

فيزياء ٤

التعليم الثانوي - نظام المقررات
(مسار العلوم الطبيعية)



المجالات المغناطيسية

Magnetic Fields

الفصل
1

1. إذا حملت قضيبين مغناطيسيين على راحتي يديك، ثم قربت يديك إحداهما إلى الأخرى فهل ستكون القوة تنافرًا أم تجاذبًا في كل من الحالتين الآتتين؟

- a. تقرب القطبين الشماليين أحدهما إلى الآخر. **تنافر.**
- b. تقرب القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي. **تجاذب.**

2. يبين الشكل 7-1 خمسة مغناط في صورة أقراص مثقوبة بعضها فوق بعض. فإذا كان القطب الشمالي للقرص العلوي متوجهًا إلى أعلى فما نوع القطب الذي يكون نحو الأعلى لكلٌ من المغناط الأخرى؟ **جنوبي، شمالي، جنوبي، شمالي.**

3. يجذب مغناطيس مسحارًا، ويجذب المسحار بدوره قطعًا صغيرة، كما هو موضح في الشكل 3-1. فإذا كان القطب الشمالي للمغناطيس الدائم عن اليسار كما هو موضح فإِي طرف المسحار يمثل قطبًا جنوبياً؟ **الطرف السفلي (الرأس المدبب).**



■ الشكل 7-1

4. لماذا تكون قراءة البوصلة المغناطيسية غير صحيحة أحياناً؟

يشوه المجال المغناطيسي الأرضي بوساطة الأجسام المصنوع من الحديد والنikel والكوبالت الموجودة على مقربة من البوصلة، وبواسطة خامات هذا الفلزات نفسها.

5. يسري تيار كهربائي في سلك مستقيم طويلاً من الشمال إلى الجنوب. أجب عما يأتي:

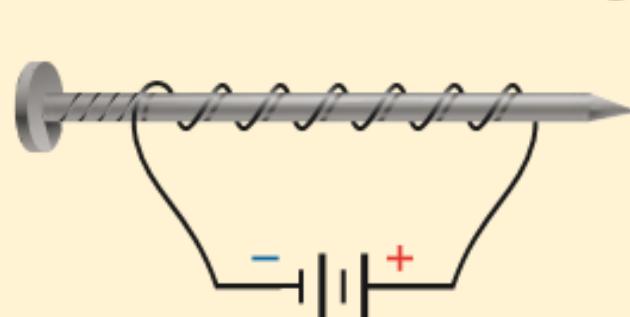
a. عند وضع بوصلة فوق السلك لوحظ أن قطبها الشمالي اتجه شرقاً. ما اتجاه التيار في السلك؟ **من الجنوب إلى الشمال.**

b. إلى أي اتجاه تشير إبرة البوصلة إذا وضعت أسفل السلك؟ **غرباً.**

6. ما شدة المجال المغناطيسي على بعد 1 cm من سلك يسري فيه تيار، مقارنة بما يأتي:

a. شدة المجال المغناطيسي على بعد 2 cm من السلك.

المجال المغناطيسي على بعد 1 cm سيكون أقوى مرتين. b. شدة المجال المغناطيسي على بعد 3 cm من السلك.



الشكل 13-1

7. صنع طالب مغناطيساً بلف سلك حول مسمار، ثم وصل طرفي السلك ببطاريه، كما هو موضح في الشكل 13-1. أي طرف المسمار (المدبب أم المسطح) سيكون قطبًا شماليًا؟

الرأس المدبب.

٨. إذا كان لديك بكرة سلك وقضيب زجاجي وقضيب حديدي وأخر من الألومنيوم، فبأي قضيب تستخدم لعمل مغناطيس كهربائي يجذب قطعاً فولاذيّة؟ ووضح إجابتك.

٩. يعمل المغناطيس الكهربائي الوارد في المسألة السابقة جيداً، فإذا أردت أن تجعل قوته قابلة للتعديل والضبط باستخدام مقاومة متغيرة فهل ذلك ممكناً؟ ووضح إجابتك.

٨. استخدام قضيب الحديد. سينجذب الحديد نحو المغناطيس الدائم، وسيكتسب خصائص المغناطيس، بينما لا يكتسبها كل من الزجاج والألومنيوم.

٩. نصل مقاومة المتغيرة على التوالي مع مصدر القدرة والملف، ثم نضبط مقاومة المتغيرة ونعدلها، فالمقاومة الأكبر ستقلل مقدار المجال.

10. المجالات المغناطيسية هل المجال المغناطيسي حقيقي أم مجرد وسيلة من النمذجة العلمية؟

خطوط المجال ليست حقيقة. أما المجال فهو حقيقي.

11. القوى المغناطيسية اذكر بعض القوى المغناطيسية الموجودة حولك. كيف يمكنك عرض تأثيرات هذه القوى؟

المغناط الموجودة على أبواب الثلاجة، والمجال المغناطيسي الأرضي. ويمكن عرض تأثير هذه القوى عن طريق إحضار مغناطيس آخر أو مادة يمكن مقنطتها بالقرب منها.

12. اتجاه المجال المغناطيسي صف قاعدة اليد اليمنى المستخدمة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يمر فيه تيار كهربائي.

إذا قبضت على السلك بيديك اليمنى وجعلت إبهامك يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي فسيشير انحصار أصابعك نحو اتجاه المجال المغناطيسي.

13. المغناطيس الكهربائية وضعت قطعة زجاج رقيقة وشفافة فوق مغناطيس كهربائي نشط، ورش فوقها برادة الحديد فترتب بنمط معين. إذا أعيدت التجربة بعد عكس قطبية مصدر الجهد فما الاختلافات التي ستلاحظها؟ وضح إجابتك.

لا شيء، برادة الحديد ستتبين شكل المجال نفسه، ولكن البوصلة ستتبين انعكاس القطبية المغناطيسية.

14. التفكير الناقد تخيّل لعبة داخلها قضيبان فلزيان متوازيان وضعوا بصورة أفقية أحدهما فوق الآخر، وكان القضيب العلوي حرّ الحركة إلى أعلى وإلى أسفل.

سيصبح القضيبان الفلزيان مغناطيسين لهما محاور متوازية، وإذا وضع القضيب العلوي بحيث يكون قطباه الشمالي N والجنوبي S للقضيب السفلي، فسيتناقض القضيب العلوي وسيكون معلقاً أو طافياً فوق السفلي، وإذا عكس طرفا المغناطيس العلوي فسيحدث تجاذب مع المغناطيس السفلي.

a. إذا كان القضيب العلوي يطفو فوق السفلي، وعكس اتجاهه فإنه يسقط نحو القضيب السفلي. وضح لماذا قد يسلك القضيبان هذا السلوك؟

b. افترض أن القضيب العلوي قد فقد وحل محله قضيب آخر. في هذه الحالة يسقط القضيب العلوي نحو القضيب السفلي مهما كان اتجاهه. فما نوع القضيب الذي استعمل؟

إذا وضع أي قضيب من الحديد العادي في الأعلى، فسينجذب إلى المغناطيس السفلي بأي اتجاه.

1-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية

Forces Caused by Magnetic Fields

مسائل تدريبية ◀

القاعدة الثالثة لليد اليمنى، يجب أن يكون كل من اتجاه التيار الكهربائي واتجاه المجال المغناطيسي معلومين.

15. ما اسم القاعدة المستخدمة لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي متوازٍ مع المجال المغناطيسي؟ حدد ما يجب معرفته لاستخدام هذه القاعدة.

16. يسري تيار مقداره 8.0 A في سلك طوله 0.50 m ، موضوع عمودياً في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.40 T . ما مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك؟

$$\mathbf{F} = \mathbf{BIL} = 1.6\text{ N}$$

17. سلك طوله 75 cm يسري فيه تيار مقداره 6.0 A موضوع عمودياً في مجال مغناطيسي منتظم، فتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها 0.60 N . ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

18. سلك نحاسي طوله 40.0 cm ، وزنه 0.35 N . فإذا كان السلك يمر فيه تيار مقداره 6.0 A فيما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يؤثر فيه رأسياً بحيث يكون كافياً لموازنة قوة الجاذبية المؤثرة في السلك (وزن السلك)؟

19. ما مقدار التيار الذي يجب أن يسري في سلك طوله 10.0 cm وموضع عمودياً في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.49 T ليتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها 0.38 N ؟

$$\mathbf{F} = \mathbf{BIL} \quad \mathbf{B} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{IL}} = 0.13\text{ T}$$

$$\mathbf{F} = \mathbf{BIL} \quad \mathbf{B} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{IL}} = 0.15\text{ T}$$

$$\mathbf{F} = \mathbf{BIL} \quad \mathbf{I} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{BL}} = 7.8\text{ A}$$

20. إلى أي اتجاه يشير الإبهام عند استخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى للإلكترون يتحرك عمودياً على مجال مغناطيسي؟ في اتجاه معاكس لاتجاه حركة الإلكترونات.

21. يتحرك إلكترون عمودياً على مجال مغناطيسي شدته $T = 0.50 \text{ m/s}$ بسرعة $4.0 \times 10^6 \text{ m/s}$. ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون؟

$$\mathbf{F} = \mathbf{Bqv} = 3.2 \times 10^{-13} \text{ N}$$

22. تتحرك حزمة من الجسيمات الثنائية التأين (فقد كل جسيم إلكترونين، لذا أصبح كل جسيم يحمل شحتين أساسيتين) بسرعة $3.0 \times 10^4 \text{ m/s}$ عمودياً على مجال مغناطيسي شدته $T = 9.0 \times 10^{-2} \text{ T}$. ما مقدار القوة المؤثرة في كل أيون؟

$$\mathbf{F} = \mathbf{Bqv} = 8.6 \times 10^{-16} \text{ N}$$

23. دخلت حزمة من الجسيمات الثلاثية التأين (يحمل كل منها ثلاثة شحنات أساسية موجبة) عمودياً على مجال مغناطيسي شدته $T = 4.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ بسرعة $9.0 \times 10^6 \text{ m/s}$. احسب مقدار القوة المؤثرة في كل أيون.

$$\mathbf{F} = \mathbf{Bqv} = 1.7 \times 10^{-13} \text{ N}$$

24. تتحرك ذرات هيليوم ثنائية التأين (جسيمات ألفا) بسرعة $4.0 \times 10^4 \text{ m/s}$ عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره $T = 5.0 \times 10^{-2} \text{ T}$. ما مقدار القوة المؤثرة في كل جسيم؟

$$\mathbf{F} = \mathbf{Bqv} = 6.4 \times 10^{-16} \text{ N}$$

1-2 مراجعة

25. القوى المغناطيسية تخيل أن سلكاً يمتد شرق - غرب متعمداً مع المجال المغناطيسي الأرضي، ويسري فيه تيار إلى الشرق، فما اتجاه القوة المؤثرة في السلك؟

26. الانحراف تقترب حزمة إلكترونات في أنبوب الأشعة المهبطية من المغناط التي تحرفها. فإذا كان القطب الشمالي في أعلى الأنبوب والقطب الجنوبي في أسفله، و كنت تنظر إلى الأنبوب من جهة الشاشة الفوسفورية، ففي أي اتجاه تنحرف الإلكترونات؟

27. الجلفانومتر قارن بين مخطط الجلفانومتر الموضح في الشكل 20-1 و مخطط المحرك الموضح في الشكل 22-1. ما أوجه التشابه والاختلاف بينهما؟

28. المحركات الكهربائية عندما يتعمد مستوى ملف المحرك مع المجال المغناطيسي لا تنتج القوى عزمًا

إلى أعلى من سطح الأرض.

نحو الجانب الأيسر من الشاشة.

كلاهما يحتوي على ملف موضوع بين قطبي مقنطيس دائم، ولا يدور ملف الجلفانومتر أكثر من 180° ، أما ملف المحرك فيدور عدة دورات كل منها 360° . يقيس الجلفانومتر تيارات مجهولة بينما يستخدم المحرك لتحويل الطاقة الكهربائية إلى حركة دورانية.

إذا كان الملف متحركاً فسوف يعمل القصور الذاتي الدوراني على استمرار تحريكه ليتجاوز النقطة التي يصبح عندها مقدار العزم عندها صفراء، وتتسارع الملف هو الذي يصبح صفراء وليس سرعته.

29. المقاومة الكهربائية يحتاج جلفانومتر إلى $180 \mu A$ لكي ينحرف مؤشره إلى أقصى تدرج. ما مقدار المقاومة الكلية (مقاومة الجلفانومتر ومقاومة المجزئ) اللازمة للحصول على فولتمتر أقصى تدرج يقيسه $95.0 V$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$= 28 k\Omega$$

إذا كانت التيارات في اتجاه واحد فستكون القوة قوة تجاذب. ووفق الكهرباء الساكنة إذا كانت الشحنات متشابهة فإنها ستتنافر كما ستتجاذب الأسلام الثلاثة وهذا لا يمكن أن يحدث إذا كان سبب القوى هو الشحنات الكهربائية الساكنة.

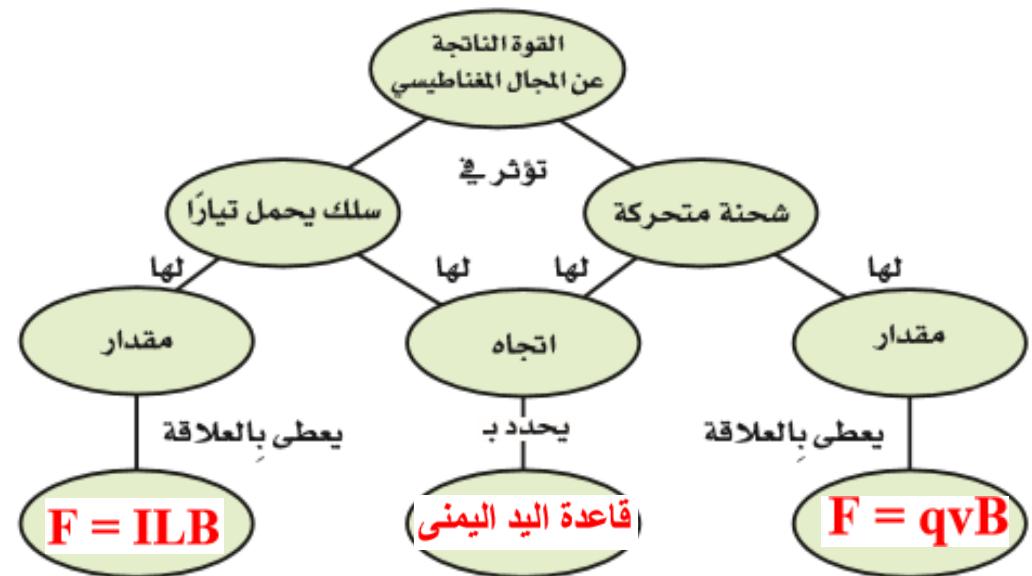
30. التفكير الناقد كيف يمكنك معرفة أن القوتين بين سلكين متوازيين يمر فيهما تياران ناتجتان عن الجذب المغناطيسي بينهما وليستا ناتجتين عن الكهرباء السكónica؟ تنبية: فكر في نوع الشحنات عندما تكون القوة تجاذباً، ثم فكر في القوى عندما يكون هناك ثلاثة أسلاك متوازية تحمل تيارات في الاتجاه نفسه.

الفصل 1

التقويم

خريطة المفاهيم

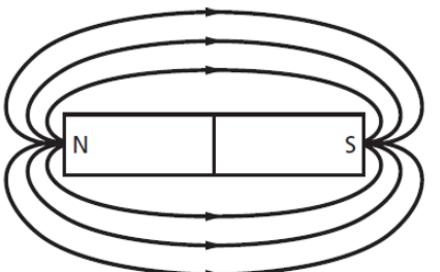
31. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: قاعدة اليد اليمنى، $F=ILB$ ، $F=qvB$.



الأقطاب المتشابهة تتنافر والأقطاب المختلفة تتجاذب.

المغناطيس المؤقت يشبه المغناطيس الدائم فقط إذا كان تحت تأثير مغناطيس آخر، والمغناطيس الدائم لا يحتاج إلى مؤثرات خارجية ليجذب الأجسام.

الحديد والكوبالت والنikel.



32. اكتب قاعدة التنافر والتجاذب المغناطيسي.

33. صف كيف يختلف المغناطيس الدائم عن المغناطيس المؤقت.

34. سُمِّي العناصر المغناطيسية الثلاثة الأكثر شيوعاً.

35. ارسم قضيبياً مغناطيسياً صغيراً، وبين خطوط المجال المغناطيسي التي تظهر حوله، واستخدم الأسهوم لتحديد اتجاه خطوط المجال.

36. ارسم المجال المغناطيسي بين قطبين مغناطيسين متشارلين وبين قطبين مغناطيسين مختلفين مبيناً اتجاهات المجال.



37. إذا كسرت مغناطيساً جزأين فهل تحصل على قطبين منفصلين شمالي وجنوب؟ وضح إجابتك.

38. صف كيفية استخدام القاعدة الأولى لليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يسري فيه تيار كهربائي.

39. إذا مرّ تيار كهربائي في سلك على شكل حلقة يسري فيه تيار كهربائي فلماذا يكون المجال المغناطيسي داخل الحلقة أكبر من خارجها؟

40. صف كيفية استخدام القاعدة الثانية لليد اليمنى لتحديد قطبي مغناطيس كهربائي.

41. كل إلكترون في قطعة حديد يشبه مغناطيساً صغيراً جداً، إلا أن قطعة الحديد قد لا تكون مغناطيساً. لماذا؟ وضح إجابتك.

لا تكون الإلكترونات في الاتجاه نفسه ولا تتحرك في الاتجاه نفسه، ولذلك ستكون مجالاتها المغناطيسية عشوائية.

لا، ستكون أقطاب جديدة على كل طرف من الأطراف المكسورة.

اقبض على السلك باليد اليمنى، واجعل الإبهام يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي في السلك، وستطوق الأصابع السلك مشيرة إلى اتجاه المجال المغناطيسي.

تتركز خطوط المجال المغناطيسي داخل الحلقة.

اقبض على الملف باليد اليمنى، ستطوق الأصابع الملف وتدور مشيرة إلى اتجاه التيار الاصطلاحي فيه، وسيشير إبهام اليد اليمنى إلى القطب الشمالي للمغناطيس الكهربائي.

42. لماذا يضعف المغناطيس عند طرقه أو تسخينه؟

اجعل أصابع اليد اليمنى تشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي، واجعل الإبهام يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي المتتدفق في السلك. سيكون العمود الخارج من باطن الكف في اتجاه القوة المؤثرة في السلك.

لا، إذا كان المجال موازيًا للسلك فلا توجد قوة مؤثرة.

43. صف كيفية استخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار موضوع في مجال مغناطيسي.

44. مر تيار كهربائي كبير في سلك فجأة، ومع ذلك لم يتأثر بأي قوة، فهل تستنتج أنه لا يوجد مجال مغناطيسي في موقع السلك؟ وضح إجابتك.

45. ما جهاز القياس الكهربائي الناتج عن توصيل مجزئ الأميتر.

46. أُخْفِي مغناطيس صغير في موقع محدّد داخل كرة تنس. صُف تجربة يمكّنك من خلالها تحديد موقع كل من القطب الشمالي والقطب الجنوبي للمغناطيس.
47. انجدبت قطعة فلزية إلى أحد قطبي مغناطيس كبير. صُف كيف يمكنك معرفة ما إذا كانت القطعة الفلزية مغناطيساً مؤقتاً أم مغناطيساً دائماً؟
48. هل القوة المغناطيسية التي تؤثر بها الأرض في الإبرة المغناطيسية للبوصلة أقل أو تساوي أو أكبر من القوة التي تؤثر بها إبرة البوصلة في الأرض؟ ووضح إجابتكم.
49. البوصلة افترض أنك تهت في غابة، لكنك تحمل بوصلة، ولسوء الحظ كان اللون الأحمر المحدد للقطب الشمالي غير واضح، وكان معك مصباح يدوي وبطارية وسلك. كيف يمكنك تحديد القطب الشمالي للبوصلة؟
- استخدم البوصلة، سينجذب القطب الشمالي لإبرة البوصلة إلى القطب الجنوبي، والعكس صحيح.
- انقلها إلى القطب الآخر، إذا انجذب الطرف نفسه فستصبح مغناطيساً مؤقتاً، وإذا تنافر الطرف نفسه مع المغناطيس فستصبح مغناطيساً دائماً.
- القوى متساوية وفق القانون الثالث لنيوتون.
- صل السلك مع غطاء البطارية بحيث يكون التيار دائماً متعدداً عنك في أحد الفروع، ثم احمل البوصلة فوق السلك مباشرة وقريباً من ذلك الفرع من السلك، وباستخدام قاعدة اليد اليمنى سيكون طرف إبرة البوصلة المشير نحو الشرق قطباً شماليأ.

50. يمكن للمغناطيس جذب قطعة حديد ليست مغناطيساً دائمًا، كما يمكن لقضيب مطاط مشحون جذب عازل متعادل. صفات العمليات المجهورية المختلفة التي تُنتج هذه الظواهر المشابهة.

51. سلك موضوع على طول طاولة المختبر، يسري فيه تيار. صفات طريقتين على الأقل يمكنها تحديد اتجاه التيار المار فيه.

52. في أي اتجاه بالنسبة للمجال المغناطيسي يمكنك إمداد تيار كهربائي في سلك بحيث تكون القوة المؤثرة فيه صغيرة جداً أو صفراء؟

53. سلكان متوازيان يسري فيهما تياران متساويان.
a. إذا كان التياران متعاكسين فأين يكون المجال المغناطيسي الناتج عن السلكين أكبر من المجال الناتج عن أي منهما منفرداً؟

b. أين يكون المجال المغناطيسي الناتج عن السلكين متساوياً ضعف المجال الناتج عن سلك منفرد؟

c. إذا كان التياران في الاتجاه نفسه فأين يكون المجال الكلي صفراء؟

يجبر المغناطيس جميع المناطق المغناطيسية في الحديد على أن تشير إلى الاتجاه نفسه، وتفصل ساق المطاط المشحونة الشحنات الموجبة عن الساقية في العازل.

استخدم البوصلة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي، ثم أحضر مغناطيساً قوياً وحدد اتجاه القوة المؤثرة في السلك ثم استخدم قاعدة اليد اليمنى.

اجعل السلك موازياً للمجال المغناطيسي.

سيكون المجال المغناطيسي أكبر في أي نقطة بين السلكين.

يكون المجال المغناطيسي مساوياً لمثلي المجال الناتج عن أحد السلكين على الخط المنصف للمسافة بين السلكين.

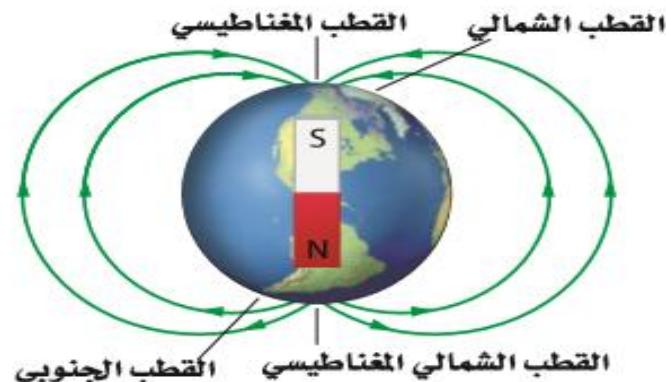
يكون المجال المغناطيسي صفراء على الخط المنصف للمسافة بين السلكين.

54. كيف يتغير أقصى تدريج للفولتمتر إذا زادت قيمة المقاومة؟

55. يمكن للمجال المغناطيسي أن يؤثر بقوة في جسم مشحون، فهل يمكن للمجال أن يغير الطاقة الحركية للجسيم؟ وضح إجابتك.

56. تتحرك حزمة بروتونات من الخلف إلى الأمام في غرفة، فانحرفت إلى أعلى عندما أثر فيها مجال مغناطيسي. ما اتجاه المجال المغناطيسي المسبب لأنحرافها؟

57. انظر خطوط المجال المغناطيسي الأرضي الموضحة في الشكل 24-1. أين يكون المجال المغناطيسي أكبر: عند القطبين أم عند خط الاستواء؟ وضح إجابتك.



الشكل 1-24

يكون مقدار المجال المغناطيسي الأرضي أكبر عند القطبين لأن الخطوط تكون متقاربة عند القطبين.

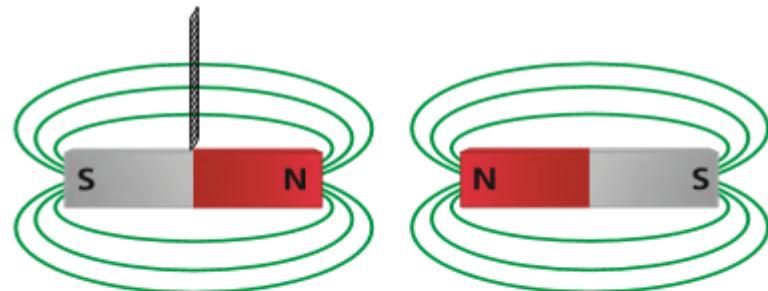
لا، القوة دائمًا متعامدة مع اتجاه السرعة، فلا يبذل شغل، ولذلك لا تتغير الطاقة الحركية.

بمواجهة مقدمة الغرفة، تكون السرعة إلى الأمام، وتكون القوة إلى أعلى، وباستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى يكون المجال المغناطيسي B نحو اليسار.

سيزداد أقصى تدريج للفولتمتر.

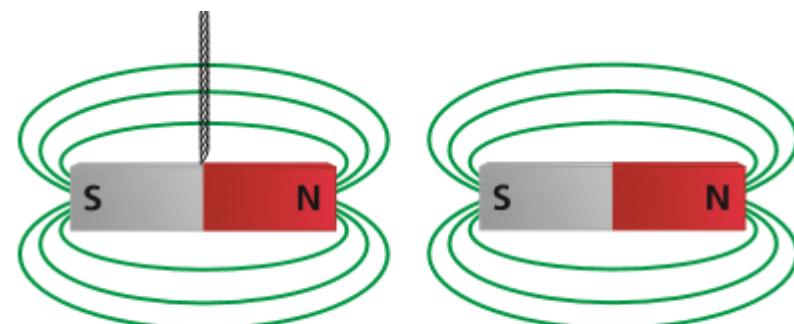
1-1 المغناطيس الدائمة والمؤقتة

58. ماذا يحدث للمغناطيس المعلق بالخيط عند تقريب المغناطيس الموضح في الشكل 1-25 منه؟



الشكل 1-25

59. ماذا يحدث للمغناطيس المعلق بالخيط عند تقريب المغناطيس الموضح في الشكل 1-26 منه؟



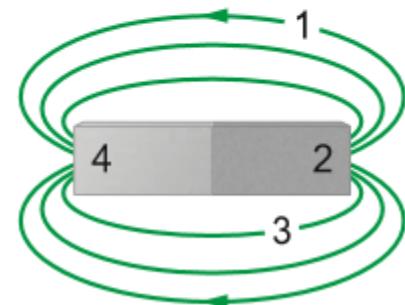
الشكل 1-26

يتحرك نحو اليسار أو يبدأ في الدوران، الأقطاب المتشابهة تتنافر.

يتحرك إلى اليمين، الأقطاب المختلفة تتجاذب.

60. ارجع إلى الشكل 27-1 للإجابة عن الأسئلة الآتية:

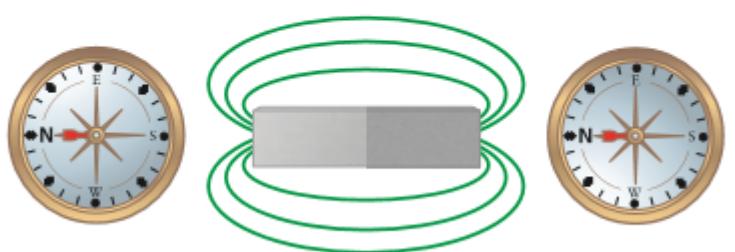
- a. أين يقع القطبان؟
b. أين يقع القطب الشمالي؟
c. أين يقع القطب الجنوبي؟
- ٢ و ٤ من التعريف.
٢ من التعريف واتجاه المجال.
٤ من التعريف واتجاه المجال.



الشكل 1-27

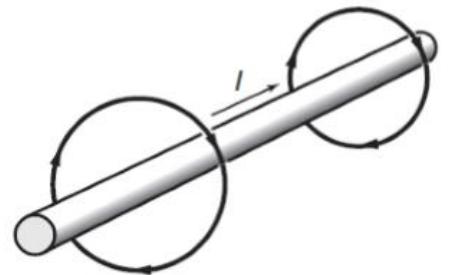
61. يمثل الشكل 28-1 استجابة البوصلة في موقعين مختلفين بالقرب من مغناطيس. أين يقع القطب الجنوبي للمغناطيس؟

على الطرف الأيسر لأن الأقطاب المختلفة تتجاذب.



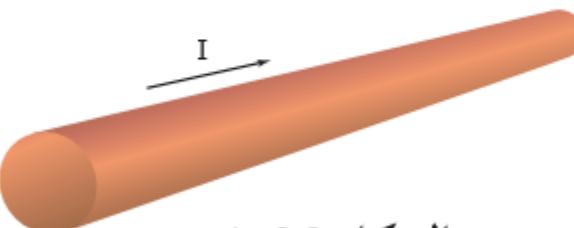
الشكل 1-28

62. سلك طوله 1.50 m يسري فيه تيار مقداره 10.0 A، وضع عمودياً في مجال مغناطيسي منتظم، فكانت القوة المؤثرة فيه 0.60 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟



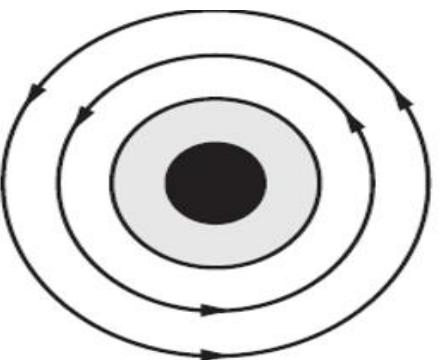
0.040 T

63. يسري تيار اصطلاحي في سلك، كما هو موضح في الشكل 1-29-1. ارسم قطعة السلك في دفترك، ثم ارسم خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في السلك.



الشكل 1-29

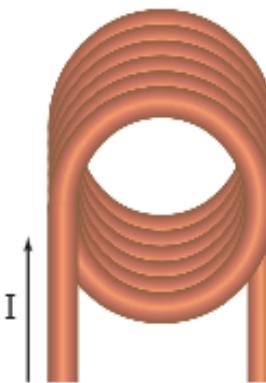
64. إذا كان التيار الاصطلاحى في الشكل 1-30 خارجاً من مستوى الورقة فارسم الشكل في دفترك، ثم ارسم المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في السلك.



الشكل 1-30

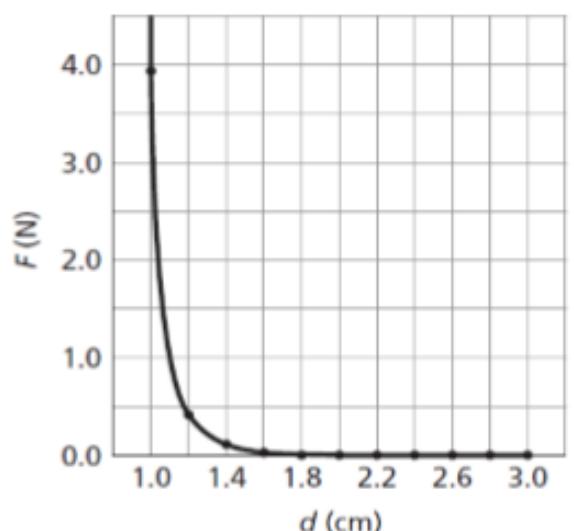
65. يبين الشكل 1-31 طرف مغناطيس كهربائي يسري خلاله تيار كهربائي.

- a. ما اتجاه المجال المغناطيسي داخل الحلقات؟
- b. ما اتجاه المجال المغناطيسي خارج الحلقات؟



الشكل 1-31

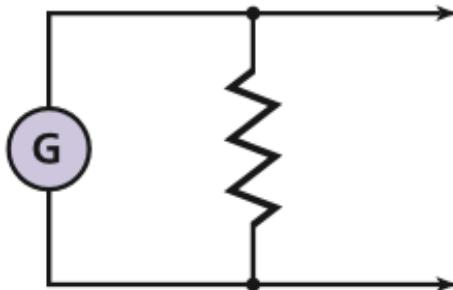
66. المغناط الخزفية قيست قوى التنافر بين مغناطيسين خزفيين، ووُجد أنها تعتمد على المسافة، كما هو موضح في الجدول 1-1.



- a. مثل بيانيًّا القوة كدالة مع المسافة.
- b. هل تخضع هذه القوة لقانون التربيع العكسي؟ لا.

1-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية

67. يستخدم المخطط الموضح في الشكل 1-32 لتحويل الجلفانومتر إلى نوع من الأجهزة. ما نوع هذا الجهاز؟



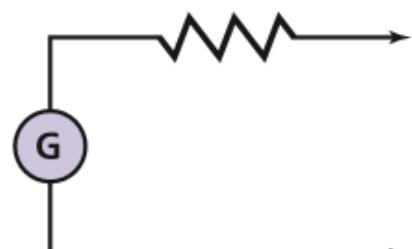
الشكل 1-32

مجزئ التيار، ووفق التعريف يعد مجزئ التيار صيغة أخرى لتوصيل التوازي.

68. ماذا تسمى المقاومة في الشكل 1-32؟

69. يستخدم المخطط الموضح في الشكل 1-33 لتحويل الجلفانومتر إلى نوع من الأجهزة. ما نوع هذا الجهاز؟

فولتمتر، تقلل المقاومة المضافة التيار إلى أي جهد معطى.



الشكل 1-33

70. ماذا تسمى المقاومة في الشكل 33-1؟

المضاعف، وفق التعريف تضاعف مقدار الجهد المقيس.

$$\mathbf{F} = \mathbf{BIL}$$

$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{IL}}$$

$$= 0.1 \text{ T}$$

$$\mathbf{F} = \mathbf{ILB} = 2.4 \text{ N}$$

$$\mathbf{F} = \mathbf{ILB} = 0.45 \text{ N}$$

71. سلك طوله 0.50 m، يسري فيه تيار مقداره 8.0 A، وضع عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم، فكانت القوة المؤثرة فيه 0.40 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

72. يسري تيار مقداره 5.0 A في سلك طوله 0.80 m، وضع عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T. ما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

73. يسري تيار مقداره 6.0 A في سلك طوله 25 cm، فإذا كان السلك موضوعاً في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.30 T عمودياً عليه فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

إذا كان السلك موازيًّا للمجال فلا يوجد أي تأثير ولذلك لا توجد قوة مؤثرة.

$$\mathbf{F} = \mathbf{BIL}$$

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{BL}}$$

$$= 7.2 \text{ mA}$$

$$\mathbf{F} = \mathbf{BIL}$$

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{BL}}$$

$$= 3 \text{ kA}$$

$$\mathbf{F} = \mathbf{BIL}$$

$$\mathbf{L} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{BI}}$$

$$= 0.60 \text{ m}$$

74. يسري تيار مقداره 4.5 A في سلك طوله 35 cm فإذا كان السلك موضوعًّا في مجال مغناطيسيي مقداره 0.53 T وموازيًّا له فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

75. سلك طوله 625 m متعامد مع مجال مغناطيسيي مقداره 0.40 T ، تأثر بقوة مقدارها 1.8 N ، ما مقدار التيار المار فيه؟

76. يؤثر المجال المغناطيسيي الأرضي بقوة مقدارها 0.12 N في سلك عمودي عليه طوله 0.80 m . ما مقدار التيار المار في السلك؟ استعمل المقدار $5.0 \times 10^{-5} \text{ T}$ للمجال المغناطيسيي للأرض.

77. إذا كانت القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسيي مقداره 0.80 T في سلك يسري فيه تيار 7.5 A متعامد معه تساوي 3.6 N فما طول السلك؟

78. سلك لنقل القدرة الكهربائية يسري فيه تيار مقداره 225 A من الشرق إلى الغرب، وهو موازي لسطح الأرض.

a. ما القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي الأرضي في كل متر منه؟ استعمل:

$$B_{\text{أرض}} = 5.0 \times 10^{-5} \text{ T}$$

b. ما اتجاه هذه القوة؟

c. تُرى، هل تعدد هذه القوة مهمة في تصميم البرج الحامل للسلك؟ وضح إجابتك.

79. الجلفانومتر ينحرف مؤشر الجلفانومتر إلى أقصى تدريج عندما يمر فيه تيار مقداره $50.0 \mu\text{A}$

a. ما مقدار المقاومة الكلية للجلفانومتر ليصبح أقصى تدريج له 10.0 V عند انحرافه بالكامل؟

b. إذا كانت مقاومة الجلفانومتر $1.0 \text{ k}\Omega$ فما مقدار المقاومة الموصلة على التوالي (المضاعف)؟

$$\mathbf{F} = \mathbf{BIL}$$

$$\underline{\mathbf{F}} = \underline{\mathbf{IB}} = \frac{0.011 \text{ N/m}}{\text{L}}$$

ستكون القوة إلى أسفل.

لا، تكون القوة أقل كثيراً من وزن الأسلام.

$$\mathbf{V} = \mathbf{IR}$$

$$\mathbf{R} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}}$$

$$= 2 \times 10^2 \text{ k}\Omega$$

$$\mathbf{R} = 199 \text{ k}\Omega$$

80. استُخدم الجلفانومتر في المسألة السابقة لصنع أمير أقصى تدريج له 10 mA ، فما مقدار:

a. فرق الجهد خلال الجلفانومتر إذا مر فيه تيار $50\text{ }\mu\text{A}$ ، علماً بأن مقاومة الجلفانومتر تساوي $1.0\text{ k}\Omega$

b. المقاومة المكافئة للأمير الناتج إذا كان التيار الذي يقيسه 10 mA

c. المقاومة الموصلية بالجلفانومتر على التوازي للحصول على المقاومة المكافئة الناتجة في الفرع b

81. تتحرك حزمة إلكترونات عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره $T = 6.0 \times 10^{-2}\text{ T}$ ، وبسرعة $v = 2.5 \times 10^6\text{ m/s}$. ما مقدار القوة المؤثرة في كل إلكtron؟

$$V = IR = 0.05\text{ V}$$

$$R = \frac{V}{I} = 5\text{ }\Omega$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \frac{1}{R_1} = \frac{1}{R} - \frac{1}{R_2} \quad R_1 = 5\text{ }\Omega$$

$$F = Bqv = 2.4 \times 10^{-14}\text{ N}$$

82. الجسيم الأولي تحرّك ميون (جسيم له شحنة مماثلة لشحنة الإلكترون) بسرعة $4.21 \times 10^7 \text{ m/s}$ عموديًّا على مجال مغناطيسي، فتأثر بقوة $5.00 \times 10^{-12} \text{ N}$ ، ما مقدار:

a. المجال المغناطيسي؟

b. التسارع الذي يكتسبه الجسيم إذا كانت كتلته

$1.88 \times 10^{-28} \text{ kg}$

83. إذا كانت القوة المؤثرة في جسيم أحادي التأين $4.1 \times 10^{-13} \text{ N}$ عندما تحرّك عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره $T = 0.61 \text{ T}$ ، فما مقدار سرعة هذا الجسيم؟

$$\mathbf{F} = \mathbf{B}qv \quad \mathbf{B} = \frac{\mathbf{F}}{qv} = 0.742 \text{ T}$$

$$\mathbf{F} = \mathbf{ma} \quad \mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m} = 2.66 \times 10^{16} \text{ m/s}^2$$

$$\mathbf{F} = qv\mathbf{B} \quad \mathbf{V} = \frac{\mathbf{F}}{Bq} = 4.2 \times 10^6 \text{ m/s}$$

المجال المغناطيسي عمودي على مستوى الحلقة. تستخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال الناتج من الحلقة، ويكون المجال المغناطيسي داخل الغرفة في اتجاه مجال الحلقة نفسه.

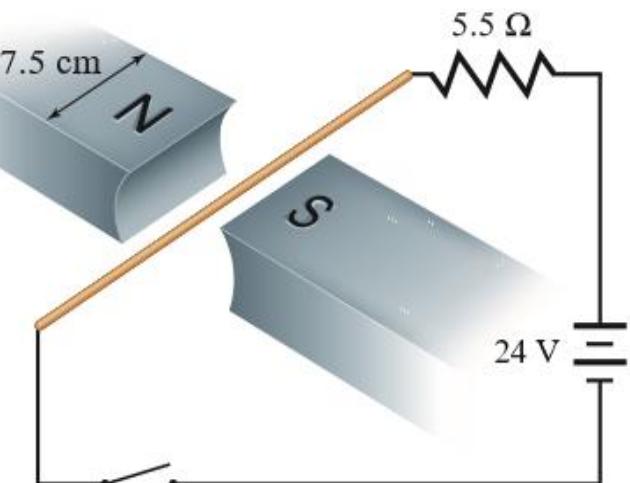
شختان.

84. يسري تيار كهربائي في حلقة سلكية موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم قوي داخل غرفة. افترض أنك أدرت الحلقة بحيث لم يعد هناك أي ميل لها للدوران نتيجة للمجال المغناطيسي، فما اتجاه المجال المغناطيسي بالنسبة إلى مستوى الحلقة؟

85. أثرت قوة $N = 5.78 \times 10^{-16}$ في جسيم مجهول الشحنة، وتحرك بسرعة $s = 5.65 \times 10^4 \text{ m/s}$ عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره $T = 3.20 \times 10^{-2}$ ، ما عدد الشحنات الأساسية التي يحملها الجسيم؟

86. وضع سلك نحاسي مهملاً المقاومة في الحيز بين مغناطيسين، كما في الشكل 34-1. فإذا كان وجود المجال المغناطيسي مقتصرًا على هذا الحيز، وكان مقداره $T = 1.9 \text{ T}$ فأوجد مقدار القوة المؤثرة في السلك، واتجاهها في كل من الحالات التالية:
- عندما يكون المفتاح مفتوحًا.
 - عند إغلاق المفتاح.
 - عند إغلاق المفتاح وعكس البطارية.
 - عند إغلاق المفتاح وتبديل السلك بقطعة مختلفة مقاومتها 5.5Ω .

- أ. الاتجاه صفر، المقدار صفر، لا يوجد تيار، لذلك لا يوجد مجال مغناطيسي من السلك، وأيضاً النحاس مادة غير مغناطيسية.
- ب. الاتجاه إلى أعلى، القوة $N = 0.62$ اتجاه القوة يحدد بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.
- ج. الاتجاه إلى أسفل، القوة $N = 0.62$ اتجاه القوة يحدد بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.
- د. الاتجاه إلى أعلى، القوة $N = 0.31$ ، اتجاه القوة يحدد بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.



الشكل 1-34

.87

لديك جلفانومتران، أقصى تدريج لأحدهما $50.0 \mu A$ ، ولآخر $500.0 \mu A$ ، وللذينهما مقاومة نفسها 855Ω ، والمطلوب تحويليهما إلى أميترتين، على أن يكون أقصى تدريج لكل منهما $100.0 mA$.

a. ما مقدار مقاومة مجذع التيار للجلفانومتر الأول؟

b. ما مقدار مقاومة مجذع التيار للجلفانومتر الثاني؟

c. حدد أيهما يعطي قراءات أدق؟ ووضح إجابتك.

$$V = IR = 0.0428 V$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$= 0.428 \Omega$$

$$V = IR = 0.428 V$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$= 4.3 \Omega$$

أ.

ب.

ج. الجلفانومتر الأول $50 \mu A$ أفضل. لمجذع التيار مقاومة أقل، لذلك تكون المقاومة

الكلية أصغر، تكون مقاومة الأميتر المثالي صفر أو م تقربياً.

88. الجسيم الأولي يتحرك جسيم بيتا (إلكترون له سرعة كبيرة) عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T بسرعة 2.5×10^7 m/s . ما مقدار القوة المؤثرة في الجسيم؟

$$F = ma \quad a = \frac{F}{m} = 2.6 \times 10^{18} \text{ m/s}^2$$

89. إذا كانت كتلة الإلكترون 9.11×10^{-31} kg فما مقدار التسارع الذي يكتسبه جسيم بيتا الوارد في المسألة السابقة؟

90. يتحرك إلكترون بسرعة 8.1×10^5 m/s نحو الجنوب في مجال مغناطيسي مقداره 16 T نحو الغرب. ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون، واتجاهها؟

$$F = Bqv = 2.1 \times 10^{-12} \text{ N}$$

إلى أعلى (قاعدة اليد اليمنى)، تذكر أن حركة الإلكترون عكس اتجاه التيار.

٩١. مكبر الصوت إذا كان المجال المغناطيسي في سماعة عدد لفات ملفها 250 لفة يساوي $T = 0.15 \text{ T}$ ، قطر الملف 2.5 cm فما مقدار القوة المؤثرة في الملف إذا كانت مقاومته 8.0Ω ، وفرق الجهد بين طرفيه 15 V

$$I = \frac{V}{R}$$

$$L = n \cdot \mu_0 \cdot d$$

$$F = BIL = \frac{BVn\mu_0 d}{R}$$

$$= 5.5 \text{ N}$$

أ- 90°

$$F = BIL \sin\theta = 3.2 \text{ N}$$

ب- 45°

$$F = BIL \sin\theta = 2.3 \text{ N}$$

ج- 0°

$$\sin 0^\circ = 0$$

$$F = BIL \sin\theta = 0 \text{ N}$$

٩٢. يسري تيار مقداره 15 A في سلك طوله 25 cm موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $T = 0.85 \text{ T}$. فإذا كانت القوة المؤثرة في السلك تعطى بالعلاقة $F = ILB \sin\theta$ فاحسب القوة المؤثرة في السلك عندما يصنع مع المجال المغناطيسي الزوايا التالية:
 ٠°.c 45° .b 90° .a

93. مسرع نووي سرع إلكترون من السكون خلال فرق جهد مقداره $V = 20000$ بين اللوحين P_1 و P_2 ، كما هو موضح في الشكل 35-1. ثم خرج من فتحة صغيرة، ودخل مجالاً مغناطيسياً متزماً مقداره B إلى داخل الصفحة.

من P_2 إلى P_1 .

$$KE = q\Delta V = 3.2 \times 10^{-15} \text{ J}$$

$$KE = 0.5 mv^2$$

$$V = 8 \times 10^7 \text{ m/s}$$

في اتجاه حركة عقارب الساعة.

a. حدد اتجاه المجال الكهربائي بين اللوحين (من P_1 إلى P_2 أو العكس).

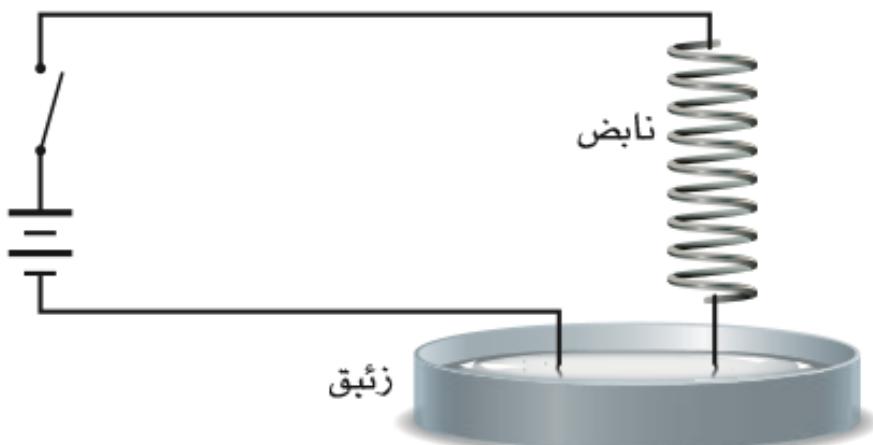
b. احسب سرعة الإلكترون عند P_2 بالاستعانة بالمعلومات المعطاة.

c. صف حركة الإلكترون داخل المجال المغناطيسي.



الشكل 35-1

94. تطبيق المفاهيم ماذا يحدث إذا مر تيار خلال نابض رأسي، كما هو موضح في الشكل 1-36-1 وكانت نهاية النابض موضوعة داخل كأس مملوءة بالزئبق؟ ولماذا؟



الشكل 1-36

عند مرور التيار خلال الملف يزداد المجال المغناطيسي، فتعمل القوة على ضغط النابض، ولذلك يخرج طرف السلك من الزئبق وتفتح الدائرة فيقل المجال المغناطيسي وينزل النابض إلى أسفل، ويتدبر النابض إلى أعلى وإلى أسفل.

95. تطبيق المفاهيم يعطى المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار في سلك طويل بالعلاقة $B = (2 \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A})(I/d)$; حيث تمثل B مقدار المجال بوحدة T (تسلا)، و I التيار بوحدة A (أمبير)، و d البعد عن السلك بوحدة m . استخدم هذه العلاقة لحساب المجالات المغناطيسية التي تتعرض لها في الحياة اليومية:

a. نادرًا ما يمر في أسلاك التمديدات المنزلية تيار أكبر من 10 A . ما مقدار المجال المغناطيسي على بعد 0.5 m من سلك مماثل لهذه الأسلاك مقارنة بالمجال المغناطيسي الأرضي.

$4 \times 10^{-6} \text{ T}$ المجال المغناطيسي الأرضي $10^{-5} \times 5$ ، لذلك يكون المجال المغناطيسي الأرضي أقوى من المجال المغناطيسي للسلك 12 مرة تقريبًا.

b. يسري في أسلاك نقل القدرة الكهربائية الكبيرة غالباً تيار A 200 بجهد أكبر من 765 kV. ما مقدار المجال المغناطيسي الناتج عن سلك من هذه الأسلاك على سطح الأرض على افتراض أنه يرتفع عن سطحها 20 m؟ وما مقدار المجال المغناطيسي بال المجال في المتر؟

افترض أن هناك سلكاً واحداً فقط يحمل التيار فوق الجنين، واستخدم مركز الجنين (حيث توجد الأعضاء الحية) بوصفه نقطة مرجعية. في المرحلة البدائية من الحمل يمكن أن يكون الجنين على بعد 5 cm من البطانية، وفي المراحل المتأخرة من الحمل يكون مركز الجنين على بعد 10 cm.

$$I = 1\text{A}, d = 0.05\text{m}$$

$$B = 4 \times 10^{-6} \text{T}$$

المجال الأرضي حوالي $T = 5 \times 10^{-5}$ أي أقوى 12 مرة.

c. تُنصح بعض المجموعات الاستهلاكية المرأة الحامل بعدم استخدام البطانية الكهربائية؛ لأن المجال المغناطيسي يسبب مشاكل صحية. قدر المسافة التي يمكن أن يكون فيها الجنين بعيداً عن السلك، موضحاً فرضيتك. إذا كانت البطانية تعمل على تيار 1 A فأوجد المجال المغناطيسي عند موقع الجنين. وقارن بين هذا المجال والمجال المغناطيسي الأرضي.

96. جمع المتجهات في جميع الحالات الموصوفة في المسألة السابقة هناك سلك آخر يحمل التيار نفسه في الاتجاه المعاكس. أوجد المجال المغناطيسي المحصل على بعد 0.10 m من السلك الذي يسري فيه تيار 0.01 A . إذا كانت المسافة بين السلكين 0.10 m فارسم شكلًا يوضح هذا الوضع. احسب مقدار المجال المغناطيسي الناتج عن كل سلك، واستخدم القاعدة الأولى لليد اليمنى لرسم متجهات توضح المجالات. واحسب أيضًا حاصل الجمع الاتجاهي للمجالين مقدارًا واتجاهًا.

الكتابة في الفيزياء

97. ابحث في المغناط الفائقة التوصيل في التصوير بالرنين المغناطيسي MRI وقطارات الرفع المغناطيسية، وتحتاج المغناط الفائقة التوصيل إلى درجة حرارة منخفضة. يحاول العلماء تطوير مواد فائقة التوصيل عند درجات حرارة مرتفعة.

$$\text{لكل سلك } I = 10\text{ A}, d = 0.1\text{ m} \text{ لذلك}$$

$$B = 2 \times 10^{-5} \text{ T}$$

من الشكل، فقط المركبات الموازية لخط المنصف بين الأسلاك تساهم في محصلة المجال، المركبة من كل سلك

$$B_1 = B \sin\theta = 1 \times 10^{-6} \text{ T}$$

لكن كل سلك يساهم بالمقدار نفسه من المجال أي أن المحصلة $T = 2 \times 10^{-6} \text{ T}$ وتعادل $1/25$ من المجال الأرضي.

تستخدم المغناط الفائقة التوصيل في التصوير بالرنين المغناطيسي MRI وقطارات الرفع المغناطيسية، وتحتاج المغناط الفائقة التوصيل إلى درجة حرارة منخفضة. يحاول العلماء تطوير مواد فائقة التوصيل عند درجات حرارة مرتفعة.

98. احسب الشغل الذي يتطلبه نقل شحنة مقدارها 2500 C خلال فرق جهد مقداره $6.40 \times 10^{-3} \text{ V}$.

$$W = qV = 16 \text{ J}$$

99. إذا تغير التيار المار في دائرة جهدتها 120 V من 1.3 A إلى 2.3 A فاحسب التغير في القدرة.

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 120 \text{ W}$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R}$$

$$R_p = 18 \Omega$$

$$R_{\text{total}} = R_p + R + R = 128 \Omega$$

100. وصلت ثلاثة مقاومات مقدار كل منها 55Ω على التوازي، ثم وصلت المقاومات السابقة على التوالي بمقادير متباينة تتصلان على التوالي، مقدار كل منها 55Ω ، ما مقدار المقاومة المكافئة للمجموعة؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. يسري تيار مقداره 7.2 A في سلك مستقيم موضوع في مجال مغناطيسي منتظم $T = 8.9 \times 10^{-3}$ وعمودي عليه. ما طول جزء السلك الموجود في المجال الذي يتأثر بقوة مقدارها 2.1 N ؟

$3.3 \times 10^1 \text{ m} \cdot \text{D}$

$1.3 \times 10^{-1} \text{ m}$ (C)

$2.6 \times 10^{-3} \text{ m}$ (A)

$3.3 \times 10^1 \text{ m}$ (D)

$3.1 \times 10^{-2} \text{ m}$ (B)

2. افترض أن جزءاً طوله 19 cm من سلك يسري فيه تيار متوازد مع مجال مغناطيسي مقداره $T = 4.1\text{ T}$ ، ويتأثر بقوة مقدارها 7.6 mN ، ما مقدار التيار المار في السلك؟

$9.8 \times 10^{-3} \text{ A} \cdot \text{B}$

$1.0 \times 10^{-2} \text{ A}$ (C)

$3.4 \times 10^{-7} \text{ A}$ (A)

9.8 A (D)

$9.8 \times 10^{-3} \text{ A}$ (B)

3. تتحرك شحنة مقدارها $7.12 \mu\text{C}$ بسرعة الضوء في مجال مغناطيسي مقداره 4.02 mT . ما مقدار القوة المؤثرة فيها؟

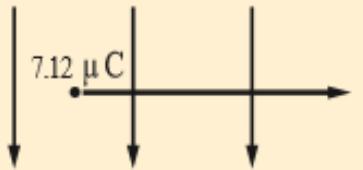
$8.59 \times 10^{12} \text{ N}$ (C)

8.59 N (A)

$1.00 \times 10^{16} \text{ N}$ (D)

$2.90 \times 10^1 \text{ N}$ (B)

8.59 N .A



4. إذا تحرك إلكترون بسرعة $7.4 \times 10^5 \text{ m/s}$ عمودياً على مجال مغناطيسي، وتتأثر بقوة مقدارها 18 N فما شدة المجال المغناطيسي المؤثر؟

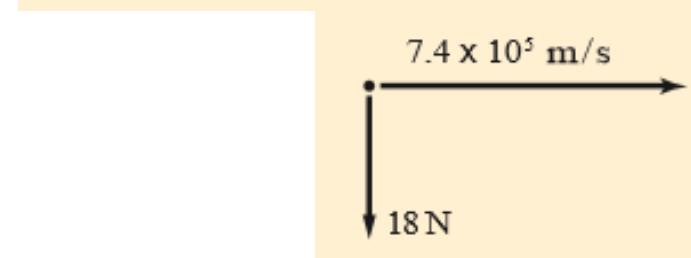
$1.3 \times 10^7 \text{ T}$ (C)

$6.5 \times 10^{-15} \text{ T}$ (A)

$1.5 \times 10^{14} \text{ T}$ (D)

$2.4 \times 10^{-5} \text{ T}$ (B)

$1.5 \times 10^{14} \text{ T .D}$



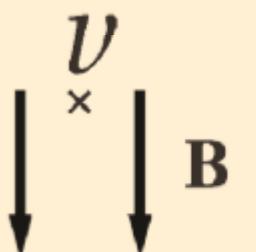
5. أي العوامل التالية لا يؤثر في مقدار المجال المغناطيسي لملف لولبي؟

- (A) عدد اللفات
(B) مقدار التيار
(C) مساحة مقطع السلك
(D) نوع قلب الملف

6. أي العبارات التالية المتعلقة بالأقطاب المغناطيسية المفردة غير صحيحة؟

- (A) القطب المغناطيسي المفرد قطب افتراضي شمالي مفرد.
(B) استخدمها علماء البحث في تطبيقات التشخيص الطبي الداخلي.
(C) القطب المغناطيسي المفرد قطب افتراضي جنوبى مفرد.
(D) غير موجودة.

7. مجال مغناطيسي منتظم مقداره $T = 0.25$ يتجه رأسياً إلى أسفل، دخل فيه بروتون بسرعة أفقية مقدارها $4.0 \times 10^6 \text{ m/s}$. ما مقدار القوة المؤثرة في البروتون واتجاهها لحظة دخوله المجال؟



- (A) $1.6 \times 10^{-13} \text{ N}$
(B) $1.6 \times 10^{-13} \text{ N}$
(C) $1.0 \times 10^6 \text{ N}$
(D) $1.0 \times 10^6 \text{ N}$

C. مساحة مقطع السلك.

B. استخدامها علماء البحث في تطبيقات التشخيص الطبي الداخلي.

$1.6 \times 10^{-13} \text{ N} \cdot \text{A}$ إلى اليسار.

الأسئلة الممتدة

8. وصل سلك بطارية جهدها 5.8V في دائرة تحتوي على مقاومة مقدارها 18Ω . فإذا كان 14cm من السلك داخل مجال مغناطيسي مقداره 0.85 T ، وكان مقدار القوة المؤثرة في السلك تساوي 22 mN فما مقدار الزاوية بين السلك والمجال المغناطيسي المؤثر، إذا علمت أن العلاقة الخاصة بالقوة المؤثرة في السلك هي $F=ILB \sin \theta$ ؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{5.8}{18} = 0.32$$

$$\Theta = \sin^{-1} (F/ILB) = 35^\circ$$