردد :




- بتطبيق قاعدة كيرشوف فإن فرق الجهد بين طرفي المقاومة ,و التيار الكهربائي المار في المقاومة يساوي :

$$\Delta V_R = \Delta V = V_{max} \sin(\omega t)$$

$$i_R = \frac{\Delta v_R}{R} = \frac{V_{max}}{R} \sin(\omega t) = I_{max} \sin(\omega t)$$

$$\Delta v_R = I_{max} R \sin(\omega t)$$

## ◄ القدرة المستهلكة في المقاومة :

- نستخدم القيمة الفعالة للتيار ($I_{rms}$) في حساب القدرة و تُقرأ (root-mean-square) و تعني الجذر التربيعي للقيمة المتوسطة لمربع التيار .

$$I_{rms} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71\ I_{max}$$

$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71\ V_{max}$$

$$\bar{p} = I_{rms}^2\ R$$

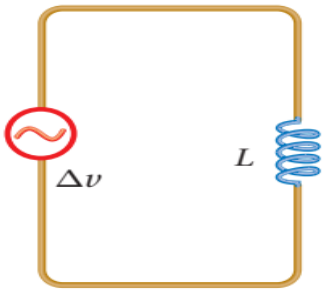
- أجهزة الأميتر و الفولتميتر المستخدمة لقياس التيار و فرق الجهد تقرأ قيم ($I_{rms}$) و ($V_{rms}$) .

## ◄ المعاوقة:

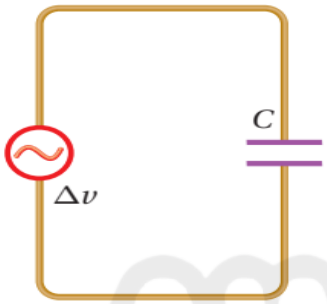
- **المقاومة** هي خاصية تعبر عن الممانعة التي يبديها الموصل لمرور التيار الكهربائي فيه شبيهة ب**المعاوقة** التي تعبر عن الممانعة التي تبديها عناصر الدارة (محث أو مواسع) لمرور التيار الكهربائي فيها .

- أشكال أخرى لدارات التيار المتردد :

- دارة تيار متردد تحتوي على محث مصنوع من سلك عديم المقاومة محاثته (L) ، و الكمية ($\omega L$) تسمى **المعاوقة المحثية** ($X_L$) .




- دارة تيار متردد تحتوي على مواسع مواسعته (C) ، و الكمية $\left(\frac{1}{\omega c}\right)$ تسمى **المعاوقة المواسعية** ($X_C$).

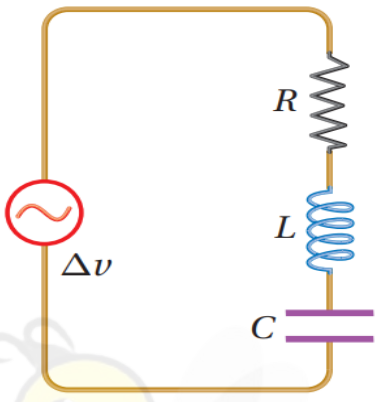


| عناصر الدارة | المقاومة/ المعاوقة | $I_{max}$ | $I_{rms}$ |
|---|---|---|---|
| مقاومة | $R$ | $I_{max}=\frac{V_{max}}{R}$ | $I_{rms}=\frac{V_{rms}}{R}$ |
| محثّ | $X_L=\omega L$ | $I_{max}=\frac{V_{max}}{X_L}$ | $I_{rms}=\frac{V_{rms}}{X_L}$ |
| مواسع | $X_C=\frac{1}{\omega C}$ | $I_{max}=\frac{V_{max}}{X_C}$ | $I_{rms}=\frac{V_{rms}}{X_C}$ |

◄ إن المعاوقة تتغير بتغير التردد الزاوي لمصدر فرق الجهد حيث تزداد معاوقة محث بزيادة (ω) و تقل مواسعة مواسع بزيادة (ω) .

◄ **مقاومة و محث و مواسع (RLC) على التوالي في دارة تيار كهربائي متردد المستهلكة في المقاومة** :

- **دارة RLC** هي دارة تحتوي على مقاومة (R) و محث (L) و مواسع (C) موصولة جميعها على التوالي بمصدر جهد متردد .




◄ يرمز للمعاوقة الكلية للدارة بالرمز (Z) :

$$\Rightarrow Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$$

◄ يمكننا استخدام القيمة الفعالة للتيار المتردد

$$\Rightarrow I_{rms}=\frac{V_{rms}}{Z}=\frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}}$$

- يمكن الحصول على تيار فعال له أكبر قيمة ممكنة في الدارة عندما تكون قيمة المقام أصغر ما يمكن ، و هنا تكون الدارة في حالة تسمى **الرنين** .

$$\Rightarrow X_L-X_C=0 \quad \rightarrow \quad X_L-X_C$$

$$\omega_\circ L=\frac{1}{\omega_\circ C} \quad \rightarrow \quad (\omega_\circ)^2=\frac{1}{LC}$$

$$=\frac{1}{\sqrt{LC}}\omega_\circ$$

- يشير ($\omega_\circ$) إلى **تردد الرنين** و هو تردد مصدر فرق الجهد في دارة (RLC) الذي يحدث عنده الرنين ، و تكون قيمة التيار الفعال عنده أكبر ما يمكن .

- يتحدد مقدار تردد الرنين للمصدر بناءً على التردد الطبيعي للدارة الذي يعتمد على قيمة كل من مواسعة المواسع و محاثة المحث .

تطبيقات تكنولوجية :

- جهاز كشف الفلزات .
- أجهزة المذياع و الإتصال اللاسلكي .

# الدرس الثاني : أشباه الموصلات

- **الذرات** هي وحدات البناء الأساسية للمواد ، و تتكون الذرة من نواة موجبة الشحنة تتحرك حولها إلكترونات سالبة تتوزع في مستويات (أغلفة) طاقة .

- **إلكترونات التكافؤ** هي الإلكترونات الموجودة في آخر مستوى و تحدد كثيراً من خصائص المادة مثل التوصيل الكهربائي و الحراري .

- **تصنيف المواد من حيث قابليتها للتوصيل الكهربائي** :

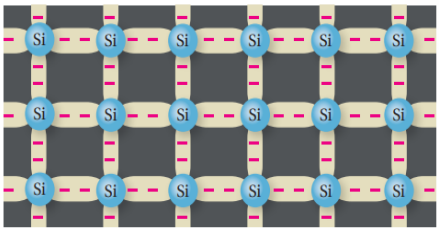
1. **مواد عازلة** : هي المواد التي يكون عدد إلكترونات التكافؤ فيها أكثر من أربعة ، و ترتبط بذرات المادة بقوة كهربائية كبيرة **لذلك** لديها عدد قليل من الإلكترونات الحرة ما يجعلها مواد عازلة للكهرباء .
و عادة توجد على شكل مركبات كالمطاط و و المايكا و الزجاج .

2. **مواد موصلة** : هي المواد التي يكون عدد إلكترونات التكافؤ فيها أقل من أربعة ، و ترتبط بذرات المادة بقوة ضعيفة **لذلك** لديها عدد كبير من الإلكترونات الحرة ما يجعلها مواد موصلة للكهرباء .
و عادة توجد على شكل عناصر منفردة كالحديد و النحاس و الفضة .

3. **مواد شبه موصلة** : هي المواد التي يكون عدد إلكترونات التكافؤ فيها يساوي أربعة ، و تقع بين المواد العازلة و المواد الموصلة من ناحية توصيلها للكهرباء .
و من الأمثلة عليها الجرمانيوم (Ge) و السيليكون (Si).

- ترتبط كل ذرة من ذرات السيليكون بأربع ذرات مجاورة لها بروابط تساهمية ، و تتشكل بذلك بلورة السيليكون .

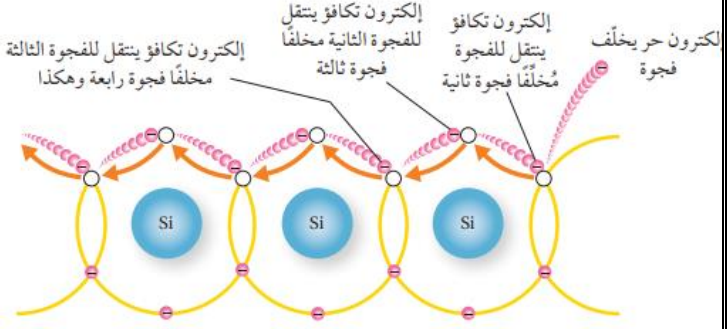
- عند درجة حرارة الصفر المطلق (0k) تكون جميع إلكترونات التكافؤ للسيليكون النقي مقيدة نتيجة الروابط التساهمية و لا يوجد إلكترونات حرة .




- عند درجة حرارة الغرفة تمتص بعض الإلكترونات طاقة حرارية تؤدي إلى كسر الروابط التساهمية و تحرير إلكترونات تسمى **إلكترونات التوصيل** .
- عندما يغادر الإلكترون الرابطة التساهمية يصبح إلكتروناً حراً و يترك خلفه فراغاً يطلق عليه اسم **فجوة** ، و تبدو و كأنها شحنة موجبة نتيجة للنقص في الشحنة السالبة الكلية على الذرة عند ترك الإلكترون موقعه .
- يكون عدد الفجوات يساوي عدد إلكترونات التوصيل في بلورة السيليكون النقية و هو ما يسمى **بزوج إلكترون – فجوة** .

- تسهم الفجوات في التوصيل الكهربائي مثل إلكترونات التوصيل فحين تتكون فجوة يصبح من السهل لإلكترون ذرة مجاورة الإنتقال إلى تلك الفجوة تاركاً خلفه فجوة جديدة ، ينتقل إليها الإلكترون من ذرة أخرى مجاورة و هكذا .

◄ كأن الفجوات عبارة عن شحنات موجبة تتحرك بعكس اتجاه حركة الإلكترونات و يمكن افتراض أنها عبارة عن تيار كهربائي يسري بعكس اتجاه حركة الإلكترونات .




-

-

## أشباه الموصلات من النوع n و النوع p :

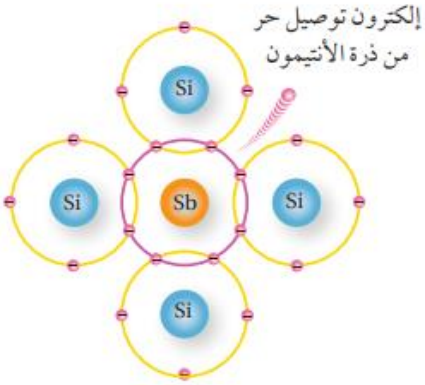
◄ أشباه الموصلات النقية لا توصل التيار الكهربائي جيداً ، لكن يمكن زيادة موصليتها بإضافة بعض المواد إليها تسمى **شوائب** ، و يطلق على تلك العملية **الإشابة** .

◄ إضافة مادة إلى بلورة و زيادة عدد الإلكترونات الحرة ينتج عن ذلك ما يسمى **البلورة السالبة نوع n** .

◄ إضافة مادة إلى بلورة و زيادة عدد الفجوات ينتج عن ذلك ما يسمى **البلورة الموجبة نوع p** .

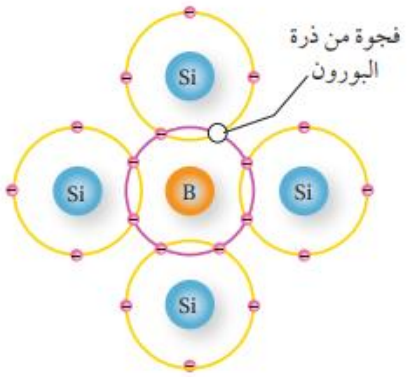
- يتم إضافة عنصر خماسي التكافؤ مثل الأنتيمون أو الفسفور أو الزرنيخ إلى بلورة السيلكون لزيادة عدد الإلكترونات الحرة فيها .

تحل ذرة أنتيمون محل ذرة سيلكون مركزية و تكون أربع روابط تساهمية مع أربع ذرات سيلكون مجاورة لها و يبقى إلكترون التكافؤ الخامس حراً و نتيجة لذلك يزداد عدد إلكترونات التوصيل في بلورة السيلكون و يصبح أكثر من عدد الفجوات .




- يتم إضافة عنصر ثلاثي التكافؤ مثل الغاليوم أو البورون إلى بلورة السيلكون لزيادة عدد الفجوات .

تحل ذرة بورون محل ذرة سيلكون مركزية و ترتبط بأربع ذرات مجاورة لها مكونة ثلاث روابط تساهمية مع ثلاث ذرات سيلكون أما الذرة الرابعة فينقصها إلكترون واحد فتتشكل فجوة نتيجة لذلك يزداد عدد الفجوات في بلورة السيلكون و يصبح أكثر من عدد إلكترونات التوصيل .




- عند توصيل البلورة الموجبة أو السالبة بفرق جهد فإن تياراً كهربائياً يسري فيها و هذا التيار ينتج عن حركة الإلكترونات و الفجوات .

- تسمى الفجوات و الإلكترونات **بناقلات التيار** .
- تكون الإلكترونات في البلورة السالبة هي الناقلات الأغلبية أما الفجوات فهي الناقلات الأقلية .
- تكون الفجوات في البلورة الموجبة هي الناقلات الأغلبية أما الإلكترونات فهي الناقلات الأقلية .
- الشحنة الكلية للبلورة الموجبة أو السالبة تساوي صفراً ؛ لأن عدد الشحنات الموجبة تساوي الشحنات السالبة .

## الثنائي البلوري Diode :

- هو تركيب ناتج من تلامس البلورتين السالبة و الموجبة حيث يسمى الطرف n بالمهبط (Cathode k) و الطرف p بالمصعد (Anode A) .

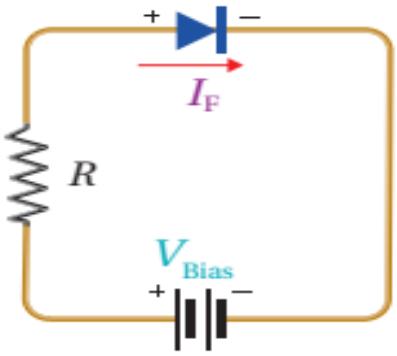
- رمزه :

- يسمى توصيل الثنائي بمصدر جهد **ثابت الإنحياز** .

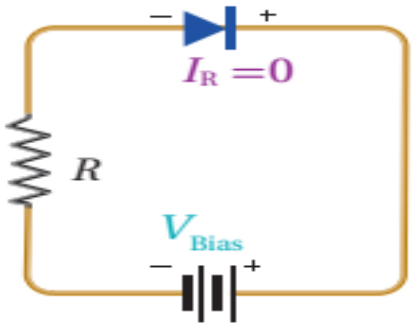
- **حالات الإنحياز** :

1. **انحياز أمامي (Forward bias)** حيث يوصل القطب الموجب للبطارية بمصعد الثنائي و يوصل القطب السالب للبطارية بمهبط الثنائي فينشأ تيار كهربائي ($I_f$) عندما يكون فرق جهد المصدر ($V_{Bias}$) أكبر من فرق جهد معين يسمى **حاجز الجهد للثنائي** .

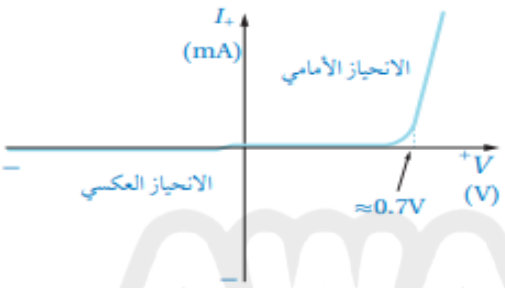
تعتمد قيمة حاجز الجهد على مادة البلورة ففي بلورة السيليكون يساوي (0.7V) و في بلورة الجرمانيوم (0.3V) .




2. **انحياز عكسي (Reverse bias)** حيث يوصل القطب الموجب للبطارية بمهبط الثنائي و يوصل القطب السالب للبطارية بمصعد الثنائي فتصبح مقاومة الثنائي كبيرة جداً لدرجة لا يسمح بمرور تيار كهربائي ($I_f = 0$) و إذا زاد فرق جهد المصدر ($V_{Bias}$) على قيمة معينة يسمى **جهد الإنهيار** ($V_{BR}$) فإن مقاومة الثنائي تنهار و يسري فيه تيار كبير يؤدي إلى تلفه .

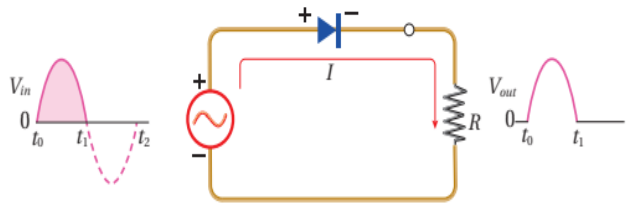



- منحنى (I − V) لثنائي السيليكون :

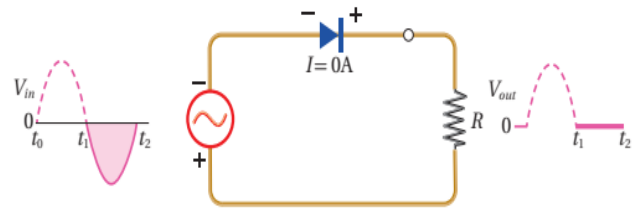


## الثنائي بوصفه مقوماً للتيار المتردد :

- عند توصيل الثنائي بمصدر تيار متردد تسمى الدارة بدارة تقويم نصف الموجة و يكون تردد الموجة الناتجة مساوياً لتردد الموجة الداخلة .




أ) خلال الجزء الموجب من الإشارة المدخلة، يكون الثنائي في حالة انحياز أمامي ويمرّر الموجة كما هي.




ب) خلال الجزء السالب من الإشارة المدخلة، يكون الثاني في حالة انحياز عكسي ولا يمرّر الإشارة.

جـ) الشكل النهائي للإشارة الناتجة.

## الترانزستور :

- هو أحد أهم عناصر الدارات الكهربائية و يدخل في تركيب الأجهزة الكهربائية كالهاتف ، و يُصنع من مواد شبه موصلة مثل السليكون و الجرمانيوم .

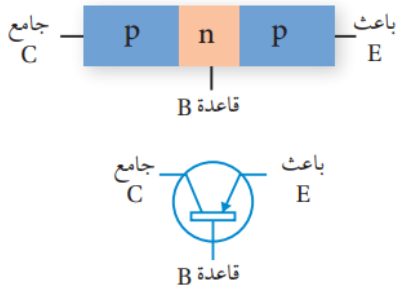
- يُتّخذ الترانزستور مضخماً للتيار الكهربائي أو الجهد الكهربائي أو القدرة الكهربائية أو مفتاحاً سريع الفتح و الإغلاق .

- الأنواع الرئيسية للترانزستور :
1. الترانزستور ثنائي القطبية (BJT) .
2. ترانزستور تأثير المجال (FET) .

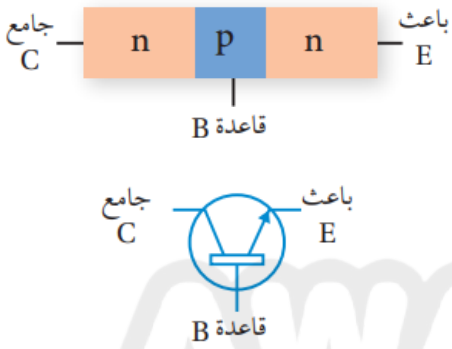
## الترانزستور ثنائي القطبية :

- يتكون من ثلاث طبقات شبه موصلة حيث تختلف الطبقة الوسطى (القاعدة Base و يرمز لها بالرمز B) في النوع عن الطبقتين الآخريين (الجامع Collector و رمزه C ، و الباعث Emitter و رمزه E) .

- عندما تكون الطبقة الوسطى من النوع (n) و الطبقتان الأخريان من النوع (p) يكون نوع الترانزستور (pnp) و يشير السهم إلى اتجاه التيار الموجب من الباعث نحو القاعدة .




- عندما تكون الطبقة الوسطى من النوع (p) و الطبقتان الأخريان من النوع (n) يكون نوع الترانزستور (npn) و يشير السهم إلى اتجاه التيار الموجب من القاعدة نحو الباعث .



# الوحدة السادسة: الفيزياء الحديثة

## الدرس الأول : الطبيعة الجسيمية للضوء

- تعد **النظرية الكهرومغناطيسية** التي تصف الضوء بأنه موجات كهرومغناطيسية من مجالات الفيزياء الكلاسيكية المهمة و نجحت في تفسير كثير من الظواهر كالحيود و التداخل و الإنعكاس و الإنكسار.

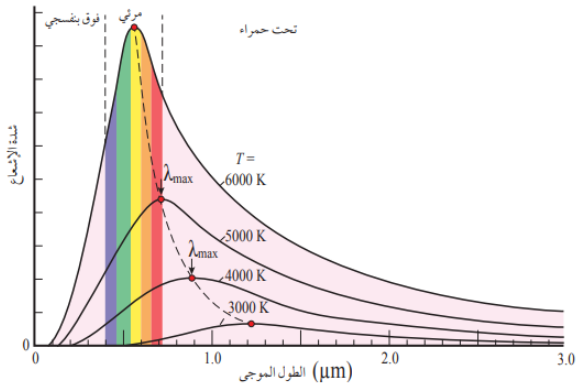
- هناك ظواهر فيزيائية لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية تفسيرها ؛ مثل إشعاع الجسم الأسود ، و الظاهرة الكهروضوئية ، و تأثير كومبتون ، و الأطياف الخطية المنبعثة منها على نحو ما .

- **إشعاع الجسم الأسود** :

◄ **الجسم الاسود** هو عبارة عن جسم مثالي يمتص الأشعة الكهرومغناطيسية الساقطة عليه كلها بغض النظر عن ترددتها ، و يُشعها أيضاً بالكفاءة نفسها ، و يعتمد انبعاث الأشعة منه على على درجة حرارته فقط .

◄ أُطلق عليه اسم الجسم الأسود ؛ لأن الجسم الذي يمتص الأشعة الساقطة عليه كلها يكون لونه أسود .

◄ شدة الإشعاع تنزاح نحو الترددات العالية بارتفاع درجة حرارة الجسم الأسود .



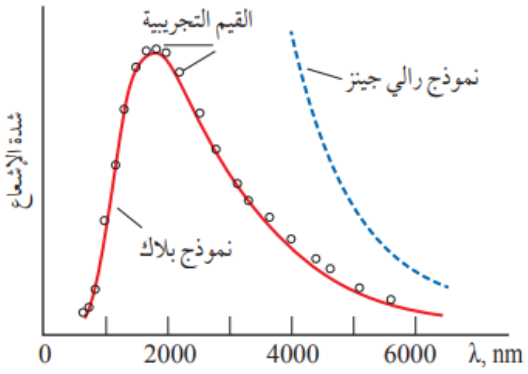

◄ ترتكز قوانين الفيزياء الكلاسيكية على أن الأجسام تشع طاقة ، و تمتصها بأي مقدار و عند أي تردد ؛ أي أن امتصاص الطاقة يكون متصلاً ، و أن الطاقة التي تحملها الموجة تعتمد على سعتها لا ع ترددها .

◄ استخدم العالمان ڤايلي و جينز قوانين الفيزياء الكلاسيكية لتفسير سلوك شدة الإشعاع المنبعث من الجسم الأسود و أظهر توافقاً مقبولاً في منطقة الأطوال الموجية الكبيرة ( الأشعة تحت الحمراء ) في حين أظهر عدم توافق في منطقة الأطوال الموجية القصيرة (الأشعة فوق البنفسجية).

◄ حسب نموذج رايلي – جينز فإن شدة الإشعاع تؤول إلى اللانهاية عندما يؤول الطول الموجي إلى الصفر في حين أن النتائج تشير إلى أن شدة الإشعاع تؤول إلى الصفر و هذا ما يعرف باسم **كارثة الأشعة فوق البنفسجية** .

## تفسير ماكس بلانك لإشعاع الجسم الأسود و مبدأ تكمية الطاقة :

◄ افترض بلانك أن الأشعة الصادرة عن الأجسام ناتجة عن متذبذبات ، و أن هذه المتذبذبات تشع الطاقة أو تمتصها بكميات محددة و غير متصلة فتطابقت حسابات بلانك و تفسيراته مع التجربة .




◄ **فرضية بلانك** تنص على أن الطاقة التي تشعها الأجسام أو تمتصها عند تردد معين تكون عدداً صحيحاً من مضاعفات طاقة الحزمة (الكمة) الواحدة ، و طاقة الكمة تساوي :

$$\rightsquigarrow E = hf$$

حيث h هو ثابت بلانك و قيمته($6.63 \times 10^{-34}$ J.S) و $f$ هو تردد الموجة .

- إن طاقة الأشعة الكهرومغناطيسية التي يشعها أو يمتصها الجسم :

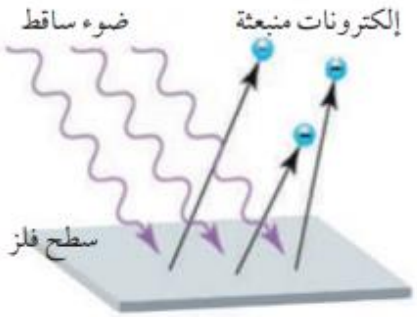
$$\rightsquigarrow E = nhf$$

حيث n هو عدد صحيح موجب و هذا ما يعرف **بمبدأ تكمية الشحنة** .

صحة فرضية بلانك أدت إلى تفسير الظاهرة الكهروضوئية

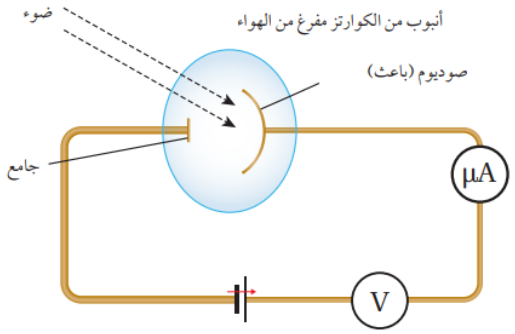
## الظاهرة الكهروضوئية :

- **الظاهرة الكهروضوئية** هي ظاهرة انبعاث الإلكترونات من سطح فلز عند سقوط إشعاع كهرومغناطيسي بتردد مناسب عليه و تسمى الإلكترونات المنبعثة **الإلكترونات الضوئية** .




◄ **تجربة لينارد :**

- استخدم الجهاز التالي لإجراء كثير من التجارب الخاصة بالظاهرة الكهروضوئية .




- مكونات الجهاز :

1. أنبوب من زجاج الكوارتز مفرغ من الهواء تجنباً لفقد الإلكترونات طاقة حركية نتيجة تصادمها بجزيئات الهواء .
2. قطبين فلزيين ، أحدهما مصنوع من فلز الصوديوم يسمى الباعث موصول بالقطب الموجب لمصدر فرق الجهد قابل للضبط ، و الآخر هو الجامع موصول بالقطب السالب لمصدر فرق الجهد .

- عند سقوط أشعة كهرومغناطيسية بتردد مناسب على الباعث تتحرك الإلكترونات من سطحه و تنطلق نحو الجامع ، و يستدل على ذلك من خلال التيار الكهربائي الذي يقرؤه الميكروميتر و يسمى **التيار الكهروضوئي**.

- كلما زادت سالبية جهد الجامع ، ازدادت قوة تنافر الإلكترونات مع الجامع ، فيقل التيار الكهروضوئي حيث لا يصل الجامع إلّا الإلكترونات التي تمتلك طاقة حركية كافية للتغلب على قوة التنافر .

- **جهد الإيقاف ($V_s$)** هو فرق الجهد الذي يصبح عنده التيار الكهرضوئي صفراً و يستطيع إيقاف الإلكترونات ذات الطاقة الحركية العظمى ($KE_{max}$) قبل وصولها للجامع .

$$\rightsquigarrow KE_{max} = e\, V_s$$

- **ملاحظات و مشاهدات لينارد للظاهرة الكهروضوئية :**

1. تتحرر إلكترونات من سطح الفلز فقط عندما يكون تردد ألشعة الساقطة على سطحه أكبر من تردد معين يسمى **تردد العتبة** .
2. تنبعث الإلكترونات الضوئية بطاقات حركية متفاوتة تتراوح قيمها من صفر إلى قيمة عظمى($KE_{max}$).
3. القيمة العظمى للطاقة الحركية للإلكترونات($KE_{max}$) المنبعثة من سطح الفلز تتناسب طردياً مع تردد الأشعة الساقطة عليه، ولا تعتمد على شدة الأشعة .
4. يزداد عدد الإلكترونات المنبعثة بزيادة شدة الأشعة دون زيادة في الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية.
5. تنبعث الإلكترونات انبعاثاً فورياً بمجرد سقوط الأشعة على سطح الفلز.

- **تنبؤات النظرية الكهرومغناطيسية فيما يخص الظاهرة الكهروضوئية :**

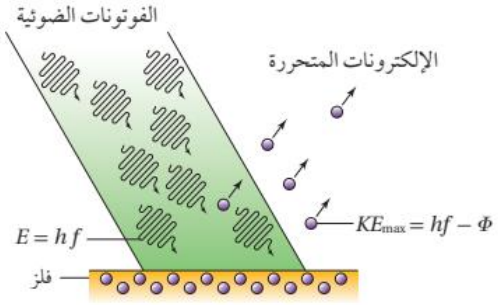
1. تنبعث الإلكترونات عند أي تردد للأشعة الساقطة على سطح الفلز ، لأنها تمتص الطاقة بأي مقدار وعند أي تردد وبشكل مستمر، وسقوط الأشعة على سطح الفلز مدة زمنية مناسبة سيُمكن الإلكترونات من امتصاص الطاقة اللازمة لتحريرها من سطح الفلز.
2. لا تنبعث الإلكترونات الضوئية انبعاثاً فورياً ؛ لأنها تحتاج إلى وقت كاف لامتصاص الطاقة اللازمة من الأشعة الساقطة على الفلز لتتحرر من سطحه .
3. زيادة شدة الأشعة تزيد من الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المتحررة .

- من الواضح أن التنبؤات جميعها تخالف النتائج التجريبية و بذلك شكلت الظاهرة الكهروضوئية دليلاً آخراً على عجز الفيزياء الكلاسيكية بنوذجها الموجي للضوء عن تفسير سلوك الجسيمات دون الجاهرية .

## تفسير أينشتين:

- استخدم أينشتين فرضية تكميم الطاقة لبلانك ، و افترض أن طاقة الأشعة الكهرمغناطيسية مركزة في جسيمات أُطلق على كل منها اسم فوتون حيث طاقة الفوتون الواحد تساوي $(E = hf)$ ؛ أي إن للأشعة الكهرومغناطيسية طبيعة جُسيمية بالإضافة إلى طبيعتها الموجية .

لذا فعند سقوط فوتون على إلكترونات الفلز ، فإن الإلكترون الواحد منها ، إما أن يمتص طاقة الفوتون كاملة و إما أن لا يمتصها أبداً .




- **اقتران الشغل (Φ)** هو أقل طاقة كافية لتحرير إلكترون من سطح الفلز و التغلب على قوة التجاذب الكهربائي مع النواة الموجبة .

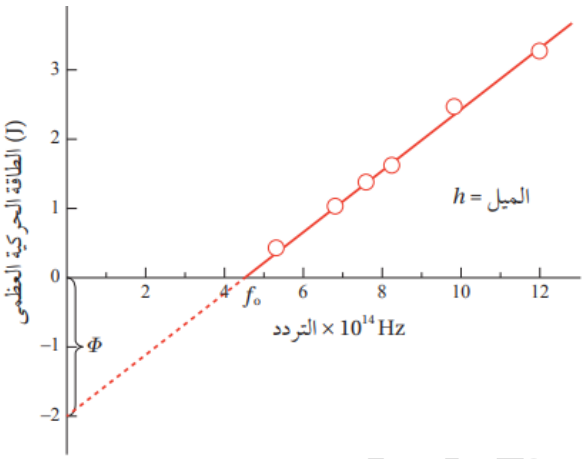
- إذا كانت طاقة الفوتون الذي يمتصه الإلكترون أكبر من Φ فإن الإلكترون يتحرر ممتلكاً طاقة حركية .
- إذا كانت طاقة الفوتون الذي يمتصه الإلكترون مساوية ل Φ فإن الإلكترون يتحرر ممتلكاً طاقة حركية مساوية للصفر.

$$KE_{max} = hf - \Phi$$

- **تردد العتبة ($f_\circ$)** هو أقل تردد يتطلبه تحرير إلكترونات ضوئية من سطح فلز دون إكسابها طاقة حركية.

$$f_\circ = \frac{\Phi}{h}$$

◄ أجرى العالم ميليكان قياسات تجريبية للتحقق من علاقة أينشتين ، حيث استخدم أشعة كهرومغناطيسية بترددات مختلفة و قياس جهد الإيقاف عند كل تردد و مثّل العلاقة بين الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة و تردد الأشعة الاسقطة على الباعث بيانياً .




- من الواضح أن العلاقة خطية و يمثل ميل الخط ثابت بلانك ، و يمثل تقاطع امتداد الخط مع محور الطاقة (-Φ) و تمثل نقطة تقاطع الخط مع محر التردد تردد العتبة .
- تمكن ميليكان من إثبات أن التيار الكهرضوئي يزداد بزيادة شدة الإشعاع الساقط على الباعث ، و ان الطاقة الحركية العظمى تتناسب طردياً مع تردد الأشعة لا مع شدتها .

- استطاع **النموذج الجسيمي للإشعاع** تفسير الإنبعاث الفوري للإلكترونات من سطح الفلز ؛ لأنه يفترض أن الطاقة مركزة في الفوتون، وبمجرد امتصاص الإلكترون للفوتون، فإنه يكتسب طاقة تحرره من الفلز مهما كانت شدة الإشعاع على أن يكون ترد د الفوتون أكبر من ترد د العتبة للفلز.

- استطاع **النموذج الجسيمي للإشعاع** تفسير التفاوت في الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة من صفر إلى طاقة حركية عظمى وذلك حسب طاقة ربط الإلكترون بذرات الفلز إضافة إلى عمق موقع الإلكترون تحت سطح الفلز، فالإلكترونات ذات طاقة الربط الأصغر والأقرب لسطح الفلز تتحرر بطاقة حركية أكبر .

## ظاهرة كومبتون:

- جاءت الظاهرة اختباراً للنموذج الجسيمي للإشعاع الكهرمغناطيسي .

- أسقط كومبتون أشعة سينية على هدف من الغرانيت و نظراً إلى أن الطاقة الطاقة الكلية للإلكترونات في الجرانيت صغيرة جداً مقارنة بطاقة فوتونات الأشعة السينية فإن طاقة الإلكترونات تُهمل .

- لاحظ كومبتون أن طول موجة الأشعة السينية المشتتة أكبر من طول موجة الأشعة السينية الساقطة و استطاع تفسير ذلك بالإعتماد على قانوني حفظ الزخم الخطي و الطاقة ، و بافتراض ان الاشعة الكهرمغناطيسية تتفاعل مع الإلكترون بوصفها جسيمات طاقة كل منها $(hf)$ ، و زخمه الخطي $\left(p = \frac{E}{C} = \frac{h}{\lambda}\right)$ و هذا يتوافق مع الطبيعة الجسيمية للضوء .

- نتيجة لتصادم الفوتون الساقط مع الإلكترون يكتسب الإلكترون طاقة، ويتحرك بمسار يصنع زاوية $(\emptyset)$ مع مسار الفوتون الساقط ، في حين ينحرف اتجاه الفوتون المشتت بزاوية $(\theta)$ و يستمر بالسرعة نفسها و لكن بطول موجي أكبر $(\lambda_i < \lambda_f)$ >

- يعبر عن الطاقة التي اكتسبها الإلكترون :

$$E_e = E_i - E_f$$

حيث $(E_f)$ طاقة الفوتون المشتت و $(E_i)$ طاقة الفوتون الساقط .

◄ **في ظاهرة كومبتون يعطي الفوتون جزءاً من طاقته للإلكترون ، في حين يعطي طاقته كلها للإلكترون في الظاهرة الكهرضوئية.**

# الدرس الثاني : التركيب الذري

## نموذج بور لذرة الهيدروجين:

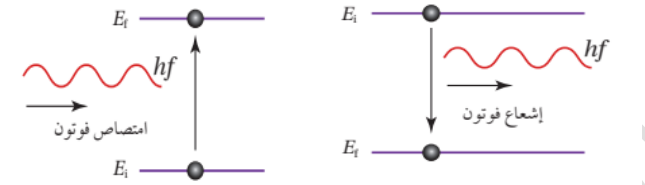
◄ افترض **طومسون** أن الذرة عبارة عن كرة مصمتة موجبة الشحنة تتوزع فيها الإلكترونات سالبة الشحنة ، وأن الذرة متعادلة كهربائياً ؛ لأن مجموع الشحنة السالبة يساوي الشحنة الموجبة.

◄ تجربة **رذرفورد** أثبتت عدم صحة نموذج طومسون فقد أسقط رذرفورد جسيمات ألفا على صفيحة رقيقة من الذهب، وافترض أن الذرة تتكون من نواة موجبة الشحنة تشغل حيزاً صغيراً تتركز فيه غالبية كتلة الذرة، تدور حوله إلكترونات سالبة الشحنة مثل دوران الكواكب حول الشمس و لم ينجح التفسير ؛ لانه لم يستطع تفسير استقرار الذرة.
حيث إن الإلكترون جسيم مشحون يدور حول النواة، ويغير من اتجاه حركته باستمرار وبذلك يمتلك تسارعا مركزيًّا وحسب النظرية الكهرمغناطيسية فإنه سيشع (يفقد) طاقة بشكل متصل، ونتيجة فقدانه الطاقة؛ فإنه سينجذب نحو النواة ما يؤدي إلى انهيار الذرة.
وهذا يخالف النتائج التجريبية، حيث الذرة مستقرة والطاقة التي تشعها منفصلة ذات قيم محددة.

◄ العالم **بور** كان مقتنعاً بصحة نموذج رذرفورد، لكنّه اختلف معه في كيفية إشعاع الإلكترون للطاقة، فافترض أن الإلكترون يفقد الطاقة على شكل كمات محد دة من الطاقة ( فوتونات) لا على شكل متصل.
استخدم بور مبدأ تكمية الطاقة، ونموذج رذرفورد إضافة إلى النموذج الجسيمي للإشعاع ليبني نموذجا للذرة .

## فرضيات بور لذرة الهيدروجين:

1. يدور الإلكترون حول البروتون (النواة)في مسارات دائرية تحت تأثير قوة التجاذب الكهربائي.
2. يوجد مدارات محددة (مستويات طاقة) مسموح للإلكترون بأن يحتلها، وإذا بقي في مستوى الطاقة نفسه فال يشع طاقة ولا يمتصها.
3. يشع الإلكترون طاقة أو يمتصها فقط إذا انتقل من مستوى طاقة إلى مستوى آخر. فعند انتقال الإلكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل ، فإنه يشع فوتوناً طاقته تساوي الفرق بين طاقتي المستويين، ويمكن أيضاً أن يمتص الإلكترون فوتوناً، وينتقل إلى مستوى طاقة أعلى عندما تكون طاقة الفوتون الممتص مساوية لفرق الطاقة بين المستويين.




$$\rightsquigarrow \mathrm{E} = E_f - E_i = hf$$

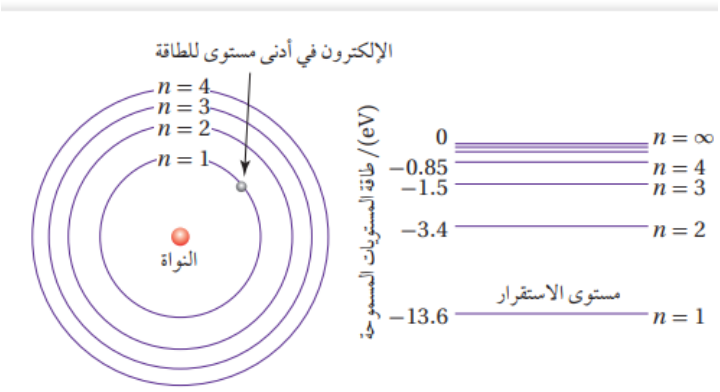
4. المدارات المسموح للإلكترون أن يحتلها هي تلك التي يكون فيها مقدار زخمه الزاوي يساوي عدداً صحيحاً من مضاعفات ħ .

$$\rightsquigarrow \mathrm{L} = \mathrm{n}\hbar = m_e v r$$

$$\rightsquigarrow \hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.05 \times 10^{-34}\ \mathrm{J.s}$$

و يعبر عن طاقة الإلكترون في مستوى الطاقة () في ذرة الهيدروجين بوحدة ev .

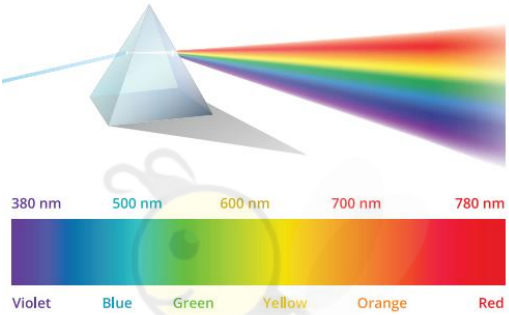
$$\rightsquigarrow E_n = -\frac{13.6}{n^2}$$




- إن الإلكترون في مستوى الطاقة الأول يمتلك أقل طاقة و يسمى مستوى الإستقرار.
- مستويات الطاقة حيث $n > 1$ تسمى مستويات الإثارة .
- طاقة التأين هي أقل طاقة لازمة لتحرير الإلكترون من الذرة دون إكسابه طاقة حركية .
- الإشارة السالبة تعني لطاقة المستوى تعني ضرورة تزويد الإلكترون بطاقة مقدارها $\frac{13.6}{n^2}$ لتحريره من الذرة .

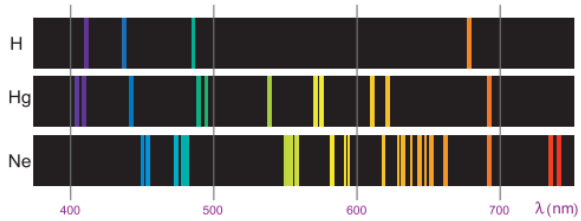
## الأطياف الذرية:

◄ المنشور يعمل على تحليل ضوء الشمس الأبيض إلى ألوان الطيف المتصل و سمي متصلاً ؛ لأنه يحتوي الأطوال الموجية كافة بدءاً من اللون الأحمر وصولاً إلى اللون البنفسجي .



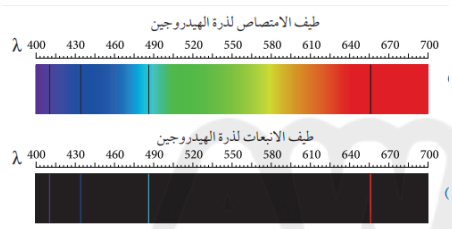

◄ للذرات **أطياف ذرية** بخلاف الطيف الشمسي و هي ليست متصلة ، و لتفسير ذلك أفترض وجود ذرة هيدروجين في مستوى الإستقرار، وانتقل الإلكترون إلى مستوى طاقة أعلى نتيجة امتصاصه فوتونا ذا طاقة معينة، هنا تصبح الذرة في مستوى إثارة، لكنّها تعود إلى مستوى الإستقرار ببعث فوتون طاقته (E) تساوي الفرق بين طاقتي المستويين اللذين ينتقل بينهما.
وبذلك، فإن للأشعة المنبعثة طولاً موجياً (لوناً) محدداً و كلما تغير أحد المستويين أو كلاهما تتغير طاقة الفوتون المنبعث ، ما يؤدي إلى إشعاع الذرة ألواناً مختلفة تكون غير متصلة ؛ لان مستويات الطاقة غير متصلة .

◄ **طيف الإنبعاث الخطي** هو خطوط من الألوان غير المتصلة (المنفصلة) للذرة بعد إثارتها .




◄ **طيف الإمتصاص الخطي** هو خطوط معتمة غير متصلة (منفصلة) و تنتج عن فقدان أطوالاً موجية معينة امتصتها ذرات الغاز عندما مُرِّر ضوء الشمس خلاله .

◄ الخطوط المعتمة تقابل الخطوط المضيئة التي ظهرت في طيف الإنبعاث الخطي لذرات العنصر نفسه ؛ لأن الأطوال الموجية المحددة من الطيف التي تمتصها ذرات عنصر معين هي الأطوال الموجية نفسها التي تشعها .



## نموذج بور و طيف ذرة الهيدروجين:

◄ طيف ذرة الهيدروجين من أبسط الاطياف ؛ لأنها تحتوي على إلكترون واحد .

◄ نجح بور في حساب الأطوال الموجية لطيف ذرة الهيدروجين .

◄ طاقة الفوتون عند انتقال الإلكترون من مستوى طاقة إلى آخر :

$$\rightsquigarrow hf = |E_f - E_i| = 13.6\ \text{e} \left|\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right|$$

و بعويض $(f = c/\lambda)$ و قسمة المعادلة على hc :

$$\rightsquigarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{13.6\ \text{e}}{hc} \left|\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right| = R_H \left|\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right|$$

و المقدار $\frac{13.6\ \text{e}}{hc}$ يساوي $1.097 \times 10^{-7} m^{-1}$ و هو ثابت ريدبيرغ .

فشل بور في تفسير أطياف الذرات عديدة الإلكترونات

## الطبيعة الموجية - الجسيمية:

◄ هنالك ظواهر لا يمكن تفسيرها إلا بافتراض أن للإشعاع الكهرومغناطيسي **طبيعة موجية – جسيمية مزدوجة** مثل إشعاع الجسم الأسود ، و الظاهرة الكهرضوئية و ظاهرة كومبتون .

◄ اقترح **دي بروي** أن للأجسام المادية طبيعة موجية و لحساب طول موجة دي بروي و يطلق عليها اسم الموجة المصاحبة للجسم استخدم :

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

- الموجات المصاحبة للجسم ليست موجات ميكانيكية أو كهرومغناطيسية .
- طول موجة دي بروي المصاحبة لجسم كبير صغيرة جداً بل أصغر بكثير من أبعاد الجسم .
- طول موجة دي بروي المصاحبة لجسيم صغير مثل الإلكترون قريب من قيمة المسافة الفاصلة بين الذرات في المواد الصلبة .
- تمكن العالمان دافسون و جيرمر من الكشف عن الطبيعة الموجية للإلكترونات و ذلك عن طريق إسقاط حزمة من الإلكترونات على بلورة من النيكل حيث المسافة بين ذرات النيكل مقاربة لطول موجة دي بروي المصاحبة للإلكترونات .
- و قد اظهرت نتائج التدربة وجود نمط حيود للإلكترونات يشبه نمط حيود الضوء .

# الوحدة السابعة: الفيزياء النوويّة

## الدرس الأول : تركيب النواة و خصائصها

**بنية النواة** :

◄ تتكون الذرة من نواة موجبة الشحنة تتحرك حولها إلكترونات سالبة الشحنة و نظراً ان الذرة متعادلة كهربائياً فإن شحنة النواة الموجبة تساوي عددياً شحنة الإلكترونات السالبة و معظم كتلة الذرة تتركز في النواة .

◄ تتكون النواة من بروتونات موجبة الشحنة و و نيوترونات متعادلة الشحنة و كتلة النيوترون مقاربة لكتلة البروتون ، و يطلق اسم **نيوكليون** على البروتون و النيوترون .

◄ **العدد الذري** هو عدد البروتونات داخل النواة و يرمز بالرمز **Z** و يعبر عن شحنة النواة و يساوي عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة .

◄ **العدد الكتلي** هو مجموع عدد البروتونات و النيوترونات داخل النواة و يرمز بالرمز **A** .

◄ للتعبير عن نواة أي عنصر كيميائي (X) : $^{A}_{Z}X$

◄ **نظائر** هي ذرات تتساوى في في عددها الذري لكن تختلف في عددها الكتلي ؛ بسبب اختلاف عدد النيوترونات فيها .

◄ **وحدة الكتلة الذرية(amu)** هي وحدة كتلة جديدة تتناسب مع كتل النوى لأنها صغيرة و تساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة نظير الكربون 12 ($^{12}_{6}C$) .

$$1\ \text{amu} = 1.660539 \times 10^{-27}\ \text{kg}$$

**كثافة النواة** :

- نصف قطر النواة :

$$r = r_\circ\ A^{\frac{1}{3}}$$

حيث $r_\circ$ ثابت و يساوي $1.2 \times 10^{-15}\ \text{m}$

- حجم النواة :

$$V = \frac{4\pi}{3}\ r^3 = \frac{4\pi}{3}\ r_\circ^3\ A$$

- كتلة النواة :

$$m = m_{nuc}\ A$$

- كثافة النواة :

و بقسمة الكتلة على الحجم نجد أن كثافة النواة لا تعتمد على عددها الكتلي ، و كثافة النواة متساوية في النواة جميعها و تساوي ($2.3\times 10^{17}\ \text{kg}/m^3$) .

## نطاق الإستقرار :

◄ **القوة النووية القوية** هي قوة تجاذب كبيرة بين النيوكليونات تمنع النواة من التفكك و لا تعتمد على الشحنة الكهربائية ؛ أي أنها تكون قوة تجاذب بين : بروتون و بروتون ، بروتون و نيوترون ، نيوترون و نيوترون .

◄ القوة النووية قصيرة المدى لا يظهر تأثيرها إلا إذا كانت النيوكليونات قريبة جداً بعضها من بعض ، فإذا زادت المسافة نيوكليون و آخر عن 3fermi فإن القوة النووية تنعدم ( $1fermi = 10^{-15}\ m$ ) .

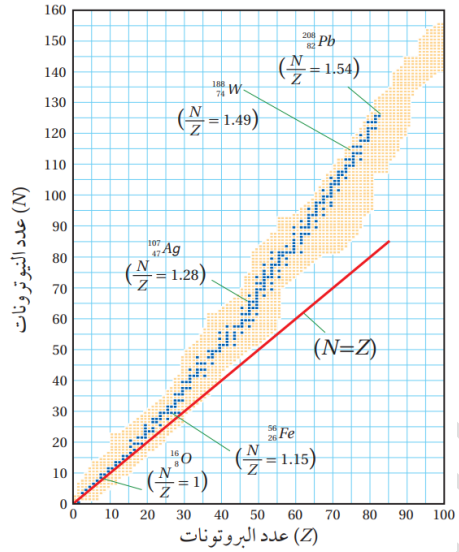
◄ إن استقرار النوى يخضع لعدة عوامل ؛ أحدها نسبة عدد النيوترونات إلى عدد البروتونات في النواة .

- لا يمكن لنواة تحتوي على البروتونات فقط (باستثناء ذرة الهيدروجين التي تتكون نواتها من بروتون واحد ) أن تكون مستقرة ؛ لأن قوة التنافر الكهربائية بين البروتونات ستؤدي إلى عدم استقرار النواة. لذا حتى تكون النواة مستقرة فلا بد من أن تحتوي على عدد مناسب من النيوترونات . والنيوترونات متعادلة كهربائياً لذا فإنها تسهم في إضافة قوة تجاذب نووية دون أن تزيد من قوة التنافر الكهربائية داخل النواة .

◄ ما يخص النوى المستقرة و الغير مستقرة :

1. النوى المستقرة التي يقل عددها الذري عن 20 أو يساويه ($Z \leq 20$ ) معظمها تمتلك العدد نفسه من البروتونات و النيوترونات.
2. النوى المستقرة التي عددها الذري أكبر من 20 وأقل من 83 تحوي عدداً من النيوترونات أكبر من عدد البروتونات N .
3. تزداد نسبة $\frac{N}{Z}$ مع زيادة العدد الذري للنوى المستقرة التي يقع عددها الذري بين 20 و 83 .

◄ تم تمثيل العلاقة بين عدد البروتونات و النيوترونات لتشكب منحنى (N-Z) حيث مثلت النوى المستقرة بنقاط زرقاء في حين مثلت النقاط البرتقالية النوى غير المستقرة .




◄ **نطاق الإستقرار** نطاق ضيق تقع فيه النوى المستقرة تم تمثيله بالنقاط الزرقاء .

- زيادة عدد البروتونات تزداد قوة التنافر بينها، فيتطلب ذلك عددا أكبر من النيوترونات لجعل القوة النووية هي القوة السائدة في النواة ما يؤدي إلى استقرارها .
- تزداد النسبة $\frac{N}{Z}$ بزيادة عدد البروتونات .

- لا يوجد نوى مستقرة عددها الذري أكبر من 82 ؛ لأن عددالبروتونات يصبح كبيراً فتزداد قوة التنافر الكهربائية إلى حد تتغلب فيه على قوة التجاذب النووية، ما يؤدي إلى عدم استقرار النواة.

زيادة بروتون واحد يؤدي إلى زيادة كبيرة في مقدار قوة التنافر الكهربائي؛ لأنه يتنافر مع ما يزيد على 82 بروتونا، أما إضافة نيوترون واحد فلا يضيف إلا قليل من قوة التجاذب النووية؛ لأنها قوة أ قصيرة المدى، والنيوترون الإضافي يتفاعل مع النيوكليونات القريبة منه فقط، ولا يؤثر في النيوكليونات البعيدة عنه.

## طاقة الربط النووية :

◄ الطاقة ترتبط بالكتلة بعلاقة تسمى تكافؤ (الطاقة – الكتلة ) :

$$E = m\,c^2$$

حيث c هي سرعة الضوء في الفراغ $(3\times 10^8\ m/s)$ ، و E هي الطاقة المكافئة بوحدة J ، و m هي كتلة الجسم بوحدة kg .

- عند استخدام الكتلة بوحدة amu ، يمكن كتابة معادلة التكافؤ على الصورة :

$$E = \Delta m \times 931.5\ MeV$$

◄ **طاقة الربط النووية (BE)** : هي الطاقة التي يجب تزويدها للنواة لفصل مكوناتها (النيوكليونات) بعضها عن بعض نهائياً .

◄ وفقاً لأينشتين ، فإن تزويد النواة بطاقة لفصل مكوناتها سيؤدي إلى زيادة كتلة مكوناتها. إن فرق الكتلة بين كتلة النواة ومجموع كتل مكوناتها يساوي المكافئ الكتلي لطاقة الربط النووية :

$$\Delta m = \left(Zm_p + Nm_n - M\right)$$

حيث M هي كتلة النواة ، و $m_p$ هي كتلة البروتون ، و $m_n$ هي كتلة النيوترون .

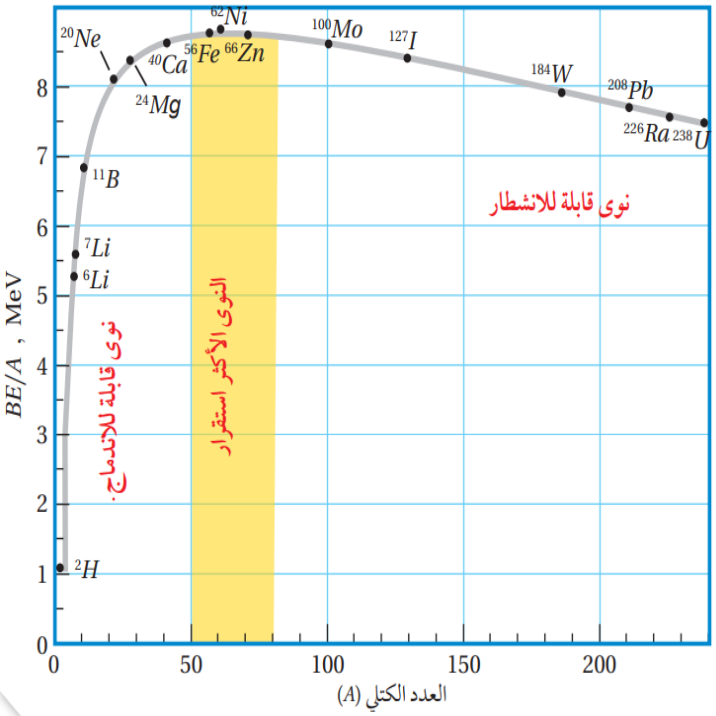
◄ لحساب طاقة الربط النووية بوحدة MeV :

$$BE = \Delta m \times 931.5$$

$$= \left(Zm_p + Nm_n - M\right) \times 931.5$$

- تسمى **(BE/A)** طاقة الربط النووية لكل نيوكليون التي تعد مؤشراً على استقرار النواة .

- تم تمثيل العلاقة بين طاقة الربط النووية لكل نيوكليون والعدد الكتلي :




◄ إن النوى الخفيفة تميل إلى الإندماج لتكوين نواة أثقل ذات طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر. وكذلك فإن انشطار نواة ثقيلة ينتج عنه نوى ذات طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر على نحو ما .

◄ إن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون تتغير بمقدار قليل مع زيادة العدد الكتلي للنوى التي عددها الكتلي أكبر من 50 ويعزى ذلك إلى صغر مدى القوة النووية القوية، بمعنى أن النيوكليون داخل النواة يتجاذب مع النيوكليونات المحيطة به فقط، ولا يتأثر ببقية النيوكليونات وهذا ما يعرف **بإشباع القوة النووية القوية**.

# الدرس الأول : الإشعاع النووي

## الإضمحلال الإشعاعي:

◄ أنواع الإشعاعات :

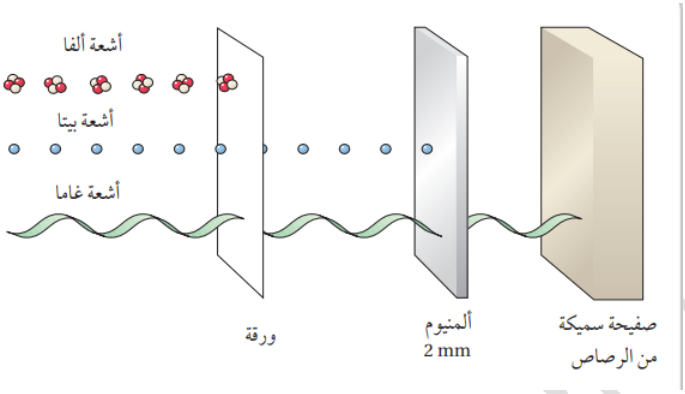
1. ألفا ($\alpha$) : و هي عبارة عن نوى الهيليوم ($_2^4He^{+2}$) .
2. بيتا ($\beta$) : فقد تكون بيتا السالبة ($\beta$-) و هي عبارة عن إلكترونات ($_{-1}^{0}e$) ، أو بيتا الموجبة ($\beta$+) و هي عبارة عن بوزيترونات ($_{+1}^{0}e$).
   و البوزيترون جسيم له كتلة الإلكترون نفسها لكن يحمل شحنة موجبة مساوية لشحنة الإلكترون .
3. غاما ($\gamma$) : هي أشعة كهرومغناطيسية ( فوتونات ) ذات تردد عال ليس لها كتلة أو شحنة .

◄ **الإضمحلال الإشعاعي** : هو التحول التلقائي لنواة غير مستقرة إلى نواة أكثر استقراراً عن طريق انبعاث جسيمات مثل جسيم ألفا أو جسيم بيتا ، و غالباً ما يصاحب ذلك انبعاث أشعة غاما.

◄ الإشعاعات النووية الثلاثة تعد جميعها من الإشعاعات النووية المؤينة بسبب قدرتها على تأيين ذرات الوسط الذي تمر فيه. لهذه الأشعة خصائص مميزة مثل، قدرتها على التأيين، وقدرتها على النفاذ.

◄ إن كتلة جسيمات ألفا نحو أربعة أضعاف كتلة البروتون تقريباً وشحنتها ضعفا شحنة البروتون، ما يجعل تفاعلها مع ذرات الوسط الذي امر فيه كبيراً مقارنة بتفاعل جسيمات بيتا وأشعة غاما، فتفقد طاقتها بسرعة؛ لذا فإن قدرتها على تأيين ذرات الوسط الذي تمر فيه أكبر من قدرة جسيمات بيتا و أشعة غاما، في حين أن قدرتها على النفاذ أصغر.

◄ يمكن امتصاص طاقة جسيم ألفا كاملة باستخدام حاجز رقيق من الورق .أما أشعة غاما، فهي الأقل قدرة على التأيين والأكثر قدرة على الإختراق ؛ لأنها لا تحمل شحنة كهربائية، وليس لها كتلة.




| نوع الأشعة | ألفا | بيتا | غاما |
|---|---|---|---|
| الشحنة | $+2e$ | $+e$ أو $-e$ | ليس لها شحنة |
| الكتلة | 4.0015 *amu* | 0.0005 *amu* | صفر |
| القدرة على النفاذ | قليلة (تُمتصّ باستخدام حاجز رقيق من الورق) | متوسطة (بضعة ملمترات من الألمنيوم) | كبيرة (ستمترات عدة من الرصاص) |
| القدرة على التأيين | كبيرة | متوسطة | قليلة |

◄ ويطلق على انبعاث جسيمات ألفا أو انبعاث جسيمات بيتا أو انبعاث أشعة غاما اضمحلالاً.

## اضمحلال ألفا:

- جسيمات ألفا (α) تنبعث في الغالب من النوى الثقيلة (Z > 82)غير المستقرة، وينتج نواة جديدة تختلف في عددها الذري وعددها الكتلي عن النواة .
- عندما يغادر جسيم ألفا النواة، فإنها تخسر بروتونين ونيوترونين؛ لذا فإن العدد الذري للنواة الناتجة يقل2 ، في حين عددها الكتلي بمقدار 4 مقارنة بالنواة الأم.

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

- مجموع العدد الذري للنوى والجسيمات الناتجة من الإضمحلال يساوي العدد الذري للنواة المضمحلة، وكذلك مجموع العدد الكتلي للنوى والجسيمات الناتجة من الإضمحلال يساوي العدد الكتلي للنواة المضمحلة .

## اضمحلال بيتا:

- إن النوى التي تقع فوق نطاق الإستقرار تمتلك فائضا من النيوترونات ، ويلزمها تقليل عدد النيوترونات وزيادة عدد البروتونات لتقترب نسبة $\left(\frac{N}{Z}\right)$ فيها من نسبة الإستقرار، ويتم ذلك عن طريق إشعاع جسيم بيتا السالبة $(-\beta)$.

- إن العدد الذري للنواة الناتجة قد زاد بمقدار (1)، في حين بقي العدد الكتلي ثابتاً مقارنة بالنواة الأم. والرمز$(\bar{v})$ يمثل جسيماً يسمى ضديد النيوترينو، وهو جسيم متعادل الشحنة، وكتلته متناهية في الصغر. وينتج جسيم بيتا السالبة من تحلل أحد نيوترونات النواة .

$$\rightsquigarrow {}^{0}_{1}n = {}^{1}_{+1}p + {}^{0}_{-1}e + \bar{v}$$

$$\rightsquigarrow {}^{A}_{Z}X = {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + \bar{v}$$

- أما النوى التي تقع أسفل نطاق الإستقرار، فإنها تمتلك فائضا من البروتونات، ولكي تصل إلى حالة الإستقرار يتطلب ذلك تقليل عدد البروتونات وزيادة عدد النيوترونات، ويتحقق ذلك بإشعاع جسيم بيتا الموجبة $(+\beta)$ .

- إن العدد الذري للنواة الناتجة قد قل بمقدار (1)، في حين بقي العدد الكتلي ثابتاً مقارنة بالنواة الأم. والجسيم $(v)$ اسمه نيوترينو ، وهو جسيم متعادل الشحنة، وكتلته متناهية في الصغر مثل ضديد النيوترينو.

$$\rightsquigarrow {}^{1}_{1}p = {}^{0}_{1}n + {}^{0}_{+1}e + v$$

$$\rightsquigarrow {}^{A}_{Z}X = {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e + v$$

وتجدر الإشارة إلى أن النواة لا تحتوي على إلكترونات أو بوزترونات ، وهذه الجسيمات تنشأ لحظة تحول بروتون إلى نيوترون، أو العكس عند حدوث اضمحلال بيتا، وتغادر النواة مباشرة.

## اضمحلال بيتا:

- إذا كانت النواة الناتجة في مستوى إثارة، فإنها تنتقل إلى مستوى الإستقرار عن طريق إطلاق أشعة غاما، وهي أشعة كهرمغناطيسية (فوتونات) ذات تردد كبير جداً ، وليس لها شحنة أو كتلة لذلك لا يتغير العدد الذري أو العدد الكتلي للنواة عند انبعاثها.

$$\rightsquigarrow {}^{A}_{Z}X = {}^{A}_{Z}X + \gamma$$

- طاقة أشعة غاما المنبعثة تساوي فرق الطاقة بين مستوى الإثارة ومستوى الإستقرار للنواة الناتجة.

## النشاطية الإشعاعية:

◄ إن انبعاث جسيمات بيتا أو ألفا من نواة عنصر مشع يؤدي إلى تحول النواة الأم إلى نواة جديدة تسمى النواة الناتجة. وبمرور الزمن يقل عدد النوى المشعة، ويقل عدد النوى التي تضمحل .

◄ يتناسب عدد النوى المضمحلة في الثانية الواحدة مع عدد النوى المشعة عند لحظة زمنية معينة .

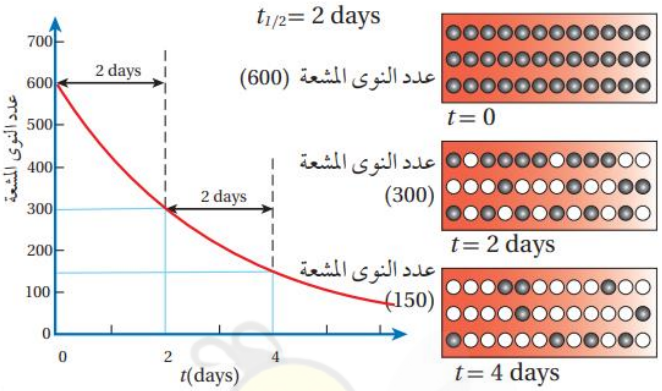
◄ للتعبير عن عدد النوى المشعة المتبقية بدلالة الزمن :

$$\text{N(t)} = N_{\circ} e^{-\lambda t}$$

حيث λ هو ثابت التناسب و يسمى ثابت الإضمحلال و $N_{\circ}$ هو عدد النوى المشعة عند الزمن 0 و N(t) هو عدد النوى المشعة المتبقية عند زمن معين .

◄ إن بعض النظائر المشعة تضمحل خلال مدد زمنية قصيرة ، و بعضها الآخر يضمحل خلال مدد زمنية كبيرة.

◄ **عمر النصف** هو الزمن اللازم لاضمحلال نصف عدد النوى المشعة .




$$\frac{\text{N}}{\text{N}_{\circ}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

◄ يرتبط عمر النصف $(t_{1/2})$ بثابت التحلل (λ) بالعلاقة الآتية :

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

◄ وبمرور الزمن يتناقص عدد النوى المشعة، ما يؤدي إلى تناقص معدل الإضمحلال وهو ما يعرف باسم **النشاطية الإشعاعية** و هي تعبر عن عدد الإضمحلالات في الثانية الواحدة ، و يرمز إليها بالرمز **(A)** :

$$A = \lambda N$$

- تقاس (A) بوحدة بيكرل **(Bq)** و هي تساوي اضمحلالاً واحداً في الثانية الواحدة أو بوحدة كوري **(Ci)** حيث $(1Ci = 3.7\times 10^{10}\ Bq)$ .

◄ العلاقة بين عمر النصف و النشاطية الإشعاعية :

$$\frac{A}{A_{\circ}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

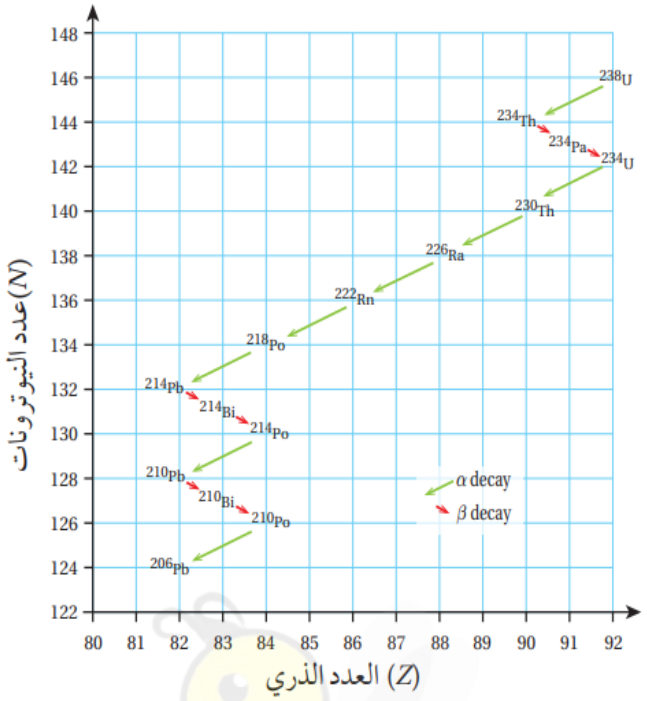
## سلاسل الإضمحلال الإشعاعي الطبيعية :

◄ تسمى مجموعة الإضمحلالات التلقائية التي تبدأ بعنصر مشع ثقيل (موجود في الطبيعة) و تنتهي بعنصر مستقر من خلال اضمحلالات عدة لألفا و بيتا **بسلسلة الإضمحلال الإشعاعي الطبيعي** .

◄ سلاسل الإضمحلال الإشعاعي المشهورة :

1. سلسلة اليورانيوم و تبدأ بنظير اليورانيوم $^{238}_{92}U$ .
2. سلسلة الثوريوم و تبدأ بنظير الثوريوم $^{232}_{92}Th$ .
3. سلسلة الأكتينيوم و تبدأ بنظير اليورانيوم $^{235}_{92}U$ .

- سلسلة اضمحلال اليورانيوم :




- جميع السلاسل تبدأ بنظير ثقيل مشع عمر النصف له كبير، وتنتهي بأحد نظائر الرصاص المستقر. و تسمى كل سلسلة باسم النظير المشع الذي له أطول عمر نصف فيها.
- نظراً إلى أن اليورانيوم $^{238}_{92}U$ له أكبر عمر نصف بين النظائر المشعة في سلسلة اليورانيوم ، فقد سميت باسمه .

# الدرس الثالث : التفاعلات النووية

## التفاعل النووي:

◄ يحدث **تفاعل نووي** عند اصطدام نواتي ذرتين، أو اصطدام جسيم نووي مثل، البروتون أو النيوترون بنواة ذرة أخرى، وقد ينتج عن ذلك نواة جديدة أو أكثر.

◄ لإحداث تفاعل نووي بين جسيم ونواة، تقذف النواة بذلك الجسيم وعندما يقترب منها مسافة كافية، يبدأ عندها تأثير القوة النووية :

$$a + x \rightarrow b + y$$

حيث يسمى الجسيم (a) **القذيفة** و تسمى (x) **النواة الهدف** و (b) هو **الجسيم الناتج من التفاعل النووي** و (y) **النواة الناتجة** .

◄ في بعض التفاعلات النووية، تمتص النواة الهدف القذيفة لتشكل نواة مركبة (CN) والتي لا تلبث أن تضمحل لتعطي نوى وجسيمات من الممكن أن تختلف عن تلك الداخلة في التفاعل .

◄ أمثلة على قذائف نووية : البروتونات $(^1_1P)$ و الديتيريوم $(^2_1H)$ و النيوترونات $(^1_0n)$ .

◄ إن شحنة جسيمات ألفا والبروتونات موجبة، لذا تسرع حتى تمتلك طاقة حركية كافية تمكنها من التغلب على قوة التنافر الكهربائية مع النواة الهدف. أم النيوترونات لكونها متعادلة كهربائياً فلا تتأثر بقوة تنافر كهربائية ؛ لذا تعد من القذائف المهمة في إنتاج النظائر المشعة، التي تستخدم في العديد من مجالات الحياة.

◄ أحسب الطاقة الممتصة أو المتحررة من التفاعل (Q) من الفرق في الكتلة بين كتل النوى و الجسيمات الداخلة في التفاعل و تلك الناتجة عنه :

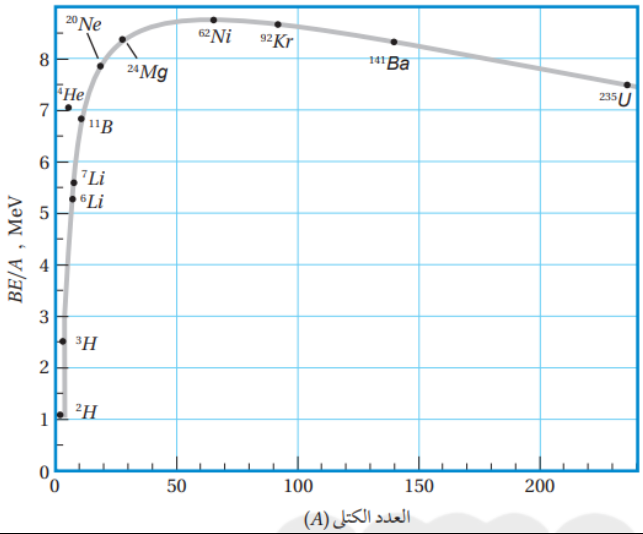
$$Q = [m_a + m_x - (m_b + m_y)] \times 931.5$$

حيث الكتل بوحدة amu و Q بوحدة MeV

- إذا كانت قيمة Q موجبة يكون التفاعل **منتجاً للطاقة** و إذا كانت قيمة Q سالبة يكون التفاعل **ماصاً للطاقة** .

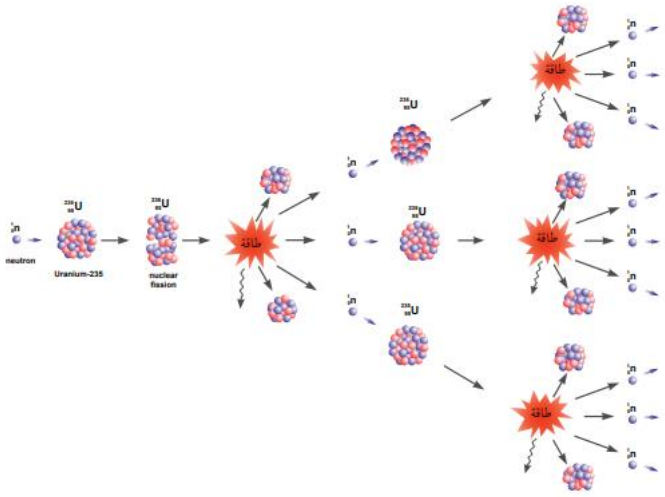
## الإنشطار النووي:

◄ **الإنشطار النووي** عبارة عن عن انقسام نواة ثقيلة لنواتين أو أكثر، أصغر منها في الكتلة. والنوى الأكثر قابلية للإنشطار هي النوى الثقيلة التي تقع على يمين المنحنى الموضح في الشكل التالي :




- تكمن أهمية هذا التفاعل في الطاقة الكبيرة المتحررة منه .

◄ تنبعث نيوترونات نتيجة انشطار نواة نظير اليورانيوم و هذه النيوترونات قد تمتصها نواة يورانيوم أخرى التي بدورها تنشطر و تنتج نيوترونات جديدة قد تمتصها نوى يورانيوم أخرى و هذا ما يسمى **تفاعلاً متسلسلاً** .

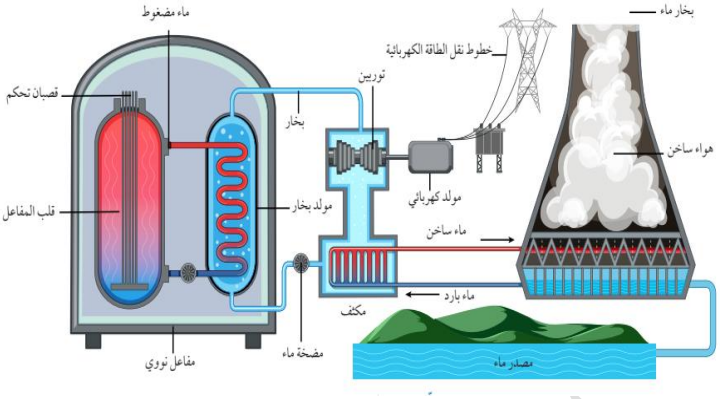



- كي يكون التفاعل المتسلسل ممكناً من الناحية العملية يجب توافر أمور عدة أهمها **توافر اليورانيوم المخصّب** ، حيث يحتوي اليورانيوم الخام على نسبة ضئيلة من اليورانيوم ($^{235}_{92}U$) المستخدم في التفاعل المتسلسل لذا يجب معالجة اليورانيوم الخام لزيادة نسبة النظير ($^{235}_{92}U$) ليستخدم في الوقود النووي .
- إن العملية التي يزداد فيها نسبة اليورانيوم ($^{235}_{92}U$) تسمى التخصيب .
- الكتلة الحرجة هي أقل كتلة من الوقود النووي تضمن استمرار حدوث التفاعل المتسلسل، وتضمن عدم تسرب النيوتونات خارجه .

## المفاعل النووي:

◄ يسمى النظام الذي يهيئ الظروف المناسبة لاستمرار حدوث التفاعل المتسلسل و السيطرة عليه **بالمفاعل النووي** .

- مفاعل الماء المضغوط يستعمل الماء لعملية التبريد .




◄ **الأجزاء** :

1. **الوقود النووي** : تكون مادة الوقود النووي على الغالب من اليورانيوم المخصب، حيث تَعّد على شكل أقراص يوضع بعضها فوق بعض في أنابيب طويلة لتشكيل قضبان الوقود النووي.
2. **قضبان التحكم** : تصنع من مواد لديها مقدرة عالية على امتصاص النيوترونات مثل، الكادميوم 113- والبورون 10- فعند إدخال عدد مناسب منها بين حزم الوقود النووي تمتص بعضا من النيوترونات ما يؤدي إلى إبطاء التفاعل المتسلسل، وبذلك يتم التحكم في الطاقة الناتجة من المفاعل.
3. **المواد المهدئة** : وهي مواد ذات أعداد كتلية صغيرة، مثل: الماء الثقيل، والماء العادي، والغرافيت. وتبطئ المواد المهدئة النيوترونات الناتجة من الإنشطار؛ لتتمكن من إحداث تفاعلات انشطارية جديدة.

علما أن احتمالية انشطار نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ تزداد كلما كانت الطاقة الحركية للنيوترونات الممتصة أقل .

4. **نظام التبريد** : تستخدم أبراج تبريد تزود المفاعل والمكثف بالماء البارد باستمرار؛ لتبريد المفاعل النووي.
5. **مولد بخار الماء** : يحول الماء الساخن و المضغوط القادم من قلب المفاعل إلى بخار ماء يستخدم في إدارة توربينات متصلة بمولدات كهربائية لتوليد الطاقة الكهربائي .

## الإندماج النووي:

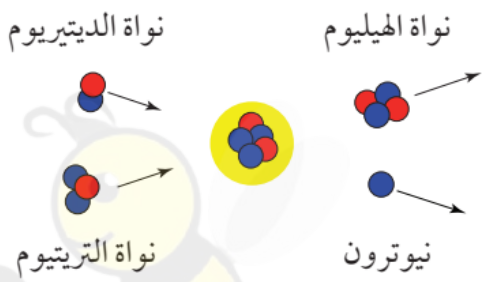
◄ يسمى التفاعل الذي تندمج فيه نواتان خفيفتان لتكوين نواة كتلتها أقل من مجموع كتلتي النواتين المندمجتين، ولها طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر مما لهما، بتفاعل **الإندماج النووي** ، و يحدث للنوى الخفيفة .

◄ من الأمثلة على الإندماج النووي :

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

$$^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + ^{0}_{1}e^{+} + \nu$$

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




- مثل هذه التفاعلات النووية هي مصدر الطاقة التي تصلنا من الشمس وتحتاج إلى درجات حرارة عالية جداً حتى تحدث؛ لذا تسمى هذه التفاعلات **بالتفاعلات الحرارية النووية** .

- إن درجة الحرارة العالية تزود النواتين بطاقة حركية كبيرة كافية للتغلب على قوة التنافر الكهربائية بين النواتين عند اقترابهما بعضهما من بعض لمسافة تبدأ عندها القوة النووية بالتأثير .

## تطبيقات على الفيزياء النووية:

1. التعقب .
2. العلاج بالإشعاع .
3. تحليل المواد .

الأستاذ زند البشتاوي