

$$E=mc^2$$



الجزء فج الفيزياء



للفرعين علمي-صناعي

شرح بالتفصيل-اسئلة شاملة
اسئلة وزارية

الفصل الثاني

اعداد المعلم

براء جابر

٠٧٨١٤٣١٠٤١

البراء في الفيزياء

σ

α

ν

λ

المغناطيسية

Φ

∞

المجال المغناطيسي

π

β

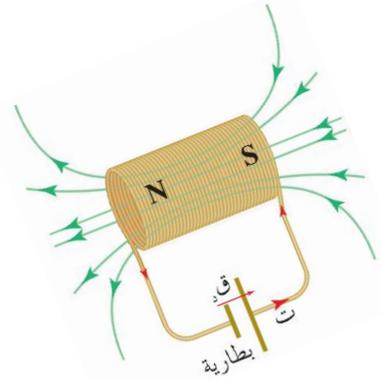
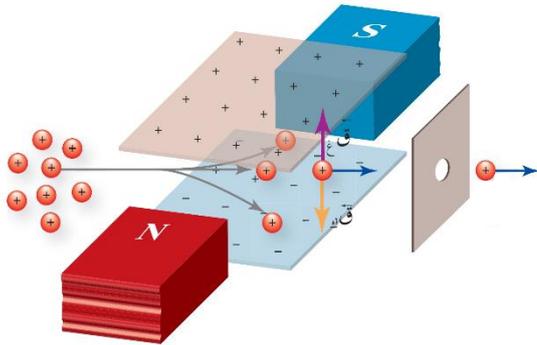
شرح مفصّل + أسئلة إضافية

λ

ν

ϕ

Ω



Braa Jaber



Braajaber1

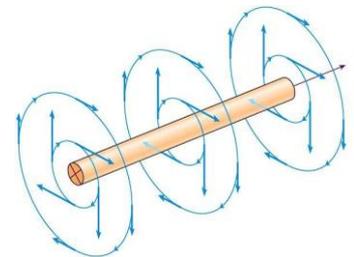


Braa_jaber1

إعداد الأستاذ :

براء جابر

٠٧٨١٤٣١٠٤١



◀ للتوقف عن السؤال أبدأ.

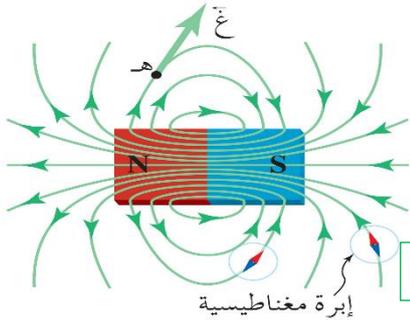
المجال المغناطيسي

* درسنا في الكهرباء أن الشحنات محاطة بمجال كهربائي ، فالمغناطيس يمكن تشبيهه بالشحنة تقريباً حيث يحاط المغناطيس بمجال مغناطيسي يرمز له بالرمز (غ) ، فالمجال المغناطيسي هو خاصية للحيز والمنطقة المحيطة بالمغناطيس وتظهر آثاره المغناطيسية فيها ، وهو كمية متجهة فيُحدد بمقدار واتجاه.

– المغناطيس له عدّة خصائص ، كجذب الأجسام مثل الحديد والنيكل ، وله قطبان أحدهما شمالي والآخر جنوبي ، ولا يمكن الحصول على قطب مغناطيسي مفرد ، والأقطاب المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب كما في الشحنات.

* يُمثّل المجال المغناطيسي بخطوط وهمية تسمى خطوط المجال المغناطيسي.

* خط المجال المغناطيسي : هو المسار الوهمي الذي يسلكه قطب شمالي مفرد (افتراضي) عند وضعه حرّاً في أي نقطة داخل مجال مغناطيسي.



الشكل ١

– يمكن تخطيط خطوط المجال المغناطيسي باستخدام :

(١) الإبرة المغناطيسية.

(٢) برادة الحديد.

– تتراحم خطوط المجال المغناطيسي عند الأطراف وتقل عند وسط المغناطيس.

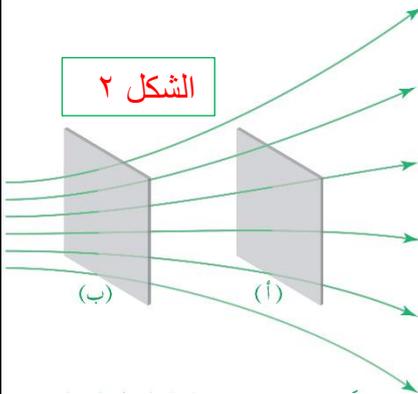
تمتاز خطوط المجال المغناطيسي لعدة خصائص هي :

(١) خطوط المجال المغناطيسي مغلقة تخرج من القطب الشمالي وتدخل في القطب الجنوبي ، وتُكمل دورتها من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي داخل المغناطيس (كما في الشكل ١) ، ويعود السبب في ذلك إلى عدم وجود قطب مفرد.

(٢) يُحدد اتجاه المجال المغناطيسي عند نقطة برسم مماس الخط المجال عند تلك النقطة.

(٣) المجال المغناطيسي له اتجاه واحد فخطوطه لا تتقاطع.

(٤) تدل كثافة الخطوط على مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة حيث يكون قيمة المجال كبيراً عند تقارب الخطوط وقليلًا عند تباعد الخطوط. (كما في الشكل ٢)



الشكل ٢

* قد يكون المجال المغناطيسي منتظماً وغير منتظماً ، فالمجال المغناطيسي الناجم عن المغناطيس المستقيم غير منتظم لأن مقدار المجال يختلف وخطوط المجال تشير إلى اتجاهات مختلفة.

– المجال المغناطيسي المنتظم : هو المجال المغناطيسي الثابت مقداراً واتجاهاً عند نقاطه جميعها.

– تُمثّل خطوط المجال المغناطيسي المنتظم بخطوط مستقيمة ومتوازية والمسافات بينها متساوية.

سؤال : أي السطحين (في الشكل ٢) يكون المجال المغناطيسي عنده أكبر (أ) أم (ب) ، ولماذا ؟

الإجابة : السطح (ب) ، لأن كثافة الخطوط عنده أكبر من كثافته عند السطح (أ) .

سؤال : فسّر ، تكون خطوط المجال المغناطيسي مغلقة.

الإجابة : بسبب عدم وجود قطب مغناطيسي مفرد.

عندما تدخل شحنة في مجال كهربائي فإنها تتأثر بقوة كهربائية ، ماذا لو دخلت شحنة في مجال مغناطيسي !؟

تذكّر أنه يوجد دائماً متسع في القمت ، فقف على ناصيت أحلم وقائل ☺

القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة متحركة

عند دخول شحنة (شـ) في مجال مغناطيسي (غـ) بسرعة (عـ) بزاوية (θ) مع المجال ، فإن الشحنة ستتأثر بقوة مغناطيسية (قـ غـ) :

سؤال : على ماذا تعتمد القوة المغناطيسية المؤثرة على شحنة تتحرك داخل مجال مغناطيسي ؟

- (١) مقدار الشحنة (طردي) .
- (٢) مقدار السرعة (طردي) .
- (٣) مقدار المجال المغناطيسي (طردي) .
- (٤) الزاوية المحصورة ما بين المجال (غـ) والسرعة (عـ) .

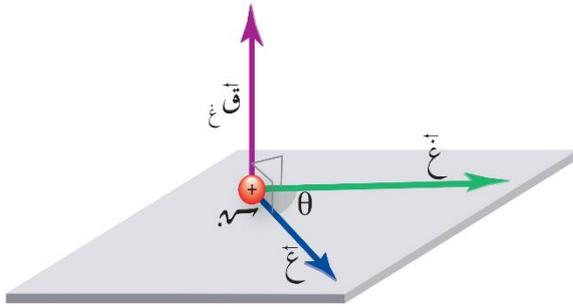
$$ق\ غ = ش\ ع\ ج\ \theta$$

ومن العلاقة يمكن تعريف المجال المغناطيسي عند نقطة ...

*المجال المغناطيسي عند نقطة : هو القوة المؤثرة المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة لحظة مرورها بسرعة (١ م/ث) عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي عند تلك النقطة.

– يكون اتجاه القوة المغناطيسية دائماً عمودياً على المتجهين (عـ) و (غـ) مهما كانت الزاوية بينهما.

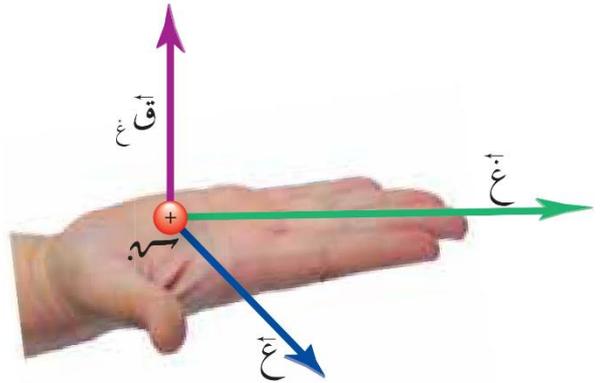
– لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية لشحنة كهربائية موجبة نستخدم قاعدة اليد اليمنى حيث يشير الإبهام لاتجاه السرعة وتشير باقي الأصابع لاتجاه المجال المغناطيسي ، عندها يُشير المتجه العمودي على باطن الكف والخارج منه إلى اتجاه القوة المغناطيسية كما في الشكل.



** إذا كانت الشحنة سالبة ، نطبق القاعدة ويكون اتجاه القوة المغناطيسية عكس الاتجاه الناتج.

– يُقاس المجال المغناطيسي بوحدة الـ (تسلا) .

التسلا : المجال المغناطيسي الذي يؤثر بقوة مقدارها (١ نيوتن) في شحنة مقدارها (١ كولوم) تتحرك بسرعة (١ م/ث) باتجاه يعامد اتجاه المجال المغناطيسي.



سؤال : ماذا نعني بقولنا أن المجال المغناطيسي يساوي (٢,٤ تسلا) ؟

الإجابة : المجال المغناطيسي الذي يؤثر بقوة مقدارها (٢,٤ نيوتن) في شحنة مقدارها (١ كولوم) تتحرك بسرعة (١ م/ث) باتجاه يعامد اتجاه المجال المغناطيسي.

ملاحظات هامة :

* لا يؤثر المجال المغناطيسي على جسيم بقوة مغناطيسية في ثلاثة حالات :

- (١) إذا كان الجسيم غير مشحون ، مثل : النيوترون (٢) إذا كان الجسم ساكناً (عـ = صفر) .
- (٣) إذا كان اتجاه السرعة يوازي اتجاه المجال المغناطيسي ($\theta = 0^\circ$ أو 180°) .

* تكون القوة المغناطيسية أكبر ما يمكن عندما تكون الزاوية ما بين (عـ) و (غـ) تساوي (90°) ، وأقل ما يمكن عندما تكون الزاوية بينهما (0°) .

- يُمثل الشكل المجاور المحاور الثلاثة ، المحور السيني والمحور الصادي والمحور الثالث وهو المحور الزيني ويكون خارج من الصفحة (+) ويرمز له بالرمز (⊙) وداخل إلى الصفحة (-) ويرمز له بالرمز (⊗) .

وهذا الشكل سيجعل التعامل مع المحاور الثلاثة سهلاً حيث سنستخدم قاعدة اليد اليمنى في تحديد اتجاه القوة المغناطيسية كما في الأمثلة التالية.

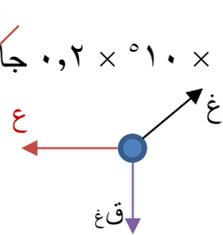
مثال (١) : دخل بروتون بسرعة (١٠ × ١٠^٦ م/ث) باتجاه محور السينات السالب في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٢ تسلا) باتجاه بعيداً عن الناظر ، جد القوة المغناطيسية.

الحل :

$$قغ = ش ع غ جا\theta \quad \leftarrow \quad قغ = ١٠^{-1٠} \times ١,٦ = ١٠^{-٩} \times ١,٦ \times ٠,٢ \times ١٠^٦ = ٠,٣٢ \text{ جا } ٩٠^\circ$$

$$قغ = ٣٢ \times ١٠^{-٦} = ٣٢ \text{ نيوتن ، ص}$$

لأن السرعة والمجال متعامدين



مثال (٢) : تتحرك شحنة (- ٤ × ١٠^{-٦} كولوم) بسرعة مقدارها (١٠^٦ م/ث) نحو محور السينات الموجب في مجال مغناطيسي (٠,١ تسلا) باتجاه الصادات الموجب ، جد مقدار واتجاه القوة المغناطيسية.

الحل : لاحظ أن الشحنة سالبة..

$$قغ = ش ع غ جا\theta \quad قغ = ٤ \times ١٠^{-٦} \times ٠,١ \times ١٠^٦ = ٠,٤ \text{ جا } ٩٠^\circ \quad قغ = ٤ \times ١٠^{-٦} \times ٠,١ \times ١٠^٦ = ٠,٤ \text{ نيوتن ، } \otimes$$

مثال (٣) : بروتون يتحرك باتجاه محور الصادات السالب بسرعة (١ × ١٠^٦ م/ث) وتأثر بقوة مغناطيسية باتجاه خارج عن الصفحة مقدارها (١٦ × ١٠^{-٤} نيوتن) ، جد مقدار واتجاه المجال المغناطيسي.

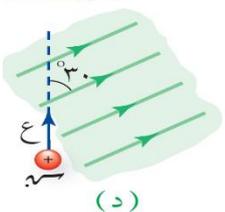
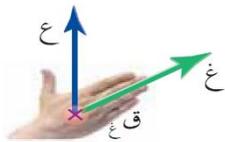
الحل :

باستخدام قاعدة اليد اليمنى نجد بأن اتجاه المجال المغناطيسي نحو محور السينات الموجب.

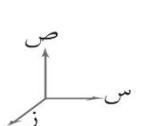
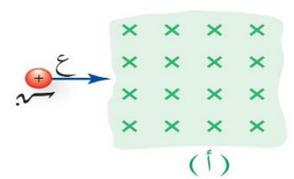
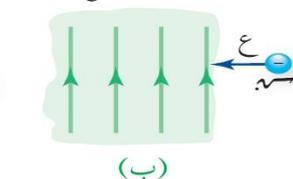
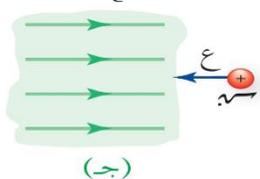
$$قغ = ش ع غ جا\theta \quad ١٦ \times ١٠^{-٤} = ١٦ \times ١٠^{-٩} \times ١,٦ \times ١٠^{-٦} \times ١ \times ١٠^٦ \times جا\theta \quad ع = ١ \text{ تسلا ، } \uparrow$$

مثال (٤) : قذف جسيم شحنته (٤ ميكروكولوم) بسرعة (٦ × ١٠^٦ م/ث) ، داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره (١ × ١٠^{-٢} تسلا) ، جد مقدار واتجاه القوة المغناطيسية في كل من الحالات الآتية.

الحل : (أ) ٠,٢٤ نيوتن ، ص (ب) ٠,٢٤ نيوتن ، ⊙ (ج) صفر (د) ٠,١٢ نيوتن ، ⊗



قغ = صفر

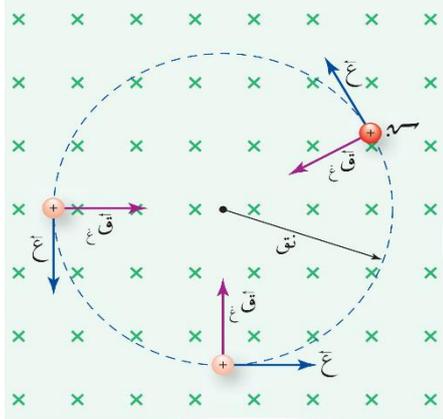


حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم

– الجسيم المشحون عندما يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم باتجاه لا يوازي المجال ، فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية عمودية على اتجاه المجال المغناطيسي وسرعة الجسيم.

– تُجبر القوة المغناطيسية الجسيم المشحون على الحركة في مسار دائري ؛ إذا كان اتجاه سرعة الجسيم عمودياً على المجال المغناطيسي.

نلاحظ من الشكل :



* أن اتجاه القوة المغناطيسية دائماً نحو المركز ولهذا تسمى قوة مركزية ، وتُكسب الجسيم تسارعاً ثابتاً باتجاهها. (ق مركزية = ق مغناطيسية)
(أي أن اتجاه التسارع المركزي باتجاه القوة المركزية وهي القوة المغناطيسية).
– القوة المغناطيسية هي قوة مركزية تعمل على تحريك الجسيم في حركة دائرية.
* أن اتجاه القوة دائماً عمودية على اتجاه الحركة ولهذا السبب تبقى سرعة الشحنة ثابتة ولا تبذل شغلاً على الشحنة.

– لحساب نصف قطر المسار نطبق قانون نيوتن الثاني :

$$ق\ مركزية = ك\ ت\ مركزية \longleftarrow ق\ غ = ك\ ع\ \frac{ق}{نق}$$

$$ش\ ع\ غ\ جا\ ٩٠ = ك\ ع\ \frac{ق}{نق} \longleftarrow ش\ ع\ غ\ جا\ ٩٠ = ك\ ع\ \frac{ق}{نق}$$

فتصبح العلاقة لحساب نصف القطر :

$$ت\ مركزية = \frac{ق\ ع}{نق}$$

$$ق\ مركزية = ق\ مغناطيسية$$

جا ٩٠ ، لأن اتجاه السرعة عمودية على اتجاه المجال المغناطيسي

يعتمد اتجاه دوران الجسيم على : السرعة والمجال المغناطيسي ونوع الشحنة.

ك : كتلة الجسيم.

ع : سرعة الجسيم.

غ : المجال المغناطيسي.

نق : نصف قطر المسار الدائري.

$$\frac{ق}{ش\ ع} = ك\ ع$$

* يعتمد نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الجسيم عند دخوله لمجال مغناطيسي منتظم على ::

(١) كتلة الجسيم (طردي).

(٢) سرعة الجسيم (طردي).

(٣) المجال المغناطيسي (عكسي).

(٤) شحنة الجسيم (عكسي).

سؤال : فسر ، القوة المغناطيسية لا تبذل شغلاً على الجسيم المشحون ؟

الإجابة : لأن اتجاه القوة المغناطيسية عمودي دائماً على اتجاه الإزاحة التي يحققها الجسيم المشحون المتحرك في المجال المغناطيسي.

سؤال : فسر ، تبقى سرعة الجسيم المشحون ثابتة في المقدار عند دخوله لمجال مغناطيسي منتظم ؟

الإجابة : لأن القوة المغناطيسية لا تبذل شغلاً على الجسيم وحسب مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية) (ش = Δ ط ح) فالمجال المغناطيسي يعمل على تغيير اتجاه حركة الجسيم باستمرار ويجبره على الحركة في مسار دائري إلا أنه لا يكسب الجسم طاقة حركية ولا يسحبها منه فتبقى سرعته ثابتة.

– في المسارات النووية : يُستخدم المجال المغناطيسي في توجيه الجسيمات ، والمجال الكهربائي في تسريع الجسيمات.

- مثال (١) :** دخل جسيم مشحون شحنته (٢ ميكروكولوم) وكتلته (٢ × ١٠^{-١٠} كغ) مجالاً مغناطيسياً مقداره (٠,٢ تسلا) بسرعة مقدارها (٣١٠ م / ث) باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي ، **احسب :**
- مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم.
 - التسارع المركزي الذي اكتسبه الجسيم.
 - نصف قطر مسار الجسيم.
 - مقدار سرعة الجسيم بعد مرور (٣ ثوانٍ) على وجوده في المجال المغناطيسي.

الحل :

$$(١) \quad qv \sin \theta = \text{ق.م.غ}$$

$$= 2 \times 10^{-10} \times 310 \times 0,2 \times 1 = 1,24 \times 10^{-8} \text{ نيوتن}$$

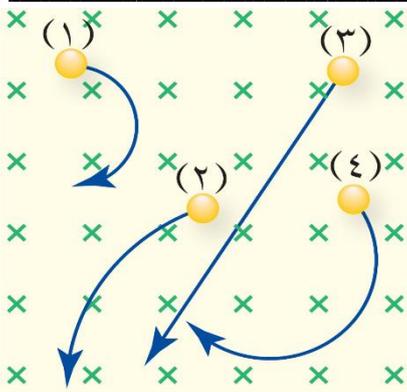
$$(٢) \quad \text{ق.م.غ} = \text{ق} = \text{ك ت مركزي}$$

$$1,24 \times 10^{-8} = 2 \times 10^{-10} \times \text{ت مركزي} \Rightarrow \text{ت مركزي} = 62 \text{ م/ث}$$

$$(٣) \quad \text{نق} = \frac{\text{ك.ع}}{\text{م.غ}}$$

$$= \frac{2 \times 10^{-10} \times 310}{0,2 \times 10^{-10}} = 310 \text{ م} \Rightarrow \text{نق} = 0,5 \text{ م}$$

- (٤) القوة المغناطيسية لا تغير مقدار سرعة الجسيم، ولكن تغير اتجاه السرعة فقط، ولذلك فإن مقدار سرعة الجسيم سيبقى (٣١٠) م/ث.



- مثال (٢) :** أدخلت أربع جسيمات متماثلة في الكتلة والسرعة بشكل عمودي على مجال مغناطيسي منتظم فاتخذت المسارات كما في الشكل ، **أجب** عما يأتي :
- حدد نوع شحنة كل من الجسيمات الأربعة ، موضحاً ذلك.
 - رتب الجسيمات تنازلياً وفق مقدار شحنة كل منها.

الحل :

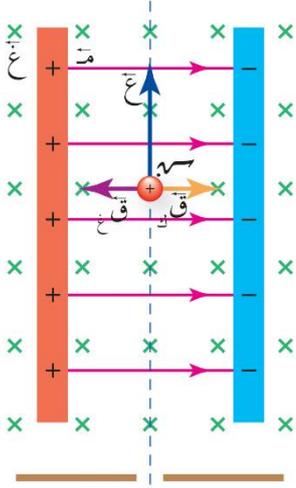
- (١) الشحنة (١) تتحرك ابتداءً نحو السينات الموجب ثم تنحرف نحو الصادات السالب بفعل القوة المغناطيسية ، وعند تطبيق قاعدة اليد اليمنى بجعل الإبهام باتجاه السرعة نحو السينات الموجب وباقي الأصابع مع المجال نحو الزيني السالب يكون العمودي على كف اليد نحو الصادات الموجب ، معاكساً لاتجاه القوة مما يعني أن الشحنة (١) شحنتها سالبة ، وبنفس الطريقة الشحنة (٢) موجبة ، الشحنة (٣) متعادلة لأنه تحرك في خط مستقيم وهذا يدل على عدم تأثره بقوة مغناطيسية ، والشحنة (٤) سالبة.
- (٢) من الشكل نجد أن $\text{نق}_2 < \text{نق}_1 < \text{نق}_4$ ، ولأن نصف القطر يتناسب عكسياً مع مقدار شحنة الجسيم ، فإن :
ش٤ < ش١ < ش٢ < (ش٣ = صفر)

تمرين : أدخل جسيم مشحون كتلته (٠,٠٠٢ غم) في مجال مغناطيسي منتظم بسرعة (١ × ٣١٠ م/ث) فتأثر بقوة مغناطيسية (٤ × ١٠^{-١٠} نيوتن) ، **احسب** نصف قطر المسار الدائري للجسيم.

قوة لورنتز

قوة لورنتز: هي محصلة قوتين كهربائية ومغناطيسية عندما تتحرك الجسيمات المشحونة داخل مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين فتتأثر الجسيمات بقوتين معاً إحداها كهربائية والأخرى مغناطيسية.

- يمكن حساب قوة لورنتز باستخدام العلاقة : $ق لورنتز = ق غ + ق ك$



مصدر الشحنات
الموجبة

مثال (١) : في الشكل المجاور صفيحتان متوازيتان مشحونتان ، جهد الصفيحة الموجبة (٧,٥ فولت) وجهد الصفيحة السالبة (- ٧,٥ فولت) والبعد بينهما (١٠ سم) ، يمر بينهما جسيم مشحون شحنته (+ ٤ ميكروكولوم) وبسرعة مقدارها (٣٠٠ م/ث) باتجاه المحور الصادي الموجب والصفيحتان مغمورتان في مجال مغناطيسي منتظم (٠,٥ تسلا) اتجاهه نحو المحور الزيني السالب (⊗).

(١) **جد** القوة المحصلة (لورنتز) المؤثرة في الشحنة مقداراً واتجاهاً ، وصف حركة الجسيم.
(٢) إذا كانت سرعة الجسيم أكبر من (٣٠٠ م/ث) ، **فماذا** سيحدث لحركته ؟

الحل :

(١) لإيجاد القوة المحصلة ، علينا حساب القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية مقداراً واتجاهاً

$$ق ك = م ش = \frac{ج}{ف} \quad \text{لكن} \quad م = \frac{ج}{ف} \quad \text{ومنها} \quad م = \frac{٧,٥ - -٧,٥}{٢-١٠ \times ١٠}$$

$$م = ١٥٠ \text{ فولت/م}$$

$$ق ك = ١٥٠ \times ٤ \times ١٠^{-٦} = ٦^{-١٠} \times ٠,٦ = ٦^{-١٠} \text{ نيوتن ، نحو السينات الموجب.}$$

$$ق غ = ش ع جا ٩٠ = ٤ \times ١٠^{-٦} \times ٣٠٠ \times ٠,٥ = ٦^{-١٠} \text{ نيوتن ، نحو السينات السالب.}$$

$$ق لورنتز = ٦^{-١٠} \times ٠,٦ - ٦^{-١٠} \times ٠,٦ = \text{صفر}$$

* بما أن محصلة القوة المؤثرة في الجسيم تساوي صفراً ، هذا يعني أن الجسم يُكمل حركته بسرعة ثابتة وبخط مستقيم

(٢) إذا كانت السرعة أكبر من (٣٠٠ م/ث) فإن القوة المغناطيسية ستكون أكبر من القوة الكهربائية وهذا يعني أن الجسيم سينحرف نحو القوة الأكبر وهي المغناطيسية فسيذهب نحو السينات السالب.

مثال (٢) : صفيحتان مشحونتان مغمورتان في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٢ تسلا) ، تحرك جسيم مهمل الكتلة

مشحون بشحنة مقدارها (٢ ميكروكولوم) بسرعة (١٠ م/ث) ، اعتماداً على الشكل وبياناته ، **احسب :**

(١) القوة الكهربائية المؤثرة على الجسيم مقداراً واتجاهاً.

(٢) القوة المغناطيسية المؤثرة على الجسيم مقداراً واتجاهاً.

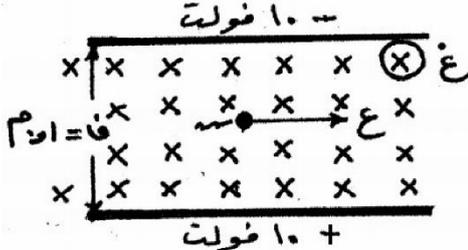
(٣) القوة المحصلة المؤثرة في الجسيم أثناء حركته وماذا تسمى هذه القوة ؟

الحل :

$$(١) ق ك = م ش = ٢٠٠ \times ٢ \times ١٠^{-٦} = ٤^{-١٠} \text{ نيوتن ، ص}$$

$$(٢) ق غ = ش ع جا ٩٠ = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ١٠ \times ٠,٢ = ٤^{-١٠} \text{ نيوتن ، ص}$$

$$(٣) ق ح = ق غ + ق ك = ٤^{-١٠} \text{ نيوتن ، ص} ، \text{ وتسمى قوة لورنتز}$$



١٠ فولت

$$م = \frac{ج}{ف} = \frac{١٠ - -١٠}{٠,١}$$

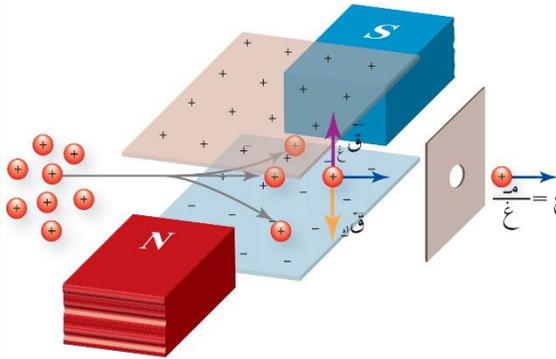
$$م = ٢٠٠ \text{ فولت/م}$$

**** (منتقى السرعة و مطياف الكتلة للفرع العلمي فقط) ****

تُستخدم قوة لورنتز في الأجهزة البحثية مثل جهازي منقي السرعة ومطياف الكتلة :

أولاً : منتقى السرعة.

هو جهاز يُستخدم للحصول على حزمة من الجسيمات المشحونة التي تسير بخط مستقيم وبسرعة ثابتة عند دخولها في مجالين متعامدين أحدهما كهربائي والأخر مغناطيسي بحيث تكون قوة لورنتز عليها تساوي صفراً.



$$E = \frac{m}{q} \omega$$

$$qE = m \omega v$$

إذا كانت الجسيمات الداخلة سرعتها تساوي

النسبة (m/q) ، فإن الجسيمات تكمل حركتها بلا انحراف.

إذا كانت الجسيمات الداخلة سرعتها أقل أو أكبر من النسبة (m/q)

فإن الجسيمات ستتحرف عن مسارها.

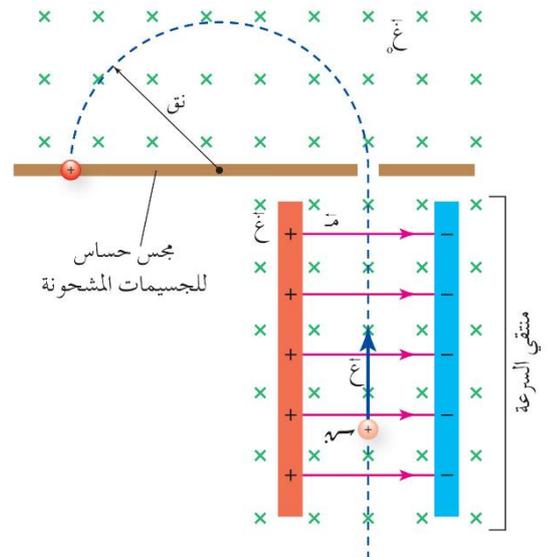
ثانياً : مطياف الكتلة.

– جهاز يُستخدم في : # فصل الأيونات المشحونة عن بعضها حسب

نسبة شحنة كل منها إلى كتلتها ، # دراسة بعض مكونات المركبات الكيميائية.

– ما هو مبدأ عمل جهاز مطياف الكتلة؟؟

بالبداية يُستخدم فيه جهاز منتقى السرعة لانتقاء الجسيمات المشحونة التي لها السرعة نفسها ، وبعد أن تخرج هذه الجسيمات من منطقة المجال الكهربائي (m) والمغناطيسي (q) ، تدخل منطقة أخرى فيها مجال مغناطيسي آخر (q) اتجاهه باتجاه المجال المغناطيسي (q) ، المجال المغناطيسي الآخر (q) يُجبر الجسيمات على الحركة في مسار دائري وفي نهاية المسار الذي يُشكّل نصف دائرة تصطدم هذه الجسيمات بمجس خاص حساس للجسيمات المشحونة ، وفي هذا الجهاز تُحدد نسبة الشحنة إلى الكتلة اعتماداً على مقدار نصف القطر وإذا كانت الشحنة معلومة.



سؤال : ما دور المجال المغناطيسي (q) والمجال المغناطيسي (q) ؟

الإجابة : يعمل المجال المغناطيسي (q) على توليد قوة مغناطيسية تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة الكهربائية لضمان بقاء الشحنة المتحركة في خط مستقيم . أما المجال المغناطيسي (q) يُجبر اجسيمات المشحونة على الحركة في مسار دائري يتناسب نصف قطره مع كتلة هذه الجسيمات.

سؤال : ما الشرط اللازم تحققه لكي يعمل المجالان الكهربائي والمغناطيسي معاً لانتقاء سرعة محددة للجسيمات المتحركة؟

الإجابة : يجب أن تكون القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية الناتجة عنهما متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه.

(هذه الصفحة فقط للفرع العلمي)

القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يحمل تيارًا

– حركة الشحنات في موصل باتجاه واحد تُشكّل تيارًا كهربائيًا ، والشحنات الكهربائية المتحركة داخل مجال مغناطيسي تتأثر بقوة مغناطيسية ، فمن المتوقع أن التيار الكهربائي المار في موصل مغمور في مجال مغناطيسي منتظم أن يتأثر بقوة مغناطيسية أيضًا ، وبناءً على ذلك :

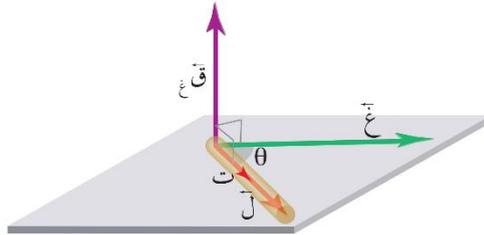
$$\vec{F} = I \vec{L} \times \vec{B}$$

حيث

$$F = I L B \sin \theta$$

$$F = I L B \cos \theta$$

* يكون اتجاه القوة المغناطيسية عموديًا على متجه طول الموصل وعلى المجال المغناطيسي كما في الشكل



ت : التيار الكهربائي المار في السلك.

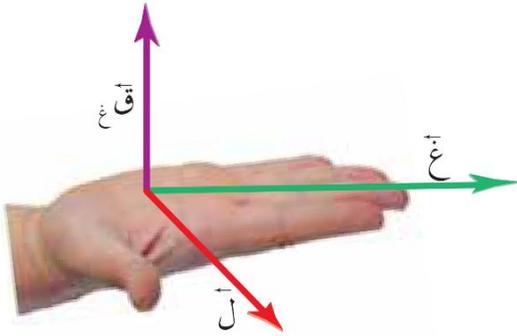
ل : طول السلك.

غ : المجال المغناطيسي.

θ : الزاوية المحصورة ما بين متجه

طول السلك ومتجه المجال المغناطيسي

– لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك نستخدم قاعدة اليد اليمنى ، حيث أن الإبهام يُشير إلى متجه الموصل وهو مع التيار دائمًا ، وتُشير باقي الأصابع إلى اتجاه المجال المغناطيسي ، عندها يُشير المتجه العمودي على باطن الكف والخارج منه إلى اتجاه القوة المغناطيسية كما في الشكل.



– تعتمد القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يحمل تيار على :

(١) مقدار التيار طرديًا.

(٢) طول السلك طرديًا.

(٣) مقدار المجال المغناطيسي طرديًا.

(٤) الزاوية المحصورة بين التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي طرديًا.

– هناك تطبيقات عملية كثيرة على القوة المغناطيسية المؤثرة على موصل يحمل تيار منها :

(١) مكبرات الصوت. (٢) الغلفانوميتر. (٣) المحرك الكهربائي.

سؤال : فسّر منشأ القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يحمل تيار ؟

الإجابة : حركة الشحنات في موصل باتجاه واحد تُشكّل تيارًا كهربائيًا ، والشحنات الكهربائية المتحركة داخل مجال مغناطيسي تتأثر بقوة مغناطيسية ، فمن المتوقع أن التيار الكهربائي المار في موصل مغمور في مجال مغناطيسي منتظم أن يتأثر بقوة مغناطيسية أيضًا.

مثال : سلك مستقيم طوله (٢٠ سم) يحمل تيارًا مقداره (٢ أمبير) باتجاه محور الصادات الموجب مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٣ ملي تسلا) خارج من الصفحة ، احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك.

الحل :

$$F = I L B \sin \theta = 2 \times 20 \times 3 \times 10^{-3} \times \sin 90^\circ = 0.12 \text{ نيوتن ، ش}$$

$$F = I L B \cos \theta = 2 \times 20 \times 3 \times 10^{-3} \times \cos 0^\circ = 0.12 \text{ نيوتن ، ش}$$

المجال المغناطيسي الناشئ
عن سلك يمر فيه تيار

- عندما يمر تيار كهربائي في سلك ، فإنه يتولد مجالاً مغناطيسياً حول السلك على شكل حلقات متحدة المركز ويكون مركزها عند نقطة على محور الموصل ويكون مستواها عمودياً على الموصل.
- يمكن حساب المجال المغناطيسي الناشئ عن سلك من خلال العلاقة :

وصف المجال المغناطيسي
الناشئ من موصل يحمل تيار

ت : التيار الكهربائي.

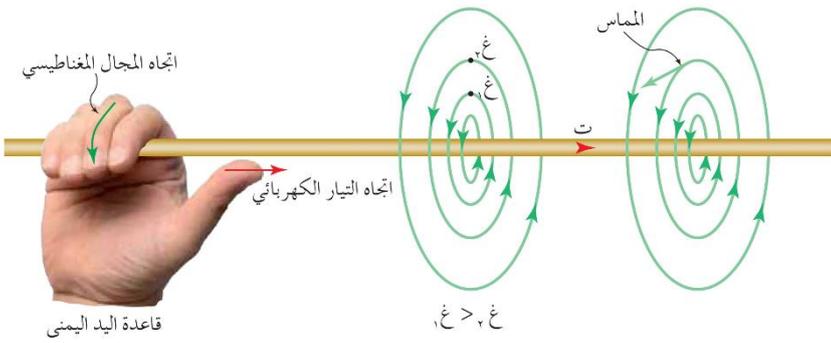
ف : المسافة بين السلك والنقطة.

$$\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{t}{f}$$

μ_0 : النفاذية المغناطيسية للفراغ أو للهواء ويساوي ($4\pi \times 10^{-7}$ تسلا . م / أمبير) .

* يعتمد المجال المغناطيسي في نقطة حول سلك على :

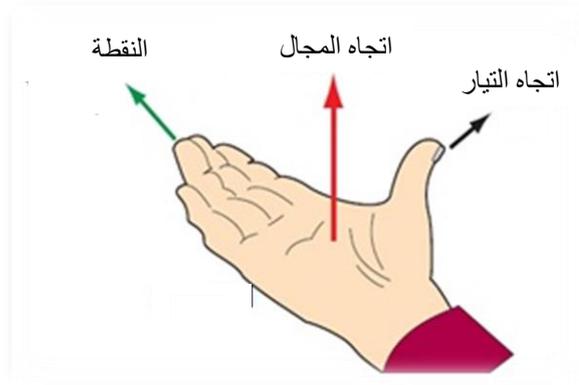
- (١) مقدار التيار طردياً. (٢) النفاذية المغناطيسية للوسط طردياً. (٣) المسافة ما بين السلك والنقطة عكسياً.



* لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن سلك عند نقطة نستخدم قاعدة قبضة اليد اليمنى حيث يُشير الإبهام على اتجاه التيار الكهربائي وتُشير بقية الأصابع لاتجاه المجال المغناطيسي عند نقطة وبشكل عام اتجاه المجال المغناطيسي عند نقطة بالقرب من الموصل يكون باتجاه المماس لخط المجال المغناطيسي عند تلك النقطة.

أو نضع الإبهام مع اتجاه التيار الكهربائي والأصابع نحو النقطة ، فيكون اتجاه المجال عند نقطة عمودي على كف اليد كما في الشكل المجاور.

* المجال المغناطيسي على امتداد الموصل المستقيم يساوي صفراً.

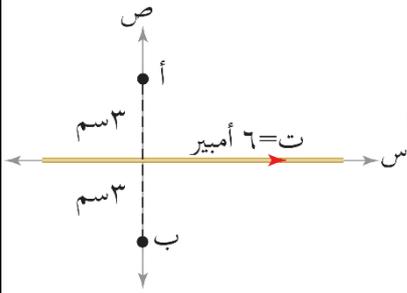


نقطة انعدام المجال المغناطيسي ($G_1 = G_2$) :

(١) إذا كان التياران بنفس الاتجاه : فإن نقطة الانعدام تقع بين السلكين وقريبة من التيار الأقل.

(٢) إذا كان التياران متعاكسين في الاتجاه : فإن نقطة الانعدام تقع خارج السلكين وقريبة من التيار الأقل.

مثال (١) : يُمثل الشكل موصلًا مستقيمًا طويلًا يحمل تيارًا مقدارَه (٦ أمبير) ، **جد** المجال المغناطيسي الناشئ عن هذا التيار مقدارًا واتجاهًا عند النقطتين (أ) و (ب) .



الحل : بما أن النقطتين (أ) و (ب) لهما البعد نفسه عن الموصل المستقيم فإن مقدار المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار المار في الموصل المستقيم عند كل منهما (غ_١) ، و (غ_٢) متساوٍ ، ويحسب من العلاقة:

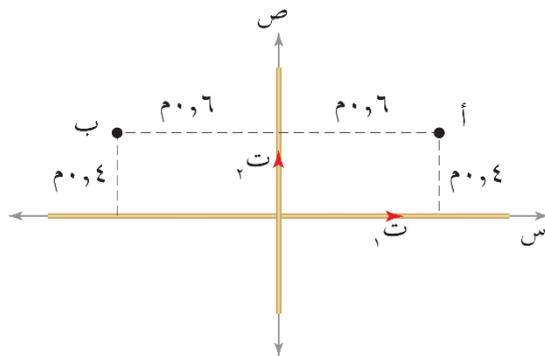
$$غ = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$غ_1 = غ_2 = \frac{6 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-2} \times \pi \times 2}$$

$$= 4 \times 10^{-5} \text{ تسلا}$$

نستخدم قاعدة قبضة اليد اليمنى لإيجاد اتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (أ) و (ب) ، فيكون اتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (أ) نحو الزيني الموجب (نحو الخارج) واتجاه المجال المغناطيسي عند (ب) نحو الزيني السالب (للداخل) .

مثال (٢) : يُبين الشكل موصلين طويلين يمر في كل منهما تيار كهربائي مقدارَه (١٢ أمبير) ، اعتمادًا على الشكل **جد** المجال المغناطيسي المحصل مقدارًا واتجاهًا عند كل من النقطتين (أ) و (ب) .



يوجد عند النقطة (أ) مجالان مغناطيسيان كما يوضح الشكل (غ_١) الناشئ عن التيار الأول ، و (غ_٢) الناشئ عن التيار الثاني .

$$غ_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{12 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{0,4 \times \pi \times 2}$$

$$غ_1 = 6 \times 10^{-5} \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني الموجب } \odot$$

$$غ_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} = \frac{12 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{0,6 \times \pi \times 2}$$

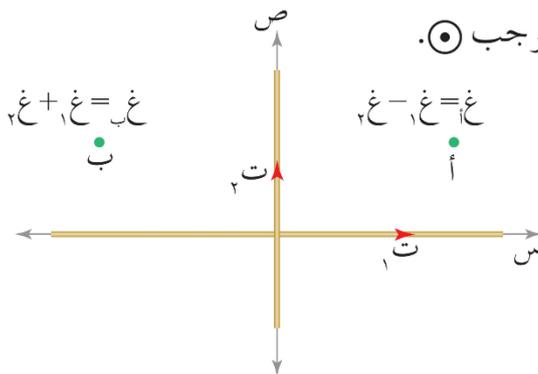
$$غ_2 = 4 \times 10^{-5} \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني السالب } \otimes$$

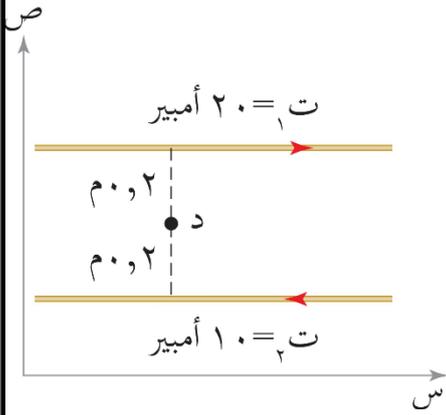
$$غ_أ (المحصلة) = غ_1 - غ_2 = 6 \times 10^{-5} \times 2 = 2 \times 10^{-4} \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني الموجب } \odot$$

أما عند النقطة (ب) والتي لها بعد النقطة (أ) نفسه عن السلكين فإن المجالين بالاتجاه نفسه

ولهذا يكون المجال المغناطيسي المحصل:

$$غ_ب (المحصلة) = غ_1 + غ_2 = 10 \times 10^{-5} \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني الموجب } \odot$$





مثال (٣) : موصلان مستقيمان متوازيان طويلان يحملان تيارين متعاكسين كما في الشكل المجاور ، معتمداً على البيانات في الشكل **أجب** عما يأتي :

- (١) المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (د).
(٢) حدد موقع النقطة التي ينعدم عندها المجال المغناطيسي.

الحل :

(١) يوجد عند النقطة (د) مجالان مغناطيسيان ، (غ_١) الناشئ عن التيار الأول وأيضاً (غ_٢) الناشئ عن التيار الثاني.

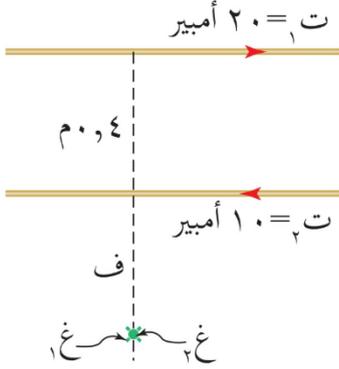
$$\vec{G}_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{20 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{0,2 \times \pi \times 2} = 10^{-5} \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني السالب.}$$

$$\vec{G}_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} = \frac{10 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{0,2 \times \pi \times 2} = 10^{-5} \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني السالب.}$$

وعليه، يكون المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (د) حاصل جمع المجالين:

$$\vec{G} (\text{المحصلة}) = \vec{G}_1 + \vec{G}_2 = 10^{-5} \times 3 \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني السالب.}$$

(٢) لكي ينعدم المجال المغناطيسي (غ_{محصلة} = صفر) ، يجب أن يكون المجالان الناشئان عن الموصلين متساويين بالمقدار ومتعاكسين بالاتجاه ، وهذا يحدث في المنطقة الواقعة خارج الموصلين من جهة التيار الأصغر وعلى بعد (ف) منه :



ينعدم المجال المغناطيسي عند النقاط جميعها الواقعة على خط مستقيم يوازي الموصلين على بعد (م ، ٠,٤) من الموصل الثاني و (م ، ٠,٨) عن الموصل الأول .

$$\vec{G}_1 = \vec{G}_2$$

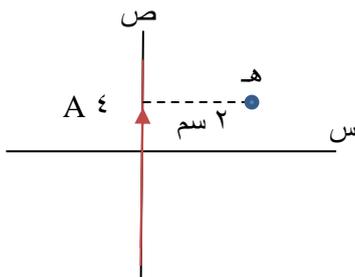
$$\frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2}$$

$$\frac{10}{f} = \frac{20}{(f + 0,4)}$$

$$20f = 10(f + 0,4) \Rightarrow f = 0,4 \text{ م}$$

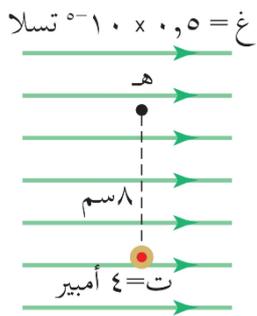
مثال (٤) : سلك لانهائي الطول منطبقاً على محور الصادات ، يمر فيه تيار كهربائي مقداره (٤ أمبير) نحو الأعلى **احسب** المجال المغناطيسي مقداراً واتجاهاً عند نقطة تبعد (٢ سم) على يمين السلك.

الحل :



$$\vec{G} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$\vec{G} = \frac{4 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-2} \times \pi \times 2} = 10^{-5} \text{ تسلا، بعيداً عن الناظر}$$



مثال (٥) : مجال مغناطيسي منتظم باتجاه المحور السيني الموجب مغمور فيه موصل مستقيم يحمل تيارًا كهربائيًا ، إذا كانت النقطة (هـ) تبعد عن الموصل (٨ سم) كما في الشكل ، **فجد :**

(١) المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (هـ) مقدارًا واتجاهًا .
(٢) القوة المغناطيسية مقدارًا واتجاهًا في شحنة كهربائية مقدارها (٢ نانوكولوم) أثناء مرورها بالنقطة (هـ) بسرعة مقدارها (٤٠٠ م/ث) باتجاه المحور الصادي السالب .

الحل :

– يوجد مجالان مغناطيسيان عند النقطة (هـ) ، أحدهما من المجال المنتظم باتجاه المحور السيني الموجب والآخر المجال المغناطيسي الناشئ عن السلك ، ولحسابه نطبق العلاقة :

$$\vec{B}_{\text{مستقيم}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-2} \times 8 \times \pi} = 1 \times 10^{-5} \text{ تسلا} \leftarrow \vec{B}_{\text{مستقيم}}$$

ولأن المجالين متعاكسان في الاتجاه عند النقطة (هـ):

$$\vec{B}_{\text{المحصلة}} = \vec{B}_{\text{مستقيم}} - \vec{B}_{\text{منتظم}} = 1 \times 10^{-5} - 0,5 \times 10^{-5}$$

$$\vec{B}_{\text{المحصلة}} = 0,5 \times 10^{-5} \text{ تسلا} \text{ ، باتجاه المحور السيني السالب .}$$

(٢) تمر الشحنة الكهربائية بالنقطة (هـ) فيؤثر فيها المجال المغناطيسي المحصل (\vec{B}) بقوة مغناطيسية.

$$Q = 2 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-2} \times 0,5 \times 10^{-5} \times 90 = 3,6 \times 10^{-16} \text{ جا}$$

$$Q = 4 \times 10^{-12} \text{ نيوتن نحو المحور الصادي السالب .}$$

مثال (٦) : تتحرك إلكترونات عددها ($7,5 \times 10^{20}$ إلكترون) في موصل مستقيم خلال (٣ ثوانٍ) فيتولد فيه تيار. إذا وُضع الموصل على بعد (٨ سم) من موصل مستقيم آخر موازٍ له ، ويمر فيه تيار مقداره (٤٠ أمبير) ، والتياران في الموصلين متعاكسين في الاتجاه ، إذا علمت أن شحنة الإلكترون ($1,6 \times 10^{-19}$ كولوم) ، **جد** مقدار المجال المغناطيسي المحصل عند نقطة تقع في منتصف المسافة بين الموصلين.

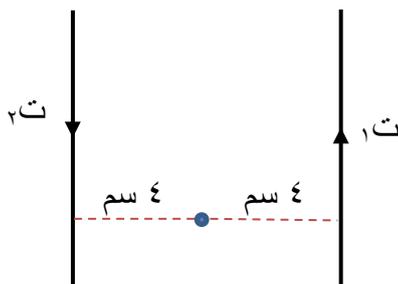
الحل :

$$I_1 = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{7,5 \times 10^{20} \times 1,6 \times 10^{-19}}{3} = 40 \text{ ت} \leftarrow I_1 = 40 \text{ أمبير}$$

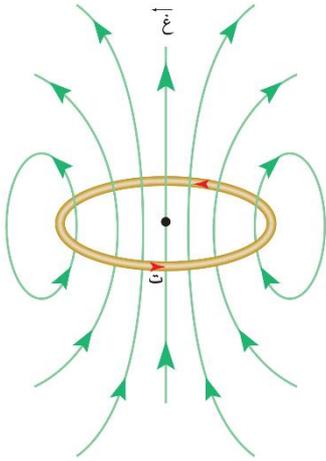
$$\vec{B}_{\text{محصلة}} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 \leftarrow \vec{B}_{\text{محصلة}} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} + \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r}$$

$$\vec{B}_{\text{محصلة}} = \frac{40 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-2} \times 4 \times \pi} + \frac{40 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-2} \times 4 \times \pi}$$

$$\vec{B}_{\text{محصلة}} = 40 \times 10^{-5} \text{ تسلا}$$



المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف دائري



- يكون المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري عمودياً على مستوى الملف ، ويُمكن تمثيله بخط مستقيم ، أما إذا ابتعدنا عن المركز فإن هذه الخطوط تزداد انحناءً .
* يُعطى المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري بالعلاقة الآتية :

ت : التيار الكهربائي.

ن : عدد لفات الملف.

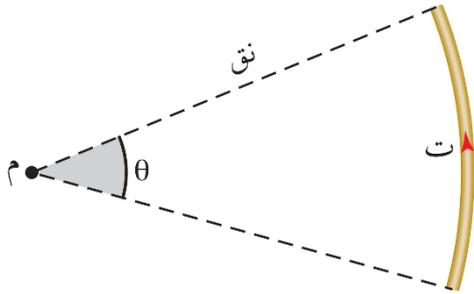
نق : نصف قطر الملف.

$$\vec{B}_{\text{دائري}} = \frac{\mu_0 t n}{2r}$$

* يعتمد المجال المغناطيسي عند مركز الملف الدائري على :

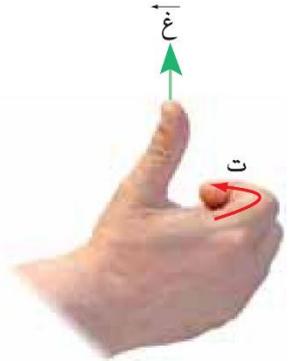
- (١) التيار الكهربائي (طردياً) .
 - (٢) عدد لفات الملف (طردياً) .
 - (٣) نصف قطر الملف (عكسياً) .
- لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند مركز الملف الدائري ، نطبق قاعدة اليد اليمنى ، حيث الأصابع مع التيار والإبهام مع المجال المغناطيسي كما في الشكل .

- إذا كان الملف يتكون من لفة واحدة فإن (ن = ١) ، أما إذا كان الموصل جزءاً من لفة دائرية على شكل قوس ، فإن مقدار الجزء من اللفة يُحسب من خلال العلاقة :

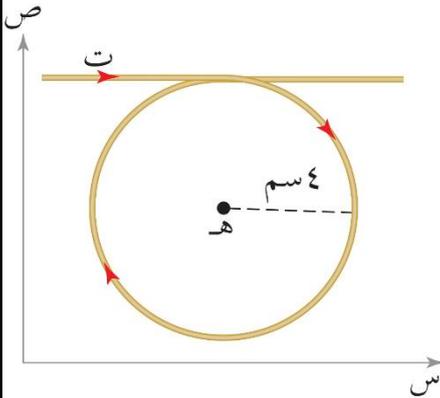


$$n = \frac{\theta}{360}$$

حيث θ : الزاوية المركزية التي تقابل القوس بالدرجات.



مثال (١) : يُبين الشكل موصلًا مستقيمًا طويلًا يمر فيه تيار كهربائي مقداره (١٢ أمبير) ، صنع من جزء منه ملف دائري مكون من سبع لفات نصف قطره (٤ سم) ، جد المجال المغناطيسي المحصل في مركز الملف الدائري (هـ) مقدارًا واتجاهًا .



الحل :

تمثل النقطة (هـ) مركز الملف الدائري ويوجد عندها مجالان مغناطيسيان أحدهما ناشئ عن التيار المار في السلك (غ١) والآخر عن التيار المار في الملف الدائري (غ٢)

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 I}{2r} = \frac{12 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-2} \times 4 \times \pi} = 1.5 \times 10^{-5} \text{ تيسلا ، باتجاه (-z) .}$$

$$\vec{B}_2 = \frac{\mu_0 t n}{2r} = \frac{7 \times 12 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-2} \times 4 \times \pi} = 1.05 \times 10^{-4} \text{ تيسلا ، باتجاه (-z) .}$$

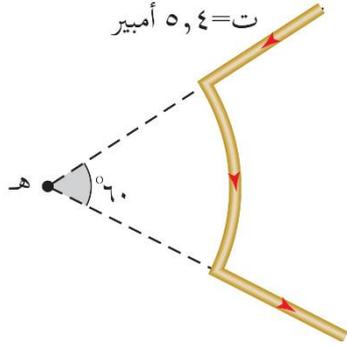
التيار المار في الموصلين متساوٍ وبعد النقطة عن السلك هو نفسه نصف قطر الملف الدائري أي (ف = نق) .
(وبتعويض قيمة $\pi = \frac{22}{7}$)

$$\vec{B}_{\text{هـ}} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 1.05 \times 10^{-4} + 1.5 \times 10^{-5} = 1.2 \times 10^{-4} \text{ تيسلا ، باتجاه (-z) .}$$

$$\vec{B}_{\text{هـ}} = 1.2 \times 10^{-4} \text{ تيسلا ، باتجاه (-z) .}$$

$$\vec{B}_{\text{هـ}} = 1.2 \times 10^{-4} \text{ تيسلا ، باتجاه (-z) .}$$

مثال (٢) : يمثل الشكل جزءاً من موصل نصف القطر الدائري منه (٩ سم) ، اعتماداً على الشكل **جد** المجال المغناطيسي مقداراً واتجاهاً عند النقطة (هـ) .

**الحل :**

تقع النقطة (هـ) على امتداد الموصلين المستقيمين ، ولهذا يكون المجال المغناطيسي الناشئ عنهما يساوي صفراً أما القوس يُمثل جزءاً من لفة دائرية ولإيجاد (ن) :

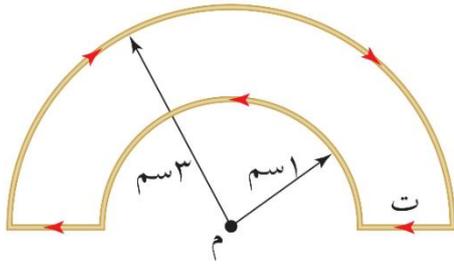
$$ن = \frac{\theta}{360^\circ} = \frac{60}{360} = \frac{1}{6} \text{ لفة.}$$

فالمجال المغناطيسي عند النقطة (هـ) يساوي :

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot n \cdot I}{2r} = \frac{\frac{1}{6} \times 5.4 \times 10^{-10} \times \pi \times 4}{2 \times 9 \times 2} \text{ ت.م}$$

$$\vec{B} = 0.2 \times \pi \times 10^{-10} \text{ تسلا، باتجاه (-z).}$$

مثال (٣) : في الشكل المجاور **حدد مقدار** التيار الكهربائي (ت) المار في الملف إذا كان مقدار المجال المغناطيسي المحصل في النقطة (م) يساوي ($\frac{88}{7} \times 10^{-10}$ تسلا) . **وما اتجاه** المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة ؟

**الحل :**

نقوم بتحديد اتجاه المجال المغناطيسي لكل حلقة ، نطبق قاعدة اليد اليمنى للحلقة الأكبر فنجد أن اتجاه المجال المغناطيسي **داخل** إلى الصفحة وكذلك الأمر للحلقة الصغرى فيكون اتجاه المجال المغناطيسي خارج من الصفحة ، بما أن المجالين متعاكسان :

$$\vec{B} = \vec{B}_{\text{الكبير}} - \vec{B}_{\text{الصغير}}$$

سيكون المجال المغناطيسي الناشئ من الحلقة الصغرى أكبر من المجال الناشئ من الحلقة الكبرى ، ولذلك لأن نصف القطر يتناسب عكسياً مع مقدار المجال المغناطيسي.

$$\vec{B} = \vec{B}_{\text{الصغرى}} - \vec{B}_{\text{الكبرى}} \quad \text{وبتعويض المجالين} \quad \vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot n \cdot I}{2r_{\text{صغرى}}} - \frac{\mu_0 \cdot n \cdot I}{2r_{\text{كبرى}}}$$

$$\frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-10} \times \pi \times 4 - \frac{1}{2} \times 3 \times 10^{-10} \times \pi \times 4 = \frac{88}{7} \times 10^{-10}$$

$$ت = 6 \text{ أمبير.}$$

$$ن = \frac{180}{360}$$

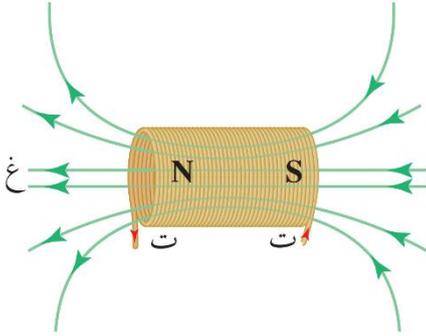
$$ن = \frac{1}{2}$$

– فكرة السؤال في تحديد اتجاه المجالات ومعرفة من المجال الأكبر بناءً على العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف دائري.

واتجاه المجال المغناطيسي المحصل مع اتجاه المجال الأكبر وهو الحلقة الصغرى أي خارج من الصفحة.

المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف لولبي

– يتكون الملف اللولبي من حلقات دائرية متماثلة ومتراصة ، فيكون المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي عبارة عن الجمع الاتجاهي للمجالات المغناطيسية الناشئة عن التيار المار في الحلقات الدائرية أما المجال المغناطيسي خارج الملف يكون مهملاً ، وذلك لصغر قيمته بسبب تعرضه لمجالين متعاكسين من تيار الملف.



– المجال المغناطيسي الناشئ في الملف اللولبي يشبه المجال المغناطيسي للمغناطيس المستقيم ويمتاز عنه بأنه يتم التحكم في مقدار واتجاه المجال من خلال التحكم في التيار المار.

– يكون المجال المغناطيسي الناشئ عن الملف اللولبي منتظماً بعيداً عن الأطراف وتكون الخطوط متوازية داخله وبالاتجاه نفسه.

سؤال : نستخدم أسلاكاً رفيعة ومتراصة في الملف اللولبي للحصول على مجال مغناطيسي منتظم تماماً ، فسّر ذلك. **الإجابة :** لأنه كلما زاد ترانس الحلقات للملف اللولبي زاد انتظام مجاله.

* يتم حساب المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي من خلال العلاقة الآتية :

$$\mu_0 \cdot I \cdot N = B$$

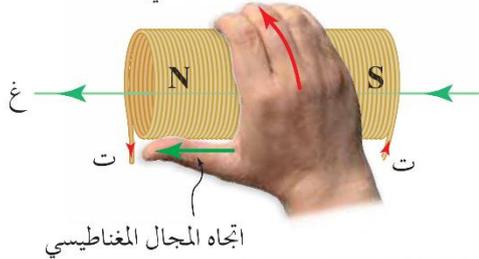
ويمكن كتابة هذه العلاقة بدلالة وحدة الأطوال
حيث $N = l / \lambda$

$$\mu_0 \cdot I \cdot N = B$$

ل : طول الملف.

** لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف لولبي ، نستخدم قاعدة اليد اليمنى كما في الملف الدائري حيث الأصابع مع التيار والإبهام مع المجال المغناطيسي.

اتجاه التيار الكهربائي



اتجاه المجال المغناطيسي

** العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي الناشئ عن الملف اللولبي :

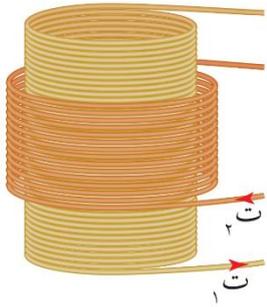
- (١) التيار المار في الملف (طردياً).
- (٢) عدد لفات الملف (طردياً).
- (٣) طول الملف (عكسياً).
- (٤) نفاذية الوسط (طردياً).

مثال (١) : ملف لولبي عدد لفاته (٣١٠ لفة) يمر فيه تيار (٢ أمبير) وطوله (٤ سم) ، احسب مقدار المجال المغناطيسي. **الحل :**

$$\mu_0 \cdot I \cdot N = B$$

$$\mu_0 \cdot I \cdot N = B \quad \leftarrow \quad \mu_0 \cdot I \cdot N = B$$

مثال (٢) : ملف لولبي طويل عدد لفاته (١٥ لفة) لكل (١ سم) من طوله ، يمر فيه تيار (ت_١) مقداره (٨ أمبير) يُحيط به ملف لولبي آخر عدد لفاته (٢٠٠٠ لفة) وطوله (٢٤ سم) يمر فيه تيار (ت_٢) مقداره (٣ أمبير) باتجاه معاكس لاتجاه تيار الملف اللولبي الأول ، إذا علمت أن الملفين متحدين في المحور **احسب :**



(١) المجال المغناطيسي المحصل مقدار صا واتجاهها الناشئ في المحور المشترك.
(٢) التيار الكهربائي المار في الملف اللولبي الخارجي لكي ينعقد المجال المغناطيسي في المحور المشترك.

الحل :

(١) يوجد عند المحور المشترك مجالان مغناطيسيان ، أحدهما ناشئ عن التيار المار في الملف اللولبي الأول (غ_١) ، والآخر عن التيار المار في الملف اللولبي الثاني (غ_٢).
وبما أن عدد لفات الملف اللولبي الأول (١٥ لفة) لكل (١ سم) فإن :

$$N_1 = \frac{15}{1 \times 10^{-2}} = \frac{15}{10^{-2}} = 1500 \text{ لفات/م}$$

$$G_1 = \mu_0 N_1 I_1 = 4\pi \times 10^{-7} \times 1500 \times 8 = 1.5072 \times 10^{-2} \text{ تسلا، باتجاه (+ص).}$$

$$G_2 = \frac{\mu_0 N_2 I_2}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2000 \times 3}{24 \times 10^{-2}} = 1.0053 \times 10^{-2} \text{ تسلا، باتجاه (-ص).}$$

$$G_2 = 1.0053 \times 10^{-2} \text{ تسلا، باتجاه (-ص).}$$

وعليه، فإن المجال المغناطيسي المحصل عند المحور المشترك:

$$G = G_1 - G_2 = 1.5072 \times 10^{-2} - 1.0053 \times 10^{-2} = 5.019 \times 10^{-3} \text{ تسلا، باتجاه (-ص).}$$

(٢) لكي ينعقد المجال المغناطيسي في المحور ، يجب أن يتساوى المجالان في المقدار ويتعاكسا في الاتجاه وبما أن الاتجاهين متعاكسين فإن :

$$G_1 = G_2$$

$$\mu_0 N_1 I_1 = \mu_0 N_2 I_2$$

$$2000 \times I_2 = 1500 \times 8$$

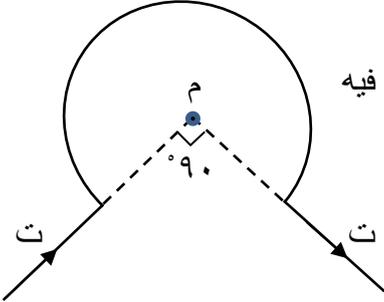
$$I_2 = 6 \text{ أمبير}$$

سؤال : هل تتغير قيمة المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي عند الانتقال من منتصف محور الملف اللولبي محو طرفيه ولماذا ؟

الإجابة : نعم يقل المجال المغناطيسي عند الاقتراب من طرفي الملف وسبب ذلك هو تباعد خطوط المجال المغناطيسي عن بعضها كلما اقتربنا من طرفي الملف.

{ أسئلة عامة على فصل المجال المغناطيسي }

س ١ : قُذف جسيم شحنته (٤,٠ ميكروكولوم) بسرعة مقدارها (١٠٠ م/ث) نحو (ص+) إلى منطقة مجالين ، أحدهما كهربائي مقداره (٥٠٠ نيوتن/كولوم) متجه نحو (س+) والآخر مغناطيسي مقداره (٢ تسلا) نحو (ز-) **جد** قوة لورنتز المؤثرة في هذا الجسيم لحظة دخوله منطقة المجالين مقدارًا واتجاهًا.

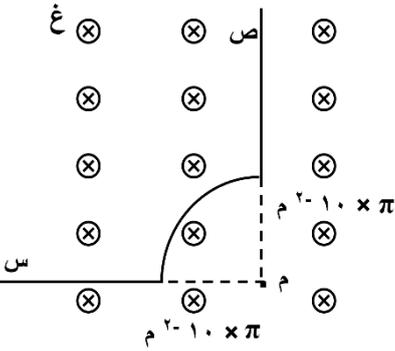


س ٢ : في الشكل المجاور سلك تم عمل منه حلقة دائرية نصف قطرها (2π سم) ، يمر فيه تيار كهربائي (٤ أمبير) ، **احسب** المجال المغناطيسي عند مركز الحلقة مقدارًا واتجاهًا.

س ٣ : ملف لولبي طوله (20π سم) ، وعدد لفاته (٤٠ لفة) ، يحمل تيارًا كهربائي (٢ أمبير) . **احسب :**

١ - المجال المغناطيسي داخل الملف وعلى امتداد محوره.

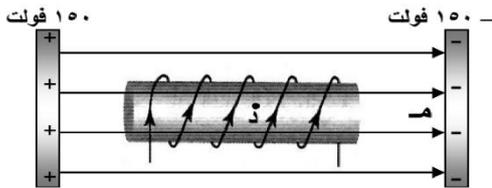
٢ - إذا وضع سلك مستقيم طوله (١٠ سم) داخل الملف ومنطبقًا على محوره ويمر به تيار مقداره (٦ أمبير) . احسب القوة المغناطيسية التي يتأثر بها السلك من مجال الملف.



س ٤ : يمثل الشكل المجاور سلكًا (س ص) يحمل تيارًا (ت) ومغمور في مجال مغناطيسي (6×10^{-5} تسلا) تتحرك شحنة كهربائية نقطية (1×10^{-6} كولوم) نحو الشرق بسرعة (4×10^6 م/ث) ، **احسب** مقدار واتجاه التيار (ت) الذي يجعل تلك الشحنة تتأثر بقوة (20×10^{-7} نيوتن) نحو الجنوب.

س ٥ : في الشكل وُضع ملف لولبي طوله (2π سم) وعدد لفاته (٢٠٠ لفة) بين لوحين فلزيين تفصلهما مسافة (٢٠ سم) عند مرور شحنة (- ٤ ميكروكولوم) بالنقطة (د)

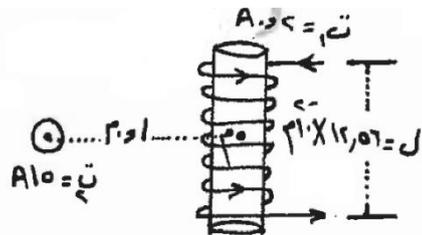
بسرعة (2×10^6 م/ث) باتجاه (ص+) وكان مقدار قوة لورنتز المؤثرة عليها تساوي (6×10^{-4} نيوتن) ، **احسب** التيار الكهربائي المار في الملف اللولبي.



س ٦ : في الشكل سلك لا نهائي الطول وملف لولبي عدد لفاته (٢٠ لفة) معتمدًا على الشكل وبياناته **احسب :**

(١) مقدار المجال المغناطيسي المحصل عن النقطة (م) والتي تقع على محور الملف اللولبي.

(٢) القوة المغناطيسية المؤثرة على شحنة كهربائية مقدارها (4×10^{-9} كولوم) تتحرك بسرعة (10^6 م/ث) باتجاه الناظر لحظة مرورها بالنقطة (م) .

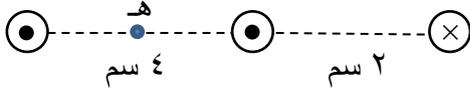


س ٧ : ملف لولبي طوله (٢٥ سم) يُولد عند مركزه نصف المجال المغناطيسي الذي

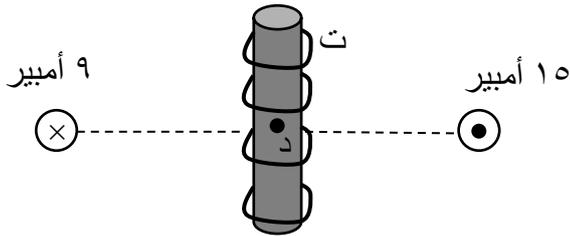
يولده ملف دائري نصف قطره (٢,٥ سم) وعدد لفاته (٥٠ لفة) عند مركزه عندما يمر فيهما نفس التيار ، **جد** عدد لفات الملف اللولبي.

س١٤ : (أ ، ب ، ج) ثلاثة أسلاك مستقيمة يسري في كل منها تيار كما في الشكل ، **احسب** :

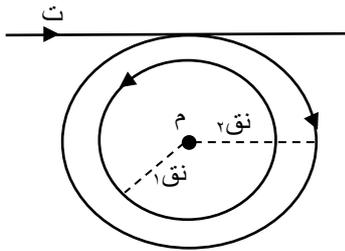
- (١) القوة المغناطيسية المؤثرة على وحدة الأطوال من السلك (ب).
 (٢) القوة المغناطيسية المؤثرة على شحنة (٥ ميكروكولوم) ت_٢ = ٢ أمبير ت_١ = ١ أمبير ت_٣ = ٤ أمبير لحظة مرورها بالنقطة (هـ) الواقعة في منتصف المسافة بين التيارين (ب ، ج) بسرعة مقدارها (١٠ م/ث) نحو الشرق.



س١٥ : سلكتان مستقيمان ومتوازيان عموديان على مستوى الصفحة تفصل بينهما مسافة (١٢ سم) ويحملان تيارين كهربائيين كما في الشكل ، وُضع ملف لولبي في منتصف المسافة بين السلكين عدد لفاته (٧٠٠ لفة/م) ، ويحمل تيارًا كهربائيًا (ت) . **احسب** مقدار التيار الكهربائي (ت) في الملف اللولبي عند النظر إليه من الأعلى ليصبح مقدار المجال المحصل عند النقطة (د) يساوي صفر ، و**حدد** اتجاهه.

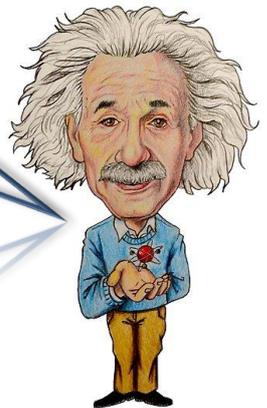


س١٦ : في الشكل المجاور إذا علمت أن التيار الكهربائي (ت) متساوي في كل الأسلاك وأن المجال المغناطيسي في النقطة (م) يساوي صفر ، **أثبت** العلاقة الآتية :



$$\frac{\pi}{\pi + 1} = \frac{\text{نق}١}{\text{نق}٢}$$

كل ما في الأمر أنني أقضي وقت أطول في حل
المشكلات ، عليك أن تتغلب على خوفك
تف بفسك فأنت تستطيع الوصول إلى القمة.



البراء في الفيزياء

σ

α

ν

λ

المغناطيسية

Φ

∞

الحث الكهرومغناطيسي

π

β

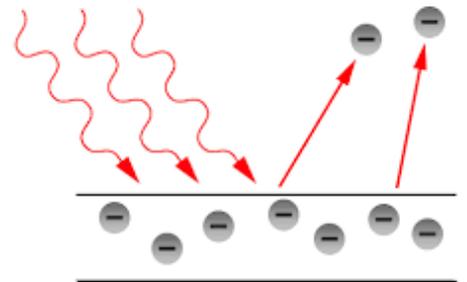
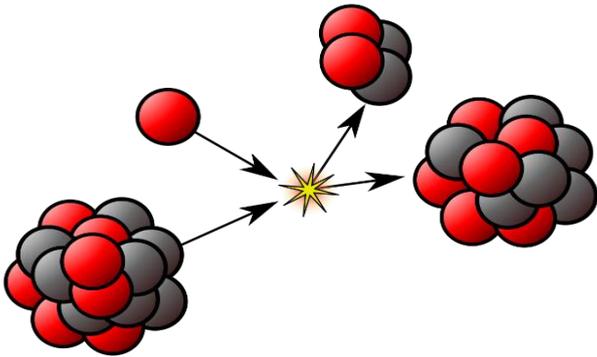
شرح مفصّل + أسئلة إضافية

λ

ν

φ

Ω



Braa Jaber



Braajaber1

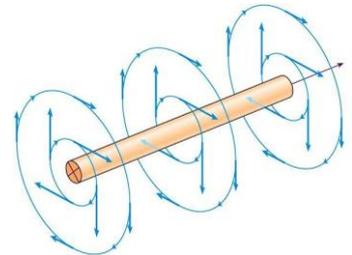


Braa_jaber1

إعداد الأستاذ :

براء جابر

٠٧٨١٤٣١٠٤١



◀ للتوقف عن السؤال أبدأ.

التدفق المغناطيسي

– عرفنا سابقاً أنه عند مرور تيار كهربائي في سلك ينشأ مجال مغناطيسي ، هنا سنولد تيار كهربائي باستخدام مجال مغناطيسي أي عكس العملية السابقة ، وهذه العملية تعتمد على عوامل أهمها **التدفق المغناطيسي**.

– التدفق المغناطيسي : هو عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تعبر سطح ما عمودياً عليه.

– يُعطى التدفق المغناطيسي بالعلاقة الآتية :

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} \cos \theta$$

حيث :

Φ : التدفق المغناطيسي.

\vec{A} : متجه المساحة ، ومتجه مقداره يساوي مساحة السطح الذي تخترقه خطوط المجال.

\vec{B} : المجال المغناطيسي.

θ : الزاوية المحصورة ما بين متجه المساحة ومتجه المجال المغناطيسي.

– يُقاس التدفق المغناطيسي بوحدة (تسلا . م^٢) وتسمى (وبيبر).

– **الوبيبر** : التدفق المغناطيسي عبر وحدة المساحة من سطح ما عندما يخترقه

عمودياً مجال مغناطيسي مقداره (١ تسلا).

ملاحظات

- * التدفق المغناطيسي كمية قياسية.
- * المساحة تتعامل معها بكمية متجهة يكون اتجاهها عمودي على السطح من الخارج.
- * إذا كان التدفق سالباً هذا يعني أن خطوط المجال المغناطيسي تخترق السطح داخلة فيه.
- * يتغير التدفق المغناطيسي بتغيير عوامله.
- * يجب الانتباه عند تحديد الزاوية المحصورة.

سؤال : ما الطرق التي يمكن من خلالها تغيير التدفق المغناطيسي ؟

الإجابة : (١) تغيير المجال المغناطيسي الذي يخترق الملف.

(٢) تغيير مساحة الملف الذي يخترقه المجال.

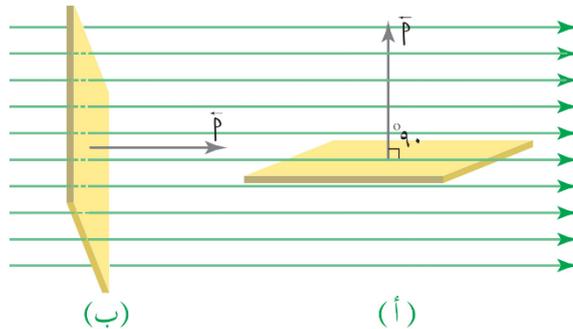
(٣) تغيير الزاوية بين المجال ومساحة الملف.

– يكون التدفق **أكبر ما يمكن** عندما تكون خطوط المجال المغناطيسي

توازي متجه المساحة ، أي أن $(\theta = 0^\circ)$. **الشكل (ب)**

– يكون التدفق المغناطيسي **أقل ما يمكن** عندما تكون خطوط المجال المغناطيسي تعامد متجه المساحة $(\theta = 90^\circ)$.

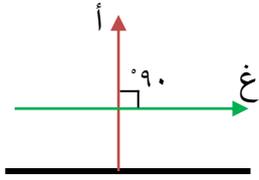
الشكل (أ)



مثال (١) : سطح مساحته (٠,٤ م^٢) مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٢ تسلا) ، احسب التدفق المغناطيسي إذا علمت أن :

- (١) المجال المغناطيسي يوازي السطح.
(٢) المجال المغناطيسي يوازي متجه المساحة.
(٣) المجال المغناطيسي يصنع زاوية (٣٠°) مع الأفق.
(٤) المجال المغناطيسي يصنع زاوية مع متجه المساحة (٦٠°).
- الحل :**

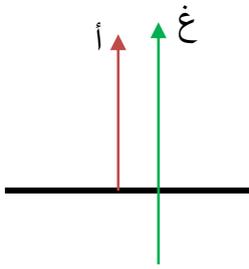
(١) نقوم بتحديد الزاوية ويجب الانتباه أن في هذه الحالة خطوط المجال توازي السطح وليس متجه المساحة.



$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

$$\Phi = 0,4 \times 0,2 \times \cos 90^\circ = 0$$

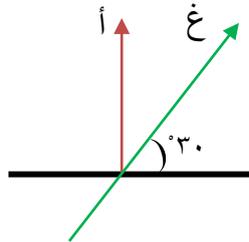
(٢) نرسم الشكل لتسهيل تحديد الزاوية.



$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

$$\Phi = 0,4 \times 0,2 \times \cos 0^\circ = 0,08 \text{ ويبر}$$

(٣) نحتاج الزاوية المحصورة ما بين متجه المجال ومتجه المساحة فنأخذ المتتمة.



$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

$$\Phi = 0,4 \times 0,2 \times \cos 60^\circ = 0,04 \text{ ويبر}$$

(٤) معطاة في السؤال مباشرة.

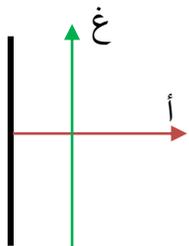
$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

$$\Phi = 0,4 \times 0,2 \times \cos 60^\circ = 0,04 \text{ ويبر}$$

مثال (٢) : ملف دائري نصف قطره (١ سم) يخترقه مجال مغناطيسي (٢ تسلا) عمودي على الملف ، احسب التغير في التدفق المغناطيسي عند :

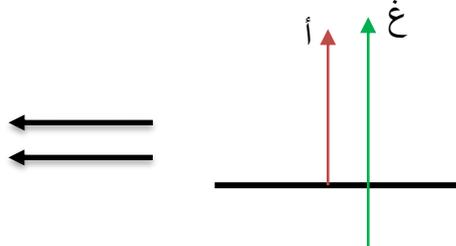
- (١) دوران الملف ربع لفة.
(٢) تلاشي المجال المغناطيسي.

الحل :



$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

$$\Phi = 2 \times \pi \times 10^{-2} \times \cos 90^\circ = 0$$



$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

$$\Phi = 2 \times \pi \times 10^{-2} \times \cos 0^\circ = 0,04 \text{ ويبر}$$

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

$$\Phi = 2 \times \pi \times 10^{-2} \times \cos 90^\circ = 0$$

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

$$\Phi = 2 \times \pi \times 10^{-2} \times \cos 90^\circ = 0$$

$$\Phi = 2 \times \pi \times 10^{-2} \times \cos 0^\circ = 0,04 \text{ ويبر}$$

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

$$\Phi = 2 \times \pi \times 10^{-2} \times \cos 0^\circ = 0,04 \text{ ويبر}$$

$$\Phi = 2 \times \pi \times 10^{-2} \times \cos 0^\circ = 0,04 \text{ ويبر}$$

قانون فارادي في الحث الكهرومغناطيسي

- قام العالم فارادي باكتشاف أنه يمكن توليد تيار كهربائي عن طريق تغيير التدفق المغناطيسي.
- الظاهرة الكهرومغناطيسية : ظاهرة توليد تيار حثي بسبب التغير في التدفق المغناطيسي عبر الملف.
- التيار الحثي : هو التيار المتولد في ملف نتيجة التغير في التدفق المغناطيسي عبره.
- ينص قانون فارادي : " متوسط القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في ملف تتناسب طردياً مع المعدل الزمني لتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقه " .

* نستنتج أنه عند تغيير التدفق المغناطيسي تتولد قوة دافعة كهربائية حثية تتناسب مع المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي ومن ثم القوة الدافعة الكهربائية الحثية تولد تياراً حثياً .

- قانون فارادي رياضياً :

$$\mathcal{E} = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

ن : عدد لفات الملف.

ق_د : متوسط القوة الدافعة الحثية.

$\Phi \Delta$: التغير في التدفق المغناطيسي.

Δt : الفترة الزمنية التي تغير فيها التدفق.

* على ماذا تدل الإشارة السالبة ؟

أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية تتولد لتقاوم التغير في التدفق المغناطيسي الذي كان سبباً في توليدها.

مثال (١) : غُمرَ ملف عدد لفاته (٥٠٠٠ لفة) في مجال مغناطيسي منتظم فكان التدفق عبره (٠,٦ وبيير) احسب :

- (١) القوة الدافعة الكهربائية الحثية عندما ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي المؤثر فيه خلال (٠,٢ ثانية).
- (٢) القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة إذا تلاشى المجال المغناطيسي خلال (٠,١ ثانية).
- (٣) المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي عندما تصبح القوة الدافعة الحثية (- ١٠٠٠ فولت).

الحل :

(١) بالبداية كانت الخطوط تخترق الملف خارجةً منه فكان

($\Phi_1 = ٠,٦$ وبيير) وعند انعكاس المجال أصبحت الخطوط

تخترقه داخلةً فيه أي ($\Phi_2 = -٠,٦$ وبيير) ، أي متجه المساحة بعكس اتجاه المجال المغناطيسي (جتا $180^\circ = -١$).

$$\Phi_1 - \Phi_2 = \Delta \Phi$$

$$٠,٦ - (-٠,٦) = ١,٢ \text{ وبيير}$$

$$\mathcal{E} = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{١,٢ \times ٥٠٠٠}{٠,٢}$$

$$\mathcal{E} = ٣٠٠٠٠ \text{ فولت}$$

$$(٢) \Delta \Phi = ٠ \text{ صفر} = ٠,٦ - ٠,٦ \text{ وبيير}$$

$$\mathcal{E} = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{٠,٦ \times ٥٠٠٠}{٠,١}$$

$$\mathcal{E} = ٣٠٠٠٠ \text{ فولت}$$

$$(٣) \mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{١٠٠٠}{٥٠٠٠}$$

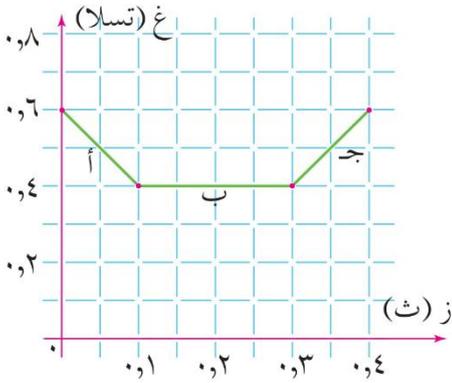
$$٠,٢ \text{ وبيير/ث} = \frac{١٠٠٠}{٥٠٠٠}$$

مثال (٢) : عند تحريك مغناطيس داخل ملف يتغير المجال الذي يخترق الملف بالنسبة إلى الزمن وفق الشكل ، إذا علمت أن عدد لفات الملف (٢٠٠٠ لفة) ومساحة مقطع اللفة الواحدة (٨٠ سم^٢) واتجاه المجال يوازي متجه المساحة ، أجب :

(١) احسب مقدار التغير في التدفق المغناطيسي عبر الملف في الفترات (أ ، ب ، ج) .

(٢) احسب متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية في الفترات (أ ، ب ، ج) .

(٣) مثل بيانياً العلاقة ما بين متوسط القوة الدافعة الحثية والزمن في كل من الفترات الزمنية (أ ، ب ، ج) .

الحل :

(١) ** الفترة (أ) .

$$\Phi_1 - \Phi_2 = \Delta\Phi$$

$$= \Phi_1 - \Phi_2 = P \times B_1 \cos\theta - P \times B_2 \cos\theta$$

$$= P \cos\theta (B_1 - B_2)$$

$$= (1 \times 10^{-4} \times 80) \times (0.6 - 0.4) = \Delta\Phi \text{ ويبر.}$$

** الفترة (ب) .

لا يوجد تغير في المجال المغناطيسي لذا فإن ($\Delta\Phi = 0$) ومنها ($\Delta\Phi = 0$ صفر) .

** الفترة (ج) .

$$\Phi_1 - \Phi_2 = \Delta\Phi$$

$$= \Phi_1 - \Phi_2 = P \times B_1 \cos\theta - P \times B_2 \cos\theta$$

$$= P \cos\theta (B_1 - B_2)$$

$$= (1 \times 10^{-4} \times 80) \times (0.4 - 0.6) = \Delta\Phi \text{ ويبر}$$

(٢) الفترة (أ)

$$Q_1 = \int \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \times 2000 dt = \frac{10^{-4} \times 80 \times (0.6 - 0.4)}{0.1} \times 2000 = 32 \text{ فولت}$$

$$Q_1 = 32 \text{ فولت}$$

الفترة (ب)

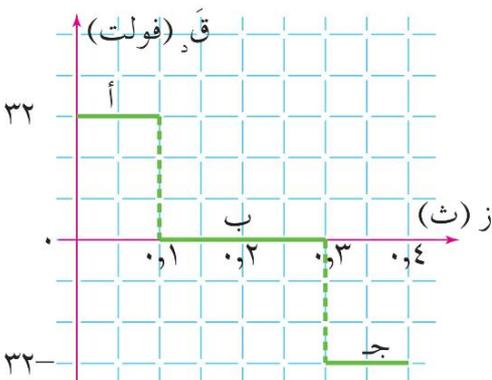
$$Q_2 = \int \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \times 2000 dt = \frac{0}{0.2} \times 2000 = 0$$

$$Q_2 = 0$$

الفترة (ج)

$$Q_3 = \int \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \times 2000 dt = \frac{10^{-4} \times 80 \times (0.6 - 0.4)}{0.1} \times 2000 = 32 \text{ فولت}$$

$$Q_3 = 32 \text{ فولت}$$



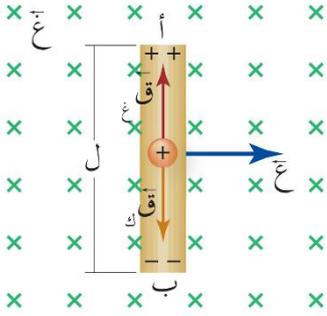
**** ملاحظة مهمة :** عندما يكون التدفق المغناطيسي موجباً تكون القوة الدافعة الكهربائية الحثية سالبة ، وإذا كان التدفق المغناطيسي سالباً تكون القوة الدافعة الكهربائية الحثية موجبة .

الفرع العلمي فقط .

الفرع العلمي فقط .

**القوة الدافعة الكهربائية الحثية
المتولدة في موصل مستقيم يتحرك
في مجال مغناطيسي منتظم**

– تتولد القوة الدافعة الحثية في موصل مستقيم مغمور في مجال مغناطيسي عندما ::



ينغمر موصل في مجال مغناطيسي (غ) ويُسحب بسرعة ثابتة (ع) بتأثير قوة خارجية فإن الشحنات الموجبة الموجودة في الموصل تتأثر بقوة مغناطيسية (ق غ) اتجاهها عمودي على (ع) و (غ) ، مما يجعل الشحنات تتحرك داخل الموصل من (ب) إلى (أ) حسب قاعدة اليد اليمنى ، فتتراكم الشحنات الموجبة عند الطرف (أ) والشحنات السالبة عند الطرف (ب) ، وتبعاً لذلك ينشأ مجال كهربائي داخل الموصل فيؤثر في الشحنات الموجبة بقوة كهربائية نحو محور الصادات السالب ، وباستمرار حركة الموصل يستمر تراكم الشحنات على طرفي الموصل ، مما يزيد من المجال الكهربائي وهذا يزيد من القوة الكهربية وهكذا حتى تتساوى القوة الكهربائية مع القوة المغناطيسية ونتيجة لهذا يتولد فرق جهد بين طرفي الموصل وتنشأ قوة دافعة حثية.

– تبذل القوة المغناطيسية شغلاً على الشحنات :

$$\text{ش} = \text{ق} \cdot \text{ف} \quad \text{الإزاحة هي طول الموصل (ل)}$$

$$\text{ش} = \text{ق} \cdot \text{ع} \cdot \text{ل} \quad \text{ش} = \text{ش} \cdot \text{ع} \cdot \text{ل} \quad \text{بتعويض الشغل} \quad \text{ق} \cdot \text{د} = \frac{\text{ش}}{\text{ش}}$$

$$\text{ق} \cdot \text{د} = \text{ل} \cdot \text{ع} \cdot \text{غ}$$

* إذا كان الموصل (ل) جزءاً من مسر مغلق وموصول بمقاومة (م) ، فإن القوة الدافعة الكهربائية الحثية تُصبح مصدرًا للطاقة الكهربائية ويمكن حساب التيار الحثي من العلاقة الرياضية :

$$\text{ت} = \frac{\text{ل} \cdot \text{ع} \cdot \text{غ}}{\text{م}}$$

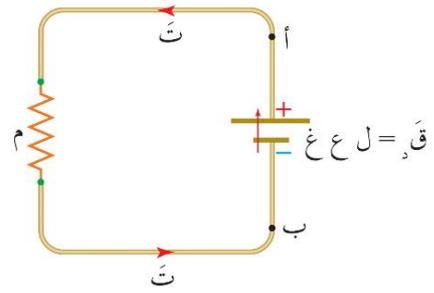
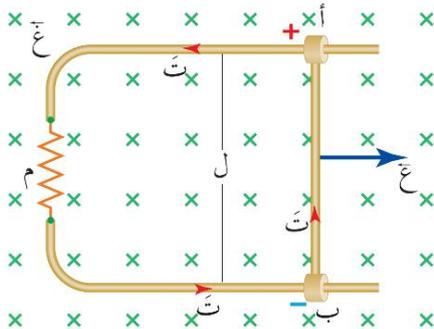
أو من العلاقة :

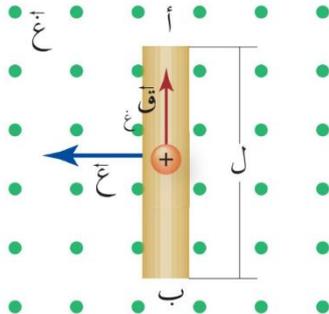
$$\text{ت} = \frac{\text{ق} \cdot \text{د}}{\text{م}}$$

– ولتحديد اتجاه التيار الحثي نقوم بتطبيق قاعدة اليد اليمنى للموصل ، الإبهام مع السرعة والمجال مع الأصابع فتكون اتجاه القوة المغناطيسية نحو الصادات الموجب ، فسيكون الطرف قطباً (أ) موجباً لأنه يكتسب شحنة موجبة ، والطرف (ب) قطباً سالباً لأنه يكتسب شحنة سالبة ، فيخرج التيار من القطب الموجب إلى السالب أي بعكس عقارب الساعة.

** يكون القطب الموجب باتجاه القوة المغناطيسية ومنه يخرج التيار الحثي (باختصار) .

** تتوقف حركة الشحنات بعد مرور فترة من الزمن ؛ بسبب الاتزان ما بين القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية.





مثال (١) : يمثل الشكل موصلًا مستقيمًا طوله (٤٠ سم) ، ويتعامد طوله مع مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٢ تسلا) ، إذا تحرك الموصل بسرعة ثابتة مقدارها (٨٠ سم/ث) عموديًا على طوله وعلى المجال المغناطيسي ، **أجب :**

(١) احسب متوسط القوة الدافعة الحثية المتولدة في الموصل.

(٢) احسب التيار الكهربائي الحثي المار ف الموصل إذا كان جزءًا من دائرة كهربائية مقاومتها (٠,٨ أوم) وحدد اتجاهه.

الحل :

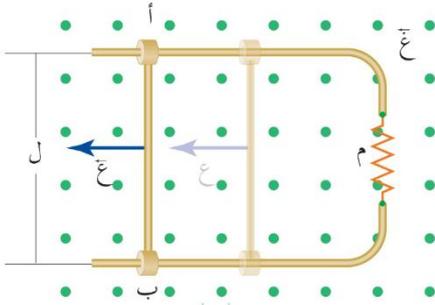
$$(١) \quad Q = l v B$$

$$Q = 2 \times 0,8 \times 0,4 = 0,64 \text{ فولت}$$

$$(٢) \quad I = \frac{Q}{R}$$

$$I = \frac{0,64}{0,8} = 0,8 \text{ أمبير}$$

للفرع العلمي فقط.



مثال (٢) : سلك مستقيم طوله (١٥ سم) ومقاومته (٣ أوم) يتحرك بسرعة مقدارها (٤ م/ث) عموديًا على مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٢ تسلا) ، **احسب :**

(١) القوة الدافعة الحثية المتولدة في السلك.

(٢) التيار الحثي في السلك.

(٣) القدرة المستهلكة فيه.

الحل :

$$(١) \quad Q = l v B$$

$$Q = 15 \times 10 \times 2 = 300 \text{ فولت}$$

$$(٢) \quad I = \frac{Q}{R}$$

$$I = \frac{300}{3} = 100 \text{ أمبير}$$

$$(٣) \quad \text{القدرة} = I^2 R = 100^2 \times 3 = 30000 \text{ واط}$$

تمرين : ملف مستطيل أبعاده (١٠ ، ٢٠ سم) ويتكون من (١٠٠ لفة) ومقاومته (٢ أوم) وُضع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٥ تسلا) وبحيث يتعامد مع مستواه ، فإذا انعدم المجال المغناطيسي خلال (٠,٨ ثانية) ، **احسب :**

(١) القوة الدافعة الكهربية الحثية.

(٢) التيار الحثي المتولد في الملف.

للفرع العلمي فقط.

قانون لنز

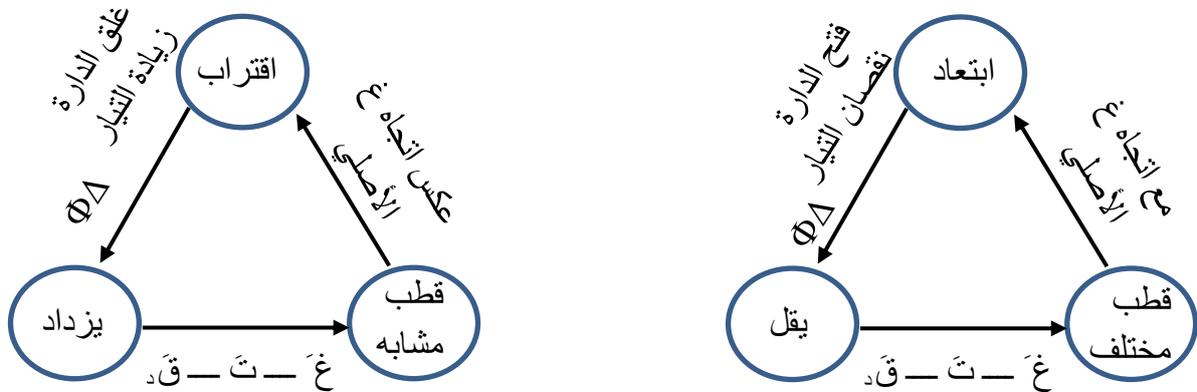
– تكمن أهمية قانون لنز في تحديد اتجاه التيار الحثي وأيضًا أقطاب المغناط. ينص قانون لنز : " اتجاه التيار الحثي في ملف يكون بحيث ينتج منه مجال مغناطيسي حثي يقاوم التغير في التدفق المغناطيسي المسبب له ."

– لتحديد اتجاه التيار الحثي نستخدم قاعدة قبضة اليد اليمنى بحيث تشير الأصابع لاتجاه التيار الحثي والإبهام للقطب الشمالي. **** لاحظنا أنه عندما يكون التدفق المغناطيسي سالبًا تكون القوة الدافعة الكهربائية الحثية موجبة ، تولد تيارًا حثيًا ينشأ عنه مجالًا مغناطيسيًا حثيًا بنفس اتجاه المجال المغناطيسي الأصلي يعمل على زيادة التدفق المغناطيسي.**

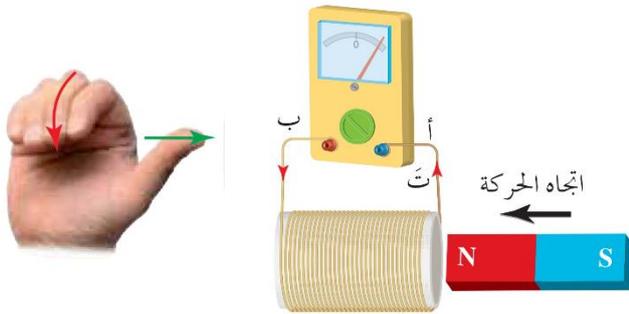
**** ولاحظنا أنه عندما يكون التدفق المغناطيسي موجبًا تكون القوة الدافعة الكهربائية الحثية سالبة ، تولد تيارًا حثيًا ينشأ عنه مجالًا مغناطيسيًا حثيًا بعكس اتجاه المجال المغناطيسي الأصلي يعمل على نقصان التدفق المغناطيسي.**

– أثناء اقتراب القطب الجنوبي للمغناطيس من الملف يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقه ، فتنشأ قوة دافعة كهربائية حثية تولد تيارًا حثيًا في الملف وهذا التيار يولد مجالًا مغناطيسيًا حثيًا اتجاهه معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي الأصلي مما يجعل الطرف القريب من الملف قطبًا جنوبيًا ، فتتولد قوة تنافر تقاوم اقتراب المغناطيس منه.

– أثناء ابتعاد القطب الجنوبي للمغناطيس من الملف يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقه ، فتنشأ قوة دافعة كهربائية حثية تولد تيارًا حثيًا في الملف وهذا التيار يولد مجالًا مغناطيسيًا حثيًا اتجاهه مع اتجاه المجال المغناطيسي الأصلي مما يجعل الطرف القريب من الملف قطبًا شماليًا ، فتتولد قوة تجاذب تقاوم ابتعاد المغناطيس منه.

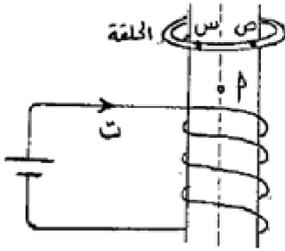


مثال (١) : حدد اتجاه التيار الحثي المتولد في لفات الملف نتيجة حركة المغناطيس كما في الشكل. الحل :



عند اقتراب المغناطيس يزداد التدفق المغناطيسي ويؤدي لنشوء قوة دافعة كهربائية حثية وتولد تيارًا كهربائيًا حثيًا مما يولد مجال مغناطيسي حثي معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي الأصلي مما يجعل القطب القريب من الملف قطبًا شماليًا ، وبتطبيق قاعدة قبضة اليد اليمنى بحيث الإبهام مع المجال أي نحو القطب الشمالي ويكون اتجاه التيار الحثي مع الأصابع كما في الشكل أي من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) عبر الغلفانوميتر.

مثال (٢) : أُسْقِطَ حلقة فلزية وهي في وضع أفقي باتجاه محور ملف لولبي كما في الشكل :



(١) ما القطب المغناطيسي الذي يمثل الرمز (أ) ؟

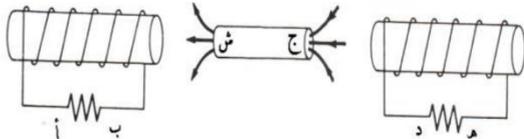
(٢) كيف يتغير التدفق المغناطيسي المتولد في الحلقة عبر الجزء القريب من الناظر س ص ؟

الحل :

(١) شمالي.

(٢) **يزداد التدفق المغناطيسي** فتنشأ قوة دافعة حثية بدورها تُنشئ تيارًا حثيًا يولد مجالًا حثيًا يقاوم الزيادة في التدفق فيكون قطب شمالي قريب أو بالتالي فإن اتجاه التيار الحثي مع عقارب الساعة أي من (ص) إلى (س).

مثال (٣) : عند تحريك المغناطيس ينشأ قوة دافعة كهربائية حثية في كل من الملفين ، حدد اتجاه التيار الحثي في كل من



الملفين إذا تحرك المغناطيس نحو اليمين ، مفسرًا إجابتك.

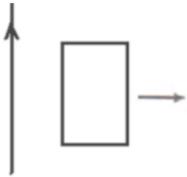
الحل :

الملف الأيمن ، يقترب المغناطيس فيزداد التدفق المغناطيسي ويولد قوة

دافعة حثية مولدة تيارًا حثيًا ينتج منه مجالًا حثيًا يقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي فيكون **الطرف القريب من المغناطيس مشابه له فيكون قطب جنوبي** وحسب قاعدة اليد اليمنى يتم تحديد اتجاه التيار الحثي فيكون عكس عقارب الساعة.

الملف الأيسر ، يبتعد المغناطيس فيقل التدفق فتنشأ قوة دافعة حثية تولد تيارًا حثيًا وينتج مجالًا حثيًا مع اتجاه المجال الأصلي لمقاومة النقصان في التدفق فيكون القطب القريب من المغناطيس مختلف عنه فيكون قطب جنوبي وحسب قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه التيار الحثي مع عقارب الساعة.

مثال (٤) : في الشكل إذا سُحِبَت الحلقة لليمين بسرعة ثابتة بعيدًا عن السلك الذي يحمل تيارًا ثابتًا



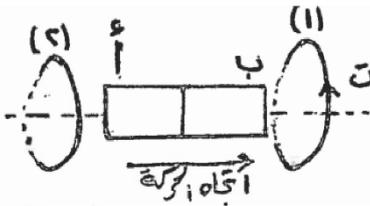
حدد اتجاه التيار الحثي المتولد في الحلقة ؟

الحل :

يكون اتجاه التيار الحثي مع عقارب الساعة.

مثال (٥) : يُبين الشكل مغناطيس (أ ب) يتحرك نحو اليمين بين حلقين فلزيين (١) و (٢) متوازيين وعلى الخط

الواصل بين مركزيهما ، اعتمادًا على اتجاه التيار الحثي في الحلقة (١) ، **أجب** عما يأتي :



(١) حدد أقطاب المغناطيس.

(٢) حدد اتجاه التيار الحثي في الحلقة (٢) بالنسبة لاتجاه التيار الحثي في الحلقة (١)

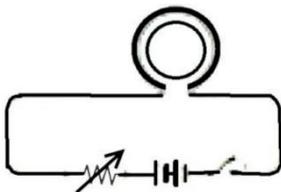
مع التفسير.

الحل :

(١) أ قطب جنوبي ، ب قطب شمالي.

(٢) بعكس اتجاه التيار في الحلقة (١) أي للأسفل ، عند ابتعاد المغناطيس يقل التدفق فتنشأ قوة دافعة حثية تولد تيارًا حثيًا يبتعد عن المجال الأصلي فبتطبيق قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه التيار الحثي للأسفل.

مثال (٦) : **حدد** اتجاه التيار الحثي للحلقة الأصغر مع التفسير عند :



(١) إغلاق الدارة الكهربائية ؟ **يزداد** التدفق المغناطيسي فتنشأ قوة دافعة حثية تولد مجال حثي

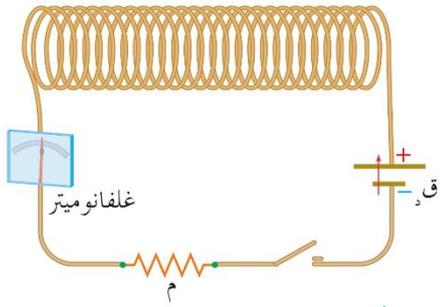
يقاوم الزيادة في التدفق نحو الخارج ويتولد تيار حثي **عكس عقارب الساعة**.

(٢) زيادة المقاومة المتغيرة ؟ **يقل** التدفق المغناطيسي فتنشأ قوة دافعة حثية تولد مجال حثي يقاوم

النقصان في التدفق نحو الداخل ويتولد تيار حثي **مع عقارب الساعة**.

(٣) عكس قطبية البطارية وإغلاق الدارة ؟ **يزداد** التدفق ويتولد تيار حثي **عكس عقارب الساعة**.

الحث الذاتي



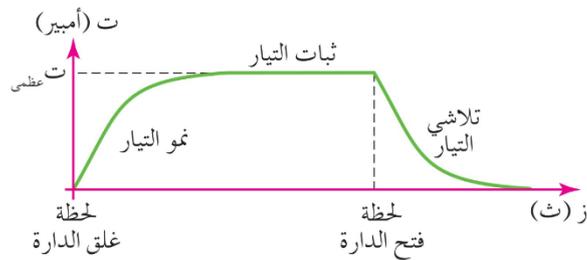
- ظاهرة الحث الذاتي : تولد قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في ملف بسبب التغير في التدفق المغناطيسي من الملف ذاته.

- في الشكل دارة تحتوي على ملف لولبي وبطارية وغلفانوميتر ، عند إغلاق الدارة يُلاحظ من حركة مؤشر الغلفانوميتر أن التيار الكهربائي لا يصل لحظيًا إلى قيمته العظمى ، ويعود ذلك بسبب ظاهرة الحث الذاتي.

* كيف تحدث ظاهرة الحث الذاتي ؟ ((سبب عدم وصول التيار لقيمه العظمى مباشرة))

- عند إغلاق الدارة يمر التيار في الملف اللولبي ينشأ مجالاً مغناطيسياً ، يزيد من التدفق المغناطيسي فتنشأ قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في الملف حسب قانون لنز تقاوم الزيادة في التيار وتسمى قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية عكسية.

- عند فتح الدارة يتلاشى التيار في الملف اللولبي فيقل المجال المغناطيسي فيه ، فيقل التدفق المغناطيسي فتنشأ قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في الملف حسب قانون لنز تقاوم النقصان في التيار ، وتسمى قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية طردية.



- يُسمى الملف اللولبي في هذه الحالة محث.

- يمكن تمثيل العلاقة ما بين التيار المار في المحث والزمن بيانياً.

- التغير في التدفق المغناطيسي الناشئ في المحث يتناسب طردياً مع التغير في التيار الكهربائي المسبب له ، أي أن :

$$\Delta \Phi \propto \Delta I$$

$$\Delta \Phi = \text{ثابت} \times \Delta I$$

$$\Delta \Phi = H \times \Delta I$$

يسمى الثابت في الطرف الأيسر محاثة المحث ويرمز له بالرمز (ح) :

وبقسمة الطرفين على (ΔI) الفترة الزمنية التي حصل فيها التغير في التدفق :

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta I} = H \times \frac{\Delta I}{\Delta I}$$

$$\text{ولعدد (ن) من لفات المحث : } \frac{\Delta \Phi}{\Delta I} = H \times N$$

يمثل الطرف الأيمن سالب القوة الدافعة الكهربائية الحثية من قانون فارادي فينتج :

تعمل محاثة المحث
على تلاشي أو نمو
التيار تدريجياً.

تفسير الإشارة السالبة (حسب قانون لنز)
متوسط القوة الدافعة الحثية الذاتية يقاوم
التغير في التدفق المغناطيسي المسبب له.

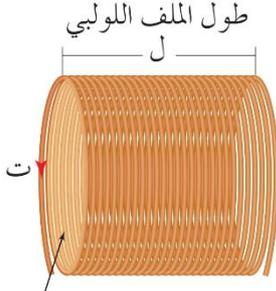
$\Delta I / \Delta t$: المعدل الزمني للتغير
في التيار الكهربائي المار في المحث.

$$Q = - H \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

- محاثة المحث (معامل الحث الذاتي) : نسبة متوسط القوة الدافعة الحثية الذاتية المتولدة فيه إلى المعدل الزمني للتغير في التيار الكهربائي المار في المحث.

- تقاس محاثة المحث بوحدة (فولت . ث / أمبير) وتسمى هنري.

* هنري : محاثة محث تتولد بين طرفيه قوة دافعة حثية ذاتية مقدارها (١) فولت عندما يكون المعدل الزمني لتغير التيار المار فيه (١) أمبير/ث .



مساحة مقطع اللفة (P)

- عندما يتصل المحث في دارة كهربائية يتغير التيار المار فيه من (٠) إلى (ت) فيتغير التدفق المغناطيسي من (٠) إلى (Ø) في نفس الفترة الزمنية أي أن :

$$\Delta \Phi \times N = \Delta I \times C$$

ولأن (ت = ٠ ، Ø = ٠) فإن :

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta I} = C \Leftrightarrow \Delta \Phi \times N = \Delta I \times C$$

ونعبر عن التدفق المغناطيسي عبر المحث بالعلاقة : $\Phi = \mu \frac{N \times I}{L}$ والمجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي بالعلاقة :

$$\Phi = \mu \frac{N \times I}{L}$$

ويكون التدفق المغناطيسي :

$$\Phi = \mu \frac{N \times I}{L}$$

فتكون محاثة المحث :

$$C = \frac{\mu N^2}{L}$$

الإثبات مطلوب

مثال (١) : محث محاثته (٤ هنري) وعدد لفاته (٢٠٠ لفة) ، أغلقت دارته فاستغرق التيار زمناً مقداره (٠,٠٤ ث) للوصول لقيمه العظمى ، وخلال هذه الفترة تولدت قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية عكسية مقدارها (٢ فولت) ، احسب :

(١) القيمة العظمى للتيار الذي يمر فيه .

(٢) المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي خلال تلك المدة .

الحل :

$$(١) \text{ قَد عكسية} = -C \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$-2 = -0,4 \times \frac{\Delta I}{0,04}$$

$$\Delta I = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ أمبير}$$

$$\Delta \Phi = \Delta I \times C$$

$$0,2 = \Delta I \times C \Rightarrow \Delta I = 0,2 \text{ أمبير}$$

$$(٢) \text{ قَد} = -C \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{C \times \text{قَد}}{C}$$

$$0,01 \text{ ويبر/ث} = -\frac{2}{200} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\text{قَد عكسية} = -\text{قَد}$$

$$\text{قَد طردية} = +\text{قَد}$$

مثال (٢) : ملف عدد لفاته (٢٠٠ لفة) مقدار التدفق المغناطيسي الذي يخترقه (٠,٠٤ وبيير) ، **احسب** التيار المار في الملف إذا علمت أن محاثة المحث (٠,٨ هنري) .

الحل :

$$ح = \frac{\Phi ن}{ت} \leftarrow ت = \frac{\Phi ن}{ح} \leftarrow ت = \frac{٠,٠٤ \times ٢٠٠}{٠,٨} = ت = ١٠ \text{ أمبير}$$

مثال (٣) : ملف لولبي عدد لفاته (١٠٠٠ لفة) طوله ($\pi ٢$ سم) ومساحة مقطعه العرضي ($٤ \text{ سم}^٢$) **احسب** محاثة المحث .

الحل :

$$ح = \frac{\mu ن^٢ أ^٢}{ل} \leftarrow ح = \frac{٤^{-١} \times ٤ \times ٦١٠ \times ٧^{-١} \times \pi ٤}{٢^{-١} \times \pi ٢}$$

$$ح = ٨ \times ١٠^{-٣} \text{ هنري}$$

مثال (٤) : ملف لولبي يتكون من (٣١٠ لفة) وطوله ($٢^{-١} \times \pi ٤$ م) **احسب** القوة الدافعة الحثية المتولدة في الملف إذا تغير التيار بمعدل (٥٠ أمبير/ث) ، إذا علمت أم مساحة مقطعه ($٢^{-١} \times ٤ \text{ م}^٢$) .

الحل :

$$ح = \frac{\mu ن^٢ أ^٢}{ل} \leftarrow ح = \frac{٢^{-١} \times ٤ \times ١٠٠٠ \times ٧^{-١} \times \pi ٤}{٢^{-١} \times \pi ٤}$$

$$ح = ٠,٤ \text{ هنري}$$

$$ق د = - ح \frac{\Delta ت}{\Delta ز} \leftarrow ق د = - ٥٠ \times ٠,٤ = - ٢٠ \text{ فولت}$$

تمرين : ملف لولبي عدد لفاته (٢٠٠ لفة) طوله ($\pi ٢ \times ١٠^{-٢}$ م) ومساحة مقطعه ($٤ \times ١٠^{-٢} \text{ م}^٢$) ، يمر به تيار كهربائي مقداره (٠,٢ أمبير) فإذا تلاشى التيار خلال زمن (٠,١ ثانية) ، **احسب :**

(١) محاثة المحث .

(٢) القوة الدافعة الحثية في الملف .

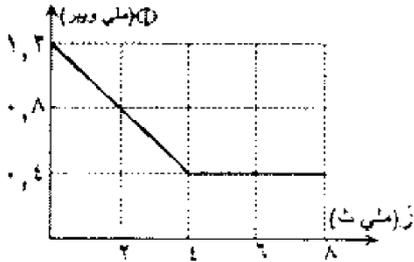
(٣) معدل التغير في التدفق المغناطيسي .



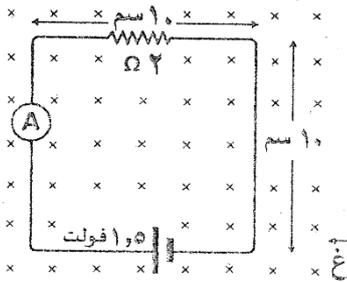
{ أسئلة عامة على فصل الكهرومغناطيسي }

س١ : ملف يتكون من (١٠٠٠ لفة) ، ومساحة سطحه ($١ \times ١٠^{-٢} \text{ م}^٢$) يخترقه مجال مغناطيسي منتظم (٠,٦ تسلا) اتجاهه مع اتجاه متجه المساحة . **احسب** القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف إذا عكس اتجاه المجال المغناطيسي خلال (١,٢ ثانية) .

س٢ : محث عدد لفاته (٢٠٠ لفة) يمر فيه تيار مقداره (٢ أمبير) فيتولد مجال مغناطيسي تدفقه ($٢,٥ \times ١٠^{-٤}$ ويبر) (١) **احسب** القوة الدافعة الحثية في المحث إذا انعدم مرور التيار الكهربائي خلال (٠,٢ ثانية) .
(٢) **احسب** معامل الحث الذاتي .



س٣ : يمثل الرسم المجاور التغير في التدفق المغناطيسي بالنسبة إلى الزمن عبر ملف عدد لفاته (١٠٠ لفة) ومساحة اللفة ($٣ \times ١٠^{-٢} \text{ م}^٢$) ومقاومته (٥ أوم) إذا كان متجه المساحة للملف موازياً لاتجاه المجال المغناطيسي المسبب للتدفق **احسب** :
(١) أكبر قيمة للمجال المغناطيسي .
(٢) التيار الحثي المتولد في الملف .

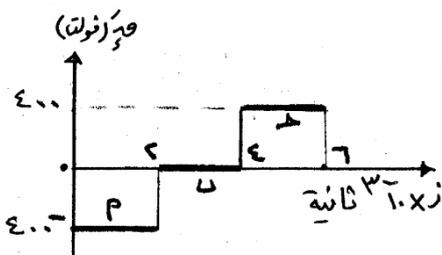


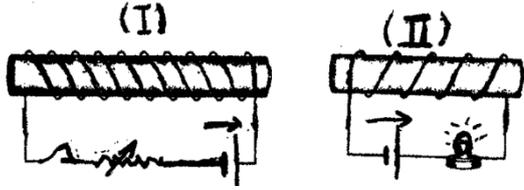
س٤ : يبين الشكل المجاور دائرة كهربائية بسيطة مغمورة كلياً في مجال مغناطيسي منتظم (غ) ، إذا تناقص المجال المغناطيسي بمعدل (٢٠٠ تسلا/ث) ، ومعتمداً على الشكل ، **احسب** قراءة الأميتر .

س٥ : محث محاثته (٥ هنري) وعدد لفاته (٤٠٠ لفة) ، أغلقت دارته وبعد (٠,٠٢ ث) وصل التيار إلى قيمته العظمى وكان المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي عبر المحث (٠,٠٨ ويبر/ث) ، **احسب** التغير في التيار الكهربائي في هذه المدة الزمنية .

س٦ : ملف لولبي طوله ($٢ \times \pi \times ١٠^{-٢} \text{ م}$) ، ومساحة مقطعه العرضي ($٢ \times ١٠^{-٣} \text{ م}^٢$) ، ومحاثته (٤ هنري) مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٤ تسلا) باتجاه عمودي على مستواه ، فإذا تلاشى المجال المغناطيسي خلال زمن (٠,١ ثانية) ، **احسب** : (١) عدد لفات الملف . (٢) القوة الدافعة الحثية أثناء تلاشي المجال . (٣) معدل نمو التيار الكهربائي في الملف خلال فترة تلاشي التيار .

س٧ : يُمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين القوة الدافعة الحثية والزمن لملف دائري عدد لفاته (٢١٠ لفة) مستواه يتغير باستمرار من وضع يكون فيه موازٍ لخطوط المجال المغناطيسي إلى وضع يكون مستواه عمودي على خطوط المجال المغناطيسي ، بناءً على الشكل ، **احسب** :
(١) التغير في التدفق المغناطيسي في كل فترة .
(٢) ارسم خطأً بيانياً يوضح العلاقة بين التغير في التدفق المغناطيسي والزمن .

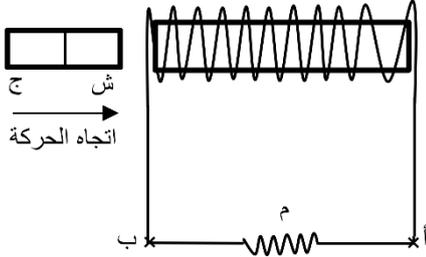




س٨ : وضح مع التعليل ما يحدث لإضاءة المصباح في الدارة (II) وذلك عند انقاص المقاومة المتغيرة في الدارة (I) وهي مغلقة.

س٩ : عند تقريب المغناطيس من ملف كما في الشكل ، حدد كل من :
(١) أقطاب الملف.

(٢) اتجاه التيار الحثي في المقاومة (م) مفسراً سبب تولد التيار الحثي.



س١٠ : يؤثر مجال مغناطيسي منتظم عمودياً على مستوى ملف مربع الشكل

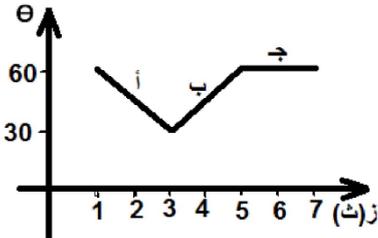
طول ضلعه (٦ سم) وعدد لفاته (٤٠٠ لفة) فإذا كانت القوة الدافعة الكهربائية المتوسطة المتولدة في الملف عندما يدور إلى وضع يكون به مستواه موازياً لخطوط المجال خلال (٠,٠٢ ثانية) تساوي (٣٦ فولت) ، احسب مقدار المجال المغناطيسي المنتظم.

س١١ : يمثل الشكل علاقة تغير الزاوية المحصورة بين مستوى الملف والمجال عبره مع الزمن وعدد لفاته (١٠٠ لفة)

ومساحة مقطعه (٢ سم^٢) مغمور في مجال مغناطيسي مقداره (٤ تسلا) ، أجب :

(١) احسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية في كل من الفترات.

(٢) ارسم خطاً بيانياً يوضح العلاقة بين القوة الدافعة الحثية والزمن.



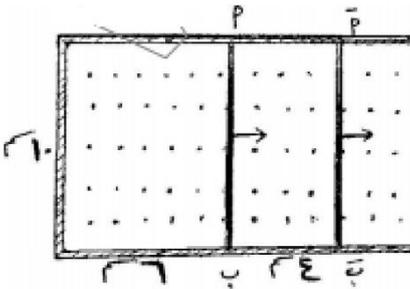
س١٢ : انزلق السلك (أ ب) إلى الوضع (أ ب) بسرعة ثابتة كما في الشكل خلال

(٠,١ ثانية) في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٢ تسلا) ، احسب :

(١) التغير في التدفق المغناطيسي عبر الحلقة المكونة من السلك والمجرى.

(٢) القوة الدافعة الحثية المتولدة في السلك خلال حركته.

(٣) اتجاه التيار الحثي المتولد في السلك أثناء حركته.

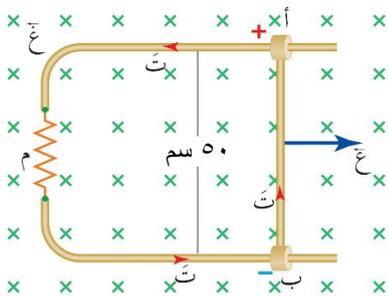


س١٣ : أثبت أن التدفق المغناطيسي في الملف اللولبي يعطى بالعلاقة :

$$\Phi_{\text{لولبي}} = \mu_0 n^2 \pi r^2 I$$

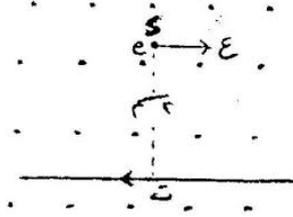
حيث : م : محيط الدائرة.

س١٤ : موصل مغمور في مجال مغناطيسي منتظم (٠,٤ تسلا) ينزلق بسرعة مقدارها (٢ م/ث) ، احسب مقدار المقاومة (م) إذا علمت أن القدرة الكهربائية المستهلكة لها تساوي (٤ واط) .



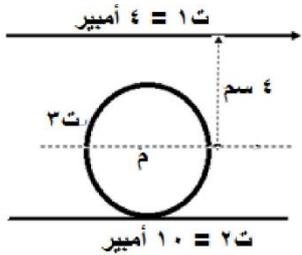
{ أسئلة عامة على وحدة المجال المغناطيسي }

س ١ : سلك مستقيم طويل جداً يمر به تيار (٤ أمبير) مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٥×١٠^{-١٠} تسلا) كما في الشكل ، **احسب :**



- (١) القوة المغناطيسية المؤثرة في جزء من السلك طوله (١ م) وحدد اتجاهها.
- (٢) القوة المغناطيسية المؤثرة على إلكترون يتحرك بسرعة (٢×١٠^{-١٠} م/ث) لحظة مرورها بالنقطة (د) باتجاه محور السينات الموجب.

س ٢ : سلكان مستقيمان متوازيان يحملان تيارين بنفس الاتجاه ، التيار الذي يحمله السلك الأول ضعفاً التيار الذي يحمله السلك الثاني والمسافة بينهما (٩ سم) ، **حدد** نقطة انعدام المجال المغناطيسي في هذه الحالة ، وعندما يُعكس اتجاه التيار الثاني.

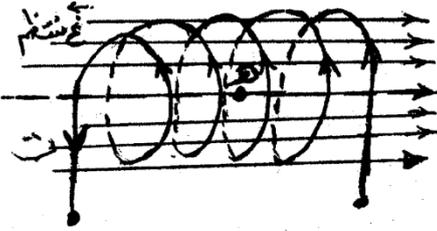


س ٣ : في الشكل المجاور إذا علمت أن المجال المغناطيسي عند مركز الملف الدائري (م) يساوي صفر ، ونصف قطره (٢ سم) **جد** مقدار واتجاه التيار الكهربائي المار في الملف الدائري إذا كان اتجاه التيار في السلك السفلي نحو اليسار.

س ٤ : ملف لولبي يحتوي (١٠٠ لفة/سم) من طوله ويحمل تياراً باتجاه عكس عقارب الساعة مقداره (٤ أمبير) **احسب :**

- (١) المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي.
- (٢) مقدار واتجاه التيار اللازم تمريره في ملف لولبي آخر عدد لفاته (٢٠ لفة) لكل (١ سم) من طوله يُحيط بالأول بإحكام ليصبح المجال المغناطيسي الداخلي الكلي يساوي صفر.

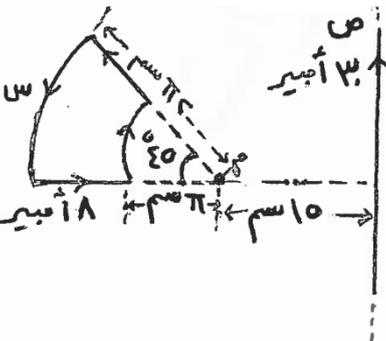
س ٥ : ملف لولبي مغمور كلياً في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٩ ملي تسلا) باتجاه يوازي محور الملف ، إذا علمت أن عدد لفات الملف (٥٠ لفة) وطوله (١٠ ، ١١ م) يمر فيه تيار (٧ أمبير) ، **احسب :**



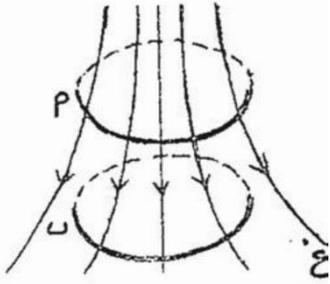
- (١) مقدار واتجاه المجال المغناطيسي المحصل في النقطة (هـ) .
- (٢) مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في إلكترون يتحرك في مستوى الورقة لحظة مروره في النقطة (هـ) بسرعة (٥×١٠^{-٦} م/ث) نحو الشمال.

س ٦ : تلاشى التيار في ملف عدد لفاته (١٠٠ لفة) من (١٥ أمبير) خلال زمن مقداره (٠ ، ١ ثانية) ، فإذا كان مقدار القوة الدافعة الحثية الطردية (٥٠ فولت) ، **احسب :**

- (١) المعدل الزمني لتغير التيار .
- (٢) محاثة المحث .
- (٣) التغير في التدفق المغناطيسي .



س ٧ : يمثل الشكل المجاور سلك مستقيم لانهاضي الطول (ص) وسلك (س) ، يحمل كل منهما تيار كهربائي معتمداً على الشكل ، **احسب** القوة المغناطيسية المؤثرة على جسيم شحنته (٤ ميكروكولوم) وسرعته (٢×١٠^{-١٠} م/ث) نحو الجنوب عند مروره بالنقطة (م) .



س٨ : ملف عدد لفاته (١٠٠ لفة) سقط مو الموضع (أ) إلى الموضع (ب) محافظاً على مستواه الأفقي كما في الشكل خلال (١,٠ ثانية) ، فكان متوسط القوة الدافعة الحثية المتولدة فيه تساوي (٠,٢ فولت) ، فإذا كان التدفق المغناطيسي عند الموضع (أ) يساوي (5×10^{-10} وبيبر) ، **احسب :**

(١) التدفق المغناطيسي عند الموضع (ب) .

(٢) فسّر سبب تولّد القوة الدافعة الكهربية الحثية في الملف .

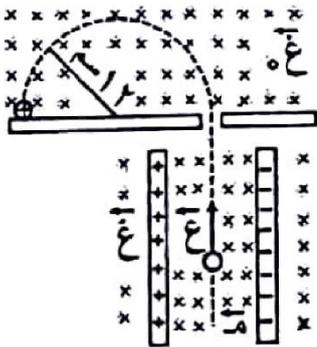


س٩ : (س ، ص) سلكتان مستقيمان لانهاثيين الطول ومتوازيان مغموران في مجال مغناطيسي منتظم (2×10^{-10} تسلا) يسري في كل منهما تار كهربائي كما في الشكل ، إذا علمت أن المجال المغناطيسي عند النقطة (أ) والناتج عن السلك (س) يساوي (2×10^{-10} تسلا) ، **احسب :**

(١) التيار الكهربائي المار في السلك (س) .

(٢) المجال المغناطيسي الكلي عند النقطة (أ) .

(٣) مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على وحدة الأطوال من السلك (ص) .



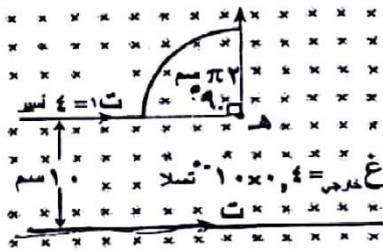
س١٠ : جسيم مشحون شحنته (٦ بيكوكولوم) ، دخل بسرعة ثابتة إلى منطقة مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين مقدار كل منهما ($m = 300$ نيوتن/كولوم) ($1,5 \times 10^{-3}$ تسلا) ثم دخل إلى منطقة مجال مغناطيسي منتظم (3 تسلا) ، **احسب :**

(١) سرعة الجسيم .
(٢) كتلة الجسيم .

س١١ : إذا علمت أن المجال المحصل عند النقطة (هـ) يساوي (1×10^{-10} تسلا) **احسب :**

(١) التيار الكهربائي (ت) المار في السلك المستقيم .

(٢) القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة كهربائية مقدارها (٦ نانوكولوم) في أثناء مرورها بالنقطة (هـ) بسرعة (300 م/ث) وباتجاه المحور الزيني السالب .



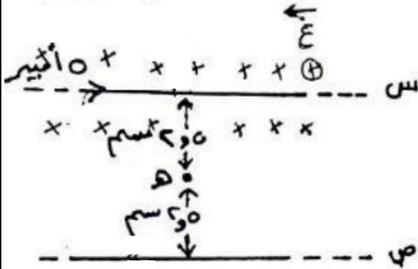
س١٢ : دخل جسيم مشحون شحنته ($3,2 \times 10^{-10}$ كولوم) وكتلته ($1,6 \times 10^{-26}$ كغ) ، بشكل عمودي على مجال مغناطيسي منتظم ($0,4$ تسلا) وبسرعة ثابتة (2×10^6 م/ث) ، **احسب :**

(١) نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الجسيم .

(٢) القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في الجسيم أثناء حركته .

(٣) إذا أُدْجِل نيوترون بالسرعة نفسها وبشكل عمودي على المجال المغناطيسي ، احسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في النيوترون .

س١٣ : ملف دائري قطره (١٢ سم) ، ويمر به تيار كهربائي (ت) يولد مجالاً مغناطيسياً عند مركزه ، أبعِدت لفاته عن بعضها بانتظام في اتجاه محوره ليصبح ملفاً لولبياً يمر فيه التيار الكهربائي نفسه ، فأصبح المجال المغناطيسي عند نقطة تقع داخل الملف اللولبي على محوره يساوي نصف مقدار المجال المغناطيسي عند مركز الملف الدائري ، **احسب** طول الملف اللولبي.



س١٤ : سلكتان فلزيان مستقيمان ومتوازيان على مستوى الصفحة ، وهناك مجال مغناطيسي منتظم خارجي (٣ × ١٠^{-١٠} تسلا) يؤثر كما في الشكل المجاور ، إذا علمت أن المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (هـ) يساوي (٦ × ١٠^{-١٠} تسلا) عمودياً نحو الداخل ، **احسب** :

(١) مقدار التيار في السلك (ص) ، وحدد اتجاهه.

(٢) القوة المغناطيسية المؤثرة على وحدة الأطوال من السلك (س).

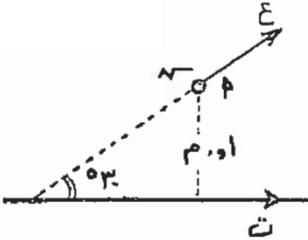
س١٥ : موصل طوله (ل) قابل للحركة على سلكين فلزيين منطبقين على مستوى الصفحة ومتصلين مع مقاومة (م) كما في الشكل المجاور ، إذا تحرك الموصل بسرعة ثابتة (ع) نحو اليمين وباتجاه متعاقد مع مجال مغناطيسي منتظم في لاتجاه الموضح في الشكل ، **أثبت** أن القوة المغناطيسية المؤثرة على الموصل أثناء حركته تعطى بالعلاقة الآتية :

$$F = l B v$$

س١٦ : سلك مستقيم يحمل تياراً مقداره (١,٥ أمبير) ، إذا تحرك جسيم مشحون بشحنة (٤ × ١٠^{-١٠} كولوم) ومهملة الكتلة بسرعة (٥ × ١٠^٤ م/ث) باتجاه يصنع زاوية (٣٠ °) مع اتجاه التيار كما في الشكل ، **احسب** :

(١) مقدار واتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (أ).

(٢) مقدار القوة التي يؤثر بها السلك في الجسيم لحظة مروره في النقطة (أ).



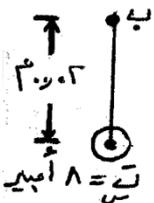
س١٧ : (س) سلك يحمل تياراً قدره (٨ أمبير) باتجاه خارج من الصفحة ومغمور كلياً في مجال مغناطيسي منتظم خارجي مقداره (١٠ × ١٠^{-١٠} تسلا) كما في الشكل ، **احسب** :

(١) القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك (س).

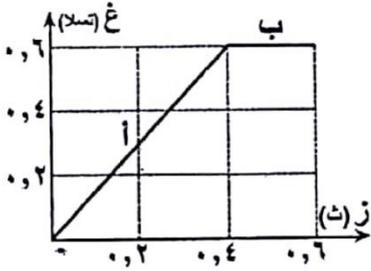
(٢) محصلة المجال المغناطيسي عند النقطة (ب).

(٣) وزن جسيم شحنته (٤ نانوكولوم) لحظة مروره من النقطة (ب) محافظاً على اتجاه حركته بسرعة (١٠ م/ث) وباتجاه عمودي على الصفحة للأعلى.

$$B = 10 \times 10^{-10} \text{ تسلا}$$

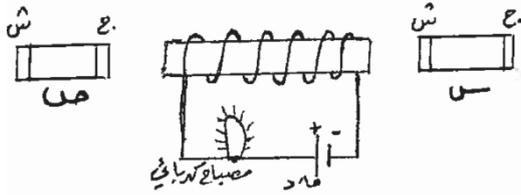


س١٨ : عند تحريك مغناطيس داخل ملف دائري يتغير المجال المغناطيسي الذي يخترق الملف بالنسبة للزمن وفق الرسم البياني إذا علمت أن عدد لفات الملف (١٠٠٠ لفة) ونصف قطر اللفة الواحدة ($\frac{1}{\pi}$ سم) ، واتجاه المجال المغناطيسي يوازي متجه المساحة ، **أجب :**



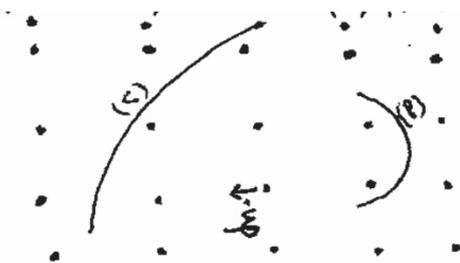
- احسب متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية في الفترتين.
- مثل بيانياً العلاقة بين متوسط القوة الدافعة الحثية مع الزمن.

س١٩ : يبين الشكل ملف لولبي موصل ببطارية ومصباح ، ويوجد على جانبيه مغناطيسين متماثلين (س ، ص). **بين** ماذا يحدث لإضاءة المصباح في الحالات الآتية :



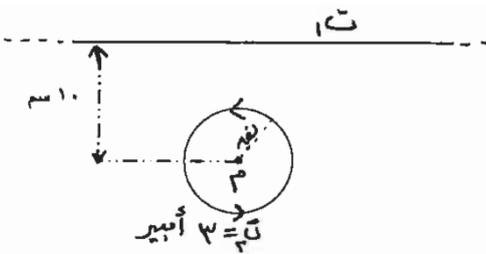
- إذا تحرك المغناطيسان بنفس اللحظة وبنفس السرعة نحو الملف.
- إذا تحرك المغناطيسان بنفس اللحظة وبنفس السرعة بعيداً عن الملف.
- إذا تحرك المغناطيسان بنفس اللحظة وبنفس السرعة بحيث (س) مقترباً و (ص) مبتعداً عن الملف.

س٢٠ : يمثل الشكل المجاور مسار جسيمان (١ ، ٢) مشحونين بشحنتين متساويتين في المقدار ولهما نفس الكتلة في مجال مغناطيسي منتظم (غ) ، فإذا علمت أن شحنة الجسيم (١) وشحنة الجسيم (٢) سالبة ، أجب عما يأتي :

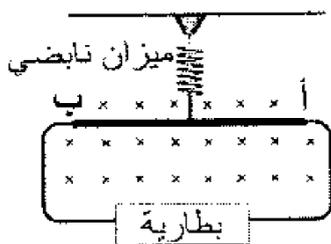


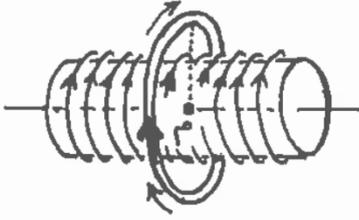
- حدّد اتجاه حركة كل من الجسيمين (مع أو عكس عقارب الساعة).
- أي الجسيمين سرعته أكبر ؟ مفسراً إجابتك.

س٢١ : يبين الشكل المجاور سلك مستقيم يمر به تيار (ت) ، ويقع أسفله وفي نفس مستوى الصفحة ملف دائري نصف قطره (2π سم) ، وعدد لفاته (٤ لفة) . فإذا علمت أن القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم شحنته (٢ ميكروكولوم) يتحرك بسرعة (3×10^6 م/ث) لحظة مروره بمركز الملف (م) نحو اليمين كانت (12×10^{-10} نيوتن) نحو الأسفل **احسب** مقدار واتجاه التيار المار في السلك (ت) .

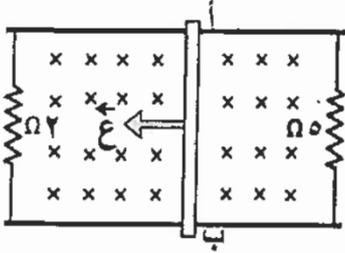


س٢٢ : (أ ب) موصل مستقيم طوله (٢٠ سم) ، ومساحة مقطعه (3×10^{-4} م^٢) ومقاومته ($4.5 \times 10^{-1} \Omega$ م) وُصِلَ في دارة مغلقة مع بطارية قوتها الدافعة الكهربائية (ق د) ، وعلّق في ميزان نابضي فكانت قراءته (٠,١ نيوتن) وعندما غُمِرَ في مجال مغناطيسي منتظم (٠,٥ تسلا) بالاتجاه الموضّح بالشكل ، أصبحت قراءة الميزان النابضي صفراً. **احسب** القوة الدافعة الكهربائية (ق د) .

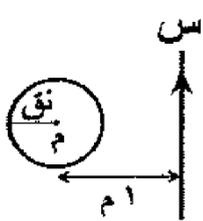




س٢٣ : ملف لولبي عدد لفاته (٢٥ لفة) لكل (١ سم) من طوله ، يمر فيه تيار كهربائي مقداره (١ أمبير) ، لف حول وسطه ملف آخر دائري مركزه (م) ينطبق على محور الملف اللولبي.. فإذا كان عدد لفات الملف الدائري (٤٠ لفة) ونصف قطره (٦,٢٨ سم) ، ويمر فيه تيار كهربائي مقداره (٢ أمبير) بنفس اتجاه التيار في الملف اللولبي كما في الشكل. **احسب** المجال المغناطيسي عند النقطة (م).

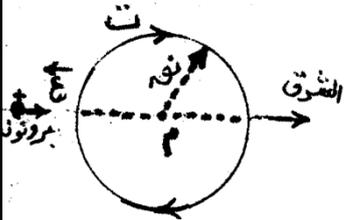


س٢٤ : أثرت قوة على موصل (أ ب) طوله (٢٠ سم) ، ينزلق على موصلين متوازيين ، فحركته بسرعة ثابتة مقدارها (٨ م/ث) باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم (٢,٥ تسلا) ، **احسب :**
(١) التيار الكهربائي الحثي المار في المقاومتين.
(٢) مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل (أ ب) واتجاهها.



س٢٥ : موصل مستقيم يمر فيه تيار مقداره (٩ أمبير) كما في الشكل ، وُضع ملف دائري مكون من لفة واحدة ، ونصف قطره (١٠π سم) ، حيث يبعد مركزه (م) عن الموصل المستقيم (م) إذا علمت أن المجال المغناطيسي المحصل عند مركز الملف الدائري يساوي صفرًا ، **احسب** مقدار التيار المار في الملف الدائري وحدد اتجاهه.

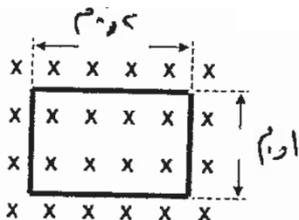
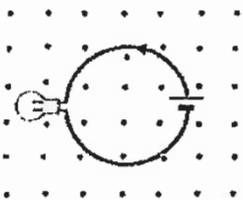
س٢٦ : بالاعتماد على الشكل ، الذي يبين ملفًا دائريًا مستواه منطبق على سطح الورقة ، ويسري فيه تيار مقداره (١٠ أمبير) ، ونصف قطره (١١×١٠^{-١٠} م) ، وعدد لفاته (٣٥٠٠ لفة) . **احسب :**
(١) المجال المغناطيسي في مركز الملف (م) مقدارًا واتجاهًا.



(٢) القوة المغناطيسية التي تؤثر على بروتون يتحرك نحو الشرق بسرعة (٥×١٠^٧ م/ث) لحظة مروره بمركز الملف مقدارًا واتجاهًا.

س٢٧ : يُؤثر مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٦ تسلا) عموديًا على مستوى ملف دائري عدد لفاته (١٠٠ لفة) ومساحته (٢٠ سم^٢) . **احسب** القوة الدافعة الحثية المتوسطة المتولدة في الملف عندما يدور الملف إلى وضع يكون فيه مستواه موازيًا للمجال في زمن مقداره (٠,٠٢ ثانية).

س٢٨ : مصباح يتصل مع حلقة دائرية مغمورة في مجال مغناطيسي ، **بين** ماذا يحدث لإضاءة المصباح عند :
(١) حركة الحلقة داخل المجال بحيث يبقى مستواها عموديًا على المجال.
(٢) أثناء خروج الحلقة من منطقة المجال.



س٢٩ : ملف مستطيل عدد لفاته (١٠٠ لفة) موضوع في مجال مغناطيسي مقداره (٠,٢ تسلا) عموديًا على مستواه كما في الشكل . **احسب** القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف عندما يدور ربع دورة بحيث يُصبح مستواه موازيًا لخطوط المجال المغناطيسي في زمن قدره (٠,٢ ثانية).

البراء في الفيزياء

σ

α

ν

λ

الفيزياء الحديثة

Φ

∞

مقدمة إلى فيزياء الكم

π

β

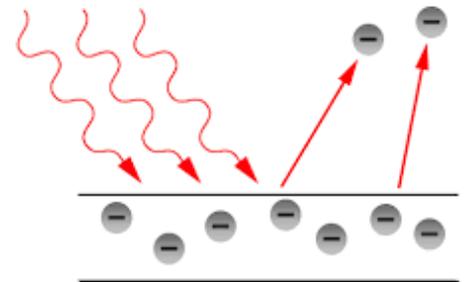
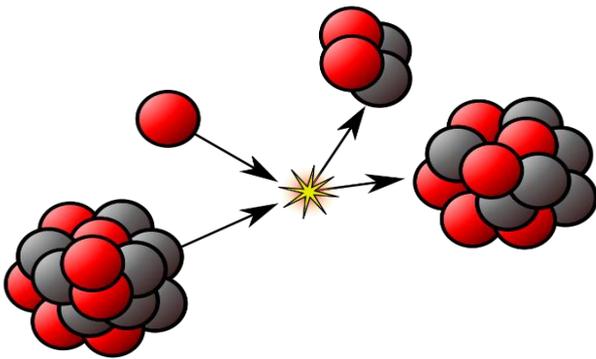
الفيزياء النووية

λ

ν

φ

Ω



Braa Jaber



Braajaber1

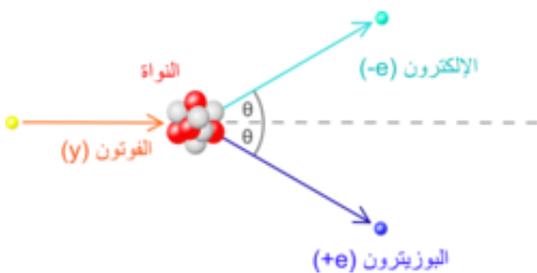
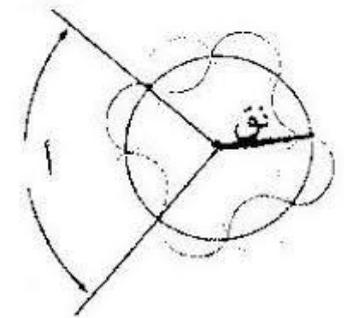


Braa_jaber1

إعداد الأستاذ :

براء جابر

٠٧٨١٤٣١٠٤١



◀ للتوقف عن السؤال أبراً.

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

الفيزياء الكلاسيكية

يصدر عن الأجسام إشعاعات كهرومغناطيسية عندما تكون درجة حرارتها فوق درجة الصفر المطلق ، حيث يعتمد هذا الإشعاع على درجة حرارة الجسم ، وطبيعة سطحه ويتألف من موجات كهرومغناطيسية على هيئة سيل متصل (مستمر) من الطاقة نتيجة اهتزازات جسيمات مشحونة داخلها ، ويمكن للجسم المهتز عند تردد معين أن يبعث مقداراً غير محدد من الطاقة أو يمتصه ، عندما يتغير اتساع اهتزازاته وفقاً للنظرية الكلاسيكية ، غير أن النظرية الكلاسيكية واجهت صعوبات في تفسير بعض الظواهر المتعلقة في الإشعاع وهي :

(أ) الظاهرة الكهروضوئية. (ب) ظاهرة كومتون.

* اقترح العلماء نموذجاً للضوء يفترض أن الضوء يمتلك طبيعة مزدوجة (موجية وجسيمية) ولا يسلك السلوكين معاً حيث :
* يتصرف الضوء كموجة : وهذا ما يسمى بالنموذج الموجي للضوء والذي استطاع تفسير ظواهر ضوئية مثل :

(أ) الانعكاس. (ب) الحيود. (ج) الانكسار.

* يتصرف الضوء كجسيم : وهذا ما يسمى بالنموذج الجسيمي للضوء والذي استطاع تفسير ظواهر جسيمية مثل :
(أ) الظاهرة الكهروضوئية. (ب) ظاهرة كومتون. (ج) استثارة الذرة.

الفيزياء الحديثة

ينص مبدأ تكمية (تكميم) الطاقة للعالم ماكس بلانك على :

" الطاقة الإشعاعية المنبعثة أو الممتصة تساوي عدداً صحيحاً من مضاعفات الكمية (ه تـ) " وتحتسب الوحدة الأساسية للطاقة من العلاقة :

ط : طاقة الكمة الواحدة.

هـ : ثابت بلانك (6.63×10^{-34} جول.ث).

تـ : تردد الإشعاع.

$$ط = هـ تـ$$

ملاحظات هامة :

(١) تمثل فرضية بلانك مبدأ تكميم الطاقة حيث أن الطاقة تكون مكممة مثلها مثل الشحنة ومن مضاعفات (ه تـ) استفاد العالم أينشتاين من مبدأ تكميم الطاقة وصاغ فرضيته التي تنص على أن " الضوء ينبعث على شكل كمات محددة منفصلة من الطاقة اسمها " (فوتونات) " حيث :

~ 1 ~

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

(ط فوتون = ه ت د)

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

(٣) هناك علاقة عكسية بين التردد والطول الموجي حيث :

$$c = \lambda \nu$$

سؤال : سخن جسم حتى توهج باللون الأحمر، إذا كان تردد الإشعاع الصادر منه يساوي (4×10^{14} هيرتز) فاحسب طاقة الكمية الواحدة لهذا الإشعاع.

الحل :

$$E = h \nu$$

$$= 6,63 \times 10^{-34} \times 4 \times 10^{14}$$

$$= 2,65 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

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

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

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

الظاهرة الكهروضوئية

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

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

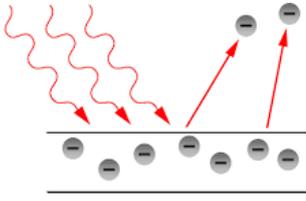
فشلت الفيزياء الكلاسيكية في تفسير هذه الظاهرة ، وقدّم أينشتاين تفسيره الذي أدى لحصوله على جائزة نوبل.

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

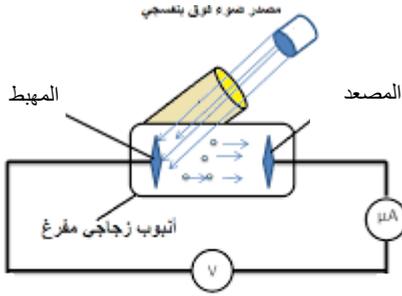
٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر



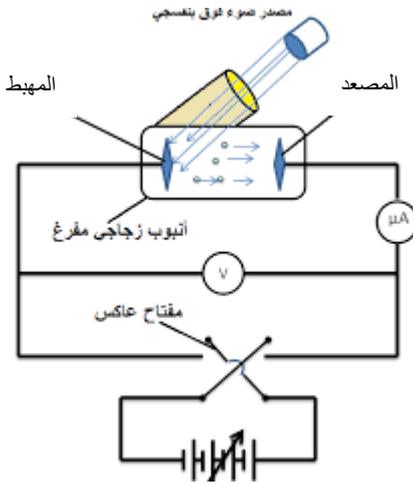
درس العالم لينارد الظاهرة الكهروضوئية تجريبياً (وهو أول دارسيها) ، واستخدم دارة تحتوي على خلية كهروضوئية تتكون من انتفاخ داخلي زجاجي مفرغ من الهواء ؛ لكي لا تعيق جزيئات الهواء حركة الإلكترونات المنبعثة ، ويوجد داخل الانتفاخ صفيحتان فلزيتان الأولى تنبعث منها الإلكترونات عند سقوط الضوء عليها تسمى **المهبط**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

وهذه الدراسة تمت على ثلاثة مراحل :



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

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



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

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

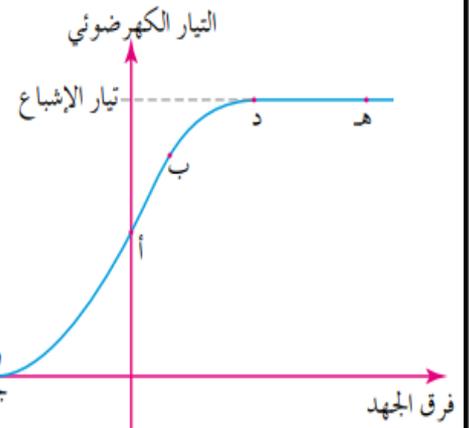
وهنا سنتعرف على مصطلح **جهد القطع** : هو أقل فرق جهد كهربائي عكسي لجعل التيار الكهروضوئي يساوي صفرًا. ويرمز له بالرمز (ج ق) ويرتبط جهد القطع مع الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بالعلاقة الرياضية :

$$(ط ح = \frac{1}{2} ك ع٢)$$

$$ط ح = eV - ج ق$$

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

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



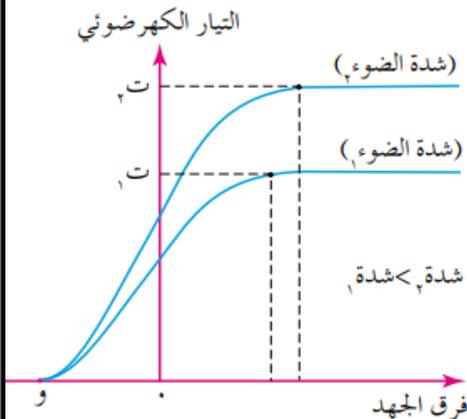
النقطتين (د ، هـ) ، ثبات التيار الكهروضوئي بالرغم من الاستمرار في زيادة فرق الجهد بين المصعد والمهبط وهذا يعزى إلى أن جميع الإلكترونات المتحررة من المهبط قد وصلت إلى المصعد.

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

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

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

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



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

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

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

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

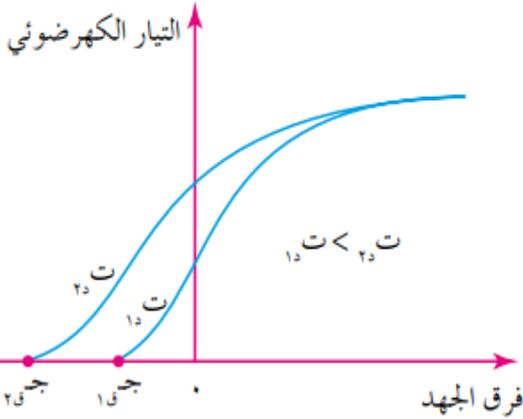
عند زيادة شدة الضوء :

ملاحظة :

حزم الضوء تسمى الفوتونات.

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

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



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

(ط = eν - ج ق) ونستنتج من ذلك أن الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط.

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

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

* إذا متى تتحرر الإلكترونات !?

يجب أن يكون تردد الضوء الساقط على الفلز أكبر من تردد العتبة للفلز أو يساويه.
تردد العتبة : أقل تردد للضوء يلزم لتحرير إلكترونات من سطح الفلز.

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

عند زيادة تردد الضوء :

- ١ (التيار الكهروضوئي يبقى ثابتاً .
- ٢ (الطاقة الحركية العظمى تزداد .
- ٣ (يزداد جهد القطع .

تفسير فيزياء الكم

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

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

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

$$ه ت د = \Phi + ط ح عظمى$$

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

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

*الفرع الصناعي الدروس المطلوبة في فصل الكم

١ (تكمية الطاقة .

٢ (الظاهرة الكهروضوئية .

$$\Phi = ه ت د$$

ه ت د = Φ + ط ح عظمى تسمى هذه العلاقة (معادلة أينشتاين الكهروضوئية) والتي عن طريقها فسر هذه الظاهرة .

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

****تفسير الظاهرة الكهروضوئية :**

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

الفيزياء الحديثة	الفيزياء الكلاسيكية
(١) زيادة شدة الضوء الساقط على سطح الفلز (مع بقاء تردده ثابتاً) ، هذا يعني أن عدد الفوتونات الساقطة في الثانية على وحدة المساحة يزداد ، وحيث كل إلكترون يمتص فوتوناً واحداً فقط ، وهذا يؤدي لزيادة عدد الإلكترونات الضوئية المتحررة في الثانية وهذا يزيد من التيار الكهروضوئي ويزداد تيار الإشباع . إلا أن الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية لا تتغير ؛ بسبب عدم تغير جهد القطع.	(١) تمتص الإلكترونات الطاقة من الموجات الكهرومغناطيسية على نحو مستمر، وزيادة شدة الضوء الساقط تعني زيادة معدل امتصاص الإلكترونات للطاقة مما يكسبها طاقة حركية أكبر ولا علاقة بين تردد الضوء الساقط والطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة.
(٢) إذا كانت طاقة الفوتون أكبر من اقتران الشغل للفلز فإن الإلكترون يتحرر وينبعث ممتلئاً بطاقة حركية فور سقوط الفوتون. (سبب الإنبعاث الفوري للإلكترونات)	(٢) يحتاج الإلكترون لبعض الوقت لإمتصاص الطاقة الكافية وتجميعها ليتحرر من الفلز، خاصة عند سقوط ضوء خافت (شدته قليلة) .
(٣) أقل طاقة يمتلكها فوتون تلزم لتحرير إلكترون من سطح فلز ، يجب أن تساوي اقتران الشغل للفلز ، فإذا كان تردد الضوء الساقط أقل من تردد العتبة لن تتحرر إلكترونات من سطح الفلز حسب $(\Phi = h \nu_0)$	(٣) عند سقوط ضوء ذي شدة عالية على الفلز أن يتحرر منه إلكترونات بغض النظر عن تردد الضوء الساقط عليه.

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

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

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

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

الحل :

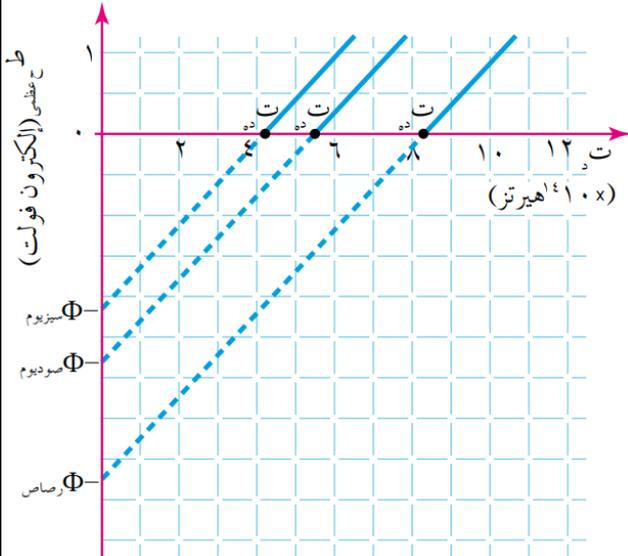
(نحول اقتران الشغل لوحدة الجول)

$$\Phi = h \nu_0 \leftarrow 4,3 \times 1,6 \times 10^{-19} = 6,63 \times 10^{-34} \nu_0$$

$$\nu_0 = 1 \times 10^{15} \text{ هيرتز}$$

$$\nu_0 = \frac{c}{\lambda} \leftarrow \lambda = \frac{c}{\nu_0} = \frac{3 \times 10^8}{1 \times 10^{15}} = 3 \times 10^{-7} \text{ م}$$

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



نلاحظ أن الخطوط المستقيمة المرسومة متوازية وهذا يعني أن ميلها متساوي وهذا الميل هو ثابت بلانك (ه) ، ومن معادلة أينشتاين الكهروضوئية (ه ت = Φ + ط ح عظمى) ، يمكن التوصل إلى أن نقطة التقاطع أي من هذه الخطوط مع المحور السيني تمثل تردد العتبة للفلز ، وأن أي نقطة تقاطع الخط مع المحور الصادي تمثل اقتران الشغل للفلز إذا كتبت العلاقة على الشكل التالية (تمثل علاقة خطية ص = أ س + ب حيث أ الميل و ب المقطع الصادي) :

$$\text{ط ح عظمى} = h \nu - \Phi$$

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

الإجابة : وفقاً لنموذج أينشتاين تعتمد (ط ح عظمى) على تردد الضوء الساقط فقط وإذا كان تردد الضوء أكبر من تردد العتبة للفلز ، عندها فإن زيادة شدة الضوء تعني زيادة عدد الفوتونات الساقطة على وحدة المساحة وبالتالي زيادة عدد الإلكترونات المتحررة أي زيادة التيار الكهربائي ولكن طاقة الفوتون الواحد لا تتغير لأن طاقة الفوتون تعتمد على تردد الضوء فقط.

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

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

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

ملاحظات هامة : (١) في الرسم البياني لميل الخط ثابت بلانك (هـ) ووحدته (جول . ث).

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

(ب) طح (إلكترون فولت) أو (جئ = فولت) نضرب المحور بشحنة الإلكترون ليتحول إلى (طح (جول)).

(٢) الطول الموجي الذي يخص الفلز (المصاحب لتردد العتبة) هو أكبر طول موجي لازم لتحرير الإلكترونات من سطح الفلز أو الطول الموجي اللازم حتى يمر تيار في الخلية الكهروضوئية (يقابله أقل تردد).

سؤال : كيف تفسر كل مما يلي :

(١) لا يمارس الفلز الظاهرة الكهروضوئية عندما يسقط عليه ضوء تردده أقل من تردد العتبة.

(٢) يزداد مقدار التيار الكهربائي في الخلية الكهروضوئية بزيادة شدة الضوء.

(٣) يبقى فرق جهد الإيقاف (القطع) ثابتًا في الخلية الكهروضوئية بالرغم من زيادة شدة الضوء.

الإجابة : (١) لأن الضوء لا يمتلك طاقة كافية للتغلب على طاقة ربط الإلكترون بنواته.

(٢) لأن زيادة شدة الضوء يعني زيادة عدد الفوتونات الساقطة على وحدة المساحة وبالتالي زيادة عدد

الإلكترونات المتحررة أي زيادة التيار الكهربائي ولكن هذا لا يتحقق إلا إذا كان تردد الفوتون أكبر من تردد العتبة للفلز.

(٣) فرق جهد القطع يعتمد على الطاقة الحركية والتي تعتمد على اقتران الشغل للفلز وعلى تردد الضوء الساقط وليس على شدة الضوء.

سؤال : ماذا يحدث لفرق جهد القطع عند زيادة تردد الضوء الساقط مع بقاء شدة الضوء ثابتة ؟

جواب : عند زيادة تردد الضوء تزداد الطاقة الحركية للإلكترونات وبالتالي يزداد فرق جهد القطع اللازم لإيقاف الإلكترونات.

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

سؤال : عند سقوط ضوء أزرق على فلز السيزيوم تنبعث منه إلكترونات ضوئية ، في حين لا تنبعث أي إلكترونات إذا سقط الضوء نفسه على سطح فلز الخارصين.

جواب : لأن تردد الضوء الأزرق أكبر من تردد العتبة للسيزيوم وأصغر من تردد العتبة للخارصين.

سؤال : سقط فوتون طاقته (12×10^{-19} جول) على سطح فلز اقتران الشغل له (6×10^{-19} جول) احسب :

(١) تردد الضوء الساقط (الفوتون).

(٢) طول موجة الضوء الساقط.

(٣) تردد العتبة للفلز.

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

(٥) الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة.

(٦) جهد القطع.

(٧) السرعة القصوى للإلكترونات المنبعثة. (ك = 9×10^{-31} كغ) (ط ح = $\frac{1}{4}$ ك ع)

احسب : احسب طاقة فوتون طول موجته (3×10^{-7} م) بوحدة إلكترون فولت.

الحل :

$$تد = \frac{س}{\lambda} \quad \leftarrow \quad تد = \frac{١٠ \times ٣}{٧ \cdot ١٠ \times ٣}$$

$$تد = ١ \times ١٠^{١٥} \text{ هيرتز}$$

$$ط = ه ت = ٦,٦٣ \times ١٠^{-١٩} \times ١ \times ١٠^{١٥} = ٦,٦٣ \times ١٠^{-٤} \text{ جول}$$

$$ط = ٦,٦٣ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$\frac{٦,٦٣ \times ١٠^{-١٩}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$$

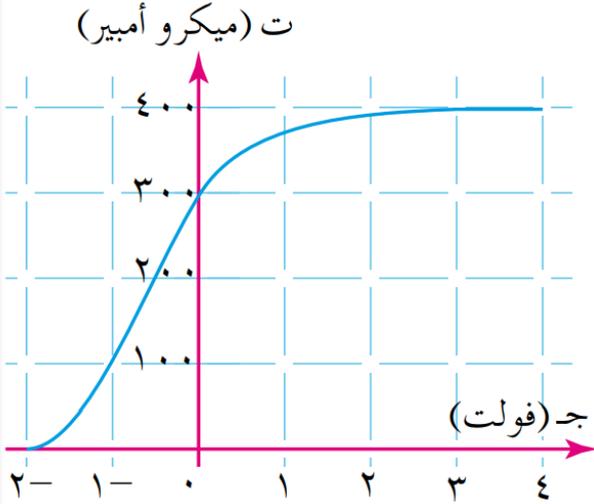
$$ط = ٤,١٤ \text{ إلكترون فولت}$$

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

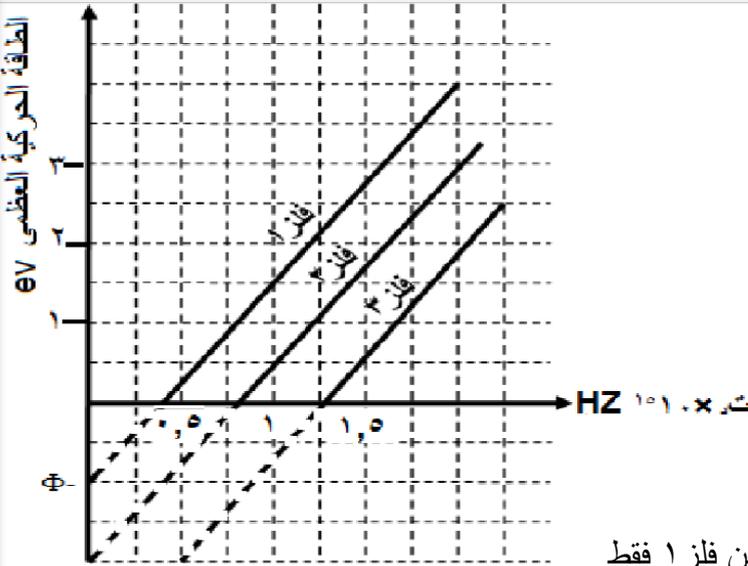
٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر



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

- (١) ما مقدار تيار الإشباع؟ (٤٠٠ ميكرو أمبير)
- (٢) بقاء التيار ثابت بين نقطتين (د ، هـ) على الرغم من زيادة فرق الجهد ، فسّر ذلك.
- (٣) ما مقدار التيار الكهروضوئي الناتج عن سقوط الضوء على مهبط الخلية عند غياب مصدر فرق الجهد؟ (٣٠٠ ميكرو أمبير)
- (٤) ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بوحدة الجول و بوحدة الإلكترون فولت؟ (٣,٢ × ١٠^{-١٩} جول ، ٢ eV)
- (٥) احسب السرعة العظمى للإلكترونات الضوئية.



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

- (١) أي الفلزات سيتحرر منها إلكترونات عند سقوط فوتون على سطحها طولها الموجي (٣ × ١٠^{-٧} م).
- (٢) احسب اقتران الشغل للفلز (٣).

الحل :

$$t = \frac{s}{\lambda} \leftarrow t = \frac{10^{-7}}{4 \times 10^7} = 2.5 \times 10^{-15} \text{ s}$$

$t = 0.75 \times 10^{15}$ هيرتز ستتحرر إلكترونات من فلز ١ فقط

$$\Phi = h\nu_0 = 6.63 \times 10^{-34} \times 1.5 \times 10^{14} = 9.945 \times 10^{-20} \text{ J}$$

$$= 9.945 \times 10^{-20} \text{ J}$$

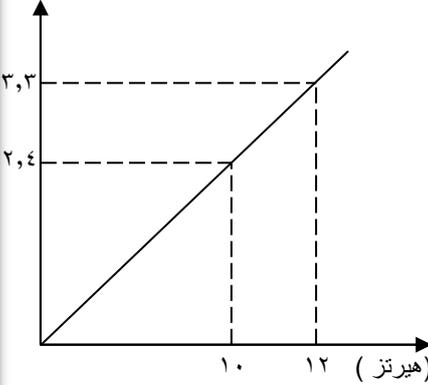
البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

جق (فولت)



سؤال : في الشكل المجاور العلاقة ما بين جهد القطع والتردد للضوء الساقط احسب ثابت بلانك.

الحل :

①

$$h\nu_1 + \Phi = eV_1$$

$$h\nu_2 + \Phi = eV_2$$

②

$$h\nu_2 + \Phi = eV_2$$

نطرح المعادلة (١) من (٢)

$$h \frac{\Delta \nu}{\Delta V} = e$$

$$h = \frac{(2.4 - 3.3) \times 10^{-19} \times 1.6}{(10 - 12)}$$

$$h = 6.06 \times 10^{-34} \text{ جول . ث}$$

سؤال : إذا كان أكبر طول موجي لازم لتحرير إلكترونات هو ($2 \times 10^{-7} \text{ م}$) احسب اقتران الشغل.

$$\Phi = h\nu_0 \longleftarrow \Phi = \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$= \frac{10^{-19} \times 3 \times 10^8 \times 6.63}{2 \times 10^{-7}}$$

$$= 9.9 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

سؤال : سقط ضوء طاقته ($6.6 \times 10^{-19} \text{ جول}$) على باعثة خلية كهروضوئية اقتران الشغل له (2.5 eV) احسب :
(١) جهد القطع. (٢) تردد العتبة.

الحل :

$$(١) \text{ ط ح عظمى} = h\nu - \Phi = 6.6 \times 10^{-19} - 2.5 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\text{ط ح عظمى} = 2.6 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$\text{ط} = eV = 2.6 \times 10^{-19} \text{ جول} \longleftarrow \text{جق} = 2.6 \times 10^{-19} \text{ جول} \longleftarrow \text{جق} = 1.6 \text{ فولت}$$

(٢)

$$\Phi = h\nu_0 = 1.6 \times 10^{-19} \times 6.63 \times 10^{-34} = 1.06 \times 10^{-52} \text{ هيرتز} \longleftarrow \text{تد}_0 = 0.6 \times 10^{15} \text{ هيرتز}$$

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

سؤال : أسقط ضوء على سطح فلز اقتران الشغل له ($3,9 \times 10^{-19}$ جول) ، فانطلقت منه إلكترونات ضوئية تمتلك طاقة حركية مقدارها (4×10^{-19} جول) **أجب عما يأتي :**

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

الحل :

$$(١) \text{ ط ح عظمى} = \text{ه ت د} - \Phi \leftarrow \Phi = 4 \times 10^{-19} \text{ ه ت د} - 3,9 \times 10^{-19}$$

$$\frac{\text{ت د} = 7,9 \times 10^{-19}}{6,6 \times 10^{-34}} \leftarrow \text{ت د} = 1,1 \times 10^{16} \text{ هيرتز}$$

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

سؤال : سقط ضوء طول موجته (330 نم) على مهبط خلية كهروضوئية ، فانبعثت إلكترونات من سطحه ، إذا علمت أن جهد القطع للفلز يساوي ($0,6$ فولت) **فاحسب :** (١) تردد الضوء. (٢) تردد العتبة.

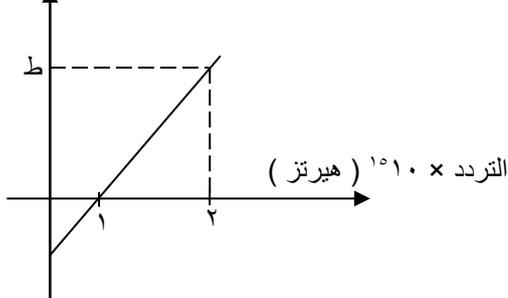
الحل :

$$(١) \text{ ت د} = \frac{\text{س}}{\lambda} \leftarrow \text{ت د} = \frac{3 \times 10^8}{330} \leftarrow \text{ت د} = 0,9 \times 10^{16} \text{ هيرتز}$$

$$\text{ط ح} = eV = 0,6 \times 1,6 \times 10^{-19} = 9,6 \times 10^{-20} \text{ ج ق}$$

$$\text{ط ح عظمى} = \Phi - 10^{-19} \times 0,9 \times 6,6 \times 10^{-34} = \Phi - 6,54 \times 10^{-20} \text{ ه ت د} = \Phi \leftarrow \text{ومن هنا} \text{ت د} = 0,75 \times 10^{16} \text{ هيرتز}$$

ط ح (جول)



سؤال : اعتمادًا على الشكل ، احسب :

- (١) اقتران الشغل للفلز.
- (٢) أكبر طول موجي يلزم لتحرير الإلكترونات.
- (٣) الطاقة الحركية العظمى بالجول للإلكترونات المنبعثة.

$$\left[\begin{array}{l} \Phi = 6,6 \times 10^{-19} \text{ جول} \\ \lambda = 3 \text{ نم} \\ \text{ط ح} = 6,6 \times 10^{-19} \text{ جول} \end{array} \right.$$

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

الأطياف الذرية للغازات

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

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

(١) طيف الانبعاث : وهو حالتين إما انبعاث متصل وإما انبعاث منفصل.

* طيف الانبعاث المتصل : إشعاع تمثله ألوان قوس المطر متصل تماماً بدون انقطاع.

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

* طيف الانبعاث المنفصل (الخطي) : إشعاع (تمثله ألوان قوس المطر) تظهر على شكل

خطوط منفصلة فوق خلفية سوداء لها أطوال موجية محددة.

ومن الأمثلة عليه : الإشعاع المنبعث من الغازات ذات الضغط المنخفض في أنابيب التفريغ الكهربائي (النيون).

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

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

(٢) طيف الامتصاص الخطي : طيف انبعاث متصل لكن تتخلله خطوط سوداء معتمدة.

ومن الأمثلة عليه : تحليل الضوء الأبيض (ضوء الشمس) بعد مروره عبر غاز عنصر الهيدروجين (H).

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

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

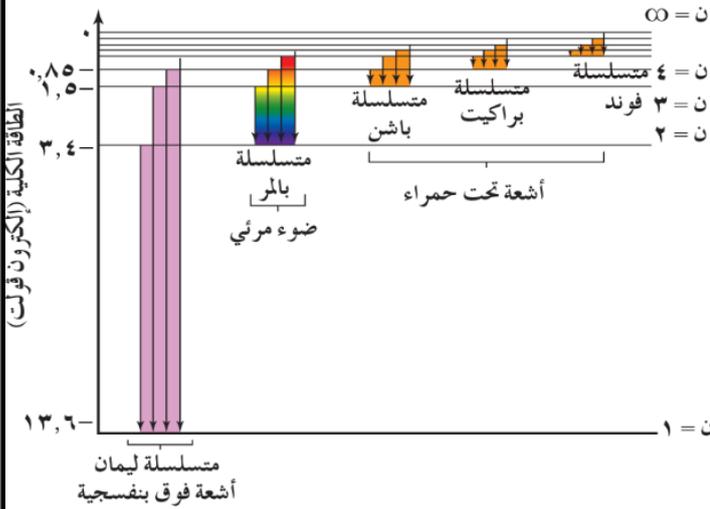
٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

لكن ما توصل إليه بالمر مجرد معادلة تتفق مع البيانات التجريبية ، لكنها لم تفسر سبب انبعاث خطوط الطيف من ذرة الهيدروجين ، أي أن هذه المشاهدات التجريبية بقيت بدون تفسير نظري (لماذا تبعث الذرة بهذه الخطوط) ؟ إلى أن جاء العالم بور عام ١٩١٣ م ، وطرح نموذجاً للذرة استطاع من خلاله أن يقدم حلاً للصعوبات التي واجهت نموذج رذرفورد من قبله.

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

بدأ العلماء بعد بالمر (مثل ليمان ، باشن ، براكيت وفوند) بدراسة العلاقات التجريبية التي تعطي أطول موجات طيف ذرة الهيدروجين تجريبياً في منطقة الطيف غير المرئي (تحت الحمراء وفوق البنفسجية) مستخدمين المطياف في ذلك. حيث توافقت نتائجهم مع معادلة بور للأطوال الموجية وسميت نتائجهم باسم (متسلسلة) وسميت حسب مكتشفها علمياً على النحو التالي :



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

$$R_H = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n} \right) \quad n = 2, 3, 4, \dots$$

متسلسلة بالمر ، تقع خطوطها الطيفية في منطقة الضوء المرئي :

$$R_H = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n} \right) \quad n = 3, 4, 5, \dots$$

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

$$R_H = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n} \right) \quad n = 4, 5, 6, \dots$$

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

$$R_H = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n} \right) \quad n = 5, 6, 7, \dots$$

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

$$R_H = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n} \right) \quad n = 6, 7, 8, \dots$$

حيث (λ) : طول موجة الخط الطيفي.

(R_H) : ثابت ريديبرغ وقيمه تساوي ($1,097 \times 10^7 \text{ م}^{-1}$).

(n) : عدد صحيح موجب.

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

ملاحظة مهمة : لحساب أقصر طول موجي وأطول طول موجي فهو كالتالي :

كقاعدة عامة تذكر أن أطول طول موجي يقابل أقل طاقة ، والعكس صحيح أي أقصر طول موجي يقابل أكبر طاقة ودائمًا أكبر طاقة هي الانتقال من المالانهاية إلى المدار الخاص بالمتسلسلة.

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

وأقل طاقة تنتج عندما يحدث انتقال من المستوى الأعلى مباشرة.

إدًا في متسلسلة ليمان يكون أكبر طول موجي (أقل طاقة وأقل تردد) عندما يحدث انتقال من المستوى الثاني إلى المستوى الأول وفي متسلسلة بالمر يكون أكبر طول موجي عندما يحدث انتقال من المستوى الثالث إلى المستوى الثاني وفي متسلسلة باشن أكبر طول موجي عندما يحدث انتقال من المستوى الرابع إلى الثالث.

سؤال : احسب أقصر طول موجي في متسلسلة فوند.

$$\frac{1}{\infty} = \text{صفر}$$

الحل :

$$\left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{25} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \quad \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{25} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

$$m^{-1} \cdot 10 \times 22,7 = \lambda \quad \left(\frac{1}{25} \right)^{10} \times 1,097 = \frac{1}{\lambda}$$

نقلب الجواب

حفظ

نموذج بور لذرة الهيدروجين

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

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

* نموذج بور الذري :

سؤال : اذكر فرضيات نموذج بور الذري ؟

(١) يتحرك الإلكترون حول النواة في مدارات دائرية بتأثير قوة الجذب الكهربائية بين الإلكترون ذو الشحنة السالبة والنواة موجبة الشحنة.

(٢) هناك مجموعة محددة من المدارات يمكن للإلكترون أن يتواجد فيها وتكون طاقته في أي من هذه المدارات ثابتة. ويمكن في هذه الحالة وصف هذه المدارات بأنها : مستويات طاقة ولا يمكن للإلكترون أن يشع طاقة طالما بقي في مستوى طاقة معين.

طن : طاقة المدار (المستوى).

ن : رقم المدار (المستوى).

$$\text{طن} = \frac{13,6}{\text{ن}^2} \text{eV} \quad \text{وتكون}$$

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

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

$$\text{ط فوتون} = \text{هـ} = | \text{ط} - \text{ط}_0 |$$

ط : طاقة المدار النهائي.

ط₀ : طاقة المدار الابتدائي.

(٤) المدارات المسموح للإلكترون أن يتواجد (يتحرك) فيها هي التي يكون فيها الزخم الزاوي للإلكترون من مضاعفات

$$\left(\frac{\text{هـ}}{\pi^2} \right) \text{ أي أن : (ك ع ن } = \frac{\text{هـ}}{\pi^2} \text{) حيث } \text{ن} = 1, 2, \dots \text{ وتمثل رقم المدار الموجود فيه الإلكترون.}$$

ك : كتلة الإلكترون.

ع : سرعة الإلكترون.

نق : نصف قطر المدار الذي يوجد فيه الإلكترون.

ن : رقم المدار.

$$\text{أي أن : } \chi \text{ زاوي} = \frac{\text{هـ}}{\pi^2} \text{ ن}$$

نستنتج أن زخم الإلكترون الزاوي له كمّات محددة.

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

* حساب أنصاف أقطار المدارات المسموح للإلكترون الوجود فيها :

يكون نصف قطر المدار الأول للإلكترون عندما ($n = 1$) : $n = 1$ ، $r = 0,29 \times 10^{-10}$ م وهذا يسمى نصف قطر بور
يرمز له بالرمز (n) ، ويمكن حساب نصف قطر المدار ذو الرقم
(n) وفق العلاقة الآتية :

$$r_n = n^2 r_1$$

* حساب طاقة المستويات المسموح بها في ذرة الهيدروجين :

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

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV}$$

ماذا تعني الإشارة السالبة؟؟

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

طاقة التحرر تسمى طاقة التأين

عندما ($n = 1$) يكون الإلكترون في المستوى الأول ($n = 1$) ، وهو أدنى مستوى طاقة لذرة الهيدروجين ويسمى مستوى الاستقرار.

والمستويات التي تعلو مستوى الاستقرار تسمى مستويات الإثارة وهي المستويات التي ينتقل إليها الإلكترون إذا امتص مقداراً محدداً من الطاقة.

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

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

الحل :

$$\begin{aligned} \text{ط}_1 &= \frac{13,6}{2^1} = 13,6 \text{ eV} \\ \text{ط}_2 &= \frac{13,6}{2^2} = 3,4 \text{ eV} \\ \text{ط}_3 &= \frac{13,6}{2^3} = 1,7 \text{ eV} \\ \text{ط}_\infty &= \frac{13,6}{2^\infty} = 0 \text{ eV} \end{aligned}$$

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

- (١) نصف قطر المستوى الموجود فيه.
- (٢) الزخم الزاوي للإلكترون في هذا المستوى.
- (٣) سرعة الإلكترون في هذا المستوى.
- (٤) الطاقة الكلية لهذا الإلكترون في مستواه.
- (٥) الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون.
- (٦) طاقة الفوتون المنبعث عند انتقال الإلكترون إلى المدار الأول.

الحل :

$$\begin{aligned} (١) \text{ نق}_1 &= \text{نق}_2 \times 2 = 0,29 \times 10^{-10} \times 2 = 5,8 \times 10^{-11} \text{ م} \\ (٢) \text{ خ زاوي} &= \frac{h}{\pi^2} \times 2 = 1,05 \times 10^{-34} \times 2 = 2,1 \times 10^{-34} \text{ جول . ث} \\ (٣) \text{ خ زاوي} &= \text{ك ع نق}_1 = 2,1 \times 10^{-34} = 9,1 \times 10^{-31} \times \text{ع} \times 21,16 \times 10^{-11} = 11 \times 10^{-10} \text{ م/ث} \\ (٤) \text{ ط}_2 &= \frac{13,6}{2^2} = 3,4 \text{ eV} \\ (٥) \text{ ط تحرير} &= 3,4 \text{ eV} \\ (٦) \text{ ط}_1 &= \frac{13,6}{2^1} = 13,6 \text{ eV} \\ \text{ط} &= |\text{ط}_1 - \text{ط}_2| = |13,6 - 3,4| = 10,2 \text{ eV} \end{aligned}$$

هذا الطيف ينتمي لسلسلة ليمان

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

الحل : $\text{نق}_1 = \text{نق}_4 \times 4 = 0,29 \times 10^{-10} \times 4 = 1,16 \times 10^{-10} \text{ م}$

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

سؤال : إذا كان الزخم الزاوي للإلكترون ذرة الهيدروجين في مدار ما ($5,25 \times 10^{-10}$ جول . ث) جد رقم المدار الذي يدور فيه الإلكترون.

الحل :

$$\text{خ زواوي} = \frac{nh}{2\pi} \leftarrow 5,25 \times 10^{-10} \text{ جول} = n \times 1,05 \times 10^{-34} \text{ جول} \cdot \text{ث} \quad n = 5$$

* نموذج بور ومتسلسلات طيف ذرة الهيدروجين :

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

ط فوتون = $h \nu = |E_n - E_m|$ ومن العلاقة لحساب الطاقة الكلية للمستوى بتحويلها إلى وحدة الجول ، وتعويض ($\nu = \frac{c}{\lambda}$) نجد أن :

$$\frac{hc}{\lambda} = |E_n - E_m| \quad \text{وبتعويض قيم (س ، هـ) والقسمة عليها نجد :}$$

نستنتج أنه يمكن حساب الأطوال الموجية للخطوط الطيفية لطيف ذرة الهيدروجين من العلاقة الآتية :

$$\left\{ \left| \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right| R_H = \frac{1}{\lambda} \right\}$$

بتعويض قيم $n = 1, 2, \dots, 5$ في هذه العلاقة سنحصل على متسلسلات الطيف لذرة الهيدروجين ، ابتداءً من متسلسلة ليمان ($n = 1$) وانتهاءً بمتسلسلة فوند ($n = 5$).

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

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

الحل : (١) ط فوتون = $h \nu = |E_n - E_m|$

$$ط \text{ فوتون} = |E_2 - E_1| = 10,2 \text{ eV} \quad ط_1 = \frac{13,6}{2^2} \text{ eV} = 3,4 \text{ eV} \quad ط_2 = 13,6 \text{ eV} - 3,4 \text{ eV} = 10,2 \text{ eV}$$

$$ط \text{ فوتون} = |E_3 - E_1| = 13,6 \text{ eV} - 1,5 \text{ eV} = 12,1 \text{ eV}$$

ط فوتون = $10,2 \text{ eV}$ لحساب التردد نحتاج إلى طاقة الفوتون بوحدة الجول فتصبح $10,2 \times 1,6 \times 10^{-19}$ جول

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

$$(٢) \text{ ط فوتون} = \text{ه ت د} \leftarrow ١,٦٣ \times ١٠^{-١٨} = ٦,٦٣ \times ١٠^{-٣٤} \times \text{ت د}$$

$$\text{ت د} = ٢,٤٦ \times ١٠^{-١٥} \text{ هيرتز}$$

$$(٣) \left| \frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_1} \right| R_H = \frac{1}{\lambda} \quad \left| \frac{1}{24} - \frac{1}{31} \right| ١٠^{-٧} \times ١,٠٩٧ = \frac{1}{\lambda} \quad ١,٢٢ \times ١٠^{-٧} \text{ م} = \lambda$$

الطبيعة المزدوجة للمادة (فرضية دي بروي)

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

- الضوء موجة له طبيعة جسيمية وموجية.

- المادة ، هل لها طبيعة مزدوجة!؟

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

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

توصل أينشتاين لعلاقة زخم الفوتون ($\frac{h}{\lambda}$ = خ) ، فافترض دي بروي أن طول الموجة المصاحبة لحركة الجسم

تناسب عكسياً مع زخمه ، والزخم هو (الكتلة × السرعة) فإن :

$$\lambda_{\text{فوتون}} = \frac{h}{x}$$

$$\lambda = \frac{h}{k}$$

* من معادلة دي بروي نلاحظ :

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

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

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

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

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

سؤال : إذا قذف جسيم كتلته (6×10^{-10} كغ) بسرعة (10^6 م/ث) احسب طول موجة دي بروي وزخمها.

الحل :

$$\frac{6 \times 10^{-10} \times 6,63}{2 \times 10^{-10} \times 6} = \lambda \quad \frac{هـ}{ك} = \lambda$$

$$\lambda = 11 \times 10^{-19} \text{ م}$$

$$\text{خ} = \text{ك} \times \text{ع} \quad \leftarrow \text{خ} = 6 \times 10^{-10} \times 10^6 \quad \leftarrow \text{خ} = 2 \times 10^{-10} \text{ كغ.م/ث}$$

سؤال : جسيم كتلته ($3,3 \times 10^{-10}$ كغ) وطول الموجة المصاحبة له (2×10^{-10} م) ما مقدار السرعة الخطية للجسيم ؟

الحل :

$$\frac{3,3 \times 10^{-10} \times 6,6}{3,3 \times 10^{-10} \times 3,3} = \frac{هـ}{ك} = \lambda$$

$$\text{ع} = 10^6 \text{ م/ث}$$

سؤال : سقط فوتون طاقته (12×10^{-19} جول) جد زخم الفوتون الساقط.

الحل :

$$\text{ط فوتون} = \frac{هـ}{\lambda} = \frac{س}{\lambda}$$

$$\lambda \text{ فوتون} = \frac{هـ}{\text{خ}}$$

$$\lambda \text{ فوتون} = \frac{هـ}{\text{ط فوتون}}$$

$$\text{خ} = \frac{هـ}{\lambda \text{ فوتون}}$$

$$\text{خ} = \frac{\text{ط}}{\text{س}}$$

$$\text{خ} = 4 \times 10^{-27} \text{ كغ.م/ث}$$

$$\text{خ} = \frac{12 \times 10^{-19}}{3 \times 10^{-10}}$$

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

ورقة عمل

سؤال (١) : علل :

- (أ) تنبعث الإلكترونات بسرعات مختلفة وبطاقة حركية مختلفة لكل إلكترون مع أن تردد الضوء ثابت.
(ب) يعتمد جهد القطع على تردد الضوء الساقط ولا يعتمد على شدة الضوء.
(ج) كيف تفسر انبعاث إلكترونات من سطح الباعث.
(د) ما العوامل التي تعتمد عليها الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة.
- سؤال (٢) : يمتلك إلكترون ذرة الهيدروجين في أحد المدارات طاقة كليّة تساوي (-٣,٤ إلكترون فولت) ، أجب :
- (١) ما رقم المدار المتواجد فيه الإلكترون.
(٢) احسب نصف قطر المدار المتواجد فيه الإلكترون.
(٣) احسب تردد الفوتون المنبعث عندما يعود إلى مستوى الإستقرار.
(٤) احسب الزخم الزاوي للإلكترون في مستوى الإستقرار.

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

(١) تردد العتبة.
(٢) جهد القطع عندما يسقط ضوء تردده (10×10^{10} هيرتز)

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

$$\begin{aligned} \text{س} &= 3 \times 10^8 \text{ م/ث} \\ \text{نق ب} &= 5,29 \times 10^{-11} \text{ م} \\ \text{هـ} &= 6,6 \times 10^{-34} \text{ جول.ث} \\ \text{ev} &= 1,6 \times 10^{-19} \text{ كولوم} \\ R_H &= 1,097 \times 10^7 \text{ م}^{-1} \\ \text{ك} &= 9,1 \times 10^{-31} \text{ كغ} \end{aligned}$$

- (١) طاقة فوتون الضوء الساقط.
(٢) الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية.
(٣) اقتران الشغل للمهبط.
(٤) السرعة العظمى للإلكترونات المتحررة.
- سؤال (٥) : إلكترون في المستوى الطاقة الخامس جد :
- (١) الزخم الزاوي للمستوى المتواجد فيه الإلكترون.
(٢) أقصر طول موجي في متسلسلة باشن.
(٣) أقل تردد في متسلسلة بالمر.

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

- (١) ما تردد الفوتون الممتص.
(٢) ما الطاقة الكلية للإلكترون حينما يصبح في المستوى الخامس.
(٣) احسب نصف قطر المدار الخامس.
(٤) إذا عاد الإلكترون إلى المستوى الأول ، احسب طول موجة الفوتون المنبعث ، وحدد إلى أي متسلسلة ينتمي.
(٥) احسب الزخم الزاوي للإلكترون في المستوى الثاني.

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

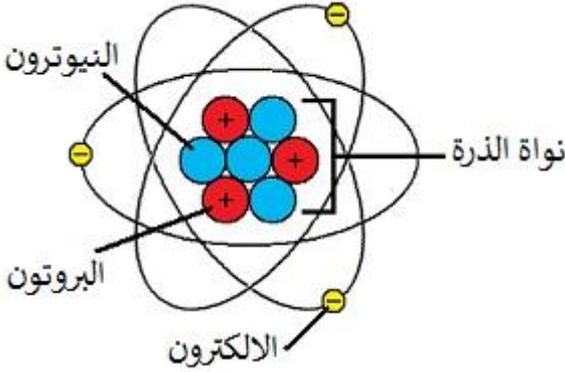
الفيزياء النووية (البنية النووية وبعض خصائص النواة)

اقترح رذرفورد نموذجًا للذرة افترض أن الشحنات الموجبة تتركز في حيز صغير اطلق عليه اسم نواة لاحظ رذرفورد أن :

قذف غاز النيتروجين بجسيمات ألفا ، يؤدي إلى انبعاث جسيمات موجبة الشحنة سميت بروتونات خصائصها مماثلة لنواة ذرة الهيدروجين.

توصل العالم شادويك إلى أن : قذف صفيحة من البريليوم بجسيمات ألفا ، يؤدي إلى انبعاث جسيمات متعادلة كهربائياً أطلق عليها اسم نيوترونات (N) ، وبعد هذا الاكتشاف وضع العلماء نموذج للنواة على النحو التالي :

تتكون النواة من نوعين من الجسيمات هي : البروتونات وهي العدد الذري ورمزها (Z) والنيوترونات يرمز لعددها بالرمز (N) ويطلق على *البروتونات والنيوترونات معاً اسم (نيوكليونات)* ويرمز لعدد النيوكليونات بالرمز (A) ويسمى العدد الكتلي حيث :



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



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

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

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

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

$$1 \text{ و.ك.ذ} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ كغ}$$

ملاحظة : للتحويل من كغ إلى (و.ك.ذ) (نقسم على $1,66 \times 10^{-27}$ كغ).

من (و.ك.ذ) إلى كغ (نضرب بـ $1,66 \times 10^{-27}$ كغ).

تقاس طاقة الجسيمات النووية والذرية بوحدة تسمى وحدة إلكترون فولت.

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

قياس نصف قطر النواة (حجمها & كثافتها)

إن النواة كرة صغيرة لا يتجاوز نصف قطرها 10^{-10} م ، وقد دلت التجارب بعد ذلك على أن معظم النوى كروية الشكل تقريباً ويمكن حساب نصف قطرها من خلال العلاقة :

نق: ثابت ويساوي $1,2 \times 10^{-10}$ م
A : العدد الكتلي للنواة.

$$\text{نق} = \text{نق} (A)^{\frac{1}{3}}$$

سؤال : احسب نصف قطر نواة الليثيوم ${}^8_3\text{Li}$.

الحل :

نلاحظ أن العدد الكتلي $A = 8$

$$\text{نق} = \text{نق} (A)^{\frac{1}{3}}$$

$$\text{نق} = 1,2 \times 10^{-10} \times (2) \quad \text{نق} = 2,4 \times 10^{-10} \text{ م}$$

بعد تجارب العالم رذرفورد وأظهرت النتائج أن معظم نوى الذرات شكلها كروي ، لذلك يمكن حساب حجم النواة من حجم الكرة ($ح = \frac{4}{3} \pi \text{نق}^3$) وبتعويض نصف قطر النواة فإن حجم النواة يصبح :

$$ح = \frac{4}{3} \pi (\text{نق})^3 (A)^{\frac{1}{3}}$$

$$ح = \frac{4}{3} \pi \text{نق}^3 A^{\frac{1}{3}} \quad \text{حجم النواة يعتمد فقط على العدد الكتلي}$$

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

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

$$\text{ث} = \frac{A \times \text{ك}^{\text{ب}}}{\frac{4}{3} \pi \text{نق}^3 A^{\frac{1}{3}}} \quad \text{أي أن} \quad \text{ث} = \frac{\text{ك}^{\text{ب}}}{\frac{4}{3} \pi \text{نق}^2}$$

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

لو أردنا حساب كثافة أي نواة .

*الفرع الصناعي الدروس المطلوبة

في فصل النواة

(١) البنية النووية.

(٢) استقرار النواة.

$$\text{ث نواة} = \frac{\text{ك ب}}{\frac{4}{3}\pi \text{نق}^3} = \frac{1,67 \times 10^{-27}}{(1,2 \times 10^{-10})^3 \times 3,14 \times \frac{4}{3}}$$

$$\text{ث نواة} = 2,3 \times 10^{17} \text{ كغ/م}^3$$

استقرار النواة

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

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

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

سؤال : بماذا تمتاز القوة النووية؟

(١) مقدارها كبير ومداهها قصير في حال كان النيوكليونين متجاورين.

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

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

سؤال : تشكل النيوترونات في النواة عاملاً مهمًا في استقرارها ، فسّر ذلك .
— لأن النيوترونات متعادلة كهربائياً فتتأثر بالقوة النووية فقط.

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

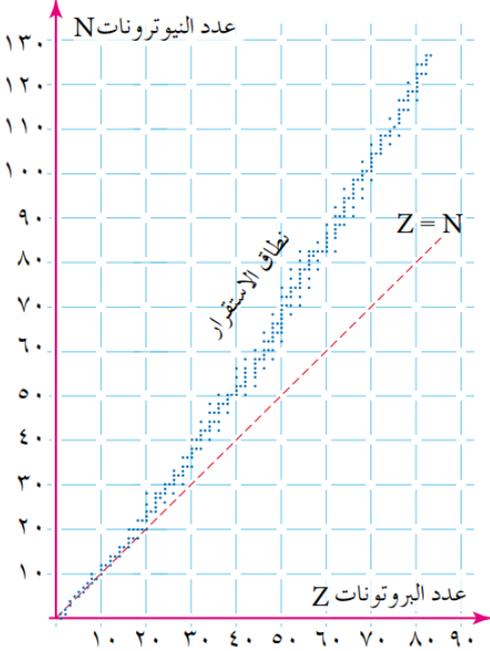
البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

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



من المنحنى نجد أن :

(١) النوى المستقرة الخفيفة : ($Z \leq 20$) إما أن يكون عدد البروتونات يساوي عدد النيوترونات ، أو عدد النيوترونات يزيد عن عدد البروتونات.

(٢) النوى المتوسطة المستقرة : يقع عددها الذري ما بين ($20 < Z < 83$) يكون عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات دائماً ، لهذا تبقى القوة النووية سائدة على القوة الكهربائية.

#ملاحظة :

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

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

سؤال : نلاحظ انحراف نطاق الإستقرار نحو الأعلى مع زيادة العدد الذري في منحنى الإستقرار ، علل ذلك .

– لأن النوى المتوسطة والمستقرة التي يقع عددها الذري ضمن المدى ($20 < Z < 83$) فإن عدد نيوترونها يفوق عدد البروتونات فيها ولذلك تبقى قوى الجذب سائدة على قوى التنافر الكهربائية في هذه النوى مما يجعل ميل نطاق الإستقرار أكبر من ١ فينحرف النطاق نحو الأعلى.

طاقة الربط النووية

يمكن للكتلة أن تتحول إلى طاقة ، ويمكن أيضاً أن تتحول الطاقة إلى كتلة وفقاً للنظرية النسبية الخاصة للعالم أينشتاين وتسمى المعادلة الآتية معادلة أينشتاين في تكافؤ (الطاقة – الكتلة) ، ويمكن حساب الطاقة المكافئة لمقدار من الكتلة (ΔK) :

ط : الطاقة بوحدة الجول

ΔK : الكتلة بوحدة الكيلوغرام

س : سرعة الضوء في الفراغ

$$ط = \Delta K \times س^2$$

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

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

$$ط = \Delta ك \times ٩٣١,٥$$

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

الحل : كتلة البروتون = ١,٠٠٧٣ و.ك.ذ.

$$ط = \Delta ك \times ٩٣١,٥ \leftarrow ط = ٩٣١,٥ \times ١,٠٠٧٣ \leftarrow ط = ٩٣٨,٣ \text{ مليون إلكترون فولت}$$

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

لنفترض أن لدينا بروتوناً واحداً ونيوترونًا واحدًا ، وأردنا تكوين نواة ديتيريوم $\frac{2}{1}H$ منهما ، فإن كتلة مكونات نواة الديتيريوم تحسب من العلاقة :

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

ك مكونات = $Z \times ك ب + N \times ك ن$

$$ك مكونات = ١,٠٠٧٣ \times ١ + ١,٠٠٨٧ \times ١$$

$$= ٢,٠١٦ \text{ و.ك.ذ.}$$

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

$$\Delta ك = ك مكونات - ك النواة$$

$$= ٢,٠١٦ - ٢,٠١٣٦$$

$$= ٠,٠٠٢٤ \text{ و.ك.ذ.}$$

سبب وجود هذا الفرق في الكتلة هو أن هذا الفرق يتحول إلى طاقة وفق معادلة أينشتاين في

تكافؤ (الطاقة - الكتلة) ، ووجد أن كتلة النواة دائماً تكون أقل من مجموع كتل مكوناتها وهذا المقدار من الطاقة يمثل مقدار الطاقة الخارجية التي يجب أن تزود بها النواة لفصل مكوناتها عن بعضها نهائياً وتسمى طاقة الربط النووية.

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

$$ط ر = \Delta ك \times ٩٣١,٥ \quad ط ر = (ك مكونات - ك النواة) \times ٩٣١,٥$$

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

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

الحل :

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

*لنواة البوتاسيوم : $Z = 19, N = 39 - 19 = 20$

$$ط_r = \{ Z \times ك_b + N \times ك_n \} - ك_{النواة} = 931,5 \times \{ 19 \times 1,0073 + 20 \times 1,0087 \} - 38,9637$$

$$ط_r = 931,5 \times \{ 38,9637 - (1,0087 \times 20 + 1,0073 \times 19) \}$$

ط_r = ٣٢٥,٠٩ مليون إلكترون فولت.

*لنواة البوتاسيوم : $Z = 92, N = 235 - 92 = 143$

$$ط_r = \{ Z \times ك_b + N \times ك_n \} - ك_{النواة} = 931,5 \times \{ 92 \times 1,0073 + 143 \times 1,0087 \} - 235,0439$$

$$ط_r = 931,5 \times \{ 235,0439 - (1,0087 \times 143 + 1,0073 \times 92) \}$$

ط_r = ١٧٤٣,٥٨ مليون إلكترون فولت.

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

$$طاقة الربط النووية لكل نيوكليون (البوتاسيوم) = \frac{طاقة الربط النووية}{العدد الكتلي} = \frac{325,09}{39} = 8,34 \text{ مليون إلكترون فولت.}$$

$$طاقة الربط النووية لكل نيوكليون (اليورانيوم) = \frac{طاقة الربط النووية}{العدد الكتلي} = \frac{1743,58}{235} = 7,42 \text{ مليون إلكترون فولت.}$$

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

107
47

سؤال : إذا علمت أن كتلة نواة الأكسجين $^{16}_8\text{O}$ تساوي (١٥,٩٩٤٩ و.ك.ذ) ، وكتلة نواة الفضة $^{107}_{47}\text{Ag}$ (١٠٦,٩٠٥١ و.ك.ذ) ، بين أي النواتين أكثر استقرارًا رياضياً.

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

النشاط الإشعاعي

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

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

النشاط الإشعاعي : عملية الإنبعاث التلقائي للإشعاع من النوى غير المستقرة.

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

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

*يتألف الإشعاع المنبعث من نوى العناصر المشعة من ثلاثة أنواع وهي :

- ١) أشعة ألفا (α).
- ٢) أشعة بيتا (β).
- ٣) أشعة غاما (γ).

سنقارن بين هذه الإشعاعات ونتعرف على الاختلافات ما بينها وما هي أصلاً :

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

أولاً : اضمحلال ألفا (α).

هي دقائق موجبة الشحنة يتكون الجسيم الواحد من بروتونين و نيوترونين ، لذا فهي نوى ذرات الهيليوم ${}^4_2\text{He}$.

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

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

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

* لأن دقائق ألفا تفقد معظم طاقتها في التأيين .

ما التغيرات التي تطرأ على النوى عندما تبعث دقائق ألفا ؟

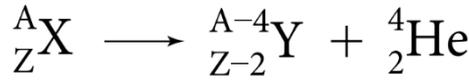
"يقبل عددها الذري بمقدار (٢) ويقبل عددها الكتلي بمقدار (٤) أي تفقد بروتونين و نيوترونين ، وتنتج نواة جديدة أكثر استقراراً ."

X : نواة الأم (المشعة) .

Y : النواة الناتجة .

يصاحب هذا الانبعاث فرق في

الكتلة يظهر على شكل طاقة



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

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

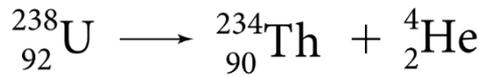
(يعد مبدأ حفظ العدد الذري صورة من صور حفظ الشحنة)

يجب أن يكون مجموع الطاقة والكتل للنوى والجسيمات الناتجة من التفاعل أو الاضمحلال مساوياً لمجموع الطاقة

والكتل للنوى والجسيمات المتفاعلة .

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

ويتضح هذا من خلال المعادلة النووية الآتية :



ثانياً : اضمحلال بيتا (β) .

هي إلكترونات سالبة الشحنة وتسمى بيتا السالبة (β^-) وبوزيترونات لها نفس خصائص الإلكترون إلا أنها شحنتها

موجبة تسمى بيتا الموجبة (β^+) .

* انبعاث بيتا السالبة يكون في الأنوية غير المستقرة فوق خط منحنى الاستقرار والتي يكون فيها $Z < N$ حيث يزيد عدد

النيوترونات عن البروتونات بعدد قليل .

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

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

* تمتاز أشعة بيتا بعدة خصائص ، أذكرها .

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

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

- ذلك يعود لصغر كتلتها فيكون مدى نفاذيتها كبيراً .

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

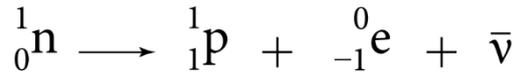
٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

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

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

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

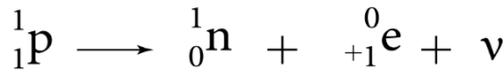


سؤال : فسّر ، كيف تبعث النواة بوزيترونًا من النواة بالرغم من أنه ليس من مكونات النواة.

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

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

جسيم النيوتريون يحل مشكلة الطاقة والزخم في التفاعل.



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

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



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



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

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

بيتا السالبة ← يزداد A بمقدار ١

بيتا الموجبة ← يقل A بمقدار ١



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



البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

ثالثاً: اضمحلال غاما (γ).

أشعة غاما هي أشعة كهرومغناطيسية (فوتونات) ليس لها كتلة ولها طاقة عالية جداً.
*تمتاز بقدرتها العالية على النفاذ ، وتكون قدرتها على التأيين منخفضة جداً ويعود ذلك لأنها لا تمتلك شحنة.

سؤال : فسّر ، انبعاث أشعة غاما من أنوية العناصر.

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

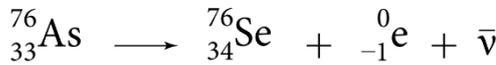
يمكن التعبير عن اضمحلال غاما بالمعادلة النووية الآتية :



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

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

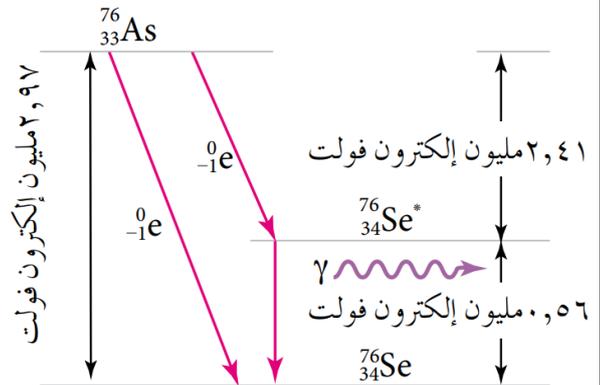
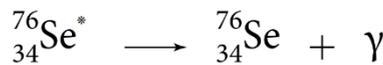
وتنتج نواة السيلينيوم $^{76}_{34}\text{Se}$ في حالة الاستقرار حسب المعادلة :



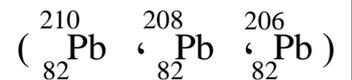
(٢) تتم بمرحلتين تبعث نواة الزرنيخ دقيقة بيتا سالبة طاقتها

(٢,٤١ مليون إلكترون فولت) فتننتج نواة السيلينيوم المثارة $^{76}_{34}\text{Se}^*$ ، ولكي تصل لمرحلة الاستقرار تبعث أشعة غاما على هيئة فوتون طاقتة (٠,٥٧ مليون إلكترون فولت).

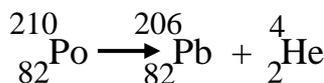
المعادلتين توضح ذلك :



سؤال : أي النوى الآتية تنتج عندما تضمحل نواة البولونيوم Po باعثة دقيقة ألفا ($A = 210$ ، $Z = 84$) :



الجواب : $^{206}_{82}\text{Pb}$



حسب مبدأ حفظ العدد الذري والمعادلة توضح معادلة الاضمحلال :

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

الإشعاع النووي الطبيعي

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

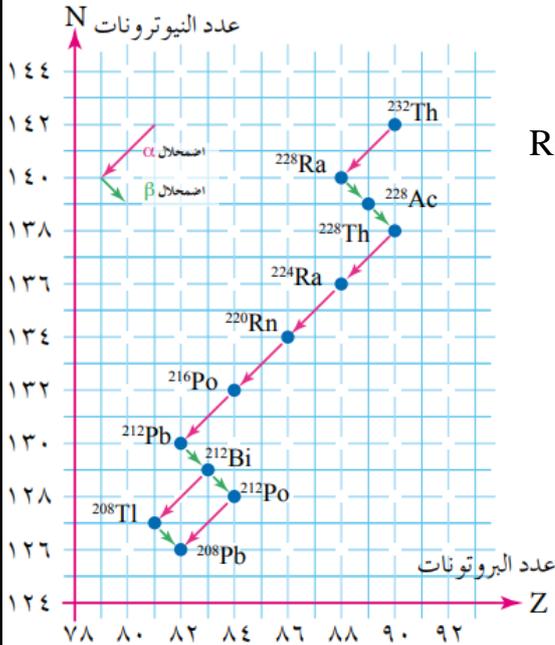
:: ما المقصود بسلاسل الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي؟

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

عند كل تحول يصاحبه انبعاث دقائق ألفا أو بيتا ، ومن أشهر سلاسل الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي :

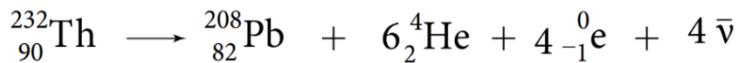
سلسلة اليورانيوم تبدأ بنظير اليورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$ ، وسلسلة الأكتينيوم تبدأ بنظير اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ ، وسلسلة الثوريوم تبدأ بنظير الثوريوم $^{232}_{90}\text{Th}$.

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



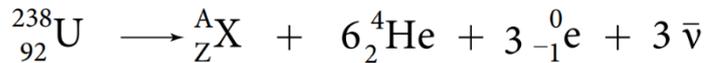
يمثل الشكل سلسلة اضمحلال الإشعاعي الطبيعي لنواة الثوريوم ، نلاحظ من الشكل أن نواة نظير الثوريوم تبدأ بإشعاع دقيقة ألفا لتنتج نواة الراديوم Ra وتضمحل لنواة أكتينيوم Ac وتبعث دقيقة بيتا السالبة ويستمر الاضمحلال للنوى حتى يصل إلى نواة البزموت Bi ، وتواجه النواة أكثر من اضمحلال وتنتهي هذه السلسلة بنواة نظير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

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



نلاحظ أن مبادئ حفظ الكميات الفيزيائية الأربعة تحققت.

سؤال : تمحل نواة اليورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$ وفق المعادلة النووية الآتية :



(١) ما العدد الكتلي (A) للنواة الناتجة (X) ؟

(٢) ما العدد الذري (Z) للنواة الناتجة (X) ؟

الحل : *مبدأ حفظ العدد الكتلي

((ضد النيوترونات لا كتلة له))

A اليورانيوم = A ٦ + A ٣ بيتا السالبة

$$(٠ \times ٣) + (٤ \times ٦) + \text{}^A_Z\text{X} = ٢٣٨$$

$$٢١٤ = \text{}^A_Z\text{X}$$

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

*مبدأ حفظ العدد الذري

((ضد يد النيوتري نو لا شحنة له))

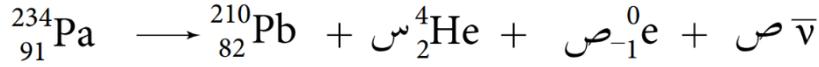
$$Z \text{ اليورانيوم} = Z \text{ ألفا} + Z \text{ بيتا} + XZ$$

$$(1 \times 3) + (2 \times 6) + XZ = 92$$

$$83 = XZ$$

تكون النواة الناتجة ${}_{83}^{214}X$

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



حيث (س) : عدد دقائق ألفا المنبعثة ، (ص) : عدد دقائق بيتا السالبة المنبعثة أو عدد جسيمات ضد يد النيوتري نو احسب قيم (س) و (ص) .

الحل :

*نطبق مبدأ حفظ العدد الكتلي لإيجاد قيمة (س)

$$A \text{ البروتكتينيوم} = A \text{ الرصاص} + A \text{ ألفا} + A \text{ بيتا السالبة}$$

$$234 = 210 + (4 \times \text{س}) + (0 \times \text{ص})$$

$$\text{س} = 6 \text{ دقائق ألفا.}$$

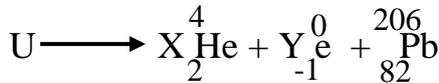
*نطبق مبدأ حفظ العدد الذري لإيجاد قيمة (ص)

$$Z \text{ البروتكتينيوم} = Z \text{ الرصاص} + Z \text{ ألفا} + Z \text{ بيتا السالبة}$$

$$91 = 82 + (2 \times 6) + (\text{ص} \times 1)$$

$$\text{ص} = 3 \text{ دقائق بيتا السالبة.}$$

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



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

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

- (١) ما العدد الكتلي والذري لنواة العنصر X.
- (٢) اذكر ثلاث مبادئ للحفظ تتحقق في اضمحلال جسيمات ألفا وبيتا.
- (٣) أيهما أكثر استقرارًا نواة اليورانيوم ${}_{92}^{235}\text{U}$ ، أم نواة العنصر X.

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

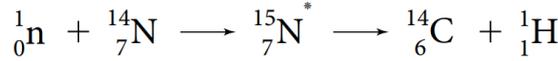
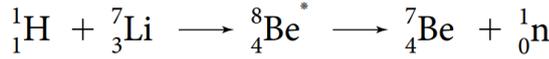
الإشعاع النووي الصناعي

التفاعل النووي : هي العملية التي يتم فيها إحداث تغيير في مكونات نواة ما. عن طريق قذف نواة عنصر بجسيمات صغيرة مثل (بروتون ، نيوترون ، جسيم ألفا ، الديتيريوم) ، باستخدام أجهزة خاصة يطلق عليها اسم **المسارعات النووية** حيث تكسب القذيفة طاقة حركية كافية تمكنها من اختراق النواة.



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

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



* **تتم أهمية التفاعلات النووية الصناعية في :**

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

(٢) الحصول على جسيمات أو أشعة ذات طاقة عالية.

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

(١) **التعقب :** يتم الكشف عن وجود الإندادات في الأوعية الدموية أو غيابها عن طريق حقن محلول يحتوي على صوديوم مشع في وريد ساق المريض لمعرفة نشاط الدورة الدموية.

(٢) **العلاج بالإشعاع :** يستخدم في قتل الخلايا السرطانية ذات الانقسامات السريعة ، حيث يتم توجيه حزمة ضيقة عالية التركيز من أشعة غاما المنبعثة من أحد النظائر المشعة مثل الكوبالت ${}^{60}_{27}\text{Co}$.

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

(٢) **حينما يتعرض جسم الإنسان للأشعة النووية ، من المواد المحيطة به ، فإن أكثر أضرار الأشعة تعزى إلى أشعة غاما أما جسيمات ألفا فلا تشكل أي خطورة .**

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

سؤال : على ماذا تعتمد خطورة الإشعاع ؟

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

الإجابة: (١) ينتج عن عملية التأيين (التصادم) تفاعلات كيميائية تؤدي إلى إتلاف الأنسجة داخل الخلايا وبسبب ذلك طفرات وتغيرات في المادة الوراثية وتتحول الخلايا السليمة إلى خلايا سرطانية.

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

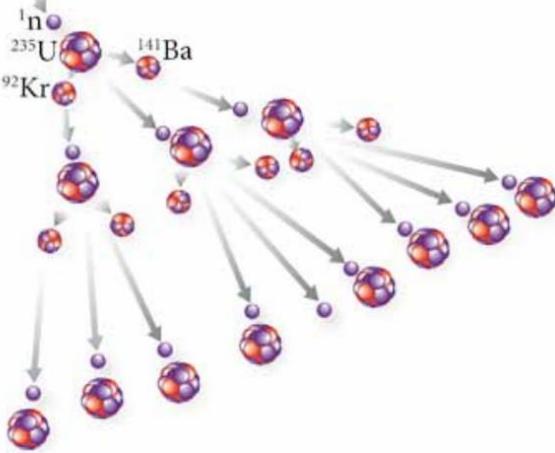
(٣) ألفا ، الخطر الحقيقي للأشعة يكمن في قدرتها على التأيين وأشعة ألفا لها أكبر قدرة على التأيين فهي الأخطر وتبقى داخل الجسم لأن اختراقها قليل.

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

تطبيقات التفاعلات النووية

أولاً : الانشطار النووي.

الانشطار النووي : هو تفاعل نووي يتم فيه انشطار نواة ثقيلة إلى نواتين متوسطتين وإنتاج طاقة عالية عن طريق قذف النواة الثقيلة بنواة خفيفة مثل (1_0n) ويحدث نقص في الكتلة يتحول إلى طاقة حسب معادلة أينشتاين. يمثل الشكل المجاور النواتج المحتملة لانشطار نواة $^{235}_{92}U$ والمعادلة النووية تمثل التفاعل النووي من الشكل :



*أهمية هذا التفاعل أنه يتحرر كمية هائلة من الطاقة.

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

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

سؤال : عرّف الكتلة الحرجة ؟

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

سؤال : ما الشروط اللازمة لحدوث التفاعل المتسلسل ؟

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

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

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

البراء في الفيزياء

فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

ثانيًا : المفاعل النووي.

هو النظام الذي يعمل على توفير الظروف المناسبة لاستمرار تفاعل الانشطار النووي والسيطرة عليه.
**أغراض المفاعل النووي : (١) تحلية مياه البحر. (٢) إنتاج نظائر مشعة. (٣) إنتاج كهرباء.
#هناك أنواع للمفاعلات النووية تبعًا لنوعية التبريد فيها.

وتكمن خطورة خطورة المفاعل النووي بفقدان السيطرة أو انفجاره ، لذا يجب مراعاة ما يلي :
(١) اختيار أماكن نائية بعيدة عن السكان.
(٢) اختيار أماكن قريبة من مصادر وافرة المياه.
(٣) وجود هيئات دولية تضبط بناء المفاعلات النووية وتشغيلها ، وتعمل على : تصريف النفايات المشعة ، وفحص الحاويات المستخدمة في نقل الوقود النووي.

ثالثًا : الاندماج النووي.

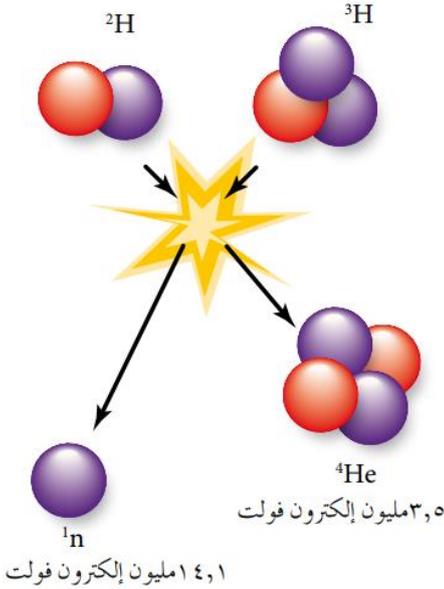
هو تفاعل نووي تتحد فيه نوى خفيفة لتنتج نواة أكبر وينتج عن هذا التفاعل طاقة هائلة تفوق الطاقة الناتجة من الانشطار.
ولكن لحدوث الاندماج النووي يجب توفير حرارة وضغط عاليين وذلك لتكون سرعة النوى المتفاعلة كبيرة لتقترب من بعضها لتتغلب القوة النووية على القوة الكهربائية.

يتم اندماج نواة الديتيريوم ${}^2_1\text{H}$ والتتيريوم ${}^3_1\text{H}$ حسب المعادلة :



*يسمى الاندماج النووي بالاندماج الحراري ؛ وذلك لأن الاندماج النووي يحتاج إلى طاقة حرارية لتتغلب القوة النووية على القوة الكهربائية.
*ويحدث هذا التفاعل في النجوم والقنابل الهيدروجينية.

*القنبلة الهيدروجينية تسمى بالشمس المصغرة ؛ لأن التفاعلات التي تحدث بداخل القنبلة تفاعلات اندماجية كالتي تحدث في الشمس.
*تعد القنبلة الانشطارية فتيل للقنبلة الهيدروجينية ؛ لأن القنبلة الانشطارية تعطي الحرارة والضغط العاليين اللازمة لحدوث الاندماج.



البراء في الفيزياء

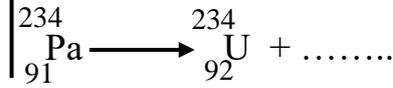
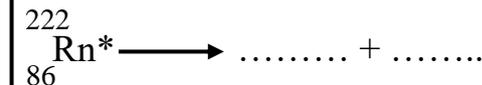
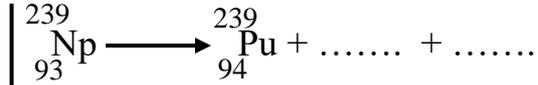
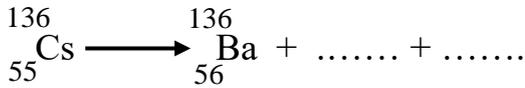
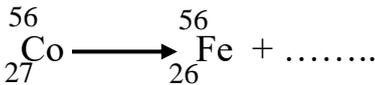
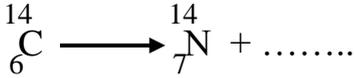
فيزياء الكم

٠٧٨١٤٣١٠٤١

براء جابر

ورقة عمل

سؤال : أكمل المعادلات الآتية :

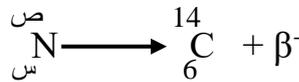
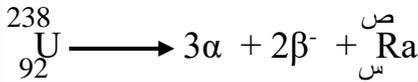


سؤال : احسب طاقة الربط النووية لنواة نظير ${}_{82}^{208}\text{Pb}$. (كالتنوية = ٢٠٦,٣٤ و.ك.ب ، ك ب = ١,٠٠٧٣ ، و.ك.ب ، ك ن = ١,٠٠٠٨ و.ك.ب.)

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

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

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



سؤال : في الشكل المجاور جزءاً من سلسلة الاضمحلال الإشعاعي لليورانيوم (٢٣٨) .

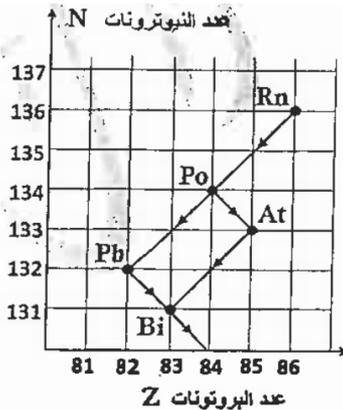
(١) ما عدد جسيمات ألفا وجسيمات بيتا المنبعثة من اضمحلال Rn إلى Bi ؟

(٢) مثل اضمحلال الرصاص Pb إلى Bi بمعادلة نووية موزونة.

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

سؤال : إذا علمت أن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون (١٥,٤ مليون إلكترون فولت)

لنواة النيتروجين ${}_{7}^{14}\text{N}$ ، احسب كتلة نواة النيتروجين.



النهاية

$$\text{س} = 3 \times 10 = 30 \text{ م/ث}$$

$$\text{نق} = 1,2 \times 10^{-12} \text{ م}$$

$$\text{ك ب} = 1,0073 \text{ و.ك.ب}$$

$$\text{ك ن} = 1,0087 \text{ و.ك.ب}$$

$$\text{ك Cu} = 63,546 \text{ و.ك.ب}$$

سؤال : جد ما يلي لنواة النحاس ${}_{29}^{64}\text{Cu}$:

(١) احسب نصف قطر النواة.

(٢) احسب كتلة النواة التقريبية.

(٣) ما العدد الكتلي والعدد الذري للنواة.

(٤) احسب طاقة الربط النووية لكل نيوكليون.

للتوقف عن السؤال أبدأ .