جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار – كلية العلوم
قسم الفيزياء

اسم المادة: الفيزياء العامة

المستوى الدراسي: الدراسات الاولية (البكالوريوس)

المرحلة: الاولى

المحاضرة رقم (10)

اسم المحاضرة: المغناطيسية Magnetism

مدرس المادة

م. احمد مظفر احمد

# المغناطيسية Magnetism

في مدينة مغنيسيا في آسيا الصغرى اكتشفت أجسام تجذب إليها قطع الحديد، سميت هذه الخاصية بالخاصية المغناطيسية وسمى هذا المغناطيس بالمغناطيس الدائم. وهذه الظاهرة عبارة عن قوى تجاذب أو تنافر تنشأ بين قطع من الحديد وأيضا اكتشف العلماء أن الأرض تمثل مغناطيسا كبيرا له قطبان بدليل انه عند تعليق مغناطيس حديدي تعليقا حرا فانه يأخذ وضعا خاص بحيث يشير إلى الشمال والجنوب للأرض ولذلك استغل العلماء هذه الفكرة لصناعة البوصلة التي أصبحت وقتها الدليل لمعرفة الاتجاهات الأصلية.

**معلومات خاصة بالمغناطيس الدائم:**

1- كل مغناطيس مهما كان شكله يحوي قطبين يسمى الأول شماليا (N) والثاني جنوبيا (S).

2-لا يمكن أن يوجد مغناطيس ذو قطب منفرد (الاقطاب المغناطيسية توجد دائما في شكل ازواج ) فاذا قطعت مغناطيس فان كل قطعة ستتكون من قطبين شمالي وجنوبي.

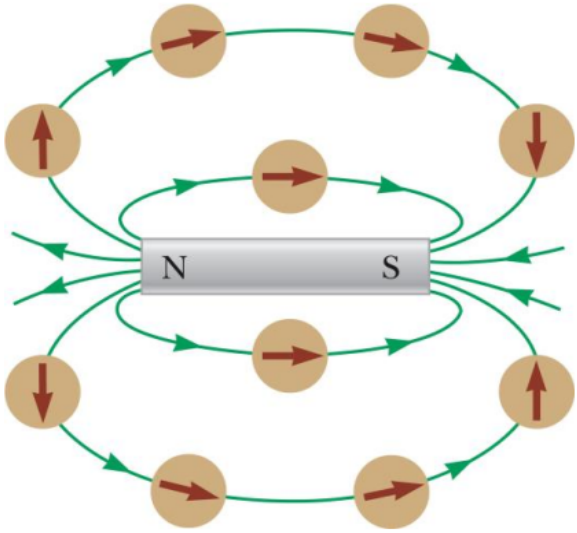
2تتجاذب الاقطاب المختلفة وتتنافر الاقطاب المتشابهة( مثل الشحنات الكهربية)

3- يحيط بالمغناطيس منطقة تسمى بالمجال المغناطيسي وتحتوي على خطوط المجال المغناطيسي

4- وقد يتواجد المغناطيسي كقطعة مستقيمة أو كحدوة الفرس او حرف U وهناك أشكال أخرى

## 1-10 المجال المغناطيسي B (Magnetic Field):

هو المنطقة التي تحيط بالمغناطيس ويظهر فيها تأثيره المغناطيسي . وهوكمية متجهة ويحدد اتجاهها عند نقطة ما باستخدام ابرة البوصلةعند هذه النقطة أو برادة الحديد.




ويسمى المجال المغناطيسي أحيانا بالحث المغناطيسي Magnetic Induction (B) ويرتبط بما يسمى بشدة المجال المغناطيسي Magnetic Field Intensity (H) بالعلاقة

$$\boldsymbol{B = \mu_0 H} \qquad \textbf{(10-1)}$$

حيث $\mu_0$ معامل نفاذية الفراغ (Permeability)

ووحدات القياس الدولية للمجال المغناطيسي B هى تسلا $T = \frac{Wb}{m^2} = \frac{N}{C \cdot (m/s)} = \frac{N}{A \cdot m}$

وتوجد وحدة قياس شائعة هي الجاوس (G) حيث $1\ T = 10^4\ G$

## 2-10 القوة المغناطيسية:

يمكن تعريف المجال المغناطيسي عند أي نقطة من تعريف القوة المغناطيسية $\boldsymbol{F_B}$ التي تؤثر على شحنة اختبار $q$ داخل المجال المغناطيسي وتجعلها تنجرف بسرعة قدرها $v$

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \quad = qvB \sin\theta$$

اتجاه القوة المغناطيسية يكون عموديا على كل من السرعة والمجال المغناطيسي ويمكن استخدام قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة. فإذا تحرك جسم مشحون موازيا لاتجاه المجال فان $\boldsymbol{F_B} = 0$

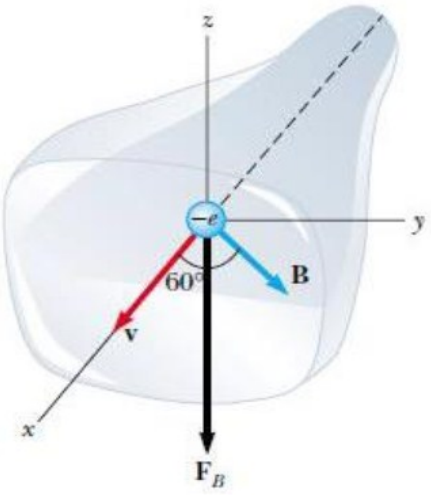
والقوة المغناطيسية المؤثرة على شحنة موجبة تكون في عكس اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على شحنة سالبه تتحرك في نفس الاتجاه.

وفي هذا الجدول الفرق بين القوتين الكهربية والمغناطيسة.

| الكمية | القوة الكهربية | القوة المغناطيسية |
|---|---|---|
| 1- اتجاه القوة | القوة الكهربية موازية للمجال الكهربية Fe // Ee | القوة المغناطيسية عمودية على المجال المغناطيسية $F_B \perp B$ |
| 2- الحركة | القوة الكهربية تعمل على الجسم المشحون سواء كان ساكنا او متحركاً. | القوة المغناطيسية تعمل على الجسم المشحون عندما يتحرك فقط. |
| 3- الشغل | تبذل القوة الكهربية شغلا عند ازاحة جسيم مشحون. | لا تبذل القوة المغناطيسية أي شغل عندما يزاح جسيم مشحون. |

**مثال حركة إلكترون في مجال مغناطيسي**

يتحرك إلكترون في أنبوبة جهاز التليفزيون تجاه مقدمة الأنبوبة بسرعة $8x10^6 m/s$ على المحور السيني وحول عنق الأنبوبة يوجد ملف من السلك ينشئ مجالاً مغناطيسيا مقداره 0.025 T في اتجاه يصنع زاوية $60^0$ مع المحور السيني ويقع في المستوى xy احسب القوة المغناطيسية والعجلة للإلكترون .




**الحل**

مقدار القوة المغناطيسية:

$$F_B = |q| vB \sin\theta = 1.6\times10^{-19} \times 8\times10^{6} \times 0.025 \times \sin 60 \ = 2.8\times10^{-14} N$$

اتجاهها بالاتجاه السالب للمحور z لماذا؟

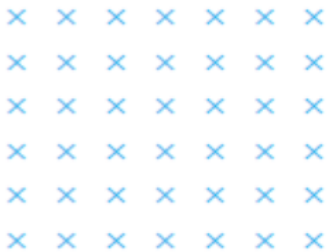
عجلة الالكترون:

$$a = \frac{F_B}{m_e} = \frac{2.8\times10^{-14}}{9.11\times10^{-31}} = 3.1\times10^{16} m/s^2$$

## 3-10 القوة المغناطيسية التي تؤثر على موصل يحمل تيار اً

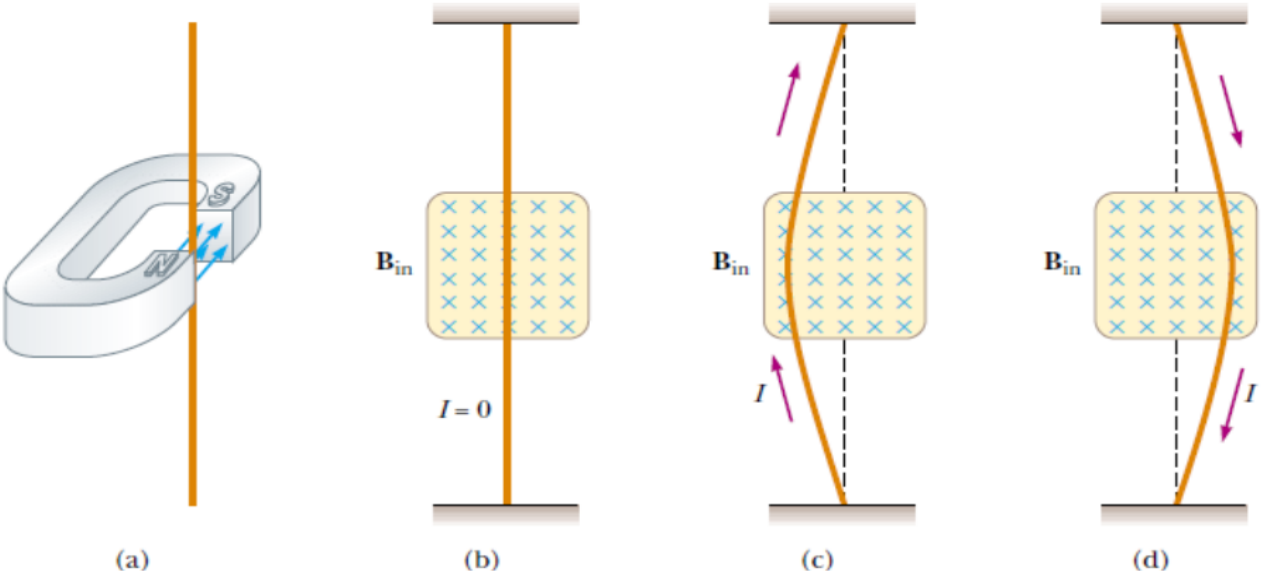
يتكون التيار من مجموعة الجسيمات المشحونة التي تتحرك في السلك والقوة الناتجة عن مجال السلك هي المجموع الاتجاهي للقوى المفردة الناتجة عن كل الشحنات المكونة للتيار

اتجاه المجال المغناطيسي:



المجال المغناطيسي داخل في الورقة $B_{in}$ المجال المغناطيسي خارج من الورقة $B_{out}$

اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك يسري فيه تيار وخاضع المجال مغناطيسي للداخل:

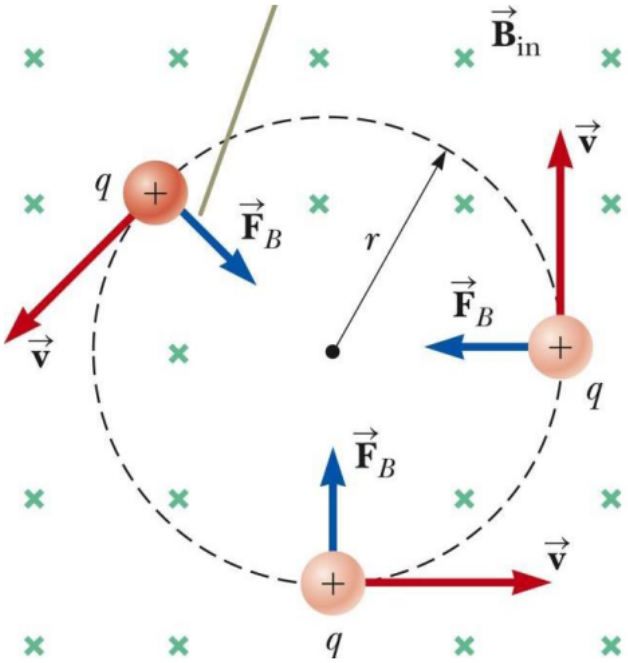



## 4-10 حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم

يتحرك الجسيم في دائرة تقع في مستوى عمودي على المجال المغناطيسي_لماذا؟

يتغير اتجاه سرعة الجسيم_والقوة المغناطيسية باستمرار والقوة المغناطيسية تغير فقط اتجاه سرعة الجسيم وليس مقدارها.

اذا كانت q موجبة يكون الدوران عكس دوران عقارب الساعة واذا كانت q سالبة يكون الدوران مع دوران عقارب الساعة




بمساواة قوة الطرد المركزية مع القوة المغناطيسية $F_B = qvB = \frac{mv^2}{r}$

نحصل على نصف قطر المسار $r = \frac{mv}{qB}$

نصف قطر المسار يتناسب طرديا مع كمية الحركة الخطية وعكسيا مع مقدار الشحنة والمجال المغناطيسي

السرعة الزاوية المطلقة للجسيم: $\omega = \frac{v}{r} = \frac{qB}{m}$

الزمن الدوري لحركة الجسيم T :

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{qB}$$

**مثال (10- 2)**

يتحرك برتون في مدار دائري نصف قطره 14cm في مجال مغناطيسي منتظم 0.35 T أوجد السرعة المطلقة الخطية للبروتون

**الحل**

$$r = \frac{mv}{qB} \qquad \Rightarrow \upsilon = \frac{qBr}{m_p}$$

$$\Rightarrow \upsilon = \frac{1.6\times10^{-19}\times0.35\times14\times10^{-2}}{1.67\times10^{-27}} \qquad = 4.7\times10^{6} m/s$$

استمر العلماء لسنوات طويلة يدرسون المجال المغناطيسي كمجال منفصل تماما عن المجال الكهربي حتى استطاع العالم اورستد (1820م) أن يؤكد العلاقة الوثيقة بين المجالين الكهربي والمغناطيسي عندما اكتشف انحراف إبرة مغناطيسية عندما تقترب من سلك يمر به تيار كهربائي.

## 5-10 قانون بيوت وسافارت (The Biot-Savart law)

بيوت وسافارت هما عالمان استطاعا استنتاج قانون يمكن بواسطته حساب المجال المغناطيسي لأى دائرة كهربية.

نتاج دراسة عملية للمجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربي مار في سلك ويؤثر على إبرة مغناطيسية موضوعة بالجوار. قام العالمين بيوت وسافارت بعدة تجارب لايجاد العلاقة بين التيار المار في سلك والمجال المغناطيسي الناتج عنه عند اي نقطة في الفراغ. وقد توصلوا إلى الحقائق العملية التالية:

عند مرور تيار كهربي (I) في سلك فان الحث المغناطيسي (dB) لعنصر منه طوله ( ds) كما بالرسم هو

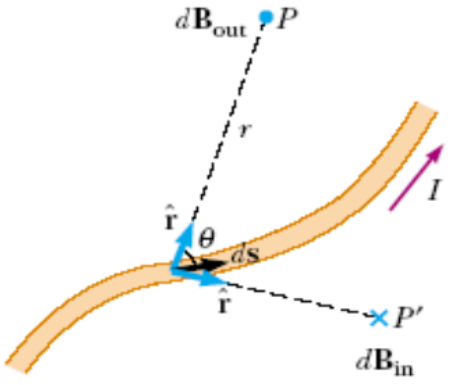
$$dB = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{I.ds.\sin\theta}{r^2}$$

حيث ($K_m$) ثابت التناسب ويساوي

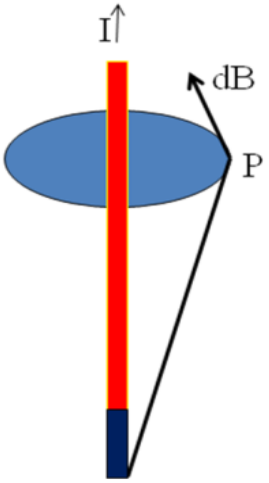
$$\frac{\mu_o}{4\pi} = K_m = 10^{-7}\ Wb/A.m$$

وكمتجه

$$d\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{I\,d\vec{s}\times\hat{r}}{r^2}$$




r



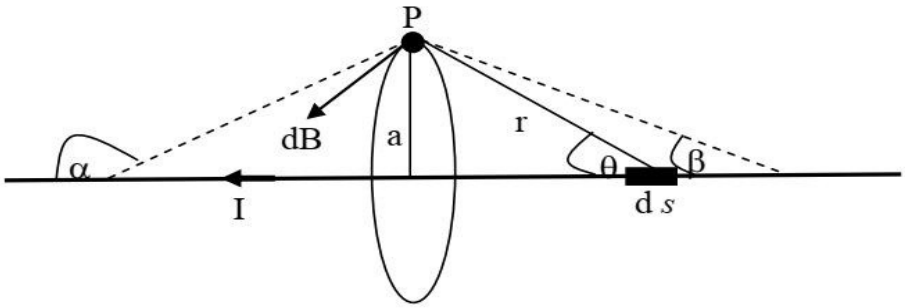
وعند اجراء عملية التكامل للحصول على قيمة المجال المغناطيسي الناتج من السلك كله يكون

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\mathbf{s} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

وهو قانون بيوت سافارت للمجال المغناطيسي الكلي الناتج عن سلك طوله $l$

## 6-10 تطبيقات على قانون بيوت سافارت

### 1- المجال المغناطيسي لموصل مستقيم




لحساب المجال المغناطيسي B الناتج عن مرور تيار كهربي $I$ في سلك رفيع مستقيم عند نقطة تقع خارجة مثل النقطة P نتبع الأتى :

1-نأخذ جزء من السلك طول كل جزء ds وبعد اجراء عملية التكامل على طول السلك فان المجال المغناطيسي عند مسافة $a$ من سلك مستقيم طويل يحمل تيار $I$ هو

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{a} \qquad (10-2)$$

**مثال (10- 3)**

يمر تيار كهربي شدته 5A في موصل طويل. أحسب المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد 10 cm من منتصف السلك.

**الحل**

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{a}$$

$$= \frac{4 \text{ x } 10^{-7}}{2 \ x \ 3.14} \ x \frac{5}{10 \ x \ 10^{-2}}$$

$$= = 10^{-5} \text{ Wb/m}^2$$

**(2) المجال المغنطيسي لموصل دائري يعطى بالعلاقة:**

$$B=\frac{\mu_0}{2}\frac{IN}{a} \qquad (10-4)$$

ويكون B واقع على محور x ، N عدد لفات الملف ، a تمثل نصف قطر الملف

والعزم المغناطيسي لملف يعطى بالعلاقة التالية $P_m = N\,I\,A$ حيثِ A تمثل مساحة الملف

**مثال (10- 4)**

**ملف** دائري عدد لفاته 200 لفة ومتوسط نصف قطره 20 cm ، احسب شدة المجال المغناطيسي في مركز الملف إذا كان التيار المار به 3.5 A ثم احسب المجال المغناطيسي والعزم المغناطيسي.

**الحل**

$$H = \frac{N\ I}{2\ a} = \frac{200\ \ x\ 3.5}{2\ \ x\ 20\ x\ 10^{-2}} = 1.75\ x\ 10^{3}\ \ A/m$$

$$B\ = \mu_o\ \ H = 4\ \pi\ x\ 10^{-7}\ \ x\ 1.75\ x\ 10^{3}\ = 2.2\ x\ 10^{-3}\ Wb/m^2$$

$$P_m\ = N\ \pi\ a^2\ \ I = 200\ x\ 3.14\ \ x\ \left(20\ x\ 10^{-2}\ \right)^2\ \ x\ 3.5$$

$$=\ 88\ A.m^2$$

**(3) المجال المغنطيسي لملف حلزوني:**

1- اذا كانت النقطة P تقع بعيدا عن طرفي الملف فان

$$B=\mu_0\frac{NI}{\ell} \qquad (10-6)$$

2-إذا كانت النقطة P تقع عند احد طرفية وكان الحلزون طويلا

$$B=\frac{\mu_0}{2}\frac{NI}{\ell} \qquad (10-7)$$

**مثال (10- 5)**

ملف حلزوني طويل عدد لفاته 200 لفة في السنتيمتر يحمل تياراً مقداره 1.5 A . احسب شدة المجال المغناطيسي فى منتصفه وعند أطرافه.

**<u>الحل</u>**

شدة المجال فى منتصف الملف تعطى بالمعادلة

$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell} = 4\pi \times 10^{-7} \times 200 \times 10^2 \times 1.5 =$$

أما فى طرفه فإن شدة المجال تعطى بالمعادلة

$$B = \frac{\mu_0}{2} \frac{NI}{\ell} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2} \times 200 \times 10^2 \times 1.5 =$$

### 7-10 الفيض المغناطيسي Φ Magnetic Flux

عندما يكون المجال المغناطيسي B منتظم وعمودي على سطح منتظم مساحته A فان:

$$\Phi = B\,A \qquad (10\text{-}8)$$

φ تعرف بالفيض المغناطيسي (Magnetic Flux) والذى يعرف بعدد خطوط الفيض التى تنفذ عموديا خلال سطح ما مساحتة A ويقاس الفيض المغناطيسي بوحدة الويبر Wb

وإذا كان العمودي على السطح يصنع زاوية مقدارها θ مع اتجاه خطوط القوى فإن المعادلة 2 تصبح على الشكل التالي

$$\Phi = B\,A\cos\theta \qquad (10\text{-}9)$$

فإذا كان السطح غير منتظم الشكل فيمكن تقسيمه إلى أسطح صغيرة مساحة كل سطح dA والمعادلة 2 تصبح

$$\Phi = B\cos\theta\ dA \qquad (10\text{-}10)$$

الفيض المغناطيسي الكلي خلال أي سطح مغلق يكون دائما صفرا. لانه لا توجد أقطاب منفردة

$$\oint B.dA = 0$$

References:


1- Physics for Scientists and Engineers (with PhysicsNOW and InfoTrac), Raymond A. Serway - Emeritus, James Madison University , Thomson Brooks/Cole © 2004, 6th Edition, 1296 pages.

2- مبادئ الفيزياء العامة، د. عقيل مهدي كاظم، الطبعة الأولى، 2009

3- محاضرات فيزياء عامة، الدكتور عبدالحي صلاح، جامعة الملك سعود

http://faculty.ksu.edu.sa/AbdelhaySalah/Arabic/Documents/Forms/AllItems.aspx

4- محاضرات فيزياء عامة 102 للدكتور محمد مرسي،

http://faculty.ksu.edu.sa/elmorsy/Pages/102physics.aspx