المحور : الدارات المغناطيسية و آلة التيار المستمر

الدرس : الأول

الحقل المغناطيسي

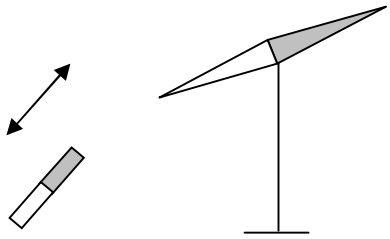
تمهيد :

لاشك أن الجميع قد لاحظ انجذاب القطع الحديدية إلى قطبي مغناطيس كما سبق أن شاهدنا التنافر الذي يحدث بين قطبين متماثلين لمغناطيسين و أن التيار الكهربائي الذي يمر في ناقل معين يولد حوله حقلا مغناطيسيا يظهر تأثيره جليا في انحراف إبرة مغناطيس موجود بالقرب منه.

- كيف يستبدل البحارة في البحر وجهتهم باستعمال البوصلة ؟ و كيف يتابع الطيارون في الفضاء مساراتهم المحددة ؟
- لماذا تتجه البوصلة دوما جهة الشمال ؟ و هل الشمال المغناطيسي هو نفسه الشمال الجغرافي ؟
- هل الأرض موجودة في حقل مغناطيسي أم هي بذاتها عبارة عن مغناطيس ؟

1 - مفهوم الحقل المغناطيسي :

1-1 : وجود الحقل المغناطيسي :



النشاط الأول :

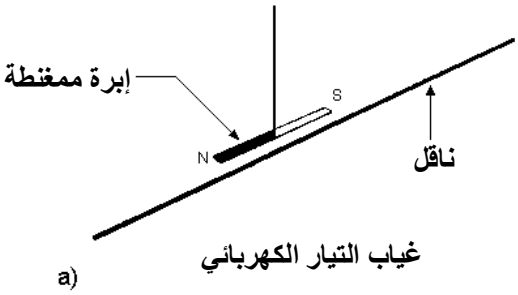
نقرب من إبرة مغناطيسية (حرة الحركة) و مستقرة قضيبا مغناطيسيا.

ماذا نلاحظ ؟

نلاحظ أن الإبرة تتحرك و تدور حول محورها محاولة الاقتراب من المغناطيس .

نتيجة :

المغناطيس قد ولد في منطقة الفضاء المحيط به حقلا مغناطيسيا تؤثر فيه قوة مغناطيسية على الإبرة الموجودة بهذه المنطقة.

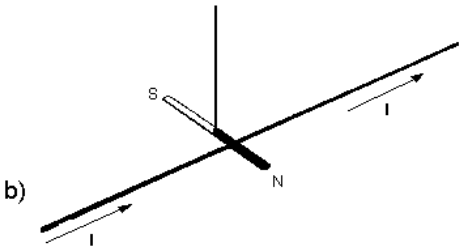


النشاط الثاني :

نجعل تيارا كهربائيا يجتاز سلكا ناقلا موازيا لمحور إبرة مغناطيسية بعد استقرارها بحيث تكون حرة الحركة حول محورها.

ماذا نلاحظ ؟

نلاحظ انحراف هذه الإبرة في جهة معينة و بعد عكس اتجاه التيار تنحرف الإبرة في الاتجاه المعاكس.



نتيجة :

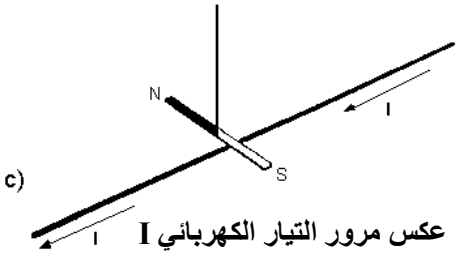
التيار الكهربائي قد ولد حقلا مغناطيسيا في منطقة الفضاء المحيط بهذه الإبرة يسمى : " حقل التيار "

النشاط الثالث :

نضع إبرة مغناطيسية فوق قطعة من الفلين تسبح على سطح الماء و نتركها حرة.

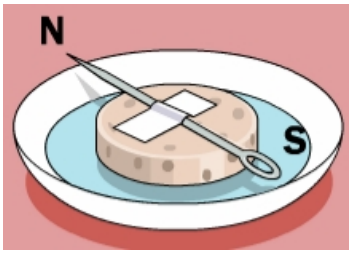
ماذا نلاحظ ؟

نلاحظ أن قطعة الفلين تدور بزاوية معينة حتى يصبح المغناطيس في اتجاه الشمال و تستقر في هذه الوضعية.



نتيجة :

نقول أنه يوجد حول الأرض حقل مغناطيسي نسمى " الحقل المغناطيسي الأرضي "



خلاصة :

مصادر الحقل المغناطيسي هي الأرض و المغانط المختلفة و التيارات الكهربائية .

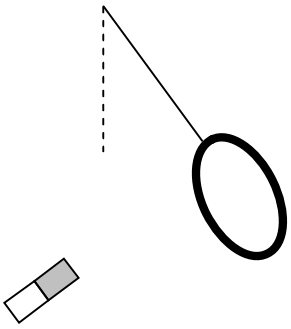
2-1 : التماثل (مغناطيس – وشيعة) :

النشاط الأول :

نجعل وشيعة دائرية خفيفة قابلة للدوران حول سلك تعليقها و نمرر بها تيارا كهربائيا .

ماذا نلاحظ ؟

نلاحظ أن الوشيعة تأخذ بالدوران في جهة معينة و تستقر في وضعية يواجه فيها أحد وجهيها الشمال الجغرافي.



نتيجة :

الوشيعة أصبحت مغناطيس لها وجهين واحد شمالي و الآخر جنوبي .

النشاط الثاني :

نقرب الآن القطب الشمالي لمغناطيس من الوجه الشمالي لوشيعة يجتازها تيار.

ماذا نلاحظ ؟

نلاحظ أن الوشيعة تنحرف مبتعدة عن هذا القطب.

وعندما نقرب القطب الجنوبي للمغناطيس من وجهها الشمالي نلاحظ حدوث تجاذب بينهما.

نتيجة :

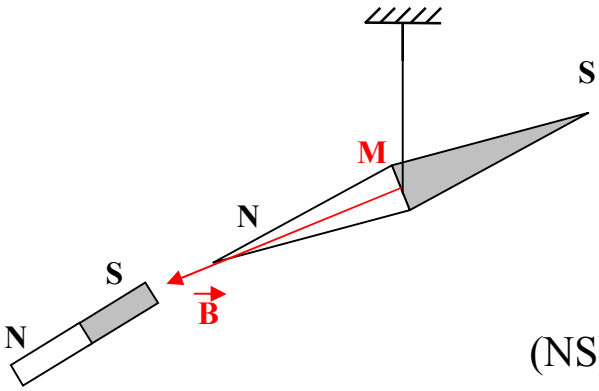
تتفاعل الوشائع و المغانط فيما بينها بحيث تتدافع الأقطاب المتماثلة و تتجاذب إن كانت غير متماثلة.

2- مميزات الحقل المغناطيسي

2-1 : شعاع الحقل المغناطيسي :

نشاط :

نعلق إبرة مغناطيسية بخيط و عندما يستقر نقرب منها قطب مغناطيس كما يبين الشكل المقابل.



ماذا نلاحظ ؟

نلاحظ أن الإبرة تستقر على استقامة محور المغناطيس (NS)

نتيجة :

الإبرة المغناطيسية قد تأثرت بالحقل المغناطيسي المتولد بواسطة هذا المغناطيس و هذا الحقل يتميز ع النقطة M التي تستقر فيها الإبرة بشعاع $\vec{B}$ ندعوه شعاع الحقل المغناطيسي بحيث يكون :

- ❖ نقطة تطبيقه هي النقطة M
- ❖ حامله هو المستقيم (N S) الموجه من القطب الجنوبي نحو القطب الشمالي للإبرة المغناطيسية الموضوعة عند النقطة M .

اصطلاح :

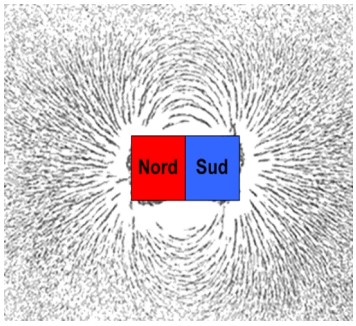
عندما يكون شعاع الحقل المغناطيسي عموديا على مستوى الشكل فإننا نستعمل الرمزين التاليين :

$\vec{B}$ ⊗ عندما يكون الشعاع داخلا ، $\vec{B}$ ⊙ عندما يكون الشعاع خارجا

تعلم :

- تقاس شدة الحقل المغناطيسي في نقطة كيفية M من هذا الحقل باستعمال جهاز التسلامتر (Tesla mètre)
- تتراوح قيمة الحقل المغناطيسي المتولد بجوار مغناطيس عادي بين 1mT و 0.5T في حين تتراوح قيمة الحقل المغناطيسي الأرضي بين القيمتين 25 µT و 70µT . مما يبين أن الحقل المغناطيسي الأرضي يكون ضعيفا أمام الحقل الناشئ عن مغناطيس .

2-2 : خطوط الحقل المغناطيسي :

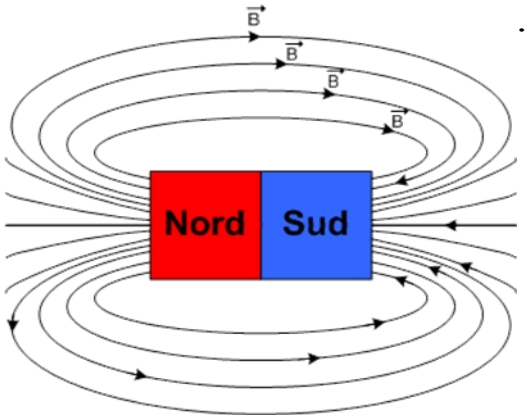


نشاط :

ننثر برادة الحديد على قطعة من الورق المقوى موجود فوق مغناطيس .

ماذا نلاحظ ؟

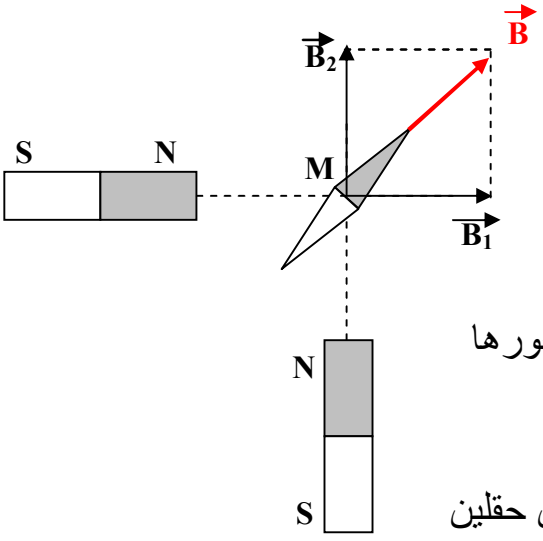
نلاحظ في الحال أن برادة الحديد تأخذ أوضاعا خاصة فوق هذه الورقة نتيجة وجود حقل مغناطيسي بهذه المنطقة ، مشكلة منحنيات تشبه الأطياف الكهربائية في الكهرباء الساكنة ، و هذه الخطوط نسميها خطوط الحقل المغناطيسي ، و مجموع هذه الخطوط يمثل الطيف المغناطيسي .



نستطيع أن نميز الحقل المغناطيسي في كل نقطة من نقاطه بمقدار شعاعي نسميه : شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$.

هذا الشعاع يمس في كل نقطة خط الحقل المغناطيسي و يكون لهما نفس الجهة و لتعيين منحى شعاع الحقل المغناطيسي و جهته يكفي أن نضع إبرة مغناطيسية حرة الحركة في نقطة من نقاطه فتتوجه مماسيا لخط الحقل المغناطيسي و تكون جهة الشعاع $\vec{B}$ هي نفسها جهة الشعاع $\overrightarrow{SN}$.

3-2 : تراكب الحقول المغناطيسية :



نشاط :

نضع مغناطيسين متماثلين على طاولة بالقرب من بعضهما بحيث يتعامد محوراهما كما يبين الشكل المقابل ثم نضع بينهما و على نفس البعد إبرة مغناطيسية قابلة للدوران حول محورها.

ماذا تلاحظ ؟

نلاحظ أن هذه الإبرة تدور و تستقر في وضعية يصنع فيها محورها زاويتين متماثلتين (45°) مع محوري المغناطيسين.

تفسير الظاهرة :

في النقطة M مكان وجود الإبرة المغناطيسية يولد المغناطيسين حقلين $\vec{B_1}$ و $\vec{B_2}$ بحيث تتأثر الإبرة المغناطيسية بالحقل الكلي الناشئ عن الحقلين المذكورين معا و تستقر بحيث ينطبق محورها على حامل الحقل الكلي $\vec{B}$.

$$\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$$

تمرين تطبيقي :

يولد مغناطيس في نقطة M حقلين مغناطيسين شدة كل منهما هي : $B_1 = 0.3T$, $B_2 = 0.4T$ على الترتيب بحيث يكون محورا المغناطسين متعامدين .

أوجد شدة و اتجاه الحقل المغناطيسي الكلي B عند النقطة المذكورة في الحالتين التاليتين :

- قطبا المغناطيسين المؤثران متماثلين.
- قطبا المغناطيسين المؤثران مختلفين .

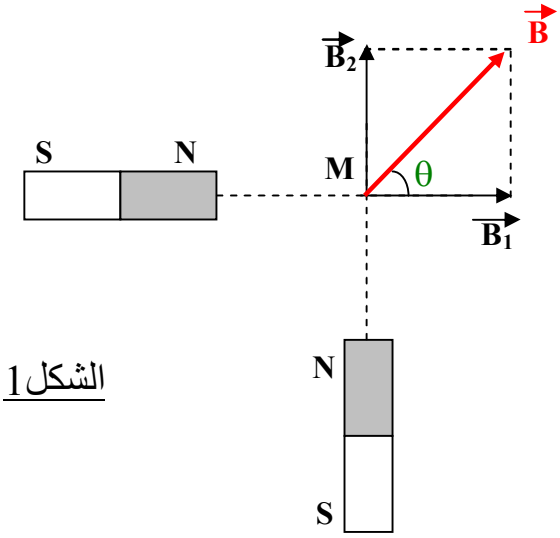
الحل :

الحقل المغناطيسي عند النقطة M :

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$$

1) الحالة الأولى :

القطبان المؤثران متماثلان (N, N) مثلا :



الشكل1

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(0.3)^2 + (0.4)^2} = 0.5T$$

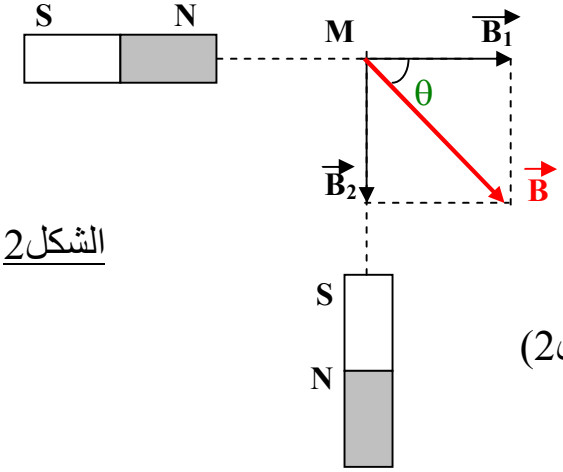
يتعين الاتجاه بالزاوية θ (الشكل 1) حيث :

$$Tg\ \theta = \frac{B_2}{B_1} = \frac{0.4}{0.3}$$

و منه نجد $\theta = 53°$

2) الحالة الثانية :

القطبان المؤثران مختلفان (S , N) :



الشكل2

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(0.3)^2 + (0.4)^2} = 0.5T$$

و تكون أيضا $\theta = 53°$ و لكن في الاتجاه المبين في (الشكل2)

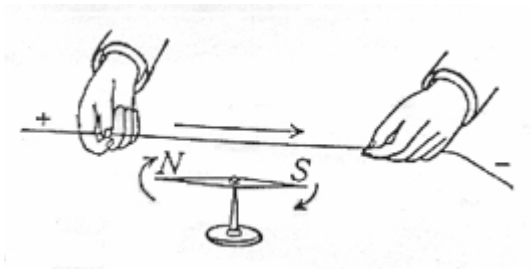
3- الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار .

" أورستد "Oersted":

أورستد (1791 – 1867) فيزيائي دانيماركي بين بتجربته الشهيرة سنة 1820 وجود علاقة بين المغناطيسية و الكهرباء. فبينما هو بصدد دراسة التبدد الحراري لتيار كهربائي مستمر يجتاز ناقل معدني اكتشف بالصدفة بأن التيار الكهربائي يغير اتجاه بوصلة موضوعة بالقرب من الناقل فكانت النظرية التالية.

3-1 : تجربة أورستد :

نشاط :



نجعل إبرة مغناطيسية قابلة للدوران حول محورها تستقر فوق طاولة أفقية بالقرب من سلك نحاسي ناقل للتيار بحيث يكون هذا السلك موازيا لمحور الإبرة دون أن يلامسها و نمرر به تيارا كهربائيا مستمرا.

ماذا تلاحظ ؟

نلاحظ انحراف الإبرة المغناطيسية في جهة معينة.

ماذا يحدث لو نعكس اتجاه التيار ؟

نلاحظ انحراف الإبرة المغناطيسية و لكن في الجهة العكسية للجهة السابقة.

نتيجة :

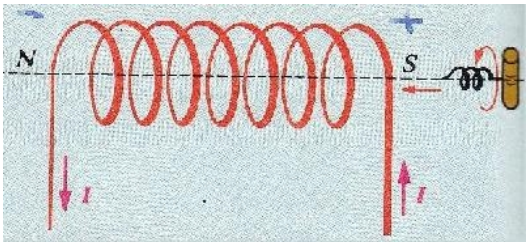
كل ناقل كهربائي يجتازه تيار يولد حوله حقلا مغناطيسيا تتعلق جهته و شدته بجهة و شدة التيار المار

و تعطى جهة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار بقاعدة ماكسوال أو قاعدة إنسان أمبير .

قاعدة ماكسوال

Maxwell (1831 – 1879)

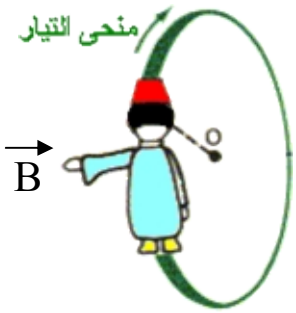
تدور ساحبة سدادة الفلين في جهة التيار وتتقدم في جهة الحقل المغناطيسي المتولد .



قاعدة رجل أمبير

Ampère (1775 – 1836)

يدخل التيار من رجلي رجل أمبير المستلقي على الناقل و يخرج من رأسه و هو يشير بيده اليسرى إلى جهة الحقل المغناطيسي المتولد.



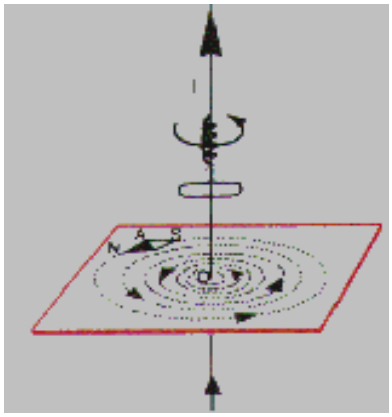
3-2 : حقل تيار مستقيم :

نشاط :

نأخذ ناقلا شاقوليا و نجعله يخترق قطعة من الورق المقوى و ننثر فوقها برادة الحديد ثم نمرر تيارا كهربائيا في هذا الناقل.

ماذا تلاحظ ؟

نلاحظ أن برادة الحديد ترسم على الورقة خطوط الحقل المتولد عن التيار على شكل دوائر متمركزة حول الناقل.



نتيجة :

تعين جهة الحقل باستعمال رجل أمبير و تعطى شدته في نقطة N بالعلاقة التالية :

$$B = 2 . 10^{-7} . \frac{I}{d}$$

حيث :

B : شدة الحقل المغناطيسي في النقطة N [T]

I : شدة التيار الكهربائي المارة في الناقل [A] .

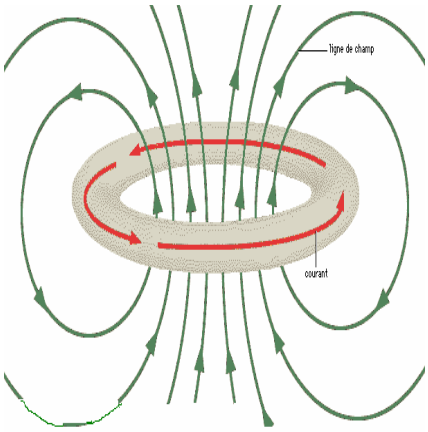
d : المسافة بين النقطة N و الناقل [m].

$\mu_0=2.10^{-7}$: نفاذية الفراغ وحدتها [H/m]

3-3 : حقل تيار دائري :

لتكن وشيعة مسطحة ونمرر تيار في هده الوشيعة فانه ينتج في النقطة O مركز اللفة تحريضا مغناطيسيا B ويكون:

- منحى B عمودي على مستوى اللفة.
- يعطى اتجاه B بقاعدة رجل أمبير.



وفي مركز الحقل يعطى التحريض B بالعلاقة التالية:

$$B = 2\pi . 10^{-7} . \frac{I.N}{r}$$

حيث :

B : شدة الحقل المغناطيسي في النقطة N [T]

I : شدة التيار الكهربائي المارة في الناقل [A] .

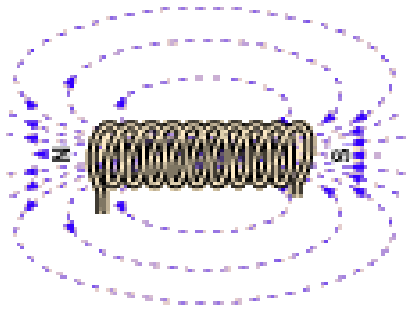
r : نصف قطر اللفة [m].

N : عدد لفات الوشيعة .

4-3 : حقل تيار حلزوني :

نلف سلكا ناقلا على أسطوانة نحصل على شكل حلزوني و نمرر فيها تيارا كهربائيا فنلاحظ خطوط الطيف كما يلي :

* في المنطقة المركزية تكون خطوط مستقيمة متوازية (حقل منتظم).
* في المنطقة الخارجية تكون بشكل منحنيات تخرج من الوجه الشمالي و تدخل من الجنوبي .



تعطى شدة الحقل المغناطيسي في مركز الحلزونية غير محدودة الطول يحتوي المتر الواحد منها على n لفة بالعلاقة التالية :

$$B = \mu_0 \, n \, I$$

حيث :

$$n = \frac{N}{I} \quad ; \quad \mu_0 = 4\pi.10^{-7}$$

N : عدد اللفات الكلية

I : طول الوشيعة.

μ_0 : نفاذية (سماحية) الفراغ

تمرين تطبيقي :

نلف على أسطوانة طويلة سلكا ناقلا معزولا بحيث نحصل في النهاية على 5 (خمس) طبقات متلاصقة على طول الأسطوانة.

أحسب شدة الحقل المغناطيسي المتشكل في مركز الحلزونية هذه عندما يجتازها تيارا شدته 10A علما أن قطر السلك هو 1mm .

الحل :

تعطى شدة الحقل المغناطيسي في مركز الحلزونية بالعلاقة : $B = \mu_0 \, n \, I$

و يكون عدد الحلقات الموجودة في متر واحد من كل طبقة هو : $\frac{1}{r}$ أي :

$$n = \frac{1}{0.001} = 1000$$

عدد الحلقات في المتر الواحد من الحلزونية : $n_1 = 5 \, . \, 1000 = 5000$

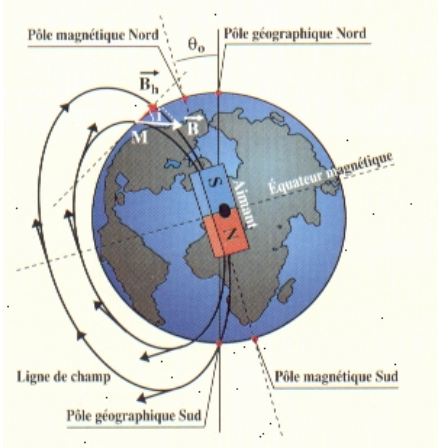
و منه يكون :

$$B = 4\pi.10^{-7}.5000.10 = 62.8.10^{-3}\text{T}$$

4- الحقل المغناطيسي الأرضي :

لو نضع إبرة مغناطيسية حرة الحركة فإنها تستقر في وضع يتجه فيه الشعاع $\overrightarrow{SN}$ صوب الشمال الجغرافي و هي متجهة بذلك صوب الأرض بوضوح. مما يدل على وجود حقل مغناطيسي أرضي $\overrightarrow{B}$ يكون منتظما في المكان الجغرافي الواحد.

فالأرض عبارة عن مغناطيس كبير مستقطب به قطب شمالي و قطب جنوبي كما في الشكل المرفق.



4-1 : مميزات الحقل المغناطيسي الأرضي :

تحدد الإبرة المغناطيسية المتوازنة في الحقل المغناطيسي الأرضي منحى و جهة الشعاع $\vec{B}$ في النقطة M مركز الإبرة. نعرف ما يلي :

✓ مستوى الزوال المغناطيسي :

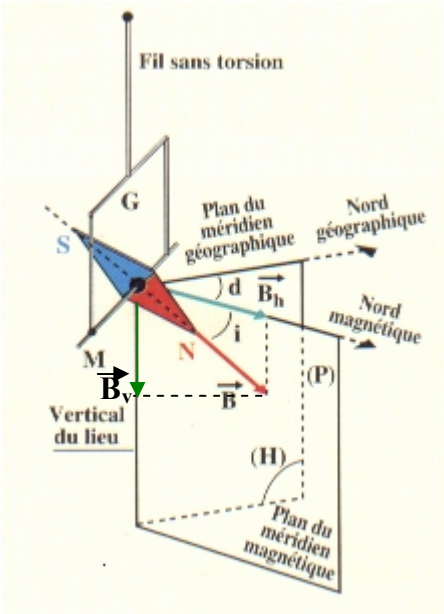
المستوى الشاقولي الذي يحتوي على شعاع الحقل $\vec{B}$.

✓ مستوى الزوال الجغرافي :

هو المستوى الشاقولي الذي يشمل النقطة M و يمر بالقطب الشمالي الجغرافي.

✓ الانحراف :

هو الزاوية d التي يصنعها مستوى الزوال المغناطيسي مع مستوى الزوال الجغرافي و يكون الانحراف إما غربيا أو شرقيا حسب توجه الشمال المغناطيسي غربا أو شرقا.



المركبة الأفقية $\vec{B}_h$ لشعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ تكون محمولة على المستقيم الأفقي المار بالنقطة M و الواقع في مستوى الزوال المغناطيسي و يحدد الشعاع $\vec{B}_h$ الشمال المغناطيسي .

أما المركبة الشاقولية $\vec{B}_v$ فتقع على شاقول النقطة M و يكون :

$$\vec{B} = \vec{B}_h + \vec{B}_v$$

✓ الميل :

هو الزاوية i التي يصنعها الشعاع $\vec{B}$ مع المستوى الأفقي .

4-2 : تغيرات الحقل المغناطيسي الأرضي :

إن مميزات شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي تتغير بتغير المكان و الزمان و كذلك تتغير كل من زاويتي الميل و الانحراف.

4-3 : البوصلة :

تستعمل البوصلة للتوجه على سطح الأرض و لكن عندما نريد تحديد اتجاه الشمال الجغرافي ينبغي القيام بالتصحيح الموافق للانحراف حيث يحدد وضع توازن الإبرة الشعاع $\overrightarrow{SN}$ الذي يكون له نفس حامل و جهة الشعاع $\vec{B}_h$ أي القطب الشمالي للإبرة يشير إلى جهة الشمال المغناطيسي.