

ELETROMAGNETISMO

José Antonio Barata Marques de Almeida

CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS

ELETROMAGNETISMO

José Antonio Barata Marques de Almeida

CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS



Autor

José Antonio Barata Marques de Almeida

Engenheiro eletricitista. Atuação profissional: área de Projetos Elétricos, área de montagens de instalações elétricas de Alta Tensão e Baixa Tensão, área de fabricação de equipamentos elétricos, painéis e centros de controle de motores. Professor da Escola Técnica de Brasília (ETB), atual Coordenador do Curso de Técnico em Eletrotécnica. Na ETB, foi autor do material didático e ministrou aulas de: Eletricidade de Corrente Contínua, Laboratório de Eletricidade de Corrente Contínua, Eletricidade de Corrente Alternada, Laboratório de Eletricidade de Corrente Alternada, Instalações Elétricas, Projetos Industriais, Comandos Elétricos, Eletromagnetismo, Máquinas Elétricas (motor de indução, transformador, máquinas de corrente contínua, alternador e motor síncrono) e Sistemas Elétricos de Potência.

Design Instrucional

NT Editora

Projeto Gráfico

NT Editora

Revisão

Fernanda Gomes

Capa

NT Editora

Edição Eletrônica

NT Editora

Ilustração

Marcelo Moraes

NT Editora, uma empresa do Grupo NT

SCS Quadra 2 – Bl. C – 4º andar – Ed. Cedro II

CEP 70.302-914 – Brasília – DF

Fone: (61) 3421-9200

sac@grupont.com.br

www.nteditora.com.br e www.grupont.com.br

Almeida, José Antonio Barata Marques de.

Eletromagnetismo / José Antonio Barata Marques de Almeida –

1. ed. – Brasília: NT Editora, 2014.

198 p. il. ; 21,0 X 29,7 cm.

ISBN 978-85-8416-032-7

1. Magnetismo. 2. Eletromagnetismo.

I. Título

Copyright © 2014 por NT Editora.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por qualquer modo ou meio, seja eletrônico, fotográfico, mecânico ou outros, sem autorização prévia e escrita da NT Editora.

ÍCONES

Prezado(a) aluno(a),

Ao longo dos seus estudos, você encontrará alguns ícones na coluna lateral do material didático. A presença desses ícones o(a) ajudará a compreender melhor o conteúdo abordado e a fazer os exercícios propostos. Conheça os ícones logo abaixo:



Saiba mais

Esse ícone apontará para informações complementares sobre o assunto que você está estudando. Serão curiosidades, temas afins ou exemplos do cotidiano que o ajudarão a fixar o conteúdo estudado.



Importante

O conteúdo indicado com esse ícone tem bastante importância para seus estudos. Leia com atenção e, tendo dúvida, pergunte ao seu tutor.



Dicas

Esse ícone apresenta dicas de estudo.



Exercícios

Toda vez que você vir o ícone de exercícios, responda às questões propostas.



Exercícios

Ao final das lições, você deverá responder aos exercícios no seu livro.

Bons estudos!

Sumário

1. MAGNETISMO.....	9
1.1 Importância do magnetismo e do eletromagnetismo	9
1.2 Ímãs	11
1.3 Campo magnético	24
1.4 Fluxo magnético	29
2. ELETROMAGNETISMO	40
2.1 Campo magnético criado por uma corrente elétrica.....	41
2.2 Regra da mão direita	50
2.3 Espiras e solenoides	54
2.4 Eletroímãs	68
3. FORÇA MAGNÉTICA.....	80
3.1 Condutor conduzindo corrente em um campo magnético	80
3.2 Interação entre correntes	89
3.3 Funcionamento do galvanômetro	94
3.4 Funcionamento do motor cc (motor de corrente contínua)	96
4. TENSÃO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	103
4.1 Lei de Faraday	103
4.2 Lei de Lenz	115
4.3 Gerador	118
4.4 Transformador	121
5. MATERIAIS MAGNÉTICOS	129
5.1 Curvas de magnetização	129
5.2 Permeabilidade magnética.....	138
5.3 Histerese magnética.....	141
5.4 Classificação dos materiais magnéticos.....	145
6. CIRCUITO MAGNÉTICO	150
6.1 Relutância	150
6.2 Força Magnetomotriz (Ampère-espira)	156
6.3 Leis de Ohm para circuitos magnéticos	158
6.4 Correntes de Foucault	166

7. INDUTÂNCIA	169
7.1 Autoindutância	169
7.2 Indutância mútua.....	181
7.3 Reatância indutiva	183
7.4 Funcionamento das bobinas.....	185
BIBLIOGRAFIA	195
GLOSSÁRIO	196

Olá aluno(a)! Seja bem-vindo(a) ao curso de Eletromagnetismo!

É muito importante que estude com muita atenção as lições do curso, procurando entender aquilo que se explica em cada lição.

Neste curso, você terá oportunidade de entender e aplicar os princípios do Magnetismo e eletromagnetismo, base do funcionamento da maioria dos aparelhos eletroeletrônicos que utilizamos no dia a dia.

O conhecimento dos fenômenos magnéticos e eletromagnéticos permite entender facilmente o funcionamento de aparelhos e sistemas complexos.

O Magnetismo e eletromagnetismo **são ferramentas essenciais para que os profissionais, em particular os responsáveis pela eletricidade, eletrônica e telecomunicações**, conheçam intimamente os dispositivos e equipamentos com que trabalham.

O universo das aplicações do eletromagnetismo é imenso.

Você aprenderá como funcionam motores elétricos, geradores elétricos e transformadores elétricos, base da nossa sociedade tecnológica, cuja energia motora é essencialmente a eletricidade.

Sem eletricidade, nossa sociedade seria totalmente diferente do que é. Sem eletromagnetismo, **não haveria eletricidade**.

O curso de Eletromagnetismo é dirigido especialmente a você. Este livro só se justifica por sua causa.

O curso será apresentado sob a forma de perguntas da aluna Cibelly.

Aproveite esta oportunidade para enriquecer seus conhecimentos sobre assuntos que vão acompanhá-lo toda a sua vida profissional.

Bons estudos e tenha a certeza de que, ao final do curso, novos horizontes lhe serão abertos.

José Antônio Barata Marques de Almeida.

1. MAGNETISMO

Objetivos

• Transmitir conhecimentos sobre o que é **Magnetismo**, o que são ímãs e quais as suas propriedades, como funciona a atração e repulsão de ímãs, o que é campo magnético e **espectro magnético**, como se comporta o campo magnético da Terra, o que é **fluxo magnético** e **densidade de fluxo magnético**.

Ao finalizar esta lição você deverá ser capaz de:

- Ter uma visão clara dos fenômenos magnéticos.
- Desenvolver raciocínios que lhe permitam entender o Magnetismo.
- Resolver problemas relacionados com o Magnetismo.

Vamos começar.

1.1 Importância do magnetismo e do eletromagnetismo

Qual a importância do Magnetismo?
Para que serve mesmo? Por que eu
preciso estudar o Magnetismo?



Os fenômenos magnéticos e eletromagnéticos rodeiam-nos, fazem parte do nosso dia a dia e são de importância fundamental para o funcionamento da sociedade como a entendemos hoje. Por exemplo, a lâmpada e o ar-condicionado funcionam graças à eletricidade. Acontece que, sem Magnetismo, não haveria geração de eletricidade nas usinas e o motor elétrico que aciona o compressor do ar-condicionado não funcionaria.

Todos os equipamentos que funcionam movidos por motores elétricos, desde os eletrodomésticos até aos trens elétricos e mesmo indústrias inteiras, não existiriam tal como existem hoje sem o Magnetismo e o Eletromagnetismo, que são a base do funcionamento das máquinas elétricas e da grande maioria dos equipamentos elétricos e eletrônicos.



Magnetismo:
Propriedade, característica dos ímãs, que consiste em atrair pedaços de ferro ou de metais ferrosos.

Espectro magnético:
É o conjunto das linhas de força do campo magnético de um ímã.

Fluxo magnético: É o conjunto de todas as linhas de força do campo magnético que saem do polo norte do ímã;

Representa-se pela letra Φ (Fi).

Densidade de fluxo magnético: É o fluxo magnético, por unidade de área, através de uma seção perpendicular à direção do fluxo;

Também é chamado de indução magnética ou campo magnético, e é representado pela letra B .

A própria eletricidade, facilmente disponível para utilização limpa e segura nas residências e indústrias, não existiria, pois a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, base da nossa atual civilização, seria inviável sem o Magnetismo e o Eletromagnetismo.

Muitas pessoas, ao chegar em casa, aquecem sua comida no micro-ondas, tiram um suco gelado da geladeira e almoçam escutando música no aparelho de som. À noite, assistem TV ou estudam, chegando até mesmo a utilizar o computador e a internet para acessar cursos a distância.

Micro-ondas, geladeiras, aparelhos de som, telefones, celulares, gravadores, DVD, televisões e, principalmente, computadores, são imprescindíveis em nossa vida atualmente. Além de necessitarem da eletricidade para obterem o suprimento de energia que utilizam, têm seu próprio funcionamento baseado no Magnetismo e no Eletromagnetismo.

É de suma importância conhecer e compreender os fenômenos magnéticos e eletromagnéticos para entender o funcionamento da maioria dos equipamentos, por isso é preciso estudar e entender o Magnetismo e o Eletromagnetismo.

Creio ter respondido à sua pergunta.

Neste tópico, vimos a importância e as principais aplicações do Magnetismo.

No tópico seguinte, estudaremos os ímãs e suas propriedades.

Para fixarmos melhor os assuntos sobre os quais conversamos, sugiro que você e seus colegas tentem fazer o exercício abaixo:



Exercitando o conhecimento...

01 – Cite cinco exemplos de aparelhos que utilizam as propriedades do Magnetismo em seu funcionamento e diga por suas palavras qual a importância do estudo do Magnetismo e do Eletromagnetismo?

...

Feedback:

Micro-ondas, geladeiras, aparelhos de som, telefones, celulares, gravadores, DVD, televisões e principalmente computadores, imprescindíveis em nossa vida atualmente, além de necessitarem da eletricidade para obterem o suprimento de energia que utilizam, têm seu próprio funcionamento baseado no Magnetismo e no Eletromagnetismo.

É de suma importância conhecer e compreender os fenômenos magnéticos e eletromagnéticos para entender o funcionamento da maioria dos equipamentos, por isso é preciso estudar e entender o Magnetismo e o Eletromagnetismo.

Você sabe o que é um ímã?
Então vamos aprender.



1.2 Ímãs

Existem alguns materiais que têm a propriedade de atrair pedaços de ferro ou de metais ferrosos, e são chamados **Ímãs**.

Esta propriedade, característica dos ímãs, chama-se **Magnetismo**.

O Magnetismo está ilustrado na figura ELM01 – 1, onde se vê um ímã tipo ferradura atraindo pregos de ferro.

Figura ELM01 – 1



Ímã: Material que tem a propriedade de atrair pedaços de ferro ou de metais ferrosos.

Certamente você já deve ter visto aquele tipo de ímã que se fixam nas geladeiras. No entanto, o que ocorre é que eles não se colam na geladeira, mas existem forças magnéticas de atração entre o ímã e a porta da geladeira, que é feita de metal ferroso.

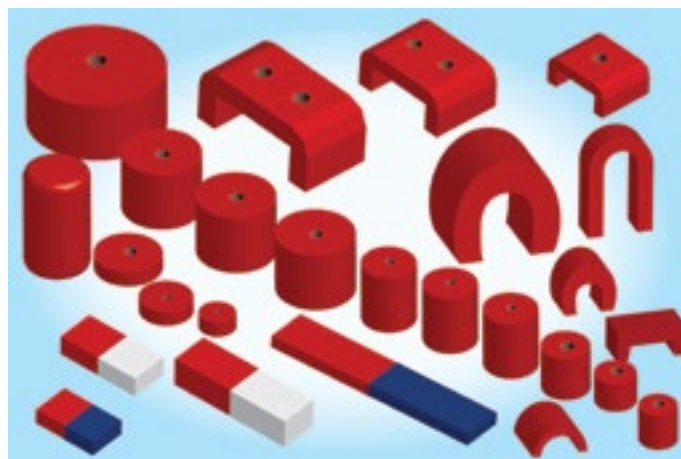
Podemos ver como é poderosa a força de atração dos ímãs, mesmo tratando-se de ímãs de dimensões pequenas. Ímãs muito maiores têm forças de atração muito maiores.

Além desse exemplo, que outros formatos de ímãs existem?



Os ímãs podem ter os mais diversos formatos, dependendo da aplicação a que se destinam. Na figura ELM01-2 estão representados alguns formatos de ímãs.

Figura ELM01-2



Nas figuras ELM01 - 3 e ELM 01 - 4, temos um ímã tipo barra e um ímã tipo ferradura.

Figura ELM01 - 3



Figura ELM 01 - 4



E quando foram inventados os ímãs?



Os ímãs não foram propriamente inventados, mas têm origem nas propriedades dos materiais, como veremos. O Magnetismo já era conhecido alguns séculos antes de Cristo, quando os homens da época usavam as pedras-guia com a finalidade de se orientarem, definindo a direção Norte-Sul.

Essas pedras, quando suspensas por um fio, apontavam o Norte.

Na realidade, tratava-se de pedaços de rocha com grandes concentrações de magnetita (Óxido de Ferro – Fe_3O_4) que apresenta propriedades magnéticas. A magnetita é um ímã encontrado na natureza, e por isso é chamado ímã **natural**.

Atualmente, utilizam-se ímãs **artificiais**, que são ímãs criados pelo homem.

Para saber se um determinado objeto é um ímã, vamos ver as propriedades que o caracterizam, além do fato de atraírem metais ferrosos.

Propriedades dos ímãs

Primeira propriedade

Em um ímã, existem duas regiões onde as características magnéticas se manifestam com maior intensidade, denominadas **polos do ímã**.

Os dois polos de um ímã são chamados **polo norte** e **polo sul** devido à propriedade de um ímã, quando suspenso por um fio, alinhar-se com os polos Norte e Sul da Terra.

A extremidade do ímã que aponta para o polo Norte da Terra, recebeu o nome de **polo norte**, enquanto a outra extremidade recebeu o nome de **polo sul**, em analogia com os polos Norte e Sul da Terra.

A figura ELM01 – 5 representa um ímã suspenso por um fio.

Figura ELM01 – 5



Nas circunstâncias da figura, o ímã fica livre para se movimentar e se orienta na direção Norte-Sul da Terra.

Agora eu fiquei confusa: lembro-me de que estudei que, em um ímã, polos do mesmo nome se repelem, então como o polo norte do ímã é atraído e aponta para o polo Norte da Terra? Não devia ser ao contrário: o polo norte do ímã ser atraído pelo polo Sul da Terra e o polo sul do ímã ser atraído e apontar para o polo Norte da Terra?



Realmente, polos magnéticos de nomes diferentes se atraem, mas aqui não se trata de dois polos magnéticos, mas sim de um polo Norte **magnético**, do ímã, e de um polo Norte **geográfico**, da Terra.

Acontece que a Terra é um enorme ímã, só que o polo Sul desse ímã se localiza no hemisfério Norte, perto do polo Norte, geográfico, da Terra, enquanto o polo Norte, desse enorme ímã que é a Terra fica no hemisfério Sul, perto do polo Sul, geográfico, da Terra.

No quarto tópico desta lição retornaremos a este assunto, quando estudarmos o campo magnético da Terra, e veremos as figuras ELM01 – 19 e ELM01 – 20, que mostram essa situação com mais detalhe.

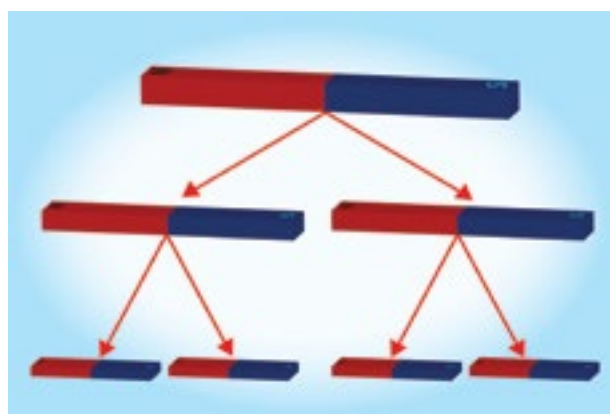
Passemos, então, para a segunda propriedade dos ímãs.

Segunda propriedade

Se quebrarmos um ímã em dois pedaços, em cada pedaço aparece um polo norte e um polo sul. Os dois pedaços do ímã original são, na verdade, dois novos ímãs com todas as suas propriedades. Se quebrarmos de novo cada um dos dois novos ímãs, obtemos quatro pedaços. Cada pedaço é um ímã, com polo norte e polo sul e com todas as suas propriedades. Se prosseguíssemos, cada vez que quebrássemos um ímã em dois ou mais pedaços, sempre obteríamos novos ímãs com novos polos norte e sul, como na figura ELM01– 6.

Em um ímã, os polos norte e sul são inseparáveis. Não é possível isolar um só polo norte ou um só polo sul.

Figura ELM01–6



Agora complicou: por que são inseparáveis?



Para entendermos esta propriedade, é necessário estudar o que se passa no interior de um ímã. No interior dos materiais ferrosos, existe uma quantidade enorme de pequenos ímãs elementares, representados na figura ELM01 – 7 por pequenas setas, nas quais a ponta com a seta é o polo norte.

Numa barra de ferro comum, sem Magnetismo (barra A da figura ELM01 – 7), estes ímãs elementares estão totalmente desalinhados de tal forma que as direções norte-sul de cada ímã elementar, ao somarem-se, anulam as propriedades magnéticas individuais de cada ímã elementar, resultando numa barra sem propriedades magnéticas.

Na barra B da figura ELM01–7, os ímãs individuais elementares estão alinhados, portanto, as propriedades magnéticas, de cada ímã elementar, somam-se, resultando numa barra de ferro com propriedades magnéticas, ou seja, um ímã.

Na magnetita, os ímãs elementares apresentam o alinhamento da barra B, o que faz consolidar as propriedades magnéticas da magnetita, que é um ímã **natural**.

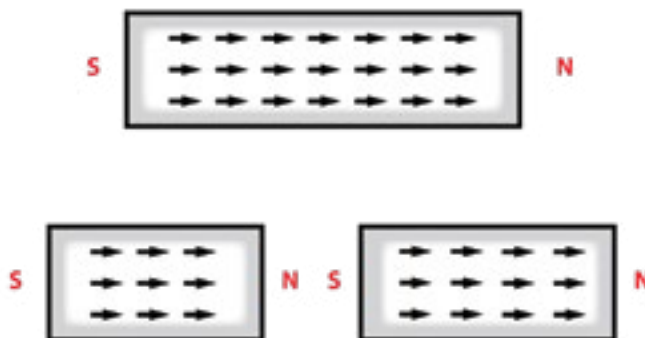
Se, em uma barra de ferro comum, sem propriedades magnéticas, conseguirmos, por um processo artificial qualquer, o alinhamento dos ímãs elementares, como na barra B da figura ELM01 – 7, obtemos um ímã **artificial**.

Figura ELM01 – 7



Para esclarecer melhor esse ponto, vamos recorrer a um exemplo: se cortarmos um ímã em dois pedaços, o alinhamento dos ímãs elementares, no interior de cada pedaço mantém-se, e resultam dois ímãs completos, com os polos norte e sul, localizados como na figura ELM01 – 8.

Figura ELM01 – 8



Passemos então para a terceira propriedade dos ímãs.

Terceira propriedade

Se tivermos dois ímãs e aproximarmos o polo norte de um ímã do polo sul do outro ímã, podemos verificar que há uma força de atração entre os dois ímãs.

Se agora aproximarmos o polo norte de um ímã do polo norte do outro ímã, verificamos que há uma força de repulsão entre os dois ímãs.

Repetindo o processo, aproximando o polo sul de um ímã do polo sul do outro ímã, verificamos que, de novo, manifesta-se uma força de repulsão entre os dois ímãs.

Podemos enunciar a conhecida e clássica **lei dos polos magnéticos**:



Dica: nos ímãs, polos de nomes diferentes se atraem e polos do mesmo nome se repelem.

Vamos agora analisar o problema com base nos ímãs elementares que constituem o corpo dos ímãs.

A figura ELM01 – 9 mostra as atrações e repulsões de dois ímãs. A figura ELM01 – 10 mostra as situações de atração e repulsão, ao nível dos ímãs elementares.

Figura ELM01 – 9

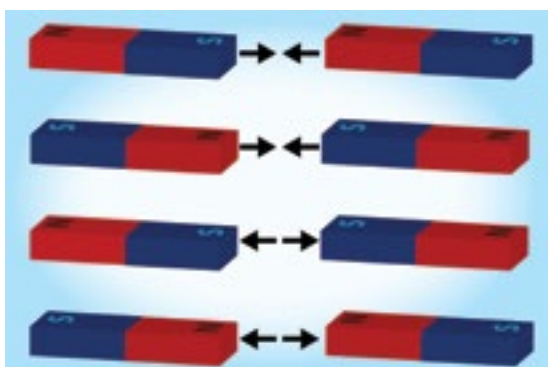


Figura ELM01 – 10



Quando se aproxima um polo norte de um ímã do polo sul de outro ímã, como todos os ímãs elementares de um e de outro estão alinhados na mesma direção e sentido, a tendência é a união dos dois ímãs, e ocorre **atração**.

Já quando se aproximam polos do mesmo nome dos dois ímãs, por exemplo, o polo norte de um ímã e o polo norte do outro ímã, os ímãs elementares agora estão alinhados na mesma direção, mas em sentidos contrários, a tendência é que os ímãs se separem, ocorrendo **repulsão**.

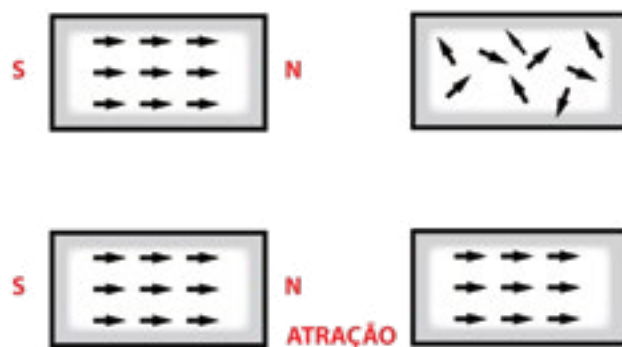
Você sabe o que acontece quando se aproxima o polo norte ou o polo sul de um ímã, de um material ferroso neutro (não magnetizado)? Qual das alternativas é correta?

- O polo norte atrai e o polo sul repele o metal ferroso neutro.
- O metal ferroso não é atraído nem repelido, pois é neutro.
- O polo norte repele e o polo sul atrai o metal ferroso neutro.
- O metal ferroso é atraído pelo polo norte e pelo polo sul.

Se você escolheu (d) acertou, pois se o corpo neutro, não magnetizado, for um material ferroso, tanto faz aproximar o polo norte como o polo sul, o material ferroso é sempre atraído.

A figura ELM01 – 11 mostra um ímã cujo polo norte se aproxima de um corpo neutro ferroso que tem, inicialmente, seus ímãs elementares desalinhados.

Figura ELM01 – 11



Com a aproximação de um polo norte, os ímãs elementares do corpo neutro tendem a alinhar-se, imitando os polos do ímã principal, e ocorre a atração do corpo neutro.

Com a aproximação de um polo sul, os ímãs elementares do corpo neutro também tendem a alinhar-se, só que em sentido contrário, imitando os polos do ímã principal, e ocorre, mais uma vez, a atração do corpo neutro pelo ímã.

A tabela da figura ELM01 – 12 mostra o que acontece nas diferentes situações.

Figura ELM01 – 12

CORPO A	CORPO B	FENÔMENO
Polo Norte	Polo Norte	Repulsão
Polo Sul	Polo Sul	Repulsão
Polo Norte	Polo Sul	Atração
Polo Sul	Polo Norte	Atração
Polo Norte	Neutro	Atração
Polo Sul	Neutro	Atração

E os ímãs artificiais, como são fabricados?



Os ímãs **artificiais** são produzidos alinhando-se os polos elementares de um material ferroso, o que pode ser feito por dois métodos.

Primeiro método – Movimenta-se um ímã ao longo de uma peça de ferro desmagnetizada, sempre no mesmo sentido.

Segundo método – Coloca-se uma peça de ferro desmagnetizada no interior de um enrolamento de fio ligado a uma fonte de corrente contínua.

Este segundo método será entendido na lição 2, que trata do Eletromagnetismo.

Os ímãs artificiais podem ser **permanentes** (quando, após serem magnetizados, mantêm o Magnetismo) ou **temporários** (quando o Magnetismo é passageiro).

Os ímãs **permanentes** são feitos de ferro duro ou de ligas de aço especiais e são utilizados para criar os campos magnéticos dos medidores e em pequenos geradores.

Os ímãs **temporários** são feitos de ferro doce e são utilizados na fabricação de eletroímãs.



ATRAÇÃO/REPULSÃO

Corpo A	Corpo B	Fenômeno
Polo Norte	Polo Norte	Repulsão
Polo Sul	Polo Sul	Repulsão
Polo Norte	Polo Sul	Atração
Polo Sul	Polo Norte	Atração
Polo Norte	Neutro	Atração
Polo Sul	Neutro	Atração

São ímãs que podem ser ligados, adquirindo propriedades magnéticas, ou desligados, quando perdem as suas propriedades magnéticas.

Na próxima lição sobre **Eletromagnetismo** veremos como funcionam os eletroímãs.

Os ímãs **permanentes** podem ser **desmagnetizados** por três processos:



Eletromagnetismo: Parte da Física que estuda os campos magnéticos criados por correntes elétricas.

Primeiro processo – Aquecendo o ímã

Quando se aquece um ímã, a agitação térmica das moléculas aumenta e pode ser suficiente para fazer com que os ímãs elementares se desalinhem e o ímã principal venha a perder suas propriedades magnéticas.

A temperatura em que se dá a desmagnetização do ímã permanente ou o desalinhamento dos ímãs elementares é chamada **Ponto Curie**.

Segundo processo – Martelando fortemente o ímã

Quando se martela fortemente um ímã permanente, a vibração transmitida ao ímã pode ser suficiente para fazer com que os ímãs elementares se desalinhem.

Terceiro processo – Invertendo rapidamente o sentido do campo magnético

Se colocarmos o ímã no interior de um enrolamento de fio, ligado a uma fonte de tensão alternada, que produza uma corrente alternada no enrolamento, como a corrente alternada muda de sentido periodicamente, os ímãs elementares podem desalinhar-se por não conseguirem acompanhar a rápida inversão do campo magnético.

Este terceiro processo será mais bem entendido quando estudarmos os fenômenos eletromagnéticos.

Para poderem fixar melhor os assuntos sobre os quais conversamos, sugiro que você e seus colegas, façam os seguintes exercícios:



Eletroímã:
É um ímã temporário constituído por um núcleo de ferro onde está enrolada uma bobina, que só apresenta campo magnético quando há corrente na bobina.

Saiba mais!

Para que os alternadores funcionem, é necessária uma corrente contínua para criar um eletroímã. Quando o alternador para, o eletroímã não se desmagnetiza totalmente, fica parcialmente magnetizado, e esse Magnetismo é suficiente para que o alternador volte a gerar tensão alternada quando volta a ser ligado, gerando a sua própria corrente contínua para continuar funcionando.

Entretanto, se durante o período em que o alternador permanece desligado for feito algum trabalho de manutenção no eletroímã, que envolva pancadas e/ou calor, quando o alternador for novamente ligado, ele pode não gerar tensão elétrica, embora não apresente qualquer defeito. É que o eletroímã foi desmagnetizado e é necessário fornecer uma corrente contínua a partir de uma fonte externa para fazer funcionar o alternador.



Exercitando o conhecimento...

Questão 02 – Quando aproximamos o polo norte de um ímã do polo sul de outro ímã, surge uma força de atração entre os ímãs. Em relação a esta afirmação, assinale a alternativa correta.

- a) Os ímãs elementares dos dois ímãs apontam no mesmo sentido.
- b) Os ímãs elementares dos dois ímãs apontam em sentidos opostos.
- c) Os ímãs elementares do primeiro ímã ficam desalinhados.
- d) Os ímãs elementares do segundo ímã ficam desalinhados.

Questão 03 – Em relação aos ímãs, em geral, podemos afirmar que, exceto:

- a) Os ímãs artificiais são fabricados pelo homem.
- b) Os ímãs naturais existem na natureza.
- c) Nos ímãs naturais é impossível separar o polo norte do polo sul.
- d) Nos ímãs artificiais, é possível separar o polo norte do polo sul usando a nanotecnologia.

Questão 04 – (UFB) Pares de ímãs em forma de barra são dispostos, conforme indicam as figuras a seguir:



A letra N indica o polo norte e o S o polo sul de cada uma das barras. Entre os ímãs de cada um dos pares anteriores (a), (b) e (c) ocorrerão, respectivamente, forças de:

- a) Atração, repulsão, repulsão.
- b) Atração, atração, repulsão.
- c) Atração, repulsão, atração.
- d) Repulsão, repulsão, atração.

Questão 05 – Suponhamos que temos um ímã e aproximamos uma barra de material ferroso não magnetizado do polo norte do ímã de tal forma que seja atraída e fique encostada nele.

O que acontece se aproximarmos um corpo não magnetizado da barra encostada no ímã?

- a) O corpo é repelido pelo conjunto ímã-barra não magnetizada.
- b) O corpo é atraído pelo conjunto ímã-barra não magnetizada.
- c) O corpo pode ser atraído ou repelido pelo conjunto ímã-barra não magnetizada.
- d) Nada acontece.

Questão 06 – (UFB) Têm-se três barras, AB, CD, EF, aparentemente idênticas. Experimentalmente constata-se que:

- I. A atrai a extremidade D;
- II. A atrai a extremidade C;
- III. D repele a extremidade E.

Então:

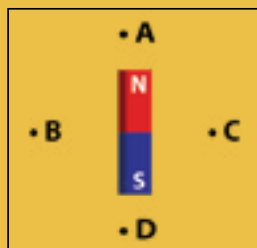
- a) AB, CD e EF são ímãs.
- b) AB é ímã, CD e EF são de ferro.
- c) AB é de ferro, CD e EF são ímãs.
- d) AB e CD são de ferro, EF é ímã.
- e) CD é ímã, AB e EF são de ferro.

Sugestão: Faça desenhos com os dados do exercício e lembre-se de que:

- Ferro neutro (não magnetizado) é atraído por qualquer polo de um ímã.
- Polos de nomes iguais se repelem e polos de nomes diferentes se atraem.

Questão 07 – (UFRS) Uma pequena bússola é colocada próxima de um ímã permanente. Em quais posições assinaladas na figura a extremidade norte da agulha apontará para o alto da página?

- a) Somente em A ou D.
- b) Somente em B ou C.
- c) Somente em A, B ou D.
- d) Somente em B, C ou D.
- e) Em A, B, C ou D.



Sugestão: Faça o desenho com a bússola nos pontos A, B, C e D.

Questão 08 – (UnB-DF) Três chaves de fenda que podem estar com as pontas imantadas, cujos polos são X, Y e Z, são aproximadas do polo K de um ímã. Observamos que os polos X e Y são atraídos e Z, repellido. Se a chave X é um polo sul, podemos afirmar que:

- I. Y é polo norte.
- II. Z e K são polo norte.
- III. Y não está imantada e K é polo sul.

Estão corretas:

- a) Apenas I.
- b) I e II
- c) I e III
- d) Apenas II
- e) Todas estão corretas.

Sugestão: Mesma do exercício 06

Questão 09 – (UFSC-SC modificado) As afirmativas abaixo se referem a fenômenos magnéticos. Assinale a(s) proposição(ões) VERDADEIRA(S).

- a) Um estudante quebra um ímã ao meio, obtendo dois pedaços, ambos com polo sul e polo norte.
- b) Um astronauta, ao descer na Lua, constata que não há campo magnético nela, portanto ele poderá usar uma bússola para se orientar.
- c) Uma barra imantada se orientará ao ser suspensa horizontalmente por um fio preso pelo seu centro de gravidade ao teto de um laboratório.
- d) Uma barra não imantada não permanecerá fixa na porta de uma geladeira desmagnetizada, quando nela colocada.
- e) Uma das formas de desmagnetizar uma bússola é colocá-la num forno quente.
- f) Uma das formas de magnetizar uma bússola é colocá-la numa geladeira desmagnetizada.

Nas minhas experiências com os meus ímãs de geladeira, verifiquei que, quando aproximo o ímã da geladeira, existe um ponto a partir do qual se eu soltar o ímã, ele sozinho pula para a geladeira. Por que ele não pula diretamente para a geladeira, a qualquer distância?



Força magnética: É uma força que surge quando um condutor, percorrido por uma corrente elétrica, fica imerso em um campo magnético, devido à interação entre o campo, magnético e a corrente elétrica, que tende a deslocar o condutor.

A **força magnética** de um ímã diminui quando aumenta a distância entre o ímã e o pedaço de ferro que ele vai atrair.

Da mesma forma, entre dois ímãs existe uma força de atração e repulsão que também diminui quando aumenta a distância entre os ímãs.

Tudo se passa como no caso das cargas elétricas, onde a força de atração ou repulsão entre as cargas é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

Aliás, o que estamos falando é a base da existência do campo magnético de um ímã, que vamos estudar a seguir.

1.3 Campo magnético

A força magnética de um ímã faz-se sentir em sua volta, e podemos dizer que existe uma região do espaço, em volta do ímã, tal que, se colocarmos pedaços de ferro nessa região, eles são atraídos e pedaços de ferro colocados fora dela não são atraídos pelo ímã.

Essa região do espaço chama-se **campo magnético criado pelo** ímã, por analogia com o campo gravitacional, fora do qual objetos não ficam sujeitos à força de gravidade.



O campo magnético é naturalmente invisível e só pode ser detectado por meio dos seus efeitos. Podemos “visualizar” o campo magnético de um ímã através das suas **linhas de força**, como nas figuras ELM01 – 13 e ELM01 – 14.

Figura ELM01 – 13

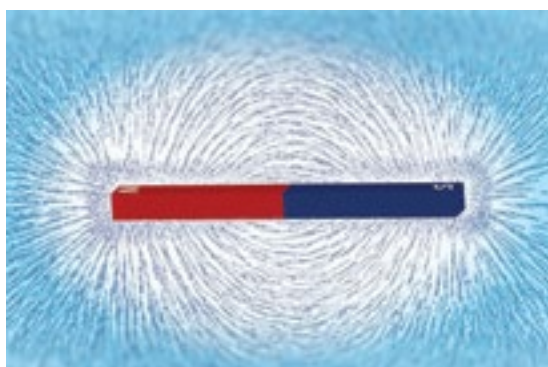
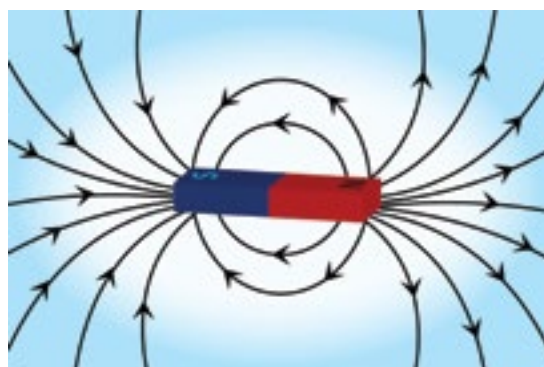


Figura ELM01 – 14



Linhas de força do campo magnético de um ímã: São linhas que indicam o sentido, direção e intensidade do campo magnético de um ímã.

Se espalharmos limalha de ferro sobre um papel ou um vidro, colocado por cima de um ímã em forma de barra, podemos ver que a limalha desenha algumas linhas sobre o vidro ou o papel. A essas linhas chamamos **linhas de força do campo magnético**.

O conjunto das linhas de força chama-se **espectro magnético do ímã**.

Podemos definir algumas propriedades das linhas de força do campo magnético:

- **Primeira propriedade:** As linhas de força do campo magnético de um ímã saem pelo polo norte do ímã e retornam pelo polo sul, após um percurso no ar.

- **Segunda propriedade:** As linhas de força do campo magnético são linhas fechadas.
- **Terceira propriedade:** Se conseguíssemos obter uma partícula só com um polo norte, que fosse solta perto do polo norte do ímã, ela seguiria o percurso de uma linha de força até alcançar o polo sul.

A partícula imaginária norte ficaria, em cada momento, sujeita a duas forças:

- A força de repulsão do polo norte do ímã.
- A força de atração do polo sul do ímã.

É a resultante dessas duas forças que faz com que a partícula percorra a trajetória, definida pela linha de força do campo magnético, como se vê na figura ELM01 – 15.

Figura ELM01 – 15

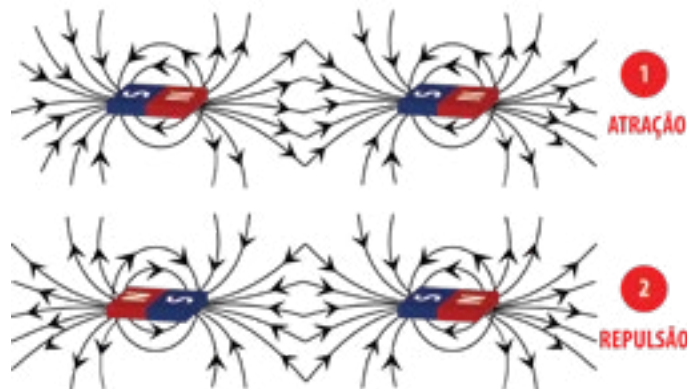


A partir das linhas de força do campo magnético, podemos visualizar melhor a atração e repulsão entre ímãs, como foi dito quando analisamos o fenômeno, com base nos ímãs elementares. Basta analisar o sentido das linhas de força entre os dois ímãs e facilmente concluímos se há atração ou repulsão.

Atração e repulsão

Olhando a figura ELM01 – 16[Ⓢ], logo vemos que as linhas de força entre os ímãs têm o mesmo sentido, e a tendência é a **atração** entre os dois ímãs.

Figura ELM01 – 16



Já no caso da figura ELM01 – 16②, as linhas de força entre os dois ímãs têm sentidos opostos e a tendência é a **repulsão** entre os dois ímãs. Vamos agora caracterizar melhor o campo magnético.

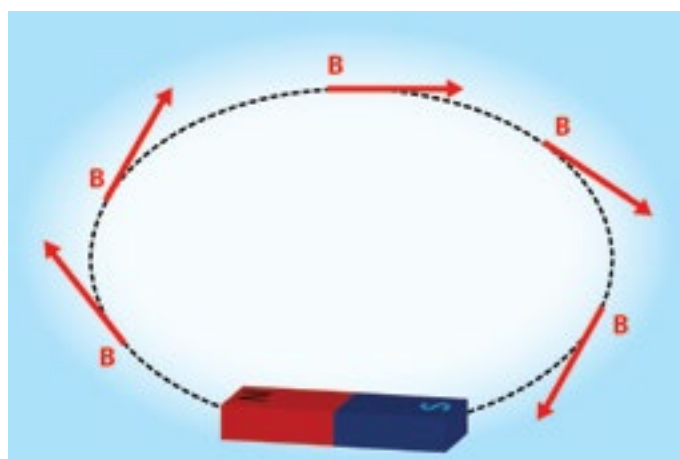
Vetor Campo magnético

Vimos, quando tratamos da terceira propriedade das linhas de força do campo magnético, que uma partícula imaginária ficava, em cada instante, sujeita a uma força magnética, que era a resultante das forças de atração e de repulsão exercidas sobre a partícula pelos polos do ímã. Essa força magnética, variável conforme a posição da partícula, fazia com que ela descrevesse uma trajetória ao longo de uma linha de força do campo magnético.

Podemos concluir que o campo magnético em volta do ímã é variável e pode ser representado por um vetor.

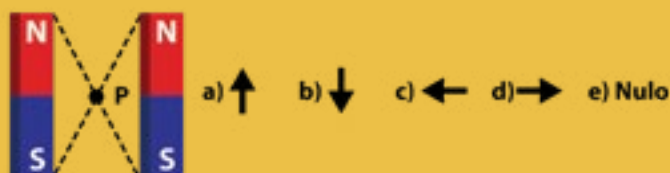
O **vetor campo magnético** ou **indução magnética** ou simplesmente **campo magnético**, representado pela letra **B**, é um vetor tangente em cada ponto às linhas de força do campo magnético, como na figura ELM01 – 17.

Figura ELM01 – 17



Exercitando o conhecimento...

Questão 10 – (UFAL-AL) 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 resultante deve ser representado pelo vetor:

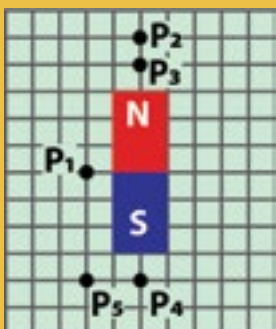


Sugestão: Desenhe as linhas de força do campo magnético e marque no ponto P os vetores **B** de um e de outro ímã, verificando qual é a resultante.

Questão 11 – (UEL-PR modificado) Considere o campo magnético nos pontos P1, P2, P3, P4 e P5, nas proximidades de um ímã em barra, conforme representado na figura.

A intensidade do campo magnético é menor no ponto:

- a) P1 b) P2 c) P3 d) P4 e) P5



Sugestão: Ache o ponto com menor concentração de linhas de força de força.

Como o vetor campo magnético é tangente às linhas de força do campo magnético e as linhas de força são curvas fechadas, podemos concluir que o vetor campo magnético é sempre variável, o que acontece com os ímãs tipo barra, entretanto existem situações em que o vetor campo magnético é constante e temos um campo magnético uniforme, como veremos a seguir.

Figura ELM01 – 18

Campo magnético uniforme

Um campo uniforme é aquele em que o **vetor campo magnético** tem a mesma direção, sentido e intensidade em todos os pontos do campo.

Por exemplo, o campo magnético entre as armaduras de um ímã em forma de ferradura é um campo uniforme, como podemos ver na figura ELM01 – 18.

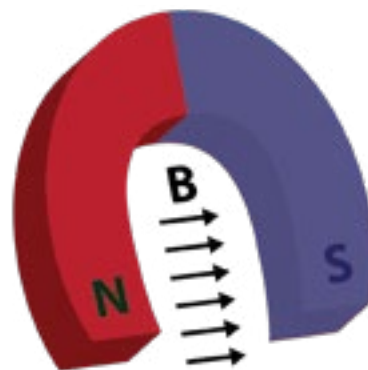


Figura ELM01 – 19



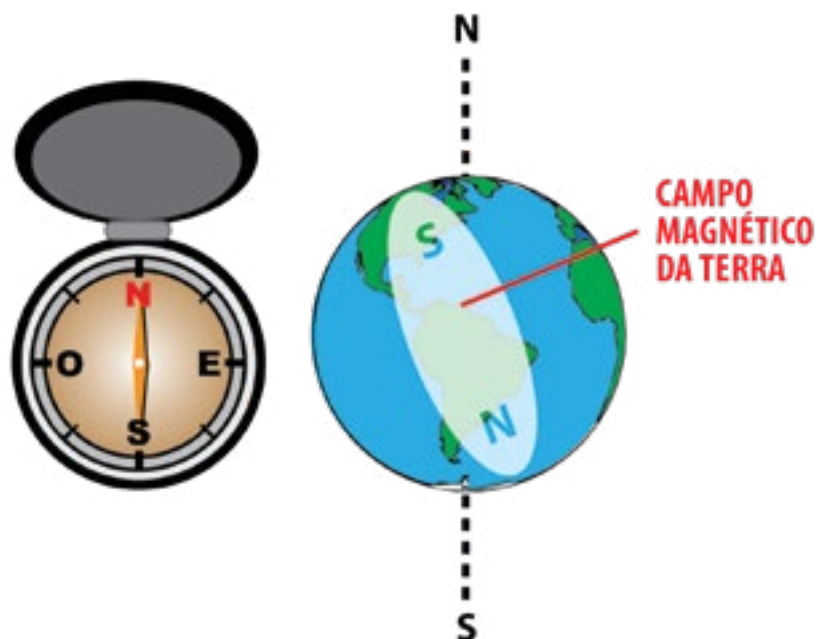
Campo magnético da Terra

Como já vimos, a Terra é um enorme ímã natural cujo polo Sul (magnético) fica perto do polo Norte (geográfico) da Terra e cujo polo Norte (magnético) fica perto do polo Sul (geográfico) da Terra, como se vê na figura ELM01 – 19.

A propriedade dos ímãs, de sempre se orientarem na direção Norte-Sul da Terra quando se podem mover livremente, é a base de funcionamento das bússolas, utilizadas para indicar o polo Norte da Terra.

A figura ELM01 – 20 mostra o funcionamento de uma bússola

Figura ELM01 – 20



Uma bússola é constituída por uma agulha magnética que gira livremente em uma caixa, de forma que, em qualquer ponto do globo terrestre, ela sempre aponta o polo Norte da Terra.

Figura ELM01 – 21

A extremidade da agulha que aponta para o norte está assinalada, como na figura ELM01 – 21, que mostra uma bússola.

Na realidade, o polo Norte da Terra nem sempre é apontado com rigor pela agulha magnética da bússola, existindo uma diferença entre a indicação da bússola e o polo Norte verdadeiro da Terra.

Esta diferença em graus é chamada **declinação magnética**.

Devido ao movimento de rotação da terra, a declinação magnética varia, podendo ser negativa quando o norte geográfico da Terra fica a leste (à direita) do polo Norte indicado pela bússola ou positiva quando o Norte geográfico da Terra fica a oeste (à esquerda) do polo Norte indicado pela bússola.



No caso da figura ELM01 – 19, a declinação é negativa.

As bússolas são extremamente úteis como instrumentos de orientação.

Existem cartas e tabelas que permitem conhecer as declinações magnéticas com precisão, porém, na maioria das aplicações das bússolas, não é necessário recorrer a elas, sendo suficiente a orientação dada pelas bússolas que impedem, por exemplo, que os viajantes andem em círculo.

Para podermos quantificar as grandezas magnéticas, temos que estabelecer algumas considerações.

Vamos começar definindo o fluxo magnético.

1.4 Fluxo magnético

Chama-se **fluxo magnético de um ímã** e representa-se pela letra ϕ (Φ) o conjunto de todas as linhas de força do campo magnético que saem do polo Norte do ímã.

A unidade de fluxo magnético, no SI, é o **weber (Wb)**.

Um Wb corresponde a 10^8 linhas de força do campo magnético.



Weber (Wb):
É a unidade de medida do fluxo magnético, no SI.

Um Wb corresponde a 10^8 linhas de força do campo magnético.

Exercício resolvido

Questão 12 – Qual o fluxo magnético de um ímã, em miliweber, sabendo que do seu polo Norte saem 200.000 linhas de fluxo?

...

Resolução

Dados: 200.000 linhas de fluxo.

Pedido: ϕ ?

Raciocínio:

1 Wb corresponde a 100.000.000 linhas de fluxo

X Wb correspondem a 200.000 linhas de fluxo

Cálculos:

$$X = \frac{200000}{100000000} = 0,002 \text{ Wb} = 2\text{mWb}$$

Então o weber
pode se converter
em miliweber?



Sim. O weber é uma unidade de fluxo magnético muito grande e, como todas as unidades do sistema decimal, converte-se em múltiplos e submúltiplos usando as potências de dez.



Dica: Os fluxos normais são da ordem dos miliweber (mWb) miliweber ou mesmo microweber (μWb).

Densidade de fluxo magnético

O fluxo magnético, por unidade de área, através de uma seção perpendicular à direção do fluxo é a **densidade de fluxo magnético, indução magnética** ou **campo magnético**, representado pela letra **B**.

A unidade de densidade de fluxo magnético **B**, no SI, é o **tesla (T)**.

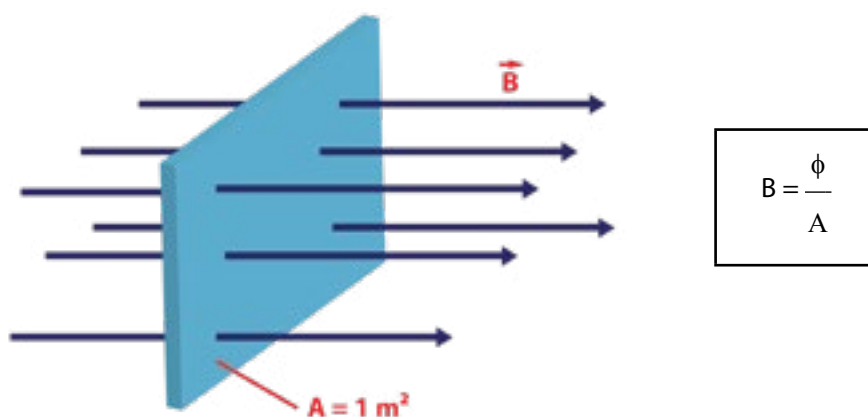


Tesla (T): É a unidade de medida da densidade de fluxo magnético **B**, no SI.

Dica: $1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2$ (Weber por metro quadrado).

Sendo **A**, a área perpendicular às linhas de fluxo como na figura ELM01 – 22, temos:

Figura ELM01 – 22

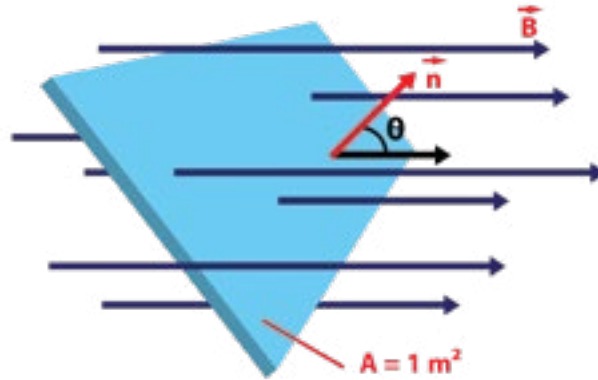


No SI \Rightarrow ϕ – fluxo em weber (Wb)

B – densidade de fluxo em tesla (T)

A – área da seção perpendicular às linhas de fluxo em m^2

Figura ELM01 – 23



Se a área A não for perpendicular às linhas de fluxo, como na figura ELM01 – 23 temos:

$$\phi = B.A.\cos \theta$$

Sendo θ o ângulo da direção do fluxo com a normal à superfície que o fluxo atravessa.

Se θ_1 for o ângulo do fluxo com a superfície que atravessa, temos:

$$\phi = B.A.\sen \theta_1$$

Exercícios resolvidos

Questão 13 – Calcule a densidade em tesla, de um fluxo de 100.000 linhas que atravessa uma superfície de 5 cm², perpendicular à direção do fluxo.

...

Resolução

Dados: $\phi = 100.000$ linhas de fluxo.

$A = 5 \text{ cm}^2$ perpendicular ao fluxo.

Pedido: B?

Raciocínio: Se a superfície é perpendicular ao fluxo

$$B = \frac{\phi}{A}$$

São dados ϕ e A e podemos calcular B.

Unidades: Como é pedida a densidade de fluxo em T, precisamos converter o fluxo em Wb e a superfície em m².

1 Wb corresponde a 100.000.000 linhas de fluxo

ϕ Wb correspondem a 100.000 linhas de fluxo

$$\phi = \frac{100000}{100000000} = 0,001 \text{ Wb}$$

$5 \text{ cm}^2 = 0,0005 \text{ m}^2$

Cálculos:

$$B = \frac{0,001}{0,0005} = 2$$

Resposta: 2 T

Questão 14 – Uma barra de ferro encontra-se submetida a um campo magnético uniforme de indução igual a 5T. A secção reta do ferro é igual a 40 cm². Calcule o fluxo magnético através do ferro, em Wb, se as linhas de força:

- I. Forem perpendiculares à superfície do ferro.
- II. Fizerem um ângulo de 60° com a superfície.
- III. Fizerem um ângulo de 0° com a superfície.

...

Resolução parte I

Dados: $B = 5 \text{ T}$; $A = 40 \text{ cm}^2$

Linhas de força perpendiculares à superfície

Pedido: ϕ ?

Raciocínio: Se a superfície é perpendicular ao fluxo e são dados B e A , podemos calcular ϕ .

$$B = \frac{\phi}{A} \Rightarrow \phi = BA$$

Unidades: Como é pedido o fluxo em mWb e a indução já é dada em T, vamos calcular em Wb e depois converter em mWb, só precisamos converter a superfície em m^2 .

$$40 \text{ cm}^2 = 0,004 \text{ m}^2$$

Cálculos:

$$\phi = B.A = 5 \times 0,004 = 0,02$$

Resposta:

$$\phi = 0,02 \text{ Wb} = 20 \text{ mWb}$$

...

Resolução parte II

Dados: $B = 5 \text{ T}$; $A = 40 \text{ cm}^2$

$\theta_1 = 60^\circ$ (Ângulo com a superfície)

Pedido: ϕ ?

Raciocínio:

Como é dado o ângulo com a superfície, temos $\phi = B.A.\text{sen}\theta_1$

São dados B e A e θ_1 , e podemos calcular ϕ .

Unidades:

Como é pedido o fluxo em mWb e a indução já é dada em T, vamos calcular em Wb e depois converter em mWb, só precisamos converter a superfície em m^2 .

$$40 \text{ cm}^2 = 0,004 \text{ m}^2$$

Cálculos:

$$\phi = B.A.\text{sen } \theta_1 = 5 \times 0,004 \times 0,866 = 0,01732$$

Resposta: $\phi = 0,01732 \text{ Wb} = 17,3 \text{ mWb}$

...

Resolução parte III

Dados: $B = 5 \text{ T}$; $A = 40 \text{ cm}^2$

$\theta_1 = 0^\circ$ (Ângulo com a superfície)

Pedido: ϕ ?

Raciocínio:

Como é dado o ângulo com a superfície, temos $\phi = B.A.\text{sen}\theta_1$,

São dados B e A e θ_1 , e podemos calcular ϕ .

Unidades: Como é pedido o fluxo em mWb e a indução já é dada em T, vamos calcular em Wb e depois converter em mWb, só precisamos converter a superfície em m^2 .

$40 \text{ cm}^2 = 0,004 \text{ m}^2$

Cálculos:

$\phi = B.A.\text{sen } \theta_1 = 5 \times 0,004 \times 0 = 0$

Resposta: $\phi = 0$



Exercitando o conhecimento...

Questão 15 – A utilização da bússola é possível devido à existência, na Terra, de:

- a) Um campo de gravidade.
- b) Um campo muito grande.
- c) Um campo magnético.
- d) Um campo elétrico.

Questão 16 – O campo magnético de um ímã pode ser visualizado através de:

- a) Um microscópico.
- b) Óculos estroboscópios.
- c) Termovisão.
- d) Linhas de força.

Questão 17 – (UFSC-SC modificado) O Magnetismo terrestre levou à invenção da bússola, instrumento essencial para as grandes navegações e descobrimentos do século XV e, segundo os historiadores, já utilizada pelos chineses desde o século X. Em 1600, William Gilbert, em sua obra denominada *De Magnete*, explica que a orientação da agulha magnética se deve ao fato de a Terra se comportar como um imenso ímã, apresentando dois polos magnéticos. Muitos são os fenômenos relacionados com o campo magnético terrestre. Atualmente, sabemos que feixes de partículas eletrizadas (elétrons e prótons), provenientes do espaço cósmico, são capturados pelo campo magnético terrestre, ao passarem nas proximidades da Terra, constituindo bom exemplo de movimento de partículas carregadas em um campo magnético.

Assinale a (s) proposição (ões) CORRETA (S):

1. () O sentido das linhas de indução, do campo magnético da Terra, indica que o polo sul magnético está localizado próximo ao polo Norte geográfico.
2. () O sentido das linhas de indução, do campo magnético da Terra, indica que o polo norte magnético está localizado próximo ao polo Norte geográfico.
3. () As linhas de indução do campo magnético da Terra mostram que ela se comporta como um gigantesco ímã, apresentando dois polos magnéticos.
4. () O polo norte da agulha de uma bússola aponta sempre para o polo sul magnético da Terra.
5. () O módulo do campo magnético terrestre aumenta à medida que se afasta da superfície da Terra.

Questão 18 – Qual o fluxo magnético de um ímã, em miliweber, sabendo que do seu polo Norte saem 400.000 linhas de fluxo?

Questão 19 – Calcule a densidade, em tesla, de um fluxo de 20.000 linhas que atravessa uma superfície de 5 dm^2 , perpendicular à direção do fluxo.

Questão 20 – Calcule o campo magnético, em tesla, devido a um fluxo de 2 mWb que atravessa uma seção de 4 cm^2 perpendicular às linhas de fluxo.

Questão 21 – Quanto vale o campo magnético na superfície de seção igual a 30 cm^2 que é atravessada por um fluxo magnético de 6 mWb, sendo as linhas de força perpendiculares à superfície.

Resumo

- O estudo do Magnetismo tem grande importância para entender o funcionamento de vários aparelhos elétricos.
- Um ímã, além de atrair pedaços de ferro, tem outras propriedades.
- Ímãs, livres para se movimentarem, orientam-se sempre na direção N – S da Terra.
- Os polos norte e sul de um ímã são inseparáveis.
- Em dois ímãs, polos de nomes iguais se repelem e polos de nomes diferentes se atraem.
- Os ímãs elementares, que constituem os ímãs, explicam o que ocorre quando quebramos um ímã em vários pedaços e como se dá a atração e repulsão dos polos dos ímãs.
- Ímãs se classificam em naturais e artificiais e em permanentes e temporários.
- No campo magnético criado por um ímã, as linhas de força do campo magnético permitem explicar melhor os fenômenos de atração e repulsão dos ímãs.
- O vetor campo magnético ou indução magnética é tangente, em cada ponto, às linhas de força do campo magnético.
- Para quantificar os fenômenos magnéticos são importantes o fluxo magnético e densidade de fluxo magnético.

Veja se você se sente apto(a) a:

- Ter uma visão clara dos fenômenos magnéticos.
- Desenvolver raciocínios que lhe permitam entender o Magnetismo.
- Resolver problemas relacionados com o Magnetismo.



Parabéns,
você
finalizou
esta lição!

Agora
responda
às questões
ao lado.

Exercícios

Questão 01 – Dos equipamentos elétricos listados abaixo, assinale o que não utiliza o Magnetismo no seu funcionamento.

- a) Gravador de DVD.
- b) Telefone fixo.
- c) Celular.
- d) Chuveiro elétrico.

Questão 02 – Assinale a alternativa incorreta no que se refere às linhas de força de um campo magnético.

- a) Saem do polo norte e voltam ao polo sul.
- b) São linhas contínuas.
- c) Nunca se cruzam.
- d) São linhas abertas.

Questão 03 – Complete as colunas da tabela abaixo com palavras relacionadas com o Magnetismo cujos significados são informados abaixo de modo a completar a palavra indicada na tabela MAGNETISMO.

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
	A								
	T								
	R								
M	A	G	N	E	T	I	S	M	O
	Ç								
	A								
	O								

Coluna	Significado
01	_____ magnético (5 letras)
02	O contrário de repulsão (7 letras)
03	O polo sul dos ímãs aponta para o polo _____ da Terra
04	_____ de força do campo magnético
05	O contrário de atração (8 letras)
06	A unidade de campo magnético (5 letras)
07	Na magnetita, os ímãs elementares estão _____
08	Nos ímãs de barra fica do outro lado do polo norte (3 letras)
09	Possuem uma propriedade chamada Magnetismo (4 letras)
10	Qualquer ímã tem dois (5 letras)

Exemplo: Coluna 2 ⇒ Atração.

Questão 04 – O fluxo total no entreferro de uma máquina é 21 mWb e a área da secção transversal do ferro é 700 mm². Qual o valor que mais se aproxima da densidade de fluxo em Tesla.

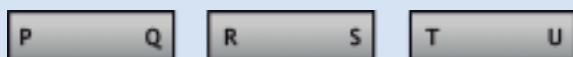
- a) 20. b) 24. c) 26. d) 30.

Questão 05 – (Cesgranrio-RJ) Aproxima-se uma barra imantada de uma pequena bilha de aço, observa-se que a bilha:



- a) É atraída pelo polo norte e repelida pelo polo sul.
- b) É atraída pelo polo sul e repelida pelo polo norte.
- c) É atraída por qualquer dos polos.
- d) É repelida pela parte mediana da barra.

Questão 06 – (PUC-RS) Três barras, PQ, RS e TU, são aparentemente idênticas.



Verifica-se, experimentalmente, que P atrai S e repele T; Q repele U e atrai S. Então, é possível concluir que:

- a) PQ e TU são ímãs.
- b) PQ e RS são ímãs.
- c) RS e TU são ímãs.
- d) Somente PQ é ímã.

Questão 07 – (UFSC) Uma bússola aponta aproximadamente para o Norte geográfico porque:

- I. o Norte geográfico é aproximadamente o norte magnético.
- II. o Norte geográfico é aproximadamente o sul magnético.
- III. o Sul geográfico é aproximadamente o norte magnético.
- IV. o sul geográfico é aproximadamente o sul magnético.

Está (ão) correta (s):

- a) II e III.
- b) I e IV.
- c) Somente II.
- d) Somente III.

Questão 08 – O que ocorre quando uma barra de ferro comum não magnetizada é atraída por um ímã?

- a) O desalinhamento dos ímãs elementares da barra magnetizada.
- b) O alinhamento dos ímãs elementares da barra não magnetizada.
- c) O desalinhamento dos ímãs elementares do ímã.
- d) O alinhamento dos ímãs elementares do ímã.

Questão 09 – O polo Norte de um ímã reto emite um fluxo magnético de 0,2 mWb. Sabendo que a secção reta do ímã é de 8 cm², qual o valor que mais se aproxima da indução do ímã. (Admite-se que o campo é uniforme).

- a) 1 T. b) 1,5 T. c) 2 T. d) 2,5 T.

Questão 10 – Qual o valor da indução na superfície de uma espira de um dínamo, de secção igual a 40 cm², que é atravessada por um fluxo magnético de 6,4 mWb, sendo as linhas de força perpendiculares à superfície da espira?

- a) 6,4 T. b) 1,6 T. c) 2,4 T. d) 4,8 T.