الظواهر الكهربائية
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مقدمة

سبق للإغريق القدماء أن شاهدوا الظواهر الكهربائية والمغناطيسية منذ العام 600 ق.م. عند ملاحظتهم أن "العنبر" (Ambre) المدلك يجذب التبن، و اكتشفهم أن معدنا يسمى "منيتيت" (Fe_3O_4 أكسيد الحديد Magnétite :) يجذب الحديد. لذلك أطلقوا اسم الكهرباء (électricité) للظاهرة الأولى المشتق من كلمة (électron : اسم العنبر بالإغريقية)، أما كلمة (magnétisme) مغناطيسية المطلق على الظاهرة الثانية فهو راجع لمنطقة مغنيزيا (Magnésie) في آسيا الوسطى (تركيا حاليا) أين اكتشف الحدد.

تطورت الكهرباء والمغناطيسية كعلمين منفصلين تماما منذ زمن طويل انطلاقا من هذين المنبعين البسيطين.

ويعود الفضل للعالم الدنماركي أرستيد (1777 Oersted–1851) الذي اكتشف أن هذين العلمان مترابطان فعلا، لما برهن في 1820 أن للتيار الكهربائي أثر مغناطيسي.

أما بروز الكهرومغناطيسية كعلم جديد فيرجع لأعمال العالم الانجليزي ميخائيل فارداي (Michael Faraday 1771–1867) و الفرنسي أندري – ماري أمبير (André Marie Ampère 1775–1836).

و توصل العالم السكوتلندي جيمس كليرك ماكسوال (James Clerk Maxwell 1831–1879) في عام 1873 إلى بناء الإطار النظري للكهرومغناطيسية ووضع قوانينه الأساسية المعروفة بقوانين ماكسوال.

تلعب هذه القوانين في الكهرومغناطيسية نفس الدور الذي تلعبه قوانين نيوتن (Newton) في الميكانيك الكلاسيكية.

في 1888 تحقق العالم الالماني هنريش هرتز (Heinrich hertz 1857–1894) من تنبؤات ماكسوال بإصداره لأمواج كهرومغناطيسية في المخبر،وهذا التحقيق يعتبر منطلقا لتطورات وتطبيقات مهمة جدا مثل الراديو والتلفزيون.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الوحدة الأولى

1

مفهوم الحقل المغناطيسي

الكفاءات المستهدفة:

- يعرف الطابع الشعاعي للحقل المغناطيسي ويمثله.
- يقدر رتبة قيم بعض الحقول المغناطيسية
- يوظف المغناطيسية في الحياة اليومية

■ كيف تفسر توجه البوصلات على كوكب الأرض؟

مفهوم الحقل المغناطيسي

1 – مشاهدات أولية : تذكيرحول المغانط

1 – 1 – تعريف المغناطيس

■ الشكل 1 –أ

– المغناطيس هو كل جسم يمتاز بخاصّية جذب برادة الحديد ويجذب أيضا الحديد والفولاذ والنيكل والكوبالت وكل السبائك التي تحتوي أحد هذه المعادن.

– يمتاز المغناطيس مهما كان شكله (الشكل1أ) بمنطقتين تتمركز فيها برادة الحديد عند تقريبه منها، نسمّي هاتين المنطقتين: قطبا المغناطيس، (الشكل1ب).

1 – 2 – المغانط الدائمة والمغانط المؤقتة

■ الشكل 1 –ب

– المغناطيس الدائم هوكل جسم يمتلك خاصية المغانط (جذب برادة الحديد) ويحافظ عليها.

– المغناطيس المؤقت هو كل جسم يكتسب خاصّية المغانط في ظروف معينة أو تحت تأثير مغناطيس دائم ويفقد هذه الخاصية عند غياب هذه الظروف أو زوال التأثير.

1 – 3 – قطبا المغناطيس

نشاط : للمغناطيس قطبان مختلفان

– خذ مغناطيسين متماثلين وتأكد من مغنطتهما.

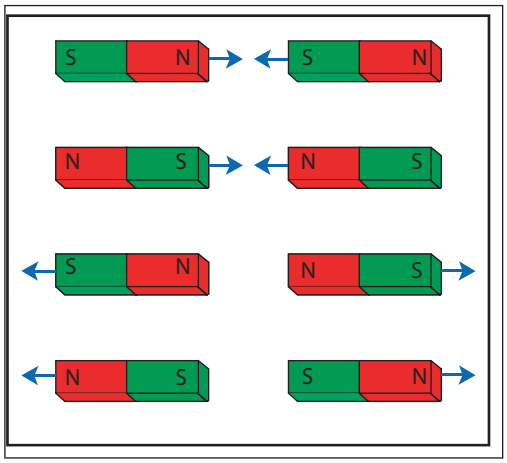
– حدّد منطقتي القطبين في كل مغناطيس وعلّمهما بعلامتين لتمييزهما.

– قرّب أحد قطبي المغناطيس الأول من مسمار حديدي، ماذا تلاحظ؟

– ثمّ قم بتقريب القطب الآخر من المسمار، ماذا تلاحظ؟

– أعد العمليتين باستعمال المغناطيس الثاني.

– قرّب الآن أحد قطبي المغناطيس الأول من أحد قطبي المغناطيس الثاني، ماذا تلاحظ؟ (الشكل2)



■ الشكل 2

– اقلب المغناطيس الأول وقربه ثانية، ماذا يحدث؟

– اقلب المغناطيس الثاني ثم أعد العملية؟ ماذا تلاحظ؟

– خذ الآن مجموعة من المغانط المختلفة وحدّد قطبي كلا منها ثم أعد العمليات السابقة باستعمال هذه المغانط مثنى مثنى.

– اقترح وسيلة (علامة) تميز بها نوعية قطبي هذه المغانط.

– صف كل هذه العمليات في فقرة قصيرة معبرا عن ملاحظاتك برسومات توضيحية.

استنتج بإكمال الفراغات :

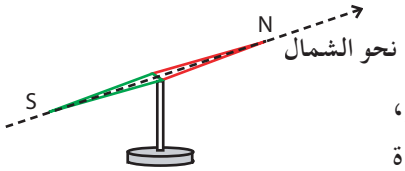
للمغناطيس قطبان ..... برادة الحديد والمواد الحديدية بنفس ..... ، لكن نلاحظ أن أحد ..... المغناطيس الأول ..... أحد قطبي المغناطيس الثاني عند ..... منه وينفر القطب ..... إذا قرب منه. ويحدث ..... عند ..... المغناطيس الأول.

مفهوم الحقل المغناطيسي

نستنتج أن للمغانط ..... من نوعين ..... ، حيث أن قطبين من ..... النوع يتنافران وقطبين من نوعين ..... يتجاذبان.

1 – 4 – تعيين قطبي المغناطيس

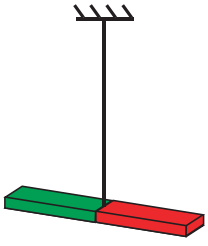
أ– تذكير حول البوصلة



■ الشكل 3

تعلم أن البوصلة عبارة عن إبرة فولاذية ممغنطة يمكنها الدوران حول محور، تستعمل لتحديد اتجاه الشمال (الشكل3). عندما تكون البوصلة بعيدة عن التأثيرات المغناطيسية، مثل مغناطيس بجوارها أوقطعة حديدية، فإن الإبرة تأخذ وضعا موازيا تقريبا للخط الجغرافي « شمال – جنوب »، لذا اصطلح تسمية قطبها الموجه نحوالشمال بالقطب الشمالي N للبوصلة والآخر قطبها الجنوبي S.

ب – كيف نعين قطبي المغناطيس؟


■ الشكل 4

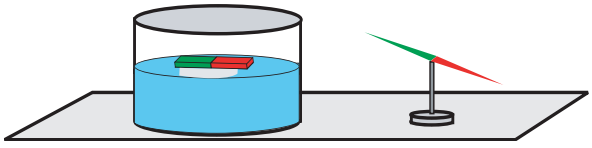
خذ قضيبا مغناطيسيا وعلقه بواسطة خيط مثبت في منتصفه بحيث يمكث في وضع أفقي تقريبا وانتظر إلى أن يستقرّ (الشكل4).

– لاحظ الوضع الذي يستقرّ فيه القضيب.

– خذ قضيبا مغناطيسيا آخر وضعه فوق قطعة من البوليستيران أوالفلّين ثم ضع الكل يطفوعلى سطح الماء في حوض واسع بحيث لا يلامس التركيب جدران الحوض وانتظر إلى أن يستقرّ(الشكل5). ماذا تلاحظ؟

– قارن وضعيتي استقرار القضيبين. ماذا تلاحظ؟

– أحظر بوصلة وقارن وضع استقرارها مع وضعي القضيبين. ماذا تستنتج؟


■ الشكل 5

– خذ القضيبين السابقين وحدّد لكل منهما القطب الذي يتنافر مع قطب القضيب الآخر.

2. مفهوم الحقل المغناطيسي

2 – 1 – تعريف الحقل المغناطيسي

الحقل المغناطيسي هو مجموعة الخصائص المغناطيسية التي تمتاز بها كل نقطة من نقاط الفضاء بحيث تتجلى هذه الخصائص في تأثير ميكانيكي على بوصلة توضع في نقطة ما منه.

نشاط

– ضع ثلاث أوأربع بوصلات متباعدة عن بعضها في أماكن مختلفة كيفية وبعيدة عن كل تأثير مغناطيسي خارجي (قطع حديدية، مغانط، ....). لماذا؟ لاحظ أوضاع هذه البوصلات. ماذا تستنتج؟

– أحظر قضيبا مغناطيسيا وضعه بجوارها. ماذا تلاحظ؟ غير أوضاع البوصلات حول المغناطيس. لاحظ الأوضاع التي تستقر فيها ومثل برسم وضعية القضيب والبوصلات في عدة نقاط من حوله.

– أقلب القضيب المغناطيسي ماذا يحدث؟ غير أوضاع القضيب المغناطيسي بإبعاده ثم تقريبه من البوصلات. ماذا تلاحظ؟

أعد التجارب السابقة باستعمال مغانط مختلفة (على شكل حرف U، دائري، حذوة فرس....).

مفهوم الحقل المغناطيسي

استنتج بإكمال الفراغات :

يُحدث المغناطيس ..... في خصائص ..... حيث تظهر في كل نقاطه ..... مغناطيسية..... . نكشف عن هذه .....
في نقطة من الفضاء ..... بوصلة فيها وملاحظة ..... الذي تخضع له. نقول أن القضيب .... حقلا ..... في الفضاء.

2 – 2 – الطيف المغناطسي وخطوط الحقل

نشاط

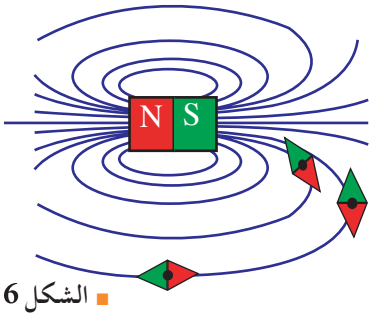
– ضع قضيبا مغناطيسيا تحت ورق شفاف أو ورق مقوى
– ذر كمية من برادة الحديد حول موضع المغناطيس ثم انقر على الورقة بلطف، ماذا تلاحظ؟
كيف تتوزع حبيبات البرادة حول المغناطيس؟ مثل برسم توزيع البرادة على الورقة. هل تشكل أشكالا مميزة؟
– خذ إبرة ممغنطة صغيرة وضعها في مختلف نقاط الطيف ولاحظ الأوضاع التي تستقر فيها.
حاول تجويلها وفق أحد الخطوط المتشكلة، ماذا تلاحظ؟ قارن اتجاهها بالنسبة لقطبية المغناطيس مركِّزا ملاحظاتك على وضعها بالنسبة للخط واتجاهها.
– اعد نفس خطوات التجربة باستعمال مغناطيس على شكل الحرف U وأجب على نفس الأسئلة.
– اعد التجربة باستعمال مغانط أخرى مختلفة الشكل والحجم.
صف في فقرة قصيرة كل هذه الأشكال مستعينا برسومات توضيحية.

استنتج بإكمال الفراغات :

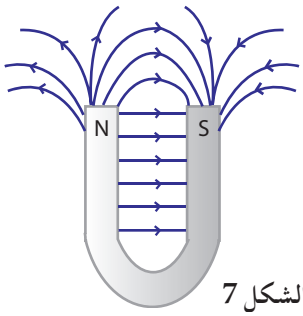
عند بذر ..... الحديد على سطح يحتوي تحته .....، نلاحظ ..... حبيبات البرادة وفق ..... وهمية تربط بين ..... مكونة ما نسميه: الطيف المغناطيسي كما نسمي الخطوط المتشكلة في الطيف خطوط الحقل المغناطيسي.
من مميزات هذه الخطوط ..... بوصلة صغيرة، موضوعة في إحدى .....، في وضع ..... للخط المار من ..... النقطة. عند ..... موضع البوصلة على ..... الخط ..... هذه الأخيرة ..... مماسية له محافظة على نفس ..... بحيث يبقى ..... دائما موجه نحو ..... المغناطيس المستعمل فنعبر عن ذلك بتوجيه هذه الخطوط اصطلاحا وفق ..... البوصلة عليها أي من ..... المغناطيس المستعمل إلى.....
نعبر عن ذلك عادة بالقول أن خطوط الحقل المغناطيسي ..... من القطب ..... نحو القطب ..... خارج المغناطيس.
يختلف ..... العام للطيف المغناطيسي المتشكل من ..... لآخر، أي أن لكل مغناطيس ..... يميزه.

ملاحظة

– يتميز طيف القضيب المغناطيسي بشكل متناظر بالنسبة لخط الحقل المنطبق على محوره وهو خط الحقل المستقيم الشكل الوحيد في هذا الطيف (الشكل6).
– للمغناطيس ذي شكل الحرف U طيف يمتاز بخطوط حقل متوازية بين فرعيه وأخرى منحنية بجوار قطبيه خارج الفرعين، (الشكل7).



الشكل 6

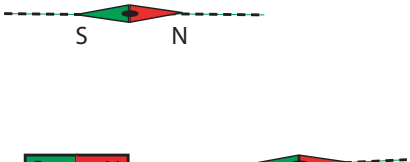


الشكل 7

مفهوم الحقل المغناطيسي

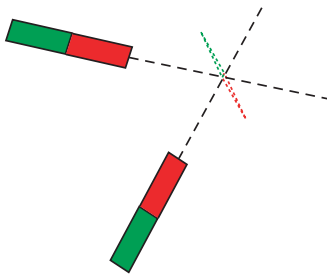
2 – 3 – الحقل المغناطيسي مقدار شعاعي

نشاط



■ الشكل 8

– ضع بوصلة صغيرة بعيدة عن كل تأثير مغناطيسي ودعها تستقر.
– قرب منها وفق محورها S-N القطب الشمالي لقضيب مغناطيسي
– (الشكل8). ماذا يحدث؟
– قرّب منها وفق محورها S-N القطب الجنوبي للقضيب .
ماذا يحدث؟
– أبعد القضيب واتركها تستقر ثم قرب منها القطب الشمالي وفق خط يصنع زاوية كيفية مع محورها S-N.
ماذا تلاحظ؟ أوقف القضيب عندما ينطبق محور البوصلة على محوره. علم هذا الوضع.
– أبعد القضيب الأول ثم أعد التجربة بتقريب القطب الشمالي لقضيب آخر وفق خط كيفي يختلف عن السابق، ماذا تلاحظ؟ علم الوضع الذي عنده ينطبق محور البوصلة على محوره.
– ضع الآن القضيبين في الموضعين المحدّدين سابقا ليؤثرا معا على البوصلة (الشكل9).
كيف يكون وضع البوصلة في هذه الحالة؟
– صف في فقرة قصيرة ملاحظاتك في التجارب الثلاث موضحا كل حالة برسم.
ماذا تستنتج من هذه التجارب الثلاث؟



■ الشكل 9

تحليل النشاط :

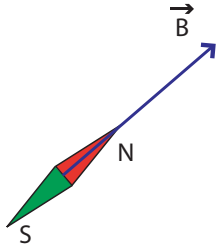
– اعتمادا على نتائج هذه التجارب بيّن أن الحقل المغناطيسي المؤثر على البوصلة مقدار شعاعي.
وضّح ذلك بوصف دور كل مرحلة مبرزا أثر الحقل المغناطيسي المتولد عن كل قضيب ممغنط ثم الأثر الإجمالي للحقلين معا على وضعية البوصلة. علل.

استنتج بإكمال الفراغات :

يتعلق .... الحقل المغناطيسي المتولد عن قضيب على بوصلة ..... بين القضيب وموضع البوصلة وبالوضعية ..... لمحوري القضيب والبوصلة، أي أن للحقل المغناطيسي ..... وحامل ..... ومنه يمكن نمذجته في نقطة من نقاط الفضاء ..... نرمز له بالرمز $\vec{B}$.
هذا ما تبينه ..... التجربة الأخيرة حيث لا يمكن ..... الوضع التي تأخذه ..... تحت تأثير حقلين مغناطيسيين إلا باعتبار أنها خاضعة لحقل ..... ناتج عن ..... الشعاعي لحقلي القضيبين.

2 – 4 – خصائص شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$

توصلنا إلى أن الحقل المغناطيسي مقدار شعاعي محلّي، أي معرف في كل نقطة بصفة فريدة، له الخواص التالية (الشكل10) :



■ الشكل 10

– نقطة تطبيقه هي النقطة المعتبرة.
– حامله منطبق على حامل البوصلة الموضوعة في النقطة المعتبرة.
– جهته من جنوب نحو شمال البوصلة (S ⟶ N)
– تقاس شدته في النظام الدّولي بالتسلا (Tesla) ونرمز لها بالرمزT ونحددها لاحقا.

2 – 5 – تمثيل شعاع الحقل في الطيف المغناطيسي

لاحظنا في التجارب السابقة أن تأثير القضيب المغناطيسي على البوصلة يكون أكبر كلما كان المغناطيس أقرب من البوصلة أي أن شدة الحقل المغناطيسي تكون كبيرة بجوار قطبي المغناطيس وتتناقص كلما ابتعدنا عنهما.

إذا تمعنا في شكل خطوط الحقل لطيف القضيب المغناطيسي نجدها متراصة أكثر عند قطبي المغناطيس ومتباعدة خارج المناطق القطبية. أي أن شدة الحقل تكون أكبر في المناطق التي تكون فيها خطوط الحقل متراصة أكثر.

نشاط تطبيقي

أعد رسم طيف القضيب المغناطيسي ومثل بعض أشعة الحقل المغناطيسي في نقاط مختلفة على الخطوط المنحنية معتمدا على ما سبق وباختيار سلم كيفي. مثله أيضا على الخط المنطبق على محور القضيب في ثلاث نقاط منه ومن الجانبين الشمالي والجنوبي.

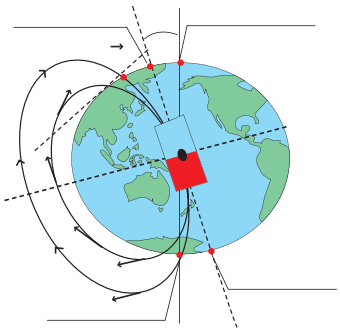
أعد نفس العملية في حالة مغنطيس على شكل حرف U بتمثيل شعاع الحقل في عدة نقاط داخله وخارجه.

– ماذا تلاحظ وماذا تستنتج؟

– صف الحقل الناتج بين فرعي مغناطيس على شكل حرف U. وأعط تعريفا للحقل المغناطيسي المنتظم.

3 – الحقل المغناطيسي الأرضي

رأينا فيما سبق أن للحقل المغناطيسي طبيعة شعاعية يمكن تمثيله بشعاع في نقطة من الفضاء. نحدد حامله واتجاهه باستعمال بوصلة نضعها في النقطة المعتبرة.



الشكل 11

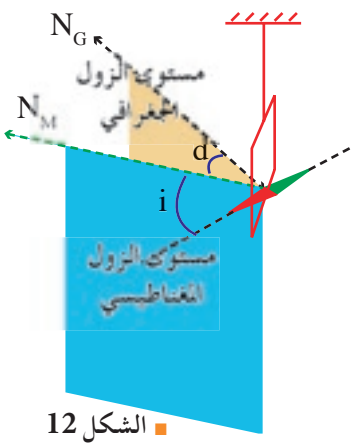
رأينا كذلك أن بوصلة موضوعة في نقطة من الفضاء بعيدا عن التأثيرات المغناطيسية تأخذ وضعا مميزا حيث يكون حاملها تقريبا وفق خط شمال– جنوب الجغرافي ولا يمكن ازاحتها عنه إلا بتأثر مغناطيسي إضافي. نستنتج من هذا أن البوصلة خاضعة لحقل مغناطيسي خارجي ندعوه **الحقل المغناطيسي الأرضي** إذ أثبتت الدراسات والتجارب المختلفة أن الأرض مصدر لحقل مغناطيسي.

فحص هذا الحقل وتحديد خصائصه في جميع مناطق الكوكب الأرضي أدى إلى اعتبار أنه يمكن نمذجته بحقل يشبه تماما حقل قضيب مغناطيسي كبير. لتمثيله نلجأ إلى رسم قضيب مغناطيسي وهمي ينمذج بآثاره الحقل المغناطيسي الأرضي (الشكل11).

ما هي خصائص هذا الحقل؟

- **قطبية المغناطيس الأرضي**

بناء على اعتمادنا السابق الذي اصطلحنا فيه أن القطب المغناطيسي الذي يجذب القطب الشمالي للبوصلة هو قطب جنوبي وعلما أن البوصلة في الجزائر يتجه قطبها الشمالي نحو الشمال الجغرافي تقريبا نستنتج إذن أن القطب الجنوبي للمغناطيس الممثل لمغنطة الأرض يكون في الشمال.



الشكل 12

- **زاوية الانحراف**

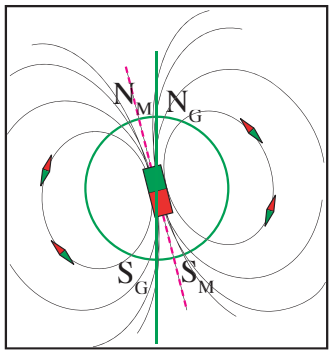
لتحديد بدقة حامل الحقل المغناطيسي الأرضي في نقطة من الكوكب نقوم بتحديد خط « شمال – جنوب » الجغرافي ثم نقارنه مع محور بوصلة موضوعة في تلك النقطة.

مفهوم الحقل المغناطيسي

أثبتت القياسات أن البوصلة لا تتجه تماما نحو القطب الشمالي الجغرافي بل تتجه نحو منطقة من شمال كندا (Canada). للتعبير عن ذلك نمثل المستوي الشاقولي الحامل لخط « شمال–جنوب » الجغرافي والذي يسمى خط الزوال الجغرافي والمستوي الشاقولي الحامل لمحور البوصلة والمسمى مستوى الزوال المغناطيسي. تدعى الزاوية بينهما زاوية الانحراف المغناطيسي ونرمز لها بالرمز d (déclinaison magnétique) (الشكل12).

• زاوية الميل المغناطيسي

لا يسمح استعمال بوصلة تدور أفقيا حول محور شاقولي ملاحظة اتجاه الحقل المغناطيسي الأرضي الكلي بل المركبة الأفقية B_h لهذا الحقل فقط. إذ أن الحقل المغناطيسي الأرضي في الجزائر يميل نحو الأسفل بزاوية i تسمى زاوية الميل المغناطيسي (inclinaison magnétique) وهذا راجع إلى وضعي قطبي مغناطيس الأرض أي أن أبعاد المغناطيس الممثل لمغنطة الأرض صغيرة أمام قطر كوكب الأرض (الشكل13).



■ الشكل 13

دُرِس الحقل المغناطيسي الأرضي بدقة وتم تحديد قيمة زاويتي الميل والانحراف في جميع مناطق الأرض ودونت في جداول وخرائط وهي تميّز بكل دقة الموقع الجغرافي لأية بقعة من كوكب الأرض وتستعمل خاصة في الملاحة البحرية والجوية.

• شدة الحقل المغناطيسي الأرضي

تتغير شدة الحقل المغناطيسي الأرضي من بقعة لأخرى على كوكب الأرض حسب موضعها الجغرافي ولكن يمكن اعتبار شدّة الحقل المغناطيسي الأرضي ثابتة محليا في منطقة محدودة الأبعاد ويمكن اعتبار الحقل المغناطيسي الأرضي في تلك المنطقة منتظما بتقريب معقول وهذا ما نلاحظه عند وضع عددا من البوصلات موزعة في منطقة، فتبدو كلها متوازية.

قيم i و d و B في بعض المناطق

الموقع	d(°)	i(°)	B(nT)
الجزائر	5	50	40000
باريس	5	64	47000
القطب الشمالي	0	90	56000
مدار géostationnaire	–	–	100
خارج الغلاف المغناطيسي	–	–	5

• قياس شدة الحقل المغناطيسي لقضيب بدلالة B_h

يمكن استعمال خاصية تراكب أشعة الحقل المغناطيسي لقياس شدة حقل مغناطيسي متولد في نقطة من الفضاء عن مغناطيس بدلالة المركبة الأفقية B_h للحقل المغناطيسي الأرضي في تلك النقطة (انظرالبطاقة التقنية).

نشاط

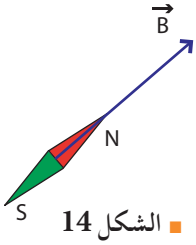
– ضع في نقطة من الفضاء بوصلة واتركها تستقر بعيدا عن كل تأثير مغناطيسي (الشكل14).

– مثّل شعاع المركبة الأفقية B_h في تلك النقطة باستعمال سلم كيفي.

– قرِّب من البوصلة قضيبا مغناطيسيا عموديا على محورها وفي نفس المستوى.

– في أي وضع لمحور البوصلة تكون فيه شدة المركبة الأفقية B_h تساوي شدة الحقل المتولد عن القضيب المغناطيسي في تلك النقطة؟

– اعط رسما هندسيا يسمح لك بتحديد شدة حقل المغناطيس في النقطة المعتبرة بدلالة المركبة الأفقية B_h.



■ الشكل 14

– صف خطوات تجربة تسمح لك بمقارنة شدة الحقل المتولد في نقطة من الفضاء عن مغناطيسيين مختلفين.
– هل تسمح لك هذه التجربة الحكم أن المغناطيسيين المتشابهين خارجيا (شكلا) مختلفين أو متماثلين مغناطيسيا. ناقش.

4 – الكهرومغناطيسية

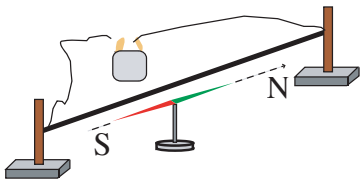
رأيت في دراستك للكهرباء أن للتيار الكهربائي أثر مغناطيسي. لما يرجع هذا الأثر؟ ما علاقة المغناطيس بالتيار الكهربائي؟

4 – 1 – تجربة أرستاد (ŒRSTED)

أول من اكتشف تجريبيا أثر التيار الكهربائي على مغناطيس هو العالم الدانماركي أرستاد ŒRSTED في سنة 1820 الذي لاحظ انحراف بوصلة كانت موضوعة بجوار سلك ناقل إثر مرور تيار كهربائي فيه.
وبعد إعادته للتجربة والتأكد من أن سبب الانحراف يعود فقط لمرور التيار، استنتج أن للتيار الكهربائي أثر مغناطيسي.

تحقيق التجربة

الأدوات المستعملة: بطارية، أسلاك توصيل، بوصلة (الشكل15).

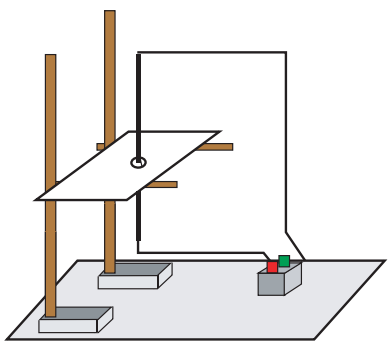


■ الشكل 15

– ضع البوصلة على طاولة بعيدة عن كلّ تأثير مغناطيسي واتركها تستقر.
– اجعل سلكا مستقيما فوق البوصلة في وضع يوازي المحور N-S للبوصلة
– اربط أحد طرفي السلك بالقطب السالب للبطارية.
– هل يؤثر السلك على البوصلة؟
– أغلق الدارة بلمس القطب الموجب بالطرف الثاني للسلك (وصل قصير) [1]. ماذا تلاحظ؟
– افتح الدارة ولاحظ تصرف البوصلة.
– في رأيك ما هو سبب انحراف البوصلة عن وضعها؟ علل.
– كيف تفسر انحراف البوصلة عن وضعها إثر مرور التيار ورجوعها إلى وضعها الابتدائي بعد فتح الدارة؟
– لماذا وضعنا السلك فوق البوصلة؟
– اعد التجربة بتغيير وضعه بالنسبة للبوصلة (مواز لها ومن تحتها، مواز لها وفي نفس المستوي الأفقي، السلك عمودي على المحور S-N للبوصلة.....). ماذا تلاحظ؟
– اعد التجربة باستعمال سلك مغطى بعازل ثم بآخر معرى من العازل.
– استبدل السلك النحاسي بسلك من الألمنيوم. ماذا تلاحظ؟
– هل يمكن استعمال سلك من حديد؟ علل.
– صف في فقرة قصيرة ملاحظاتك في كل حالة. ماذا تستنتج؟

4 – 2 – الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار مستقيم

– خذ سلكا نحاسيا مستقيما وثبته في الموضع الشاقولي (الشكل16) حيث يخترق ورق مقوى أفقي. اربط أحد طرفي السلك بالقطب السالب للبطارية وامسك الطرف الآخر بيدك. ذر كمية من برادة الحديد على الورق حول السلك ثم أغلق الدارة بلمس السلك بالقطب الموجب للبطارية وانقر بلطف على الورق. ماذا تلاحظ؟


■ الشكل 16

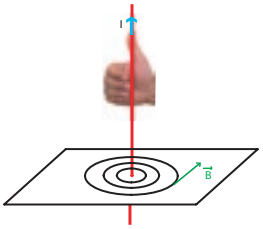
[1] يحدث غلق الدارة وصلا قصيرا (استقصارا) خطيرا على البطارية يمكن أن يؤدي إلى إتلافها. لذا يستحسن غلق الدارة بالتماس اليدوي حتى تتمكن من فتحها بسرعة.

– افتح الدارة مباشرة بعد تشكيل الطيف (لتفادي إتلاف البطارية).
– ارسم شكل الطيف المتكون. ما هوشكل خطوط الحقل الناتج عن مرور التيار الكهربائي؟
– ضع بوصلة صغيرة في نقطة من هذا الطيف بعد غلق الدارة ثانية. ماذا تلاحظ؟
– اعتمادا على وضعها استنتج حامل وجهة الحقل في تلك النقطة.
– ارسم بعض أشعة الحقل في نقاط تختارها.
– غيّر جهة التيار في السلك بقلب توصيل البطارية. ماذا تلاحظ؟ ماذا يحدث للبوصلة؟
– هل يتعلق شكل الخطوط بجهة التيار؟
– هل تتعلق جهة الحقل بجهة التيار؟ علل.
– هل يتعلق الحقل بشدة التيار المار في السلك؟
– اقترح تركيبا يسمح لك بتغيير شدة التيار في السلك.
– ماذا يحدث لخطوط الحقل إذا زادت شدة التيار؟

استنتج بإكمال الفراغات:

عندما يعبر تيار كهربائي شدته I سلكا..... وطويلا (الشكل17) يتولد حوله حقل مغناطيسي خطوطه ..... مركزها ..... ومحمولة في مستويات ..... على السلك حيث يكون لشعاع الحقل المغناطيسي في كل نقطة الخصائص التالية:

– حامله مماسي لخط الحقل المار من تلك النقطة.
– جهته تتعلق بجهة التيار وتحدد بقواعد مختلفة.
– شدته تتعلق بشدة التيار وبعد النقطة عن السلك (انظر البطاقة التقنية)

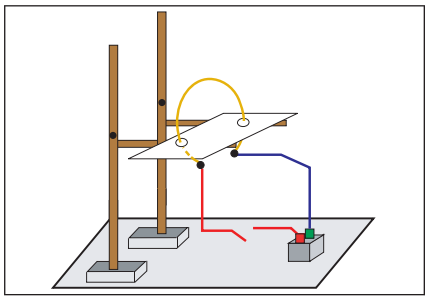


الشكل 17

4 – 3 – الحقل المتولد عن تيار حلقي.

نشاط

قم بلف سلك ناقل ليشكل حلقة تخترق ورق مقوى وحقق الدارة مثلما هو مبين في (الشكل18)، ذر كمية من برادة الحديد على الورق. أغلق الدارة مع نقر طفيف على الورق.



الشكل 18

– هل تتشكل خطوط حقل؟
– أرسم شكل الطيف الذي يتكون على الورقة.
– ما هو شكل الخطوط في جوار السلك؟ وما هو شكلها في المنطقة وسط الحلقة؟
– قرب بوصلة من أحد وجهي الحلقة ثم قربها من الوجه الآخر ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟
– غير جهة التيار في الحلقة. ماذا يحدث لشكل الطيف؟
– أعد تقريب البوصلة من الوجهين على التوالي. ماذا تلاحظ؟
– ماذا تستنتج؟
– في حالة عدم تشكل طيف واضح بلفة واحدة يمكنك استعمال عدة لفات متراصة ومعزولة كهربائيا فيما بينها (أو وشيعة مسطحة) و/أو استعمال بطارية سيارة (تحت مراقبة لأستاذ).

مفهوم الحقل المغناطيسي

– قارن هذا الطيف مع طيف قضيب مغناطيسي وطيف تيار مستقيم طويل. أين يكمن التشابه وأين يكمن الاختلاف؟

4 – 4 – الحقل المتولد عن وشيعة

أ – ابراز الخصائص المغناطيسية لوشيعة يعبرها تيار

نشاط

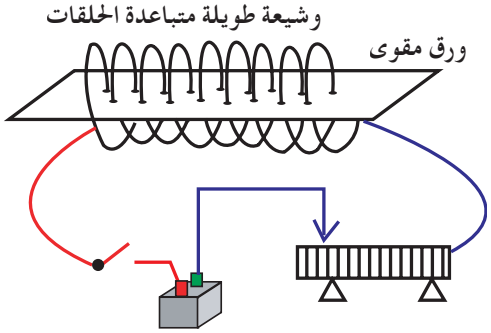
حقق الدّارة الموضحة في (الشكل19) ثم ذر برادة الحديد داخل وخارج الوشيعة مع نقر طفيف على الورقة.

– ارسم شكل الطيف المتشكل.

– قرّب بوصلة من أحد أوجه الوشيعة ثم من الأخرى، جوّلها داخل وخارج الوشيعة. ماذا تلاحظ؟

– قرّب من أحد أوجه الوشيعة قطعة حديدية صغيرة (مسمار مثلا) ماذا تلاحظ؟ قربه من الوجه الآخر ماذا يحدث؟

– قرب قضيبا مغناطيسيا معلقا بخيط في مركزه من أحد وجهي الوشيعة. ماذا يحدث؟ ثم قربه من الوجه الثاني، ماذا تلاحظ؟



الشكل 19

– لاحظ جيدا شكل خطوط الحقل داخل الوشيعة وخارجها. ماذا تستنتج؟ هل تلاحظ تواصل بين خطوط الحقل داخل وخارج الوشيعة.

– هل يمكنك تقديم نتيجة عامّة حول شكل خطوط الحقل المغناطيسي.

– ارسم شكل خطوط الحقل داخل وخارج الوشيعة مع توجيهها وتمثيل بعض أشعة الحقل داخل وخارج الوشيعة باعتماد سلم كيفي.

– بالاعتماد على مبدأ التراكب برهن أنه لا يمكن لخطوط الحقل أن تتقاطع.

استنتج بإكمال الفراغات :

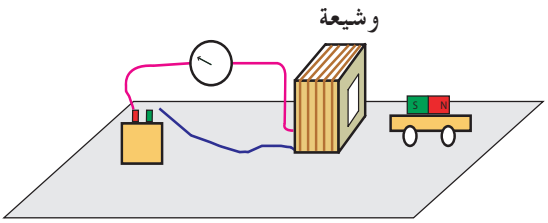
عندما يعبر ..... وشيعة يتولد عنه .... طيفه خارج الوشيعة يشبه تماما طيف .... وداخل الوشيعة عبارة عن خطوط..... تكتسب الوشيعة الخصائص المغناطيسية التي يمتاز بها ..... المغناطيسي. نستنتج من ذلك أن ..... التي يعبرها تيار ..... قضيبا مغناطيسيا ويكافئ وجها الوشيعة قطبا المغناطيس فيكون لها وجه شمالي وآخر جنوبي.

ب – العوامل المؤثرة على خصائص الحقل المغناطيسي في الوشيعة

نشاط1 : دور جهة التيار

ضع قضيبا مغناطيسيا أمام وجه وشيعة بحيث يمكن له أن يتحرك بسهولة (تقليل الاحتكاك، ضعه مثلا فوق عربة صغيرة أو أقلام) وحقق الدارة المبينة في (الشكل20).

– أغلق الدارة ماذا تلاحظ؟ ما هو نوع وجه الوشيعة في هذه الحالة؟ أعد التجربة بعد تغيير جهة التيار في الوشيعة. ماذا تلاحظ؟ هل تغير نوع وجه الوشيعة؟



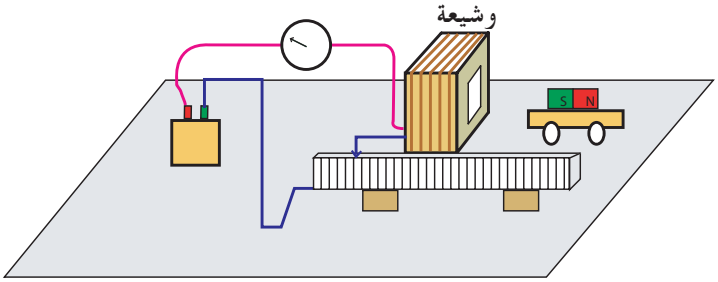
الشكل20

مفهوم الحقل المغناطيسي

– هل معرفة قطب البطارية تكفي لمعرفة جهة التيار في الوشيعة؟
– تفحص هذه الوشيعة واكتشف جهة لف السلك فيها لمعرفة جهة سريان التيار.
طبق قاعدة رجل آمبير لتحديد جهة الحقل داخل الوشيعة وعين وجهيها الشمالي والجنوبي.

نشاط 2 : دورشدّة التيار

الأدوات المستعملة: وشيعة تحتوي على 1000 أو500 لفة، معدلة (10Ω) منبع مستمر 12V (أوبطارية) أسلاك توصيل قاطعة، وأمبرميتر.



■ الشكل 21

– حقق الدارة المبينة على (الشكل21) وضع على أقلام ملساء (أو عربة) قضيبا مغناطيسيا قريبا من أحد وجهي الوشيعة وعلم وضعه.
– اضبط المعدلة في الوضع 1 (مقاومتها مستعملة كلها). أغلق القاطعة ولاحظ ما الذي يحدث للقضيب. سجل قيمة شدة التيار الموافقة ثم افتح الدارة.
– اضبط المعدلة في الوضع 2 ارجع القضيب إلى الوضعية السابقة ثم أغلق القاطعة ولاحظ حركة القضيب وقارنها مع الحالة السابقة. سجل شدة التيار الموافقة.
– أعد نفس خطوات التجربة بعد ضبط المعدلة في الوضع 3 (راقب معيار الأمبرمتر) كيف تكون حركة القضيب في هذه الحالة؟
– ماذا يمكنك استنتاجه عن شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن مرور التيار في الوشيعة عند مقارنة حركة القضيب في الحالات الثلاث.

نشاط 3 : دور النواة الحديدية

– ثبت في التركيب السابق شدّة التيار في الوشيعة ثمّ ادخل فيها نواة حديدية. ماذا تلاحظ؟
– أعد التجربة بعد نزع النواة الحديدية، قارن تأثير الوشيعة على القضيب في كلا الحالتين.
– ما هو دور النواة الحديدية؟ ماذا تستنتج؟
– هل يمكن استعمال نواة من معدن آخر لتحقيق هذا الأثر؟ (أنظر « مغناطيسية المواد » في آخر الوحدة)

استنتج بإكمال الفراغات :

عندما يعبر تيار وشيعة ينشأ حقل مغناطيسي :
– تتعلق..... بجهة سريان ..... وتحدّد بتطبيق قاعدة رجل أمبير او قاعدة اليد اليمنى.
– تتعلق .... في نقطة من الفضاء بـ ..... التيار، فكلما ..... شدة التيار ..... شدة الحقل.
– ..... شدّته عند إدخال نواة ..... لينة في الوشيعة.

5 – التفسير المجهري لمصدر المغنطة

تعلم أن الطيف المغناطيسي خارج الوشيعة يماثل طيف القضيب المغناطيسي، وقد تتساءل : هل يوجد حقل مغناطيسي داخل القضيب المغناطيسي وهل يشبه طيفه طيف الوشيعة؟

لقد لاحظت في النشاطات السابقة أن كل خطوط الحقل الناتجة عن تيار مغلقة كما لاحظت أنه لا وجود لمغناطيس أحادي القطب وأي محاولة لفصل القطبين بكسر المغناطيس مثلا تؤدي إلى الحصول على مغناطيسين لهما قطبان مختلفان مثل المغناطيس الأصلي. ولو تخيلت مواصلة هذه العملية إلى مستوى الذرة، لقبلت أن الذرة عبارة عن مغناطيس صغير له قطبان احدهما شمالي والآخر جنوبي، فما هو يا ترى منشأ هذا المغناطيس؟

مفهوم الحقل المغناطيسي

رأيت كذلك أن مرور تيار كهربائي في ناقل ينتج في الفضاء الذي يحيط به حقلا مغناطيسيا، وتعلم أن التيار الكهربائي ما هو إلا حركة جماعية لشحنات حرة في المادة. أي أن حركة الشحنات هي السبب في بروز الحقل المغناطيسي وهذا ما يفسر الخصائص المغناطيسية للذرة الناتجة عن حركة إلكتروناتها.

يعود إذا منشأ الحقل المغناطيسي في المادة إلى حركة الإلكترونات وهي على نوعين:

1 – حركة الإلكترونات حول نواة الذرة، تُشبه تيارا كهربائيا يسري في حلقة.

2 – حركة الإلكترونات حول نفسها ندعوها سبين «غزل» (spin) الإلكترون حيث بينت التجارب وجود حقول مغناطيسية ناتجة عن سبين الإلكترون (العزم المغناطيسي للإلكترون وهو يدور حول نفسه). أما الحقل المغناطيسي الناشئ في المادة فهو محصلة هذه الحقول المغناطيسية الناشئة عن الالكترونات الموجودة في المادة.

6 – الحقل المغناطيسي الأرضي

أ – الغلاف المغناطيسي الأرضي La magnétosphère

الشكل22

يتصرف كوكب الأرض كمغناطيس كبير جدّا مولدا حقلا مغناطيسيا تمتد خطوطه بعيداً عن سطح الأرض. يشكل الحقل المغناطيسي الأرضي «غلافا» واقيا حيث أنه يحمي الأرض من تأثيرات الإشعاع الكوني الضار الوارد من الفضاء الخارجي خاصة الشمسية منها فهو إذا ذوأهمية كبيرة على إمكانية الحياة على كوكب الأرض (الشكل22).

يشبه الطيف المغناطيسي الأرضي طيف قضيب موضوع في باطن الأرض مائل عن محور دورانها بزاوية تقارب11°، وطوله اقصر من قطرها، هذا ما يجعل القطبين المغناطيسيين لا يتطابقان مع القطبين الجغرافيين (الشكل23).

الشكل23

يقع حاليا القطب الشمالي المغناطيسي في شمال كندا تقريبا والقطب الجنوبي في جنوب المحيط الهندي.

يبقى تأثير المجال المغناطيسي الأرضي معتبرا في منطقة واسعة من الفضاء أبعادها المتغيرة خلال الزمن تقدّر بحوالي عشر أضعاف نصف قطر الأرض من جهة الشمس وألاف المرات نصف قطرها من الجهة المعاكسة.

مفهوم الحقل المغناطيسي

ب – ما هو مصدر الحقل المغناطيسي الأرضي؟

لم يتوصل الإنسان إلى اكتشاف أعماق الأرض، لذا لجأ إلى وضع فرضيات لتفسير خواصها المغناطيسية.

يُفترض أن جوف الأرض يتشكل من نواة (اللب) معدنية نصف قطرها يساوي حوالي 3500km وهي مكونة أساسا من الحديد، جوفها الداخلي صلب محاط بطبقة خارجية مائعة (سائلة). ينشأ الحقل المغناطيسي عندما تتحرك هاتان الطبقتان من اللب حول بعضهما البعض.

لتفسير وجود الحقل المغناطيسي الأرضي نتخيل ظهور تيارات كهربائية تسري في الطبقة السائلة.

ج – هل يتغير الحقل المغناطيسي على سطح الأرض؟

تتغير مميزات الحقل المغناطيسي من نقطة لأخرى على الأرض وقد صممت خرائط تسمح بتحديد الشمال الجغرافي في أي نقطة من سطح الأرض.

د – هل يتغير الحقل المغناطيسي الأرضي مع مرور الزمن؟

أظهرت قياسات الحقل المغناطيسي الأرضي التي أجريت في مختلف نقاط الأرض منذ منتصف القرن السادس عشر تباينا في شدّته، جهته واتجاهه في نفس المكان. كما أثبتت الدراسات الجيولوجية المتعلقة بحمم البراكين ذات المغنطة الحديدية أن الحقل المغناطيسي الأرضي غيّر جهته عدّة مرات خلال العصور السابقة.

نشاط

يمكن لبوصلة الدوران حول محور أفقي.

– في أي منطقة من سطح الأرض تأخذ هذه البوصلة وضعا أفقيا؟

– في أي منطقة من سطح الأرض تأخذ هذه البوصلة وضعا شاقوليا؟

– ابحث في المراجع وفي شبكة انترنيت عن تفاصيل أكثر حول الحقل المغناطيسي الأرضي.

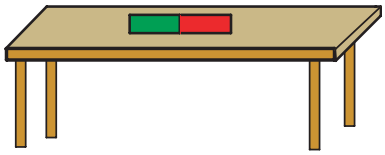
دراسة الحقل الكهربائي باستعمال التسلامتر

1 – التسلاميتر

التسلامتر هو جهاز يسمح بقياس شدّة الحقل المغناطيسي (أنظر البطاقة التقنية)

2 – قياس شدّة الحقل المتولد عن مغناطيس

– ضع قضيبا مغناطيسيا على طاولة بعيدا عن كل تأثير مغناطيسي (الشكل24).



■ الشكل 24

–جوّل مصبار التسلامتر حول القضيب في مستوي الطاولة، ماذا تلاحظ؟

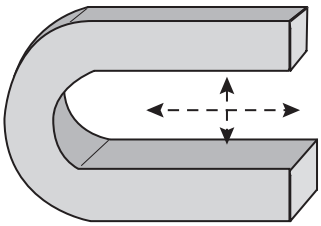
– ضع هذه المرّة مصبار التسلامتر على محور القضيب بجوار أحد القطبين ثمّ أبعده تدريجيا، ماذا تلاحظ؟ أعد العملية من جهة القطب الآخر، ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

– جوّل هذه المرّة التسلامتر فوق ثم تحت القضيب بتقريبه ثمّ إبعاده، ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

– خذ مغناطيسا على شكل حرف U وجوِّل مصبار التسلامتر بين فرعي المغناطيس وفق خطوط الحقل ثم عموديا عليها أي وفق الأسهم المبينة في (الشكل25). ماذا تلاحظ؟

– جوّل المصبار حول المغناطيس خارج الفرعين. ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

3 – دراسة شدة الحقل المتولد عن وشيعة



■ الشكل 25

– حقق دارة كهربائية تحتوي على وشيعة مولد و مقاومة متغيرة (أو معدلة على التسلسل (الشكل26).

– جوّل مصبار التسلامتر وفق محور الوشيعة، ماذا تلاحظ؟

– ثبت المصبار بجوار وجه الوشيعة على مستوى محورها و اقرأ شدة الحقل المغناطيسي.

■ الشكل 26

– غير شدة التيار المار في الوشيعة، كيف تتغير شدة الحقل مع تغير شدة التيار في الوشيعة.

– ثبت شدة التيار عند قيمة معيّنة ثم أدخل تدريجيا نواة حديدية في الوشيعة. ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟ ما هو أثر إدخال النواة الحديدية في الوشيعة على الحقل الناتج؟

– هل يحدث هذا التغير في جميع نقاط الفضاء؟

4 – تراكب حقلين

– ضع مصبار التسلامتر على طاولة بكيفية ملائمة وعلّم موضع اللاقط (النقطة o)، أنظر (الشكل27ب).

– قرّب من النقطة o القطب الشمالي لقضيب مغناطيسي، توقف عند موضع معين مع تعليم وضع القضيب ثمّ اقرأ شدّة الحقل المغناطيسي B_1 (الحالة 1) الشكل 27 ب.

– انزع القضيب الأول ثمّ قرّب من النقطة o القطب الشمالي لقضيب ثان بحيث يصنع محورا القضيبين زاوية α ، توقف عندما تحصل على نفس الشدّة ($B_2 = B_1$) في جهاز التسلامتر. علّم موضع القضيب في هذه الحالة (الحالة 2).

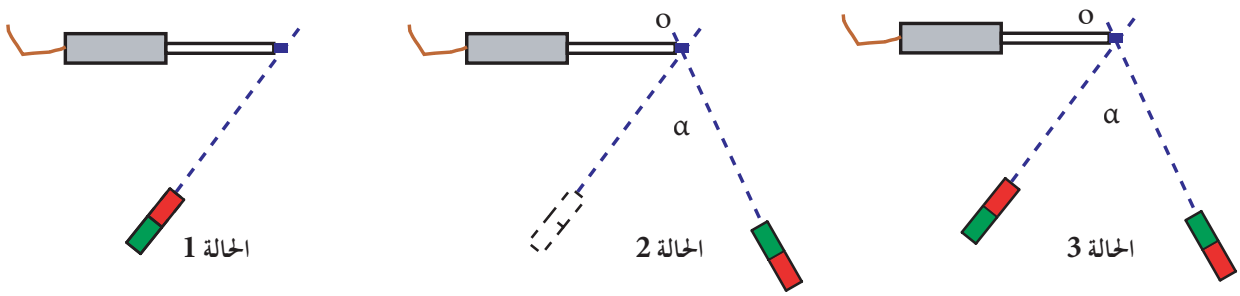
■ الشكل 27 – أ

– ضع هذه المرّة كلا القضيبين في الوضعين المعلّمين سابقا و بنفس الكيفية ثم اقرأ شدّة الحقل المغناطيسي (الحالة 3).

– قارن شدّة الحقل في الحالة 3 بالعبارات التالية :

$B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2\cos\alpha$, $B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2\sin\alpha$, $B_1^2 + B_2^2$, $B_1 + B_2$ ماذا تلاحظ؟

– بالاعتماد على نتائج النشاط 1.3.2 ما هي الأوضاع التي تأخذها بوصلة إذا وضعت في النقطة o في مختلف الحالات؟



■ الشكل 27 – ب

– هل تبيّن هذه التجربة أن الحقل المغناطيسي مقدار شعاعي؟ علّل إجابتك.

–أكتب العلاقة الشعاعية التي تربط الحقلين $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ بالحقل المحصل .

– أعد نفس خطوات التجربة عندما يصنع محورا القضيبين زاوية كيفية وتكون للحقلين شدّتين كيفيتين. ماذا تستنتج؟

–أعد التجربة باستعمال وشيعتين مكان القضيبين. ماذا تستنتج؟

5 – خلاصة :

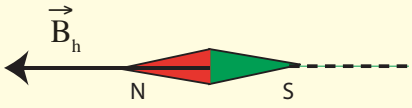
لخّص ملاحظاتك واستنتاجاتك للفقرات الثلاث في تقرير مفصل مدعّما كل شرح برسم توضيحي.

عمل مخبري

طرق تحديد خصائص الحقل المغناطيسي

1 – تحديد شدّة الحقل المغناطيسي المتولد عن مغناطيس بطريقة الظل

– ضع بوصلة بعيدة عن كل تأثير مغناطيسي واتركها تستقر (الشكل28 الحالة1)

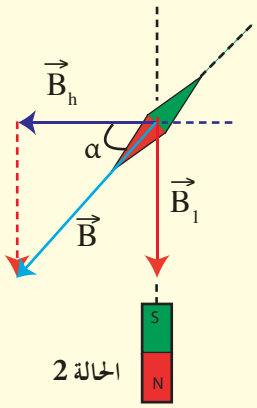


الحالة 1

– قرب منها قضيبا مغناطيسيا عموديا على حاملها S-N (الحالة 2).
ماذا تلاحظ؟

– جد عبارة شدّة الحقل المتولد عن القضيب في موضع البوصلة بدلالة قيمة المركبة الأفقية B_h للحقل المغناطيسي الأرضي.

– استنتج شدّة هذا الحقل عندما تنحرف الإبرة بزاوية قدرها 45° ؟



الحالة 2

■ الشكل 28

الحل

تأخذ البوصلة عندما تستقر، الاتجاه جنوب–شمال (S-N) وهي في هذه الحالة تحت تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي فقط، فيكون عندئذ حامل البوصلة منطبقا مع المركّبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي.

خلال تقريب القضيب المغناطيسي نلاحظ انحراف البوصلة بزاوية α عن وضعها الأصلي. تتعلق α ببعد القضيب عن البوصلة.

في هذه الظروف البوصلة خاضعة لحقل مغناطيسي $\vec{B}$ ناتج عن تراكب حقلين متعامدين وهما المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $\vec{B}_h$ وحقل القضيب $\vec{B}_1$ وحسب مبدأ التراكب فإن $\vec{B}$ الحقل هو المجموع الشعاعي للحقلين أي : $\vec{B} = \vec{B}_h + \vec{B}_1$ وبما أن الحقلين $\vec{B}_h$ و$\vec{B}_1$ متعامدان فيمكن حساب $\vec{B}$ بالعلاقة التالية :

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{B_1}{B_h}$$ أي : $B_1 = \text{tg}\,\alpha . B_h$

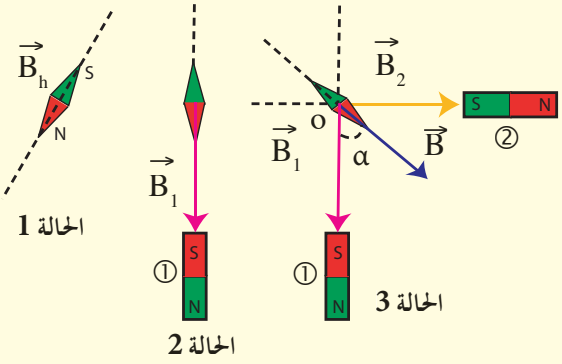
في الحالة الخاصة التي تكون فيها زاوية الانحراف تساوي 45° فإن شدّة الحقل المتولد عن القضيب تساوي قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي : $B_h = B_1 \Rightarrow \text{tg}\,45° = \frac{B_1}{B_h}$

تطبيق : مقارنة مغناطيسين

لمقارنة مغناطيسين يمكنك اتباع الخطوات التالية (الشكل29) :

– ضع بوصلة بعيدة عن كل تأثير مغناطيسي واتركها تستقر (الحالة1)

– قرب أحد أقطاب المغناطيس ① من البوصلة حتى يصبح حاملها منطبقا مع محور القضيب (الحالة 2).



■ الشكل 29

– قرب تدريجيا المغناطيس② عموديا على حامل البوصلة حتى تبلغ زاوية الانحراف القيمة 45° ثمّ توقف (الحالة 3).

1 – ماذا يمكنك أن تقول في الحالة 2 عن قيمة المركبة الأفقية B_h للحقل المغناطيسي الأرضي مقارنة بقيمة الحقل B_1 للقضيب ① ؟ علل إجابتك.

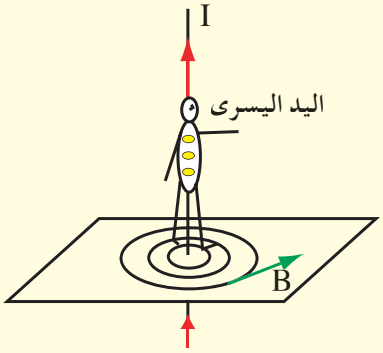
2 – قارن قيمتي حقلي المغناطيسين في النقطة o في الحالة 3؟

3 – باستعمال مغانط مختلفة، اقترح طريقة عملية تمكنك من الحصول في نقطة معينة على حقلين لهما نفس الشدّة.

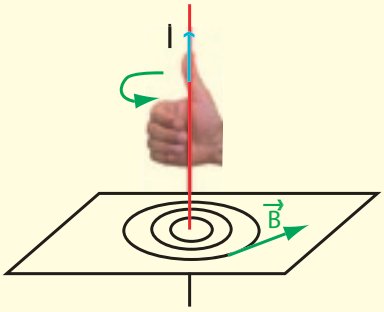
2 – تحديد جهة الحقل المغناطيسي

أ – حالة ناقل مستقيم

لتحيد جهة الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار مستقيم في نقطة من الفضاء توجد عدة قواعد نذكر منها :



الشكل 30



الشكل 31

قاعدة رجل أمبير

تعتمد هذه القاعدة على تخيّل رجل مستلقٍ على السلك حيث يدخل التيار من رجليه ويخرج من رأسه وهوينظر إلى النقطة المعتبرة ويمدّ يده اليسرى عموديا على جسده مشيرا بها إلى جهة الحقل (الشكل30).

قاعدة اليد اليمنى

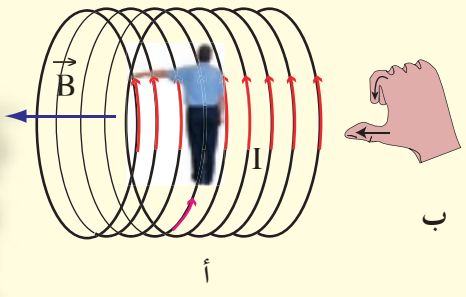
نضع اليد اليمنى مفتوحة أمام السلك بحيث يشير الإبهام لجهة التيار في السلك ثم نظم الأصابع الأخرى لغلق اليد على السلك فتنغلق مشيرة لجهة الحقل (الشكل31).

ب – حالة وشيعة

لتحيد جهة الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار يسري في وشيعة نستعمل القواعد السابقة بتطبيقها كالتالي :

قاعدة رجل أمبير

يكون في هذه الحالة رجل أمبير مستلقٍ على السلك حيث يدخل التيار من رجليه ويخرج من رأسه وهو ينظر إلى نقطة من محور الوشيعة ويمدّ يده اليسرى عموديا على جسده مشيرا بها إلى جهة الحقل في تلك النقطة (الشكل32 – أ).

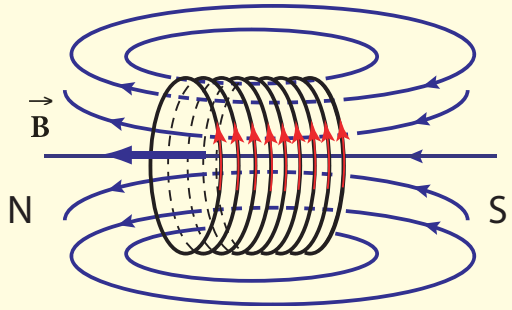


الشكل 32

قاعدة اليد اليمنى

نضع كف اليد اليمنى على السلك بحيث تشير الأصابع لجهة التيار، فالإبهام يشير حينئذ لجهة الحقل المغناطيسي داخل الوشيعة (الشكل 32 – ب).

3 – تحديد وجهي الوشيعة بعد تحديد جهة الحقل داخل وشيعة وعلما أن خطوط الحقل المغناطيسي مغلقة وبما أن الوشيعة تكافئ القضيب المغناطيسي إذن الوجه الذي تخرج منه خطوط الحقل هو وجه شمالي والوجه الذي تدخل منه خطوط الحقل هو وجه جنوبي، أي أن داخل الوشيعة خطوط الحقل موجهة من الوجه الجنوبي نحو الوجه الشمالي والعكس خارجها (الشكل 32 – ج).



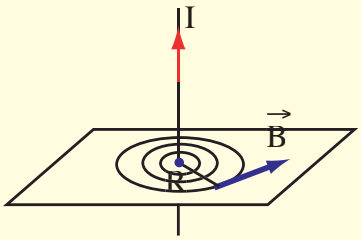
الشكل 32 – ج

3 – تحديد شدة الحقل المغناطيسي

1 – الحقل المتولد عن تيار مستقيم

شدّة الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار شدّته I يعبر سلكا مستقيما وطويلا في نقطة من الفضاء بعدها العمودي عن السلك R (الشكل33)، تعطى بالعلاقة:

$$B = \mu_0 I / 2\pi R$$



الشكل 33

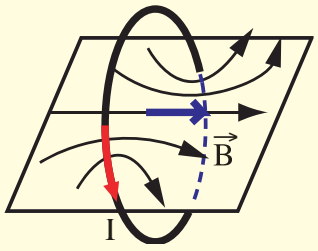
حيث μ_0 ثابت يسمى نفاذية الفراغ وقيمته $\mu_0 = 4\pi\ 10^{-7}$ T.m/A في نظام الوحدات الدولية

2 – الحقل المتولد عن تيار حلقي

أ – حالة حلقة واحدة

شدة الحقل المغناطيسي المتولّد عن تيار شدته I يعبر ناقلا على شكل حلقة نصف قطرها r (الشكل34) يعطى بالعلاقة التالية في مركز الحلقة.

$$B = \mu_0 .I/2r$$

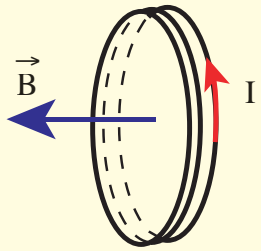


الشكل 34

ب – حالة وشيعة مسطّحة

الوشيعة المسطحة هي وشيعة تحتوي عدد N من اللفات للسلك الناقل متراصة بحيث يكون نصف قطرها r أكبر من طولها L (الشكل35). فالحقل المتولد فيها ناتج عن تراكب حقول لفاتها فشدته في مركزها يعطى بالعلاقة:

$$B = \mu_0 NI/2r$$

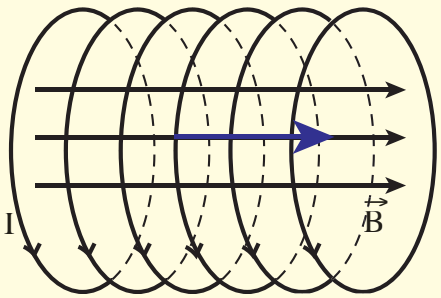


الشكل 35

ج – حالة وشيعة طويلة

تعتبر الوشيعة طويلة إذا كان طولها كبيرا كفاية أمام نصف قطرها. الحقل داخل الوشيعة منتظم (الشكل36) وشدته تعطى بالعلاقة

$$B = \mu_0 NI/L = \mu_0 nI$$



الشكل 36

حيث: N هو عدد اللفات

I شدّة التيار

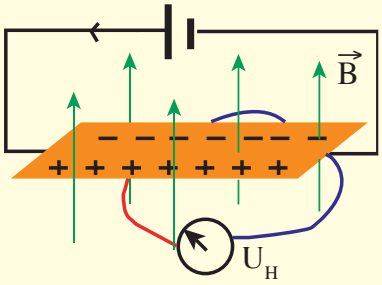
L طول الوشيعة

n=N/L عدد اللفات لوحدة الطول

جهاز التسلامتر

يعتمد جهاز قياس شدّة الحقل المغناطيسي على ظاهرة فيزيائية اكتشفها العالم هول (Hall 1855-1938) تدعى ظاهرة هول والتي يمكن تلخيصها فيما يلي :

1 – ظاهرة هول



■ الشكل 37 تركيب يبين ظاهرة هول

عندما يعبر تيار كهربائي مستمر وثابت الشدة I صفيحة رقيقة مغمورة في حقل مغناطيسي شدّته B (الشكل37)، تخضع الشحنات المتحركة في الصفيحة إلى قوة مغناطيسية تزيحها إلى احد طرفي الصفيحة ويظهر في الطرف الآخر شحنات معاكسة للأولى في الإشارة وينشأ عن ذلك فرق كمون U_H بين طرفي الصفيحة يسمى فرق كمون هول.

يتعلق فرق كمون هول U_H بشدّة التيار المار في الصفيحة وشدّة الحقل المغناطيسي.

عندما تكون خطوط الحقل المغناطيسي ناظمية على سطح الصفيحة يتناسب U_H طردا مع شدّة التيار I وشدّة الحقل المغناطيسي B وفق العلاقة : $U_H = K.I.B$، حيث K ثابت يتعلق بطبيعة وأبعاد الصفيحة.

يظهر من هذه العلاقة أن معرفة I وقياس U_H يسمح لنا بحساب شدّة الحقل B.

وهذا هو المبدأ الذي يبنى عليه جهاز التسلامتر.

2 – التسلامتر

يتكون التسلامتر (الشكل38 –أ) من :

– مسبار يحتوي صفيحة من مادّة شبه ناقلة تسمى لاقط هول أبعادها صغيرة جدا وهي التي توضع في الموضع الذي نريد تحديد شدّة الحقل المغناطيسي فيه.

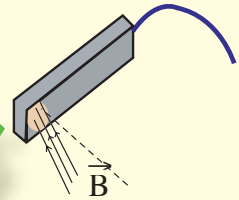
– جهاز الكتروني يوصل به المسبار و يحتوي أساسا على منبع تيار مستمر وميلي فولط متر مدرج مباشرة بالتسلا (T).

■ الشكل 38–أ

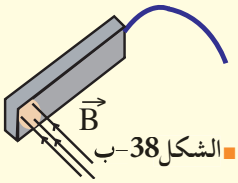
■ شدة الحقل بين فرعي مغناطيس U

3 – كيفية استعمال لاقط هول لقياس شدة الحقل المغناطيسي

– عندما تكون خطوط الحقل عمودية على الصفيحة (لاقط هول) يقيس التسلامتر شدة الحقل في النقطة المعتبرة (الشكل38 – ب)، أما إذا كانت خطوط الحقل غير عمودية على الصفيحة فإن الجهاز يقيس شدّة المركبة الناظمية فقط (الشكل38 – ج).



■ الشكل38–ج



■ الشكل38–ب

4 – بعض قيم الحقول المغناطسية

قيمة الحقل المغناطيسي (T)	مصدر الحقل المغناطيسي
3.10^{-10}	جسم الإنسان
10^{-4}	جهاز التلفاز
$0.5\ 10^{-4}$	الأرض
0.02	مغناطيس من حديد
من 1 إلى 5	مغناطيس كهروبائي
من 10 إلى 40	وشيعة فائقة الناقلية

تطبيقات المغناطيسية في الحياة اليومية

1 – أثر الحقل المغناطيسي الأرضي على بعض الكائنات الحية.

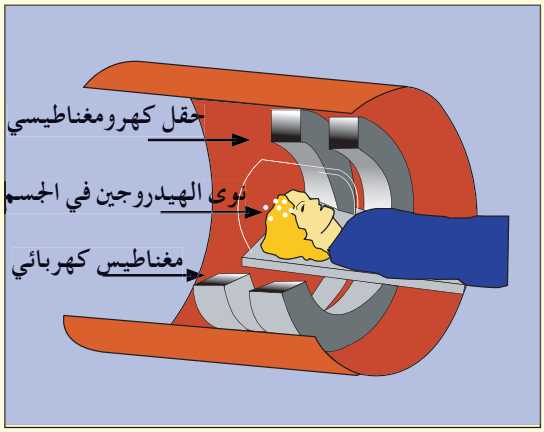
■ الشكل 39

يعتبر الحقل المغناطيسي الأرضي معلما موثوقا ومستقرا (في فترات زمنية طويلة) إذ أنه لا يتأثر بالتقلبات والتغيرات المناخية، لذا تستعمل بعض الكائنات الحيّة (بعض الباكتيريات، النحل، بعض الطيور والأسماك المهاجرة،..) خصائص هذا الحقل لتنقلاتها وتوجّهاتها من منطقة إلى أخرى (الشكل39).

إن تغير الحقل المغناطيسي الأرضي من منطقة إلى أخرى (الشدّة ، زاوية الميل، زاوية الانحراف) وكذا خصائصه في أعماق المحيطات هي العوامل التي توظفها هذه الكائنات للتوجه والتموضع في الكرة الأرضية.

أكّدت بعض البحوث البيولوجية احتواء خلايا بعض الباكتيريات على بلورات حديدية المغنطة (ferromagnétique) تكافئ مغانط صغيرة دائمة.

2 – المصورة بالرنين المغناطيسي (IRM)



■ الشكل 40

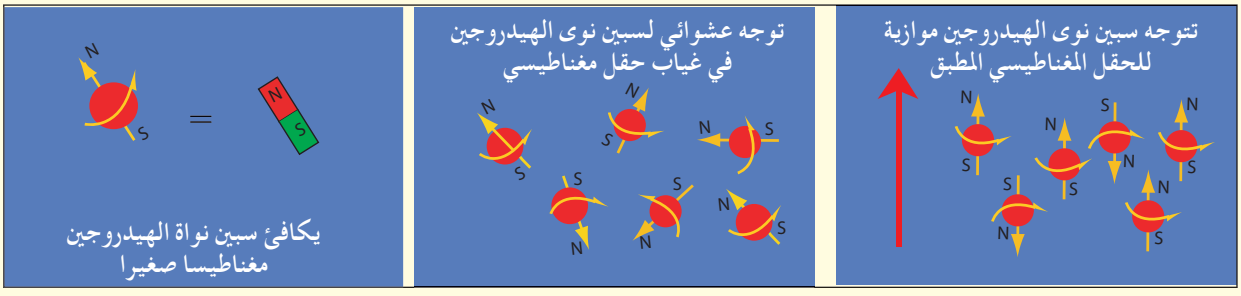
وظفت التكنولوجيا الظواهر المغناطيسية في ميدان الطب حيث مكّنت الأطباء من كشف وفحص ما بداخل جسم الإنسان، باستعمال التصوير بالرنين المغناطيسي (IRM) (الشكل40).

يرجع تاريخ اكتشاف هذه الوسيلة إلى بداية 1970.

تعتمد هذه الطريقة على استعمال الخصائص المغناطيسية لبعض الأنوية الذرية كنواة ذرة الهيدروجين مثلا الموجودة في الماء الذي يتكون منه أساسا جسم الإنسان، والتي تتصرف كمغانط صغير أوسبين (spin) (العزم المغناطيسي)– (الشكل41).

عندما يخضع جسم الإنسان لحقل مغناطيسي قيمته حوالي 30.000 مرة قيمة الحقل المغناطيسي الأرضي (من رتبة 1T)، فإن سبين نوى ذرات الهيدروجين تتجه باتجاه هذا الحقل وتتغير جهات سبين بعض النوى تحت تأثير موجة كهرومغناطيسية مضبوطة التواتر (تواتر الرنين) ثم تسترجع هذه الأخيرة وضعها الابتدائي بعد فترة زمنية مميزة – زمن الاسترخاء (temps de relaxation) مرسلة إشارة كهربائية تستقبلها وشيعة على مستوى جهاز الاستقبال.

يقوم جهاز حاسوب بقراءة ومعالجة مختلف الإشارات مكونا صورة تسمح بتمييز مختلف الأنسجة المكونة لجسم الإنسان لأن اختلاف كثافة الأنسجة يؤدي إلى اختلاف أزمنة الاسترخاء.



■ الشكل 41

3 – أشرطة التسجيل الصوتي والصوري، البطاقات البنكية، الأقراص لينة

اكتب بماغانط صغيرة واقرأ ببوصلة

■ الشكل 42

إذا دققت النظر في الشريط الأسود على بطاقة بنكية أو أي بطاقة أخرى (بطاقة تعبئة الكهرباء مثلا) وفي القرص اللين المستعمل لتخزين البيانات و شريط صوتي لوجدت تشابه كبيرا في طبيعة كل منها. إنها مصنوعة من نفس المادة.

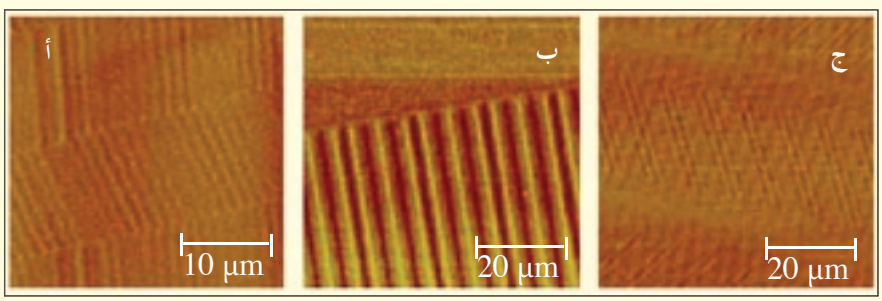
تطورت المواد المستعملة للتسجيل المغناطيسي و هي حاليا مكونة من طبقة رقيقة من مادة حديدية المغنطة موضوعة على حامل غير مغناطيسي.

تختلف الحوامل حسب التطبيقات، تستعمل عادة الأشرطة البلاستيكية للتسجيل المغناطيسي التماثلي الصوتي و الصوري (Cassettes audio et vidéo) أما الأقراص المرنة و الصلبة تستعمل للتخزين الرقمي.

تتكون عادة الحبيبات المغناطيسية المستعملة في التسجيل المغناطيسي من أكسيد الحديد (Fe_2O_3) و أكسيد الكروم (CrO2). لهذه الحبيبات أشكال مستطيلة حيث أن مراقبة شكل و حجم هذه الحبيبات مهم جدا لأنها تحدد خواص التسجيل المغناطيسي.

تمثل الصور التالية صور من مجهر ذو قوة مغناطيسية (Microscope à Force Magnétique MFM) لحوامل تسجيل مغناطيسي مختلفة (الشكل43 أ–ب–ج).

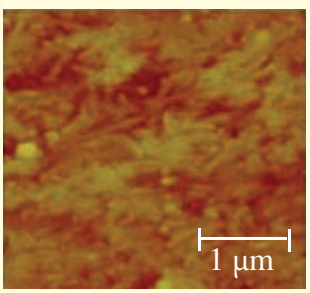
شريط التسجيل هو عبارة عن حامل من البلاستيك ملصقة عليه حبيبات مغناطيسية صغيرة يمكن تشبيه كل من هذه الحبيبات بقضيب مغناطيسي صغير (الشكل44).



أ – شريط صوري (vidéo) ب – قرص لين لتخزين البيانات ج – شريط صوتي

نلاحظ منطقتين متقاطعتين واحدة للصوت والأخرى للصورة

■ الشكل 43



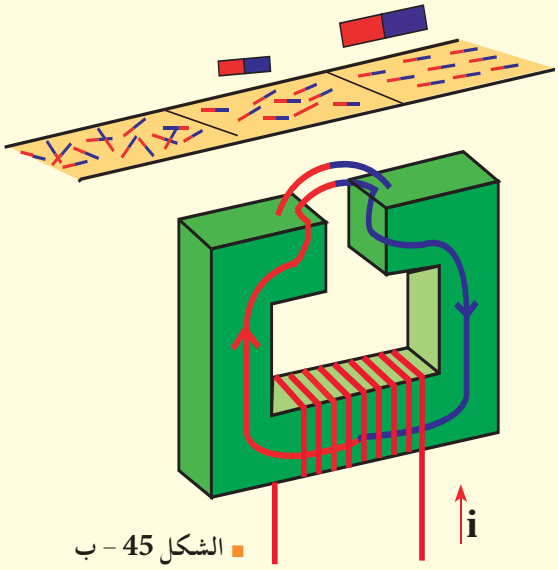
■ الشكل 44

- آلية تسجيل المعلومات على الحوامل المغناطيسية

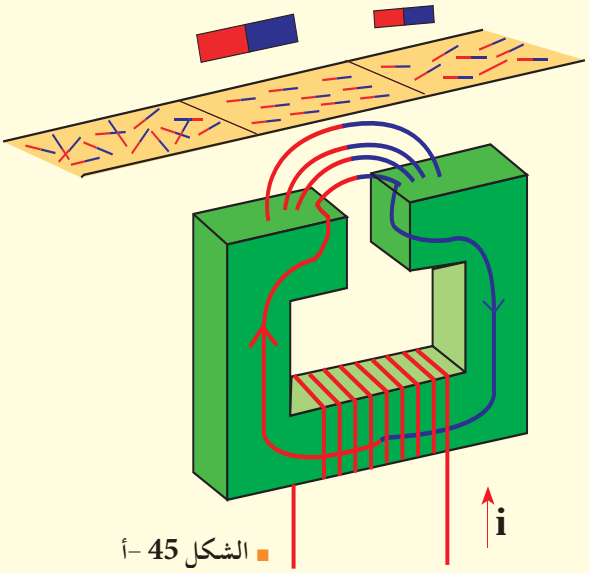
التسجيل المغناطيسي طريقة تستعمل لتخزين المعلومات معتمدة على مغنطة مختلفة لمناطق صغيرة من الحامل.

تحول المعلومات (صوت، صور، بيانات....) التي نريد تخزنها إلى إشارات كهربائية شدتها متغيرة بواسطة جهاز ملائم: الميكروفون مثلا للأصوات والكاميرا للصور.

يتم تسجيل المعلومة عبر «رأس التسجيل» و هو عبارة عن مغناطيس كهربائي (électro-aimant) مكون من حلقة من حديد غير مغلقة كلية (تبقى فيها فتحة صغيرة بين طرفي الحلقة ندعوها الفراغ بين الفرعين) انظر (الشكل45 أ وب).



■ الشكل 45 – ب

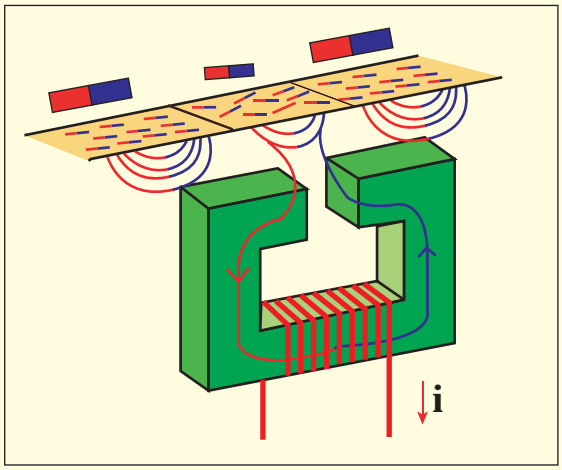


■ الشكل 45 –أ

بعد تحويل المعلومة إلى إشارة كهربائية نمررها في وشيعة المغناطيس الكهربائي. يولد هذا التيار حقلا مغناطيسيا تبقى خطوطه موجهة داخل الحلقة الحديدية و لا تخرج من حجم الحلقة إلا على مستوى الفتحة الصغيرة. يمر الشرط بالقرب من هذه الفتحة حيث يتأثر بالحقل المغناطيسي الناتج عن إشارة المعلومة ويوجه الحبيبات المغناطيسية الصغيرة للمادة الممغنطة للشريط.

عندما يكون الحقل المغناطيسي المؤثر على الشريط قويا تصطف كل المغانط الصغيرة وفق هذا الحقل بحيث يحمل هذا الجزء من الشريط تمغنطا قويا أما إذا كان الحقل المغناطيسي أقل شدة، تتجه الحبيبات المغناطيسية جزئيا وفقه وتكون حينئذ المعلومة المحمولة على الشريط عبارة عن حقل مغناطيسي متوسط الشدة وهكذا تتحول التغيرات الزمنية لشدة الإشارة الكهربائية للمعلومة إلى تغيرات فضائية لشدة إشارة مغناطيسية على الشريط.

– آلية قراءة المعلومات على الحوامل المغناطيسية



■ الشكل 46

نستعمل عند قراءة التسجيل على شريط مغناطيسي ما يسمى « رأس القراءة » وهي نفسها المستعملة للتسجيل. يمر الشريط الحامل للمعلومة فوق رأس القراءة على مستوى الفتحة الصغيرة حيث تمر مناطق من الشريط تحمل حقولا مغناطيسية متفاوتة الشدة. تنشئ هذه الحقول، عند انتقالها داخل الحلقة الحديدية تيارات مستحثة متناسبة مع هذه الحقول، وبمعالجة إلكترونية بسيطة تتحول إلى الإشارة الأصلية (الشكل46).

4 – مغناطيسية المواد

يعود منشأ الحقل المغناطيسي في المادة إلى حركة الإلكترونات وهي على نوعين:

1 – حركة الإلكترونات حول نواة الذرة، تُشبه تيارا كهربائيا يسري في حلقة.

2 – حركة الإلكترونات حول نفسها ندعوها سبين « غزل » (spin) الإلكترون حيث بينت التجارب وجود حقول مغناطيسية ناتجة عن سبين الإلكترون (العزم المغناطيسي للإلكترون وهو يدور حول نفسه). أما الحقل المغناطيسي الناشئ في المادة فهو محصلة هذه الحقول المغناطيسية الناشئة عن الالكترونات الموجودة في المادة.

في الواقع يكون إسهام حركة الإلكترونات حول النواة ضئيلا حيث تعود معظم الخصائص المغناطيسية إلى سبين الإلكترونات. تُعْلِمُنا دراسة بنية المادة أن في كل مدار يوجد في أغلب الحالات إلكترونين اثنين يدوران حول نفساهما في اتجاهين متعاكسين مما يلغي الواحد منهما تأثير الآخر. غير أن ثمة عناصر مثل الحديد والنيكل والكوبالت وبعض السبائك، يوجد فيها مدارات تحمل إلكترونات منفردة تدور حول نفسها في نفس الاتجاه، نقول أن لها نفس السبين على مدارات مختلفة فتكون محصلة العزوم المغناطيسية لهذه الإلكترونات غير معدومة فتولد حولها حقولا مغناطيسية. إذا تأثرت هذه المادة بحقل مغناطيسي خارجي تتجه كل العزوم موازية للحقل الخارجي ونقول حينئذ أن المادة تمغنطت بالحث. وإذا انقطع الحقل المغناطيسي رجع اتجاه العزوم الإلكترونية تدريجيا في جهات عشوائية وعندها تفقد المادة تمغنطها.

تختلف المواد من حيث قابليتها للتمغنط، وتعرَّف القابلية المغناطيسية χ للمادة على أنها نسبة شدة العزم المغناطيسي m الناشئ داخل المادة نتيجة تعرضها لحقل مغناطيسي خارجي على الشدة B لهذا الحقل. إذا كانت النفاذية المغناطيسية للفراغ μ_0 تُميِّز خصائص الفراغ بوجود حقل مغناطيسي فيه فإن خصائص المادة تميِّزها النفاذية المغناطيسية للمادة μ حيث: $\mu = (1+\chi)\mu_0 = \mu_r\mu_0$ وتمثل μ_r النفاذية النسبية للمادة $\mu_r=1+\chi$.

تنقسم المواد حسب قيم قابليتها المغناطيسية إلي ثلاث أقسام :

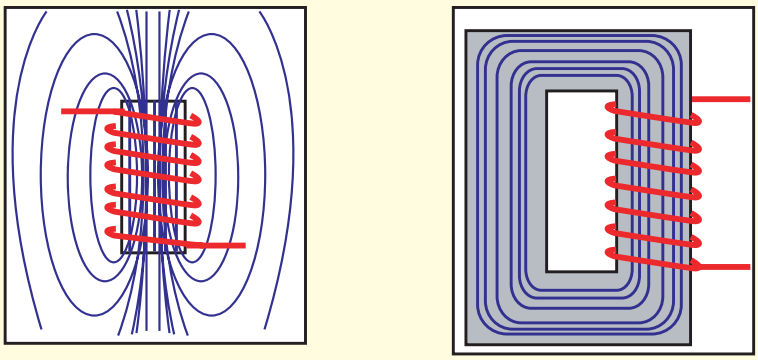
1 – قسم قيمة قابليته صغيرة أقل من الواحد (1) وسالبة، تسمى هذه المواد عكسية المغنطة matériaux diamagnétiques. عند وضع عينة من هذه المواد في حقل مغناطيسي، تظهر في المادة عزوما مغناطيسية في اتجاه معاكس لاتجاه الحقل، وليس لذرات هذه المواد عزوم مغناطيسية دائمة ذلك أن العزوم المغناطيسية لإلكتروناتها يلغي بعضها البعض. تفسير ظاهرة التنافر هذه بوجود تيار حثي ناتج عن تغير في التدفق المغناطيسي على حركة الإلكترونات في الذرات بحيث يكون العزم المغناطيسي الناشئ معاكسا لهذا التغير في التدفق (قانون لنز)، من هذه المواد : الفضة، النحاس، الذهب،...

2 – قسم قابليته موجبة وقيمتها صغيرة أقل من الواحد ، تدعي المواد التي تنتمي لهذا القسم مواد **طردية المغنطة** matériaux paramagnétiques. تملك هذه المواد عزوما مغناطيسية دائمة، غير أن محصلة هذه العزوم معدومة ومن هذه المواد نذكر: الألمنيوم، البلاتين، المنغانيز Manganèse،....

3 – قسم قابليته موجبة وقيمتها كبيرة جدا أمام الواحد، تدعى مواد هذا القسم مواد حديدية المغنطة matériaux ferromagnétiques وتمتاز بقابليتها الكبيرة للتمغنط إذا وضعت في حقل مغناطيسي خارجي، وأنها تحتفظ بمغنطتها، حتى بعد انعدام الحقل المغناطيسي الخارجي، من بين هذه المواد نذكر: الحديد، الفلاذ، النيكل، الكوبالت .... من خاصية هذه المواد أنها تفقد قابليتها للتمغنط عند درجات الحرارة العالية وتصبح مواد طردية المغنطة. كل المواد تفقد هذه الخاصية عند درجة حرارة معينة، يُطلق علي درجة الحرارة التي تفقد عندها المادة الحديدية المغنطة خصائصها المغناطيسية اسم درجة حرارة كوري (Curie)، وهي بالنسبة للحديد 770°C.

تطبيق : من الفوائد الكبيرة للمواد حديدية المغنطة أن شدة الحقل المغناطيسي داخلها قيمته عشرات الأضعاف قيمة الحقل المغناطيسي خارجها ولها خاصية أخرى وهي تقيد خطوط الحقل المغناطيسي داخلها مثل ما هو موضح على (الشكل 47).

خطوط الحقل المغناطيسي لوشيعتين



بدون نواة حديدية　　بنواة حديدية

■ الشكل 47

أحتفظ بالأهم

1 – المغانط

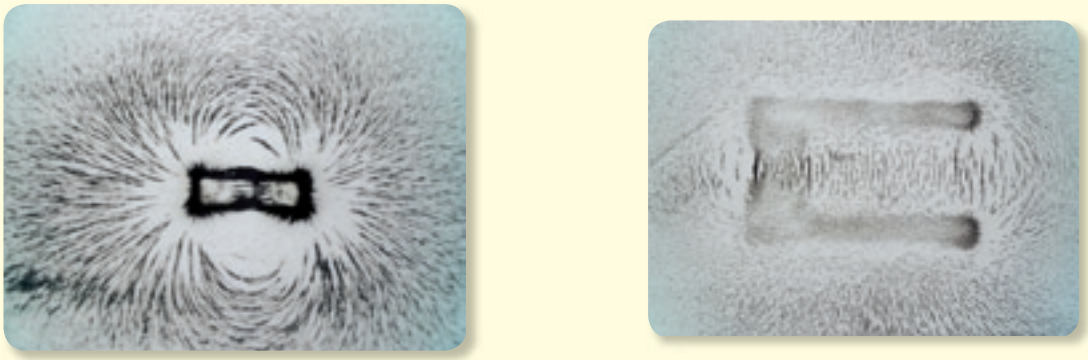
المغناطيس هو كل جسم يمتاز بخاصّية جذب برادة الحديد وله قطبان لا يمكن فصلهما، قطب شمالي وقطب جنوبي.

يحدث تأثير متبادل بين المغانط حيث أن قطبان من نفس النوع يتنافران وقطبان من نوعين مختلفين يتجاذبان.

2 – الطيف المغناطيسي

عند ذرّ برادة الحديد على ورق مقوى موضوع فوق مغناطيس تترتب حبيباتها وفق خطوط تسمّى خطوط الحقل، مكونة ما ندعوه: الطيف المغناطيسي، ويتميز كل مغناطيس بطيفه فمثلا:

يتميز طيف القضيب المغناطيسي بشكل متناظر بالنسبة لخط الحقل المنطبق على محوره. كما يمتاز طيف المغناطيس ذي شكل الحرف U بخطوط حقل متوازية بين فرعيه ومنحنية بجوار قطبيه خارج الفرعين الشكل 48.



الشكل 48

3 – الحقل المغناطيسي

– الحقل المغناطيسي هو مجموعة الخصائص المغناطيسية التي تمتاز بها كل نقطة من نقاط الفضاء بحيث تتجلى هذه الخصائص في تأثير ميكانيكي على بوصلة توضع في نقطة ما منه، وننمذجه بشعاع خصائصه في نقطة من الفضاء هي:

- نقطة التطبيق: هي النقطة المعتبرة.
- الحامل: منطبق على حامل البوصلة الموضوعة في النقطة المعتبرة.
- الجهة: من جنوب نحو شمال البوصلة S→N
- الشدّة: تقاس باتسلامتر ويعبر عنها في نظام الوحدات الدّولي بالتسلا (Tesla) ورمزها T.

4 – خطوط الحقل المغناطيسي

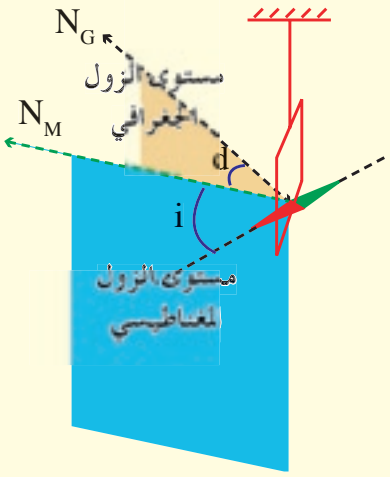
– تتجه خطوط الحقل من الشمال نحو الجنوب خارج المغناطيس ومن الجنوب نحو الشمال داخل المغناطيس ولا تتقاطع أبدا.

– يكون شعاع الحقل المغناطيسي مماسيا لخط الحقل في النقطة المعتبرة.

– كلما كانت خطوط الحقل متراصّة كانت شدّة الحقل أكبر.

– نقول عن حقل أنه منتظم إذا كانت خطوطه متوازية وشدّته ثابتة.

أحتفظ بالأهم



الشكل 48

5 – الحقل المغناطيسي الأرضي

لكوكب الأرض حقل مغناطيسي ندعوه الحقل المغناطيسي الأرضي. يتميز شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي في كل نقطة من الأرض بشدّة B، زاوية الآنحراف i وزاوية الميل d (الشكل48)

6 – الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار مستقيم

عندما يعبر تيار كهربائي شدته I سلكا مستقيما يتولد حوله حقل مغناطيسي خطوطه دوائر مركزها السلك ومحمولة في مستويات عمودية عليه.

يكون شعاع الحقل المغناطيسي :

– مماسي للدائرة في النقطة المعتبرة.

– له جهة تتعلق بجهة التيار وتحدد بقواعد مختلفة (قاعدة رجل أمبير، قاعدة اليد اليمنى، ...).

– له شدة تتعلق بقيمة التيار I وبعد النقطة R عن السلك وتعطى بالعلاقة :

$$B = \mu_0 I / 2\pi R$$

7 – الحقل المتولد عن تيار حلقي (وشيعة)

عندما يسري تيار I في وشيعة يتولد عنه حقل مغناطيسي، جهته تحدّد بقواعد مختلفة وقيمته تعطى بإحدى العلاقة التالية :

أ– حالة وشيعة مسطحة

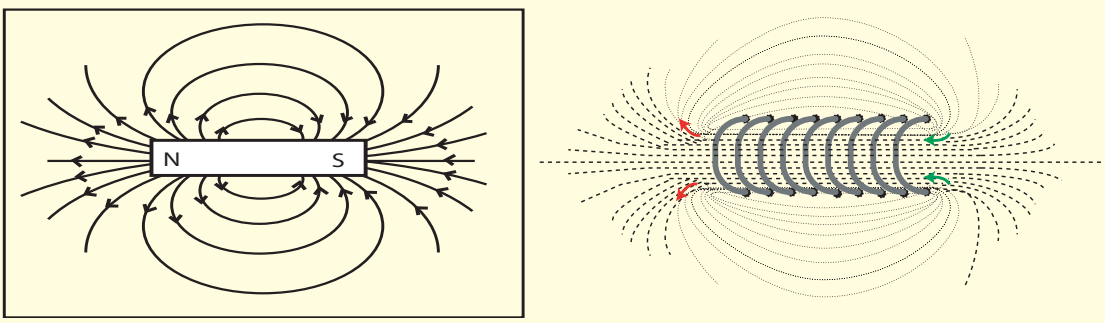
شدّة الحقل في مركز الوشيعة : $B = \mu_0 NI / 2r$ حيث r نصف قطر الوشيعة وN عدد الحلقات.

ب – حالة وشيعة طويلة

شدّة الحقل داخل الوشيعة : $B = \mu_0 nI$ حيث : n عدد الحلقات في وحدة الطول.

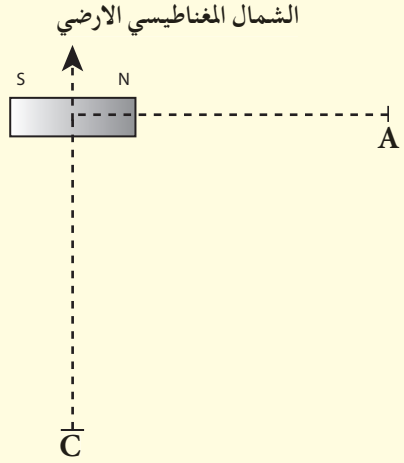
ج – تحديد وجهي الوشيعة

للوشيعة التي يعبرها تيار وجهان، الوجه الذي تخرج منه خطوط الحقل هو وجه شمالي والوجه الذي تدخل منه خطوط الحقل هو وجه جنوبي، وطيفها خارجها يشبه طيف القضيب المغناطيسي (الشكل49).



الشكل 49

تمرين محلول 1 :



قضيب ممغنط موضوع على طاولة خشبية ، بحيث محوره يكون عموديا على مستوى الزوال المغناطيسي وموجه كما في الشكل. نضع بوصلة في A ثم C تبعد كل منهما عن مركز القضيب بالمسافة d = 0,50 m.

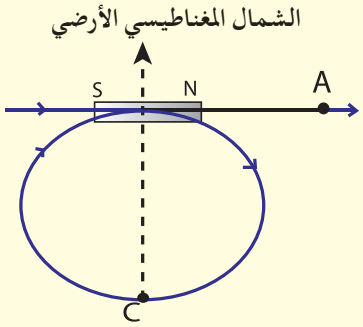
في الوضع A تنحرف إبرة البوصلة بزاوية $\alpha_1 = 11,5°$ وفي الوضع C بزاوية $\alpha_2 = 6°$

أ – انقل الرسم ومثل عليه خطي الحقل المارين من A وC مع توجيههما.

ب – مثل بلون آخر وضع البوصلة في A وC.

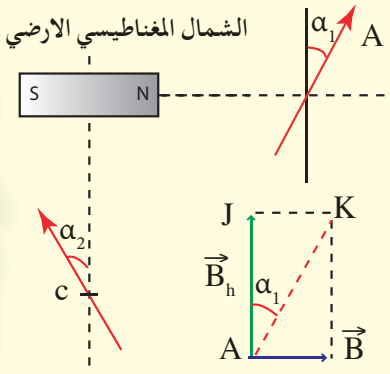
جـ – أعط العبارة الحرفية لشدة الحقل في A وC بدلالة المركبة الأفقية B_h للحقل المغناطيسي الأرضي وزاوية الأنحراف α. أحسب شدة هذا الحقل في A وC إذا كانت $B_h = 2.10^{-5}$ T.

الحل



1 – **تذكير :** خطوط الحقل المتولد عن قضيب ممغنط تكون متناظرة بالنسبة لمحوري القضيب. نمثل خطي الحقل المتولد عن القضيب لوحده (بإهمال الحقل المغناطيسي الأرضي) والمارين من A وC أنظر الشكل.

2 – نأخذ الآن بعين الاعتبار الحقل المغناطيسي الأرضي الذي نعتبره منتظما في منطقة صغيرة. فالبوصلة تأخذ في كل من النقطتين وضعا منطبقا على خط الحقل الناتج عن تراكب حقلي الأرضي والقضيب.



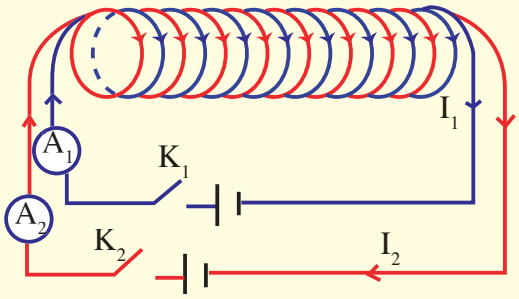
3 – نمثل محصلة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $\vec{B}_h$ والحقل المغناطيسي $\vec{B}$ للقضيب الممغنط. يمكن استنتاج قيمة B بدلالة B_h وα باستعمال علاقة ظل α في المثلث الممثل في الرسم (السلم غير محترم)

في المثلث AJK لدينا : $\tan\alpha = JK/AJ$ أي : $B(A) = B_h .\tan \alpha_1$

و $B(C) = B_h .\tan \alpha_2$

ت.ع : $B(A) = 4.10^{-6}$ T و $B(C) = 2.10^{-6}$ T

تمرين محلول 2 :



لا نأخذ بعين الاعتبار في هذا التمرين الحقل المغنطيسي الأرضي.

لدينا وشيعتين متماثلتين حلاقاتهما غير متلاصقة، نجعلها تتداخل كما في الشكل ونغذي كل منهما بمولد

نغلق القاطعة K_1 مع ترك K_2 مفتوحة. نغير في الشدة التيار I_1 ونقيس شدة الحقل B_1 فنحصل على الجدول التالي :

I (A)	0	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
B_1(mT)	0	0,63	1,30	1,90	2,70	3,15

– أرسم منحنى الدالة $B_1 = f(I_1)$

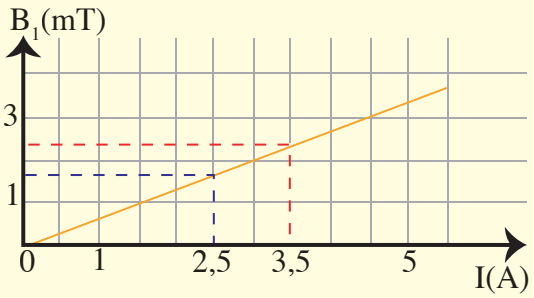
ما هي العلاقة التي تربط B_1 بالتيار I_1؟

– نفتح القاطعة K_1 ونغلق القاطعة K_2 فيمر في الوشيعة 2 تيار شدته $I_2 = 3,5$ A ما هي قيمة الحقل B_2 في مركز الوشيعة 2 ؟

– نغلق القاطعتين K_1 و K_2 إذا كان للتيارين I_1 و I_2 نفس الجهة وشدتيهما $I_1 = 2,5A$ و $I_2 = 3,5A$. أرسم التركيب ومثل عليه شعاعي الحقل $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ لكل وشيعة والحقل المحصل $\vec{B} = \vec{B}_1+\vec{B}_2$ في المركز O.أعط خصائص الحقل المحصل B .

الحل :

يعطى التمثيل البياني المنحنى التالي :

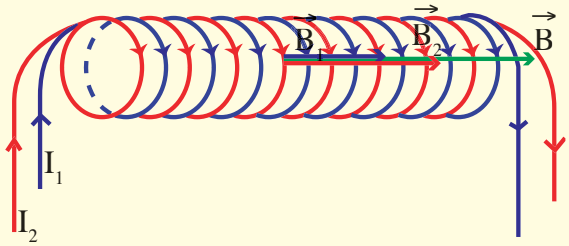


المنحنى عبارة عن خط مستقيم من الشكل $B_1 = k.\ I_1$.

– بما أن الوشيعتين متماثلتين، فالمنحنى السابق يستعمل لكليهما.

ومنه نكتب من البيان $B_1 = k.\ I_1$ و $B_2 = k.\ I_2$ أي عند $I_2 = 3,5A$ نجد $B_2 = 2,20mT$

– باستعمال طريقة اليد اليمنى أو رجل أمبر نجد جهة الحقل في مركز الوشيعة. قيمة هذا الحقل الناتج عن الوشيعة 2 محدد سابقا أي : $B_2 = 2,20mT$ ومن البيان نجد قيمة الحقل الناتج عن الوشيعة 1 أي : $B_1 = 1,60mT$ عند $I_1 = 2,5A$.



بما أن التيار في الوشيعتين له نفس الجهة، يكون للحقلين $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ نفس الحامل ونفس الجهة وكذلك للحقل المحصل $\vec{B} = \vec{B}_1+\vec{B}_2$ نفس الحامل ونفس الجهة وشدة $B = B_1+B_2 = 3,80mT$

تمارين... تمارين..

1 أتأكد من معارفي

– كيف نكشف عن وجود حقل مغناطيسي في منطقة من الفضاء؟
– اذكر مصدرين للحقل المغناطيسي.
– كيف ننمذج الحقل المغناطيسي في نقطة؟
– ما هو اسم و رمز وحدة الحقل المغناطيسي؟
– بأي جهاز تقاس شدة الحقل المغناطيسي؟
– كيف نجسد الطيف المغناطيسي للمغناطيس؟
– كيف نوجه خطوط الحقل المغناطيسي؟
– أعط تعريفا للحقل المغناطيسي المنتظم.
– بأي نوع من المغانط نحصل على حقل مغناطيسي منتظم في منطقة من الفضاء؟ يطلب تعينها.
– مثل شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي في نقطة مع ذكر المفاهيم والمقادير اللازمة لتعيينه.
– عرف الميل المغناطيسي اعتمادا على رسم توضيح.

2 اختر الجواب أو الأجوبة الصحيحة :

– القضيب الممغنط ينتج حقلا منتظما.
– في الحقل المغناطيسي المنتظم خطوط الحقل متوازية.
– في غياب مغناطيس لا تخضع إبرة ممغنطة لتأثير ميكانيكي.
– نقدر شدة الحقل المغناطيسي بـ: أ – الأمبير (A)، ب – الفولط (V)، ج – التسلا (T).
– قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي تساوي $B_h = 22\mu T$ في وضع يكون فيه الميل المغناطيسي 60°، و الانحراف المغناطيسي 5°W(غرب)، ما هي من بين هذه القيم شدة الحقل المغناطيسي الأرضي في هذا الوضع: أ – 44 µT ب – 22 µT ج – 11 µT ؟

3 صحح التصريحات الخاطئة

– في حقل مغناطيسي منتظم شعاع الحقل ثابت.
– يمكن الحصول على طيف مغناطيسي باستعمال برادة النحاس.
– يمكن لخطين من حقل مغناطيسي أن تتقاطع.
– حامل شعاع الحقل المغناطيسي عمودي على خطوط الحقل.
– تخرج خطوط الحقل المغناطيسي للقضيب من قطبه الشمالي لتتجه نحو قطبه الجنوبي.
– في الطيف المغناطيسي تكون خطوط الحقل أكثر تراصا كلما كان الحقل شديد.
– قيمة الحقل المغناطيسي الأرضي من رتبة $0{,}5.10^5$ T.
– قيمة الحقل المغناطيسي الأرضي بجوار الأرض هي 20mT أو 20T.
– قيمة الحقل المغناطيسي بجوار قضيب مغناطيسي هي 50µT أو 50mT.
– قيمة الحقل المغناطيسي في نجم نتروني من رتبة 10^8 T أو 10 T .

تمارين... تمارين...

4 أجب بصحيح أو خطأ

– في مركز وشيعة، قيمة الحقل المتولد يتناسب طردا مع شدة التيار المار في الوشيعة.

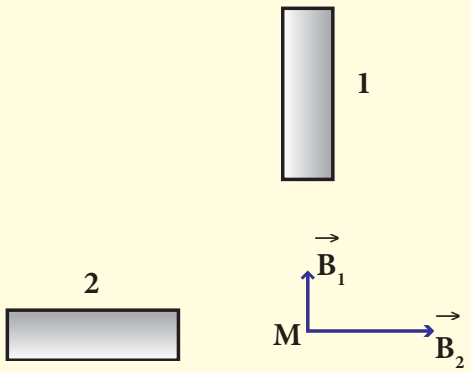
– داخل ناقل أسطواني خطوط الحقل موجهة من الوجه الشمالي نحو الوجه الجنوبي.

– شدة الحقل المغناطيسي داخل وشيعة تنخفض إلى نصف قيمتها في حالة مضاعفة عدد حلقاتها.

– قيمة الحقل المغناطيسي داخل ناقل أسطواني تعطى بالعلاقة $B = \mu_0 .n.I$ أين n هو عدد الحلاقات لوحدة الطول.

– إذا تمكنت وشيعة يعبرها تيار من الحركة بحرية في المجال المغناطيسي الأرضي ، فان وجهها الشمالي يتجه نحو القطب الشمالي الأرضي.

5 في نقطة M يحدث تراكب حقلين مغناطيسيين ناتجين عن قضيبين متعامدين كما في شكل. حيث شدتي الحقلين هي : $B_1 = 32mT$ و $B_2 = 43mT$



أ – حدد أسماء أقطاب القضيبين.

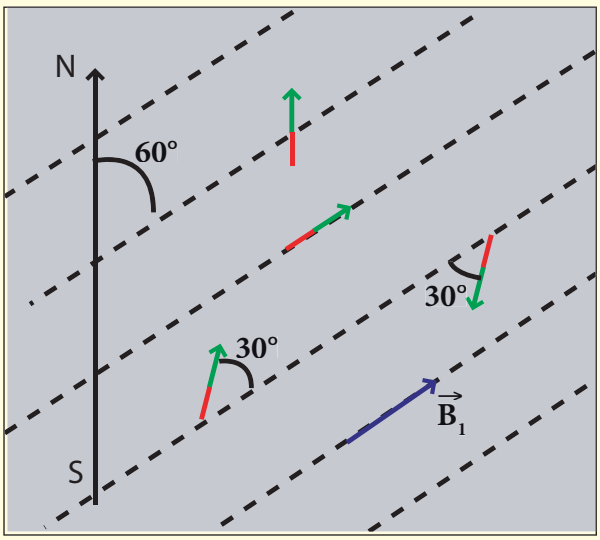
ب – أرسم الحقل الناتج عن تراكب الحقلين في النقطة M

وأحسب شدته B و زاوية α التي يصنعها مع حقل القضيب 1.

جـ – ما هو اتجاه بوصلة موضوعة في M إذا أهملنا الحقل المغناطيسي الأرضي؟

6 في منطقة من الفضاء تراكب فيها حقل أفقي منتظم B_1 مع الحقل المغناطيسي الأرضي.

السهم SN موجه وفق خط الزوال المغناطيسي. والإبر الممغنطة المختلفة حساسة للمركبة الأفقية للحقل الناتج عن هذا التراكب $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_h$.



حيث $\vec{B}_h$ هي المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي.

للحقلين قيمتين متساويتين $B_h = B_1$.

ا – ما هي الإبر التي يمكن أن تكون في حالة توازن؟

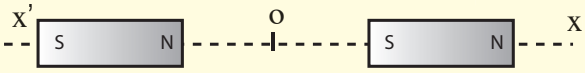
ب – ما هي التي توازنها مستقرا؟

ج – نفس السؤال في حالة عكس اتجاه B_1.

تمارين... تمارين..

7

نضع قضيبين متماثلين كما في الشكل. المحور xx' أفقي عمودي لخط الزوال المغناطيسي. نعطي $B_h = 20\ \mu T$. النقطة O تقع في منتصف المسافة بين القضيبين. نقيس بالتسلامتر قيمة المركبة الأفقية للحقل الناتج في النقطة O فنجد 40 μT.



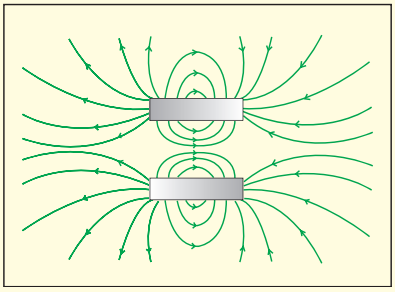
ا – مثل المركبة الأفقية للحقل المحصل في النقطة O والحقلين المولدين من طرف القضيبين.

ب – نقلب أحد القضيبين بـ 180°. ما هو الحقل المغناطيسي الناتج في النقطة O ؟

ج – أعط في كلا الحالتين وضعية بوصلة توضع في النقطة O.

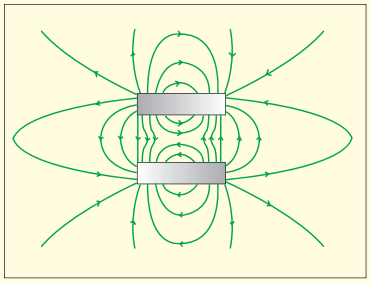
8

نمثل في الشكل التالي خطوط الحقل حول قضيبين مغناطيسيين.



ا – أنقل الشكل وعين قطبا كلا المغناطيسيين. في أي منطقة يمكن اعتبار أن الحقل الناتج منتظم؟

ب – مثل أشعة الحقل على بعض الخطوط (باعتماد سلم كيفي للشدات).



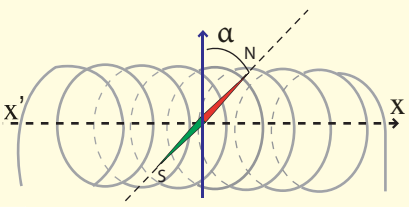
ج – نقلب أحد القضيبين فنحصل على الطيف التالي :

هل توجد نقطة حيث الحقل الناتج معدوم ؟

د – ما هي المناطق التي يكون فيها الحقل أشد؟

9

نضع داخل وشيعة إبرة ممغنطة بحيث يكون المحور xx' للوشيعة عامودي على الإبرة في غياب التيار. نمرر تيارا كهروبائيا شدته I في الوشيعة. فتنحرف الإبرة بزاوية α في اتجاه عقارب الساعة.



ا – حدد جهة الحقل المغناطيسي المتولد عن الوشيعة ثم استنتج اتجاه التيار في الوشيعة.

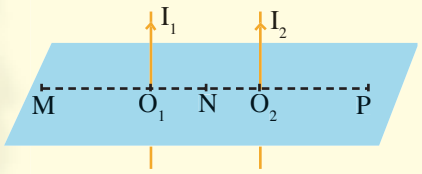
ب – أحسب شدتي الحقل المتولد من طرف الوشيعة، والحقل الكلي إذا كنت $\alpha = 30°$ و $B_h = 20\ \mu T$.

10

نعطي في الجدول التالي الشدة B للحقل مغناطيسي ناتج عن تيار شدته $I_1 = 2{,}0\ A$ يمر في ناقل1 مستقيم وطويل، في نقطة تقع على بعد a منه.

a(cm)	2	4	8
B(μT)	20	10	5

– مثل أشعة الحقل المغناطيسي المتولد عن الناقل 1 في النقاط M و N و P . (انظر الشكل).



$O_1M = O_2P = 4cm$ ، $O_1N = 2cm$، $O_1O_2 = 4cm$

نعتبر ناقل2، طويل وموازي للناقل1 يمر من O_2، يعبره تيار $I_2 = 2{,}0\ A$

تمارين... تمارين...

– مثل أشعة الحقل المغناطيسي الناتج عن التيارين في النقاط M وN وP .
– نعكس جهة التيار I_2. أعد رسم الشكل ومثل في النقاط M وN وP أشعة الحقل المغناطيسي الناتج عن التيارين المتعاكسين.
– نضاعف شدة I_2. أعد تمثل الأشعة المطلوبة في الحالتين السابقتين.

11

وشيعة طولها 50cm و قطرها 4cm تحتوي 1000 لفة و يعبرها تيار I = 300mA.
1 – هل يمكن اعتبار أن قيمة الحقل المغناطيسي في مركز الوشيعة معطى بالعلاقة $B = 4\pi 10^{-7} n.I$؟
لماذا أعطينا قيمة قطر الوشيعة ؟
2 – أحسب قيمة الحقل المغناطيسي داخل الوشيعة.
3 – نضف للوشيعة وشيعة ثانية ممثلة لها لتكون وشيعة طولها ضعف الأولى. ما هي قيمة الحقل المغناطيسي داخل هذه المجموعة؟
4 – نضع الوشيعة داخل وشيعة أخرى لها نفس الطول و نفس عدد اللفات (1000 لفة) و لكن قطرها 6cm نوصل الوشيعتين على تسلسل ليعبرهما نفس التيار. ما هي قيمة الحقل المغناطيسي داخل هذه المجموعة؟ علل.

12 تمرين بياني

نستعمل مقياس تسلامتر لتحديد قيمة الحقل B_0 في مركز الوشيعة.

1 – دراسة قيمة الحقل B_0 بدلالة I

نعطي في الجدول التالي قيم فرق الكمون U_S المقاس بين طرفي مسبر تسلامتر الموافقة لمختلف قيم شدة التيار I في الوشيعة.
أ – يعط المسبر جهد U_S متناسب مع شدة الحقل B حيث $U_S = 20B$ (U_s(V) و B(T)) .
– أكمل الجدول بحساب قيم B_0 الموافقة.
ب – أرسم المنحنى البياني الممثل لتغيرات B_0 بدلالة I .ماذا تستنتج؟

I(A)	0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$U_{S\,(mV)}$	0	12,6	18,8	25,9	30,7	37,8	43	49,7	56	62

ج – إستنتج قيمة n : عدد اللفات في وحدة الطول.

2 – دراسة قيمة الحقل B على المحور OX للوشيعة .

نختار المبدأ O للمحور OX في مركز الوشيعة ونثبت شدة التيار عند 4A

X(cm)	0	4	8	12	14	16	17	18	19	20
Us (mV)	49,0	48,6	48,4	48,0	46,5	45,5	43,8	41,5	37,4	29,0

أ – أكمل الجدول بقيم B الموافقة.

ب – أرسم المنحنى للتغيرات B بدلالة X

ج – ما هي قيمة X التي يمكن اعتبار قيمة B على المحور ثابت بتقريب 5% .

3 – تأثر طول الوشيعة على قيمة B_0

باستعمال الأقطاب المختلفة للوشيعة مثنى مثنى يمكن الحصول على وشائعة متماثلة في النسبة N/L ومختلفة في الطول. عند $I = 3,95A$ و $N/L = 500$ والقطر $D = 5cm$ تحصلنا على القيسات التالية :

L(cm)	40	20	12	8	4
Us(mV)	49,5	49,2	47,7	44,0	30,0

أ – أكمل الجدول بقيم B الموافقة.

ب – أحسب قيمة B_{0th} ل B_0 باستعمال العلاقة النظرية.

ج – ما هي قيم L التي من أجلها تختلف B_0 عن B_{0th} بأقل من 5%؟