

- 1 Os ímãs, 475
- 2 O CAMPO MAGNÉTICO DE UM ÍMÃ, 478
- 3 O CAMPO MAGNÉTICO DAS CORRENTES ELÉTRICAS, 481
- 4 FORÇA MAGNÉTICA, 490
- 5 O FENÔMENO DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA, 502
- 6 APLICAÇÕES DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA, 508

ELETROMAGNETISMO

1 OS ÍMÃS

As histórias da Eletricidade e do Magnetismo se desenvolveram de forma independente durante muito tempo. Entretanto, a partir de certo momento, descobriu-se uma conexão entre ambos, que acabou dando origem ao Eletromagnetismo.

Segundo conta a lenda, foi na Magnésia, região da Grécia antiga, que o primeiro fenômeno "magnético" foi observado: um pastor de ovelhas teria notado que a ponta de ferro de seu cajado ficava presa quando encostava em determinadas pedras. Presume-se que tais pedras eram pedaços de magnetita, que é um ímã natural, conhecido como óxido de ferro (Fe_3O_4). A maioria dos ímãs utilizados atualmente é artificial e apresentam inúmeras aplicações práticas.

Segundo alguns autores, o nome **Magnetismo** deriva de Magnésia, região onde foi observado o primeiro fenômeno "magnético." Para outros autores o termo Magnetismo advém de Magnes, o nome do pastor de ovelhas que teria constatado o primeiro fenômeno "magnético."

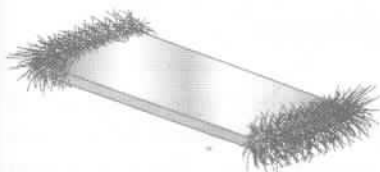


Figura 14.1 Os pólos de um ímã.

Os pólos de um ímã

Colocando-se um ímã em contato com limalha (fragmentos) de ferro, observa-se que ela adere ao ímã, predominantemente nas regiões extremas. Essas regiões são os **pólos** do ímã. (Fig. 14.1)

Pólo norte e pólo sul de um ímã

Suspendendo-se um ímã pelo seu centro de gravidade, de modo que possa girar livremente, nota-se que ele se orienta aproximadamente na direção norte—sul geográfica do local. O **pólo norte (N)** do ímã é a região que se volta para o norte geográfico (NG) e o **pólo sul (S)**, a região que se volta para o sul geográfico (SG). (Fig. 14.2)

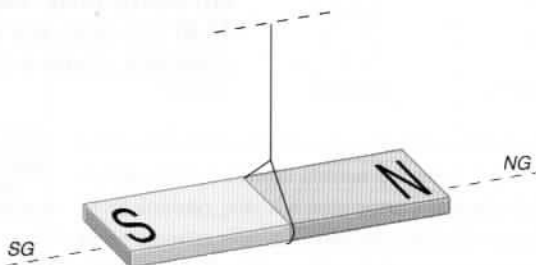


Figura 14.2 Um ímã suspenso pelo seu centro de gravidade se orienta aproximadamente na direção norte—sul geográfica.

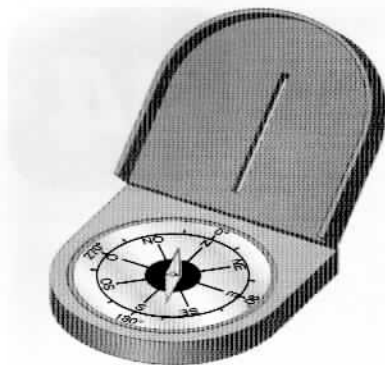


Figura 14.3 A bússola.

O fato de um ímã se orientar permitiu aos chineses a invenção da **bússola**, um instrumento constituído de um ímã leve em forma de losango, denominado **agulha magnética**, que gira em torno de um eixo fixo em uma caixa dotada de pontos cardeais. (Fig. 14.3)

Interação entre os pólos de ímã

Experimentalmente constata-se que **pólos de mesmo nome** (norte e norte ou sul e sul) colocados próximos, repelem-se e **pólos de nomes contrários** (norte e sul), atraem-se. (Fig. 14.4)

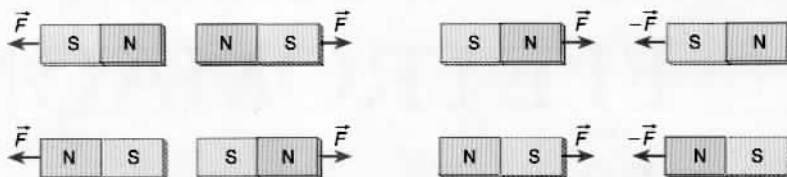


Figura 14.4 Pólos de mesmo nome repelem-se e pólos de nomes contrários atraem-se.

Inseparabilidade dos pólos de um ímã

Ao serrarmos um ímã reto transversalmente, cada parte obtida não apresenta um pólo único. Surgem na região de corte pólos de nomes contrários aos dos extremos, de modo que cada parte obtida é um novo ímã, completo. Isso significa que não é possível separar os pólos de um ímã e obter partes com um pólo somente.

Se serrarmos transversalmente as partes obtidas, teremos partes menores que são ainda ímãs completos. Assim procedendo sucessivamente, chegaremos aos átomos, no caso de um ímã de ferro. Deste modo, os átomos funcionam como pequenos ímãs. São os **ímãs elementares**. (Fig. 14.5)

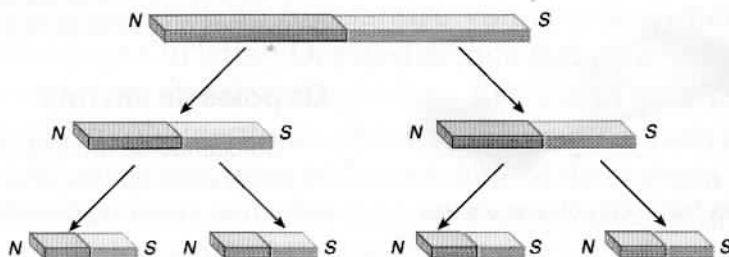
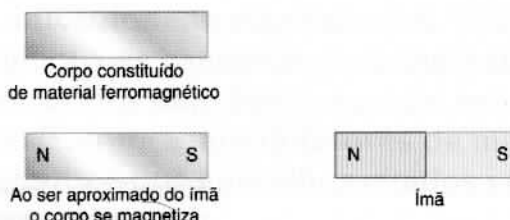


Figura 14.5 A inseparabilidade dos pólos de um ímã.

Ímãs permanentes e ímãs temporários

Existem corpos constituídos de certos materiais que, ao serem aproximados de um ímã, facilmente se magnetizam, isto é, convertem-se em outros ímãs. Tais materiais são chamados **ferromagnéticos**. (Fig. 14.6) É o caso, por exemplo, do ferro, do cobalto, do níquel e de ligas especiais, como o alnico (liga de alumínio, níquel e cobalto).

Figura 14.6 Magnetização de um corpo constituído de material ferromagnético ao ser aproximado de um ímã.



Observe na figura que o pólo norte do ímã "induz," na região do corpo que lhe está próxima, um pólo sul e, na região mais afastada, um pólo norte. Entre o corpo e o ímã ocorre **atração**: o corpo sofre **imantação**.

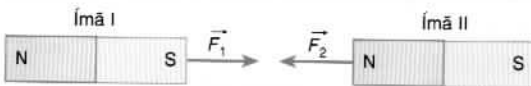
Se, ao afastarmos o ímã, o corpo magnetizado perde imediatamente a imantação, estamos diante de um **ímã temporário**. É o que acontece com o ferro doce (ferro com baixo teor de carbono). Se o corpo mantiver a imantação, ele será um **ímã permanente**. É o que ocorre com certos tipos de aço e com o alnico.

EXERCÍCIOS

1 Assinale a afirmativa correta:

- Pólo norte da agulha magnética de uma bússola é a extremidade da agulha que aponta, aproximadamente, para o pólo sul geográfico da Terra.
- O pólo norte de um ímã atrai o pólo norte de outro ímã.
- Se serrarmos transversalmente um ímã, cada parte obtida será constituída de um pólo somente.
- Pólo sul da agulha magnética de uma bússola é a extremidade da agulha que aponta, aproximadamente, para o pólo sul geográfico da Terra.
- Ao aproximarmos um ímã de um prego de ferro, o prego não se magnetiza e portanto não é atraído pelo ímã.

2 (Unirio) Dois ímãs estão dispostos em cima de uma mesa de madeira, conforme a figura.



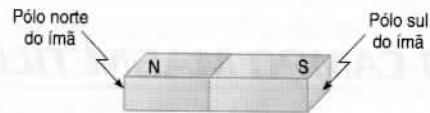
\vec{F}_1 é a força que o ímã II exerce sobre o ímã I, e este exerce uma força \vec{F}_2 sobre o ímã II. Considerando que F_1 e F_2 representam os módulos dessas duas forças, podemos afirmar que:

- $F_1 = F_2 \neq 0$
- $F_1 = F_2 = 0$
- $F_2 < F_1$, pois o pólo norte atrai o pólo sul.
- $F_2 > F_1$, pois o pólo sul atrai o pólo norte.
- as forças são diferentes, embora não se possa afirmar qual é a força maior.

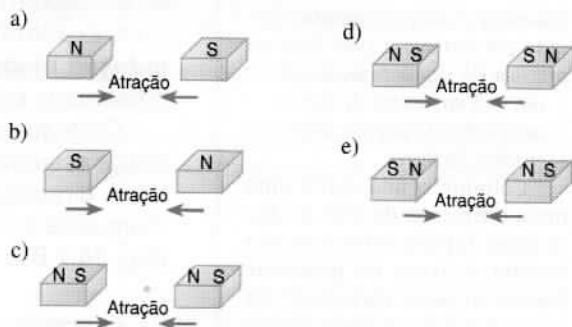
3 Três barras de ferro, A, B e C, possuem a mesma forma e suas extremidades são, respectivamente, A_1 e A_2 , B_1 e B_2 e C_1 e C_2 . Observa-se que A_1 atrai B_1 , B_2 e C_1 , e repele C_2 . Podemos afirmar, em relação a essas barras, que:

- somente A é um ímã permanente;
- somente B é um ímã permanente;
- somente C é um ímã permanente;
- somente A e C são ímãs permanentes;
- somente B e C são ímãs permanentes.

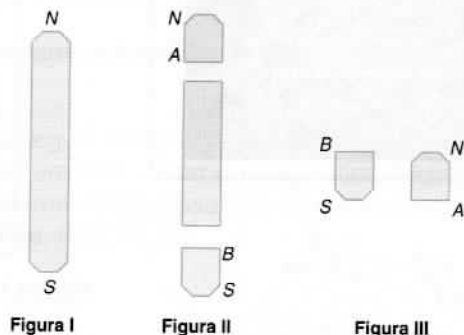
4 (U. Mackenzie-SP) Um estudante carregava um ímã na forma de barra, conforme a ilustração a seguir, quando o mesmo soltou-se de sua mão e, devido ao impacto com o solo, quebrou-se praticamente em duas partes iguais, ao longo da linha pontilhada.



Colocando os dois pedaços desse ímã um em frente ao outro, eles tenderão a se atrair de acordo com as características magnéticas ilustradas na alternativa:



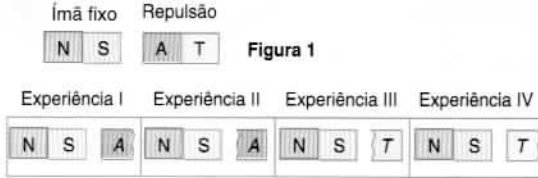
5 (Fuvest-SP) A figura I representa um ímã permanente em forma de barra, onde N e S indicam, respectivamente, os pólos norte e sul. Suponha que a barra seja dividida em três pedaços, como mostra a figura II.



Colocando lado a lado os dois pedaços extremos, como indicado na figura III, é correto afirmar que eles:

- se atrairão, pois A é pólo norte e B é pólo sul.
- se atrairão, pois A é pólo sul e B é pólo norte.
- não serão atraídos nem repelidos.
- se repelirão, pois A é pólo norte e B é pólo sul.
- se repelirão, pois A é pólo sul e B é pólo norte.

6 (Fuvest-SP) Um ímã em forma de barra, de polaridade N (norte) e S (sul), é fixado numa mesa horizontal. Um outro ímã semelhante, de polaridade desconhecida, indicada por A e T, quando colocado na posição mostrada na figura 1, é repellido para a direita. Quebra-se esse ímã ao meio e, utilizando as duas metades, fazem-se quatro experiências, representadas nas figuras I, II, III e IV, em que as metades são colocadas, uma de cada vez, nas proximidades do ímã fixo.



Indicando por “nada” a ausência de atração ou repulsão da parte testada, os resultados das quatro experiências são, respectivamente,

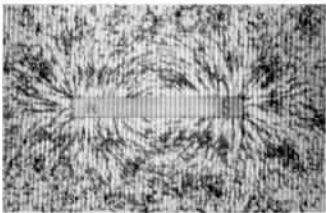
	I	II	III	IV
a)	repulsão	atração	repulsão	atração
b)	repulsão	repulsão	repulsão	repulsão
c)	repulsão	repulsão	atração	atração
d)	repulsão	nada	nada	atração
e)	atração	nada	nada	repulsão

Proposta experimental

Neste experimento você irá visualizar o campo magnético gerado por um ímã e, para isso, vai precisar do seguinte material:

- um ímã em forma de barra;
- uma folha de papel sulfite;
- limalha de ferro.

Coloque o ímã sobre uma mesa e em cima do ímã, a folha de papel. Espalhe sobre o papel a limalha de ferro. Dê pequenas batidas no papel. Você observará que cada limalha de ferro se comporta como uma pequena agulha magnética e se dispõe seguindo as linhas de indução.



STOCK PHOTOS

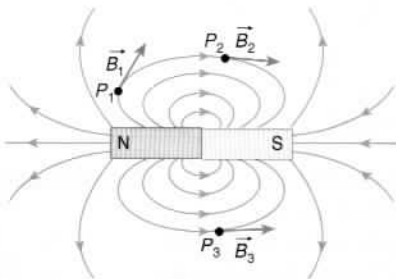


Figura 14.8 As linhas de indução apresentam em cada ponto a direção e o sentido do vetor indução magnética.

Ao aproximarmos um ímã de uma agulha magnética, esta sofre um desvio. Isso significa que o ímã modifica, de algum modo, as propriedades dos pontos do espaço que o envolve. Dizemos que ele origina nesse espaço um **campo magnético**. Para medir a ação do ímã, associamos, a cada ponto do campo, uma grandeza vetorial denominada **vetor indução magnética** ou simplesmente **vetor campo magnético**, representado por \vec{B} .

Colocada num ponto P de um campo magnético, uma agulha magnética assume uma certa posição de equilíbrio. (Fig. 14.7-A)

A direção do vetor \vec{B} em P é aquela em que se dispõe a agulha magnética e o sentido de \vec{B} é aquele para onde seu pólo norte aponta. (Fig. 14.7-B)

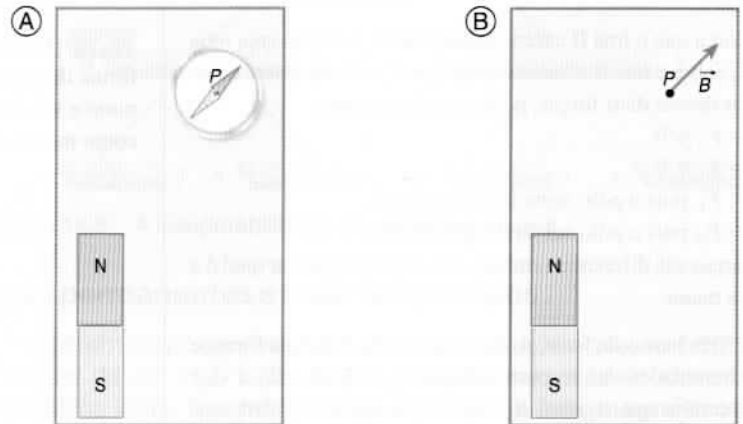


Figura 14.7 (A) Agulha magnética colocada em P . (B) Vetor \vec{B} em P .

As linhas de indução

A cada ponto do campo magnético associa-se um vetor indução magnética \vec{B} . As linhas que tangenciam o vetor \vec{B} em cada ponto são denominados **linhas de indução**. O sentido das linhas de indução acompanha o sentido dos vetores \vec{B} . Elas **partem do pólo norte do ímã e chegam ao pólo sul**. (Fig. 14.8)

O campo magnético terrestre

Vimos que um ímã, suspenso pelo seu centro de gravidade, orienta-se aproximadamente na direção norte—sul geográfica do local. Isso significa que existe um campo magnético criado pela Terra, na direção do qual o ímã suspenso se orienta. É o **campo magnético terrestre**. Em seu livro *De magnete (Sobre o ímã)*, publicado em 1600, **William Gilbert** (1544-1603), explicando a orientação que as bússolas adquirem, afirma que “o próprio globo terrestre é um grande ímã”. De fato, podemos associar a Terra a um grande ímã, com o pólo sul magnético aproximadamente no norte geográfico e o pólo norte magnético aproximadamente no sul geográfico. (Fig. 14.9)

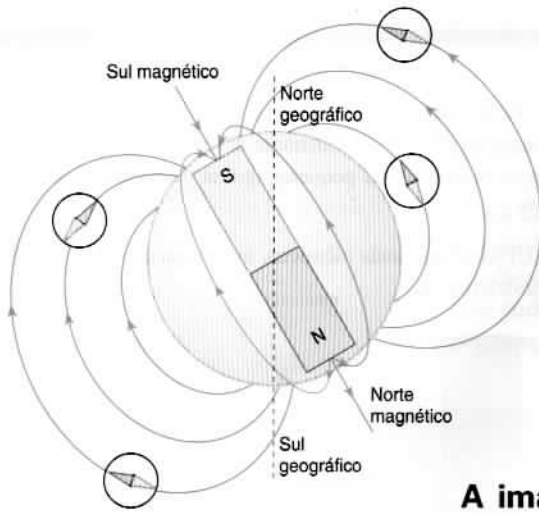


Figura 14.9 O ímã Terra.

A imantação de uma barra de ferro

Os ímãs elementares que constituem uma barra de ferro não-magnetizada estão distribuídos caoticamente. (Fig. 14.10)

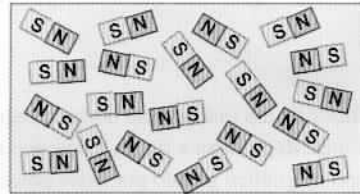


Figura 14.10 Ímãs elementares distribuídos caoticamente.

Aplicando na barra de ferro um campo magnético \vec{B} , seus ímãs elementares se ordenam, dispõem-se na direção do campo e ela se magnetiza. (Fig. 14.11)

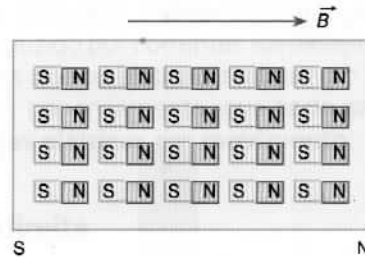


Figura 14.11 Ímãs elementares ordenados.

Observe, na figura a seguir, como uma barra de ferro se magnetiza quando é aproximada de um ímã: o campo magnético originado pelo ímã ordena seus ímãs elementares. Esse tipo de magnetização é chamado **indução magnética**. (Fig. 14.12)

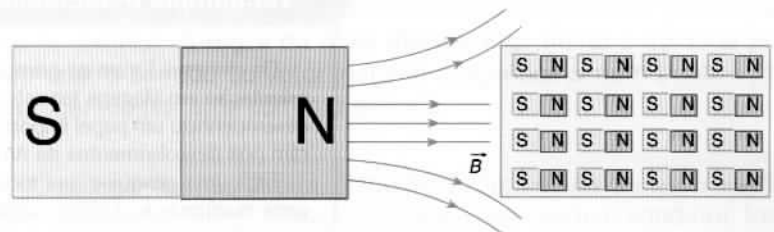
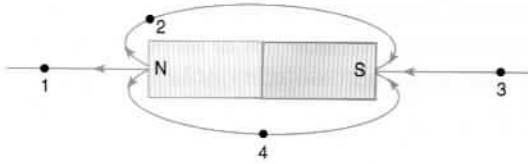


Figura 14.12 Magnetização por indução.

EXERCÍCIOS

- 7 Na figura abaixo, apresentamos algumas linhas de indução do campo magnético criado por um ímã. Reproduza a figura dada e:
- represente os vetores indução magnética \vec{B}_1 , \vec{B}_2 , \vec{B}_3 e \vec{B}_4 existentes nos pontos 1, 2, 3 e 4 da figura;
 - represente como se disporiais pequenas agulhas magnéticas colocadas nesses pontos.



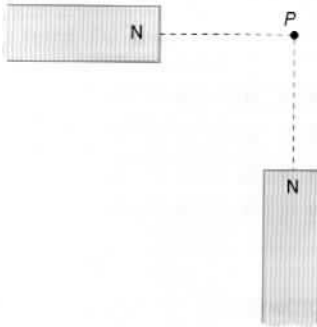
- 8 Aproxime o pólo norte de um ímã do pólo sul de outro ímã, conforme indica a figura. Reproduza a figura e desenhe as linhas de indução do campo magnético gerado por esses pólos.



- 9 Aproxime o pólo norte de um ímã do pólo norte de outro ímã, conforme indica a figura. Reproduza a figura e desenhe as linhas de indução do campo magnético gerado por esses pólos.

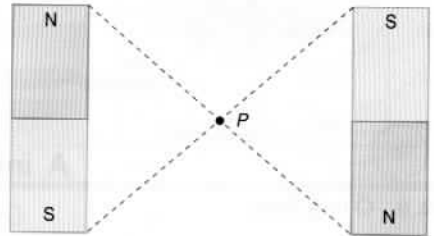


- 10 Dois ímãs idênticos e bem longos são dispostos conforme indica a figura abaixo. Despreze o campo magnético terrestre.



- Reproduza a figura e represente o vetor indução magnética resultante no ponto P , equidistante dos pólos dos ímãs.
- Como se disporia uma pequena agulha magnética colocada em P ?

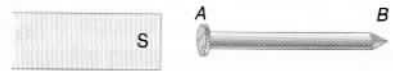
- 11 (UFAL) Dois ímãs idênticos, em forma de barra, são fixados paralelamente.



- No ponto médio P , equidistante dos dois ímãs, como mostra a figura, o vetor indução magnética deve ser representado pelo vetor:
- \rightarrow
 - \leftarrow
 - \uparrow
 - \downarrow
 - nulo

- 12 Há teorias que afirmam que aves migratórias, em suas viagens anuais, orientam-se através do campo magnético terrestre. Que tipo de dispositivos orgânicos essas aves deveriam possuir para que isso fosse possível?

- 13 Um prego de ferro não-ímantado é colocado próximo do pólo sul S de um ímã, conforme ilustra a figura.



Considere as afirmações:

- O campo magnético do ímã magnetiza o prego, orientando seus ímãs elementares.
- Em A se forma um pólo sul e em B , um pólo norte.
- O ímã atrai o prego.

Pode-se afirmar que:

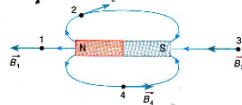
- Só a I está correta.
- Só a II está correta.
- Só a III está correta.
- Só a I e a III estão corretas.
- A I, a II e a III estão corretas.

Respostas

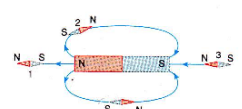
1. d 2. a 3. d 4. c

5. e 6. a

7. a)



b)



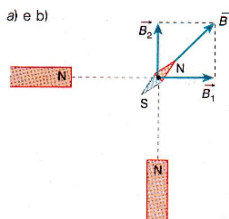
8.



9.



10. a) e b)



11. e

12. Presume-se que existam aves que, em suas viagens, orientam-se através do campo magnético terrestre como se tivessem **pequenas bússolas** dentro de si.

13. d

27. a) \downarrow b) \rightarrow c) \odot d) \downarrow

28. b

29. a) \vec{F}_e b) \vec{F}_m

\downarrow \leftarrow

\ominus \ominus

\ominus \ominus

\ominus \ominus

\ominus \ominus

\ominus \ominus

\ominus \ominus

\ominus \ominus

\ominus \ominus

\ominus \ominus

\ominus \ominus

\ominus \ominus

\ominus \ominus

\ominus \ominus