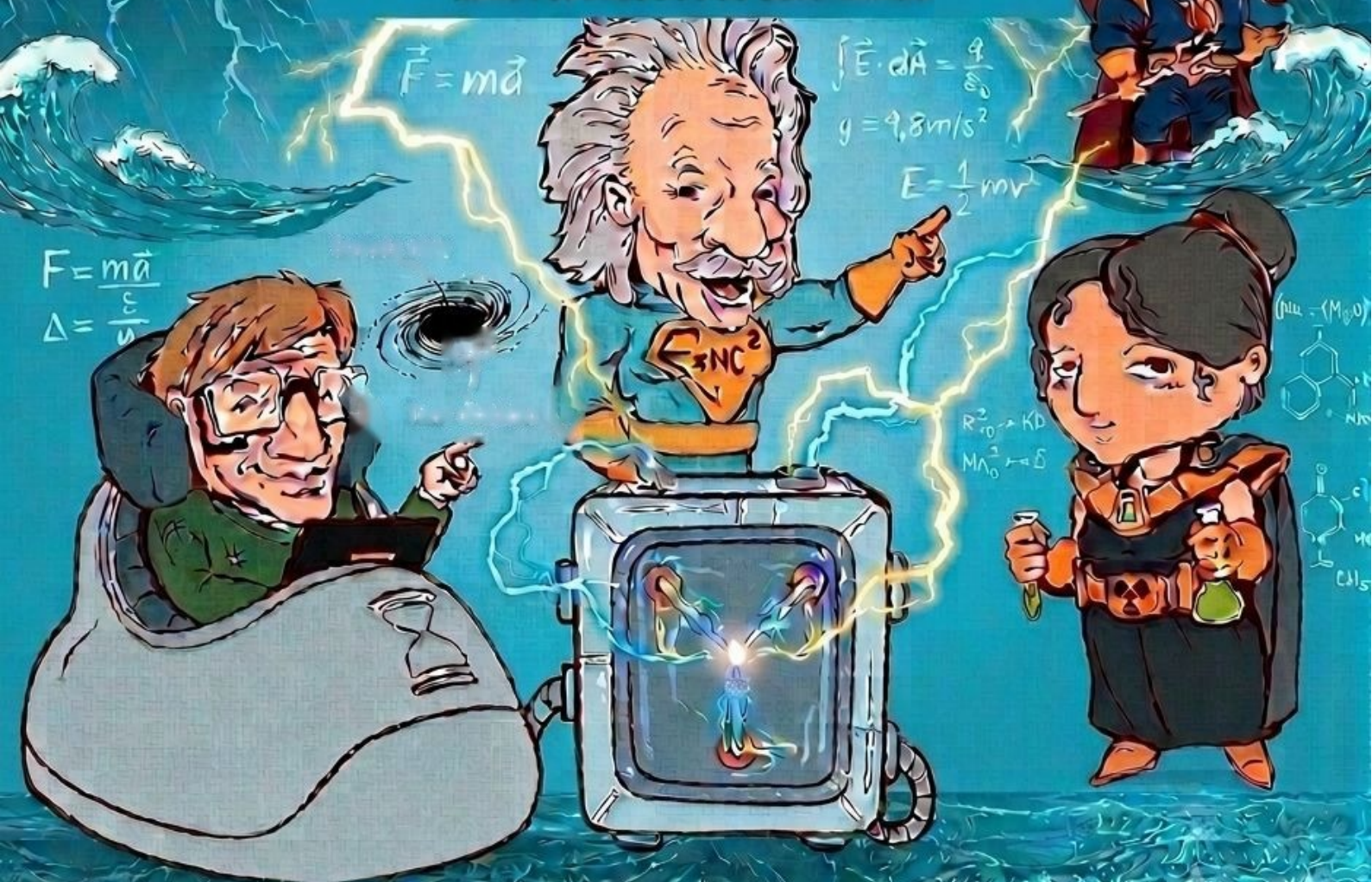


GUIA DE ATIVIDADES A FÍSICA E OS SUPER-HERÓIS VOL. 2

RONEI
COELHO

A CIÊNCIA EXPLICA AS HABILIDADES DOS PERSONAGENS
MAIS PODEROSOS DOS QUADRINHOS



3º ANO DO ENSINO MÉDIO

Guia de Atividades 3º Ano Ensino Médio: Física — Super-Heróis

Este guia reúne 8 aulas que conectam os conteúdos de Física do Terceiro Ano do Ensino Médio ao livro "A Física e os Super-Heróis Vol. 2", usando analogias do universo pop para facilitar a compreensão de conceitos abstratos. Cada aula traz objetivos, desenvolvimento sugerido, dicas práticas e atividades avaliativas.



⚡ 1º Bimestre: Eletrostática e Fundamentos do Magnetismo

Aula 01: Magneto e o
Controle de Cargas —
Campo Elétrico e
Atração/Repulsão

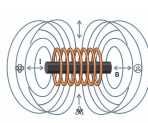
Aula 02: O Campo
Magnético de Magneto —
Polos, Imantação e
Ferromagnetismo



🔌 2º Bimestre: Eletrodinâmica e Circuitos

Aula 03: Magneto e o
Perigo das Correntes —
Intensidade de Corrente e
Efeitos Biológicos

Aula 04: Magneto e o
Efeito Joule — Resistência
Elétrica e Transformação
de Energia



🧲 3º Bimestre: Eletromagnetismo e Indução

Aula 05: Magneto e o
Solenóide Humano — O
campo magnético em
bobinas

Aula 06: A Lei de Faraday
e a Levitação — Indução e
o princípio dos trens
Maglev



🧬 4º Bimestre: Introdução à Física Moderna

Aula 07: Hulk, Magneto e
a Energia Nuclear —
Radiação Gama, Fissão e
 $E=mc^2$

Aula 08: Homem-Formiga
e os Limites da Matéria —
Buracos Negros, Escala de
Planck e Teoria das Cordas

Aula 01: Magneto e o Controle de Cargas

Livro Base

Capítulo 5 (Magneto).

 Tópico Específico: 5.2 O poder de controlar cargas elétricas.

Conteúdo trabalhado

Cargas elétricas (Prótons e Elétrons), Força Elétrica (Atração e Repulsão), Campo Elétrico e Condutores vs. Isolantes.

BNCC (EM13CNT101)

Analisar e representar transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento.

Objetivos

1. Compreender a natureza das cargas elétricas e como a movimentação de elétrons gera fenômenos eletrostáticos.
2. Analisar como a manipulação de campos elétricos permite o controle de objetos à distância.
3. Diferenciar materiais condutores de isolantes a partir da mobilidade dos elétrons.

Desenvolvimento — Aula 01

01

Contextualização

O professor deve introduzir o vilão Magneto. Embora seu nome sugira apenas magnetismo, o livro explica que ele controla cargas elétricas para gerar seus campos.

02

Problematização

Pergunte aos alunos: "Se Magneto controla cargas, ele poderia atrair um pedaço de plástico ou vidro?". Use isso para discutir a diferença entre condutores (metais) e isolantes.

03

Explicação Teórica + Simulação PhET

Retome a estrutura atômica. Explique que Magneto atua nos elétrons livres dos metais. Acesse o simulador "Encargos e Campos" (Charges and Fields) no PhET e observe as linhas de campo.

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum é o aluno achar que Magneto "cria" elétrons. Reforce que ele apenas os movimenta de forma ordenada. Outro ponto: muitos confundem campo elétrico com campo magnético; nesta aula, foque na interação entre cargas (+ e -) antes de entrar em polos magnéticos (Norte e Sul).

Atividades — Aula 01

1. Interpretativa

De acordo com o tópico 5.2, por que a habilidade de Magneto em controlar cargas elétricas é a base de todos os seus outros poderes? Relacione eletricidade e magnetismo.

2. Estrutura da Matéria

O livro cita que em materiais condutores existem "elétrons livres". Explique o que são esses elétrons e por que eles são fundamentais para que Magneto consiga estabelecer uma corrente elétrica em uma barra de ferro.

3. Atração e Repulsão

Imagine que Magneto carregue eletricamente duas esferas metálicas com cargas de mesmo sinal. O que acontecerá se ele tentar aproximá-las? Justifique usando os princípios da eletrostática.

4. Debate

No livro, especula-se que Magneto poderia manipular o campo elétrico para derreter metais. Como o controle do movimento das cargas (elétrons) pode resultar em aumento de temperatura (calor)?

5. Simulador PhET (Roteiro)

Abra o simulador "Encargos e Campos". Marque a caixa "Valores" e "Direção do Campo". Coloque duas cargas positivas próximas. O que acontece com as setas de campo entre elas? Como Magneto usaria esse efeito para "empurrar" um objeto carregado positivamente?

6. CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

O controle de cargas elétricas é usado em tecnologias de pintura eletrostática (como em carros). Como o conhecimento sobre atração de cargas ajuda a economizar tinta e proteger o meio ambiente?



Aula 02: O Campo Magnético de Magneto

Livro Base

Capítulo 5 (Magneto).

 Tópico Específico: 5.1
Explicando o magnetismo.

Conteúdo trabalhado

Polos Magnéticos (Norte e Sul), Atração e Repulsão, Campo Magnético, Materiais Ferromagnéticos e Processo de Imantação.

BNCC (EM13CNT101)

Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento.

Objetivos

- Identificar as propriedades dos polos magnéticos e as leis de atração e repulsão.
- Diferenciar materiais ferromagnéticos de outros metais e compreender como eles reagem a campos externos.
- Analisar o processo de imantação temporária e permanente através da manipulação de domínios magnéticos.

Desenvolvimento — Aula 02

01

Contextualização

O professor inicia descrevendo o Magneto atraindo objetos metálicos. Cite que o nome do vilão vem da "magnetita", um ímã natural descoberto na Grécia Antiga.

02

Explicação Teórica

Apresente o conceito de Campo Magnético. Diferencie-o do campo elétrico: no magnetismo, os polos (Norte e Sul) são inseparáveis (dipolos). Explique que nem tudo o que brilha Magneto controla: Ferro, Níquel e Cobalto são os materiais ferromagnéticos.

03

Simulação PhET

Acesse o simulador "Ímãs e Eletroímãs" (aba Ímã de Barra). Ative "Mostrar Campo". Peça aos alunos para observarem que as linhas de campo saem do polo Norte e entram no polo Sul.

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum é o aluno acreditar que o ímã atrai "metal" de forma genérica. Corrija-os explicando que o magnetismo de barra não atrai alumínio, cobre ou ouro. Somente materiais ferromagnéticos são afetados pelos poderes tradicionais do vilão.

Atividades — Aula 02

1. Interpretativa

De acordo com o tópico 5.1, o que aconteceria se o Magneto cortasse uma barra magnética exatamente ao meio na tentativa de isolar o polo Norte do polo Sul? Justifique sua resposta.

2. Atração e Repulsão

Se Magneto aproximar o polo Norte de seu campo magnético de um objeto que ele magnetizou como polo Sul, qual será a força resultante? E se ambos forem polos Norte?

3. Ferromagnetismo

Liste três metais que Magneto consegue manipular facilmente e explique por que eles são classificados como ferromagnéticos em oposição a metais como o alumínio.

4. Imantação

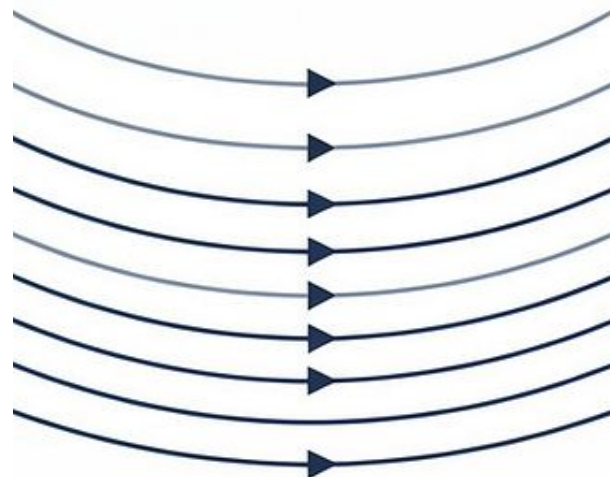
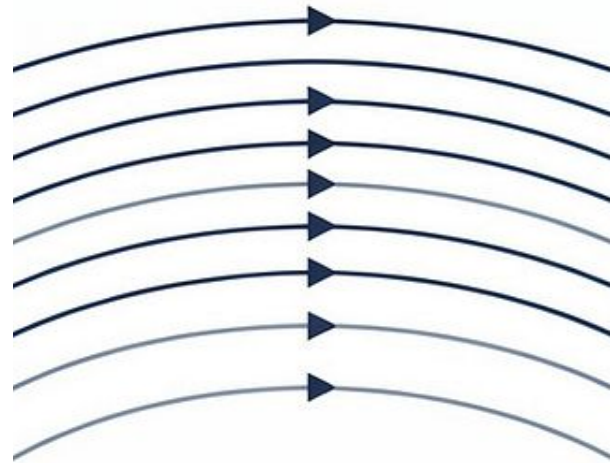
O livro menciona que um clipe de papel pode atrair outros cliques após ser encostado em um ímã. Explique como esse processo de imantação ocorre sob a influência de um campo externo.

5. Simulador PhET (Roteiro)

No simulador "Ímãs e Eletroímãs", ative a "Bússola". Mova a bússola ao redor do ímã. Para qual polo a ponta vermelha (Norte magnético da agulha) sempre aponta? Se a Terra é um grande ímã, como o poder de Magneto poderia causar um desastre na navegação aérea mundial?

6. CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

O magnetismo é a base do armazenamento de dados em discos rígidos (HDs). Como o controle de campos magnéticos, semelhante ao de Magneto, permite que computadores salvem fotos e vídeos em alta velocidade?



Aula 03: Magneto e o Perigo das Correntes

Livro Base

Capítulo 5 (Magneto).

 Tópico Específico: 5.4 Correntes, choques elétricos e campos magnéticos.

Conteúdo trabalhado

Intensidade de Corrente Elétrica (i), Efeitos Biológicos do Choque, Resistência Elétrica e a relação entre Corrente e Campo Magnético ($B = \mu_0 (I \ell)$).

BNCC (EM13CNT101)

Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento.

Objetivos

- Compreender o conceito de corrente elétrica como um fluxo ordenado de elétrons livres.
- Analisar os efeitos fisiológicos de diferentes intensidades de corrente no corpo humano, do formigamento à morte.
- Calcular a intensidade do campo magnético gerado por uma corrente que percorre o corpo de Magneto.

Desenvolvimento — Aula 03

01

Contextualização

O professor deve retomar a ideia de que Magneto é um "solenóide vivo". Para gerar magnetismo, cargas elétricas (sangue rico em íons) devem fluir ordenadamente por suas veias e artérias.

02

Explicação Teórica + Análise de Tabela

Defina corrente elétrica e sua unidade (Ampère). Apresente a tabela de efeitos biológicos do livro (1 mA a 3 A). Destaque que 20 mA é o valor máximo tolerável, enquanto 3 A é mortal.

03

Simulação PhET

Acesse o simulador "Kit para Montar Circuito DC". Monte um circuito simples com bateria e lâmpada. Use o Amperímetro para medir a corrente. Discuta o que aconteceria se o corpo de um aluno fosse a "lâmpada" naquele circuito.

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum dos alunos é achar que a "voltagem" mata. Explique que o que causa o dano biológico é a corrente (Ampères) que efetivamente atravessa os órgãos vitais, embora a voltagem seja a força que "empurra" essa corrente. Reforce que Magneto, ao gerar campos de 22 mil Tesla, estaria submetido a correntes que causariam dores extremas em humanos comuns.

Atividades — Aula 03

1. Interpretativa

De acordo com o tópico 5.4, qual é o fator determinante para a gravidade das consequências de um choque elétrico no organismo humano? Cite dois exemplos de reações biológicas.

2. Análise Comparativa

Magneto utiliza uma corrente de 20 mA (0,02 A) para gerar parte de seu campo magnético. Consultando a tabela da página 250, descreva qual seria a sensação física do vilão ao manter essa corrente fluindo por seu corpo.

3. Cálculo de Campo Magnético

Imagine que Magneto queira gerar uma força magnética de 800 N para anular seu próprio peso. Se o corpo dele tem 1,80 m de extensão e a corrente é de 0,02 A, qual será a intensidade do campo magnético (B) gerado? (Use $B = F / (I\ell)$).

4. Debate sobre o Filme

No filme X-Men: Primeira Classe, Magneto ergue um submarino de 20 mil toneladas. O livro afirma que, para isso, a corrente em seu corpo seria de 2,7 A. O que aconteceria com um tecido humano submetido a essa corrente?

5. Simulador PhET (Roteiro)

No simulador de circuitos, coloque uma bateria de 9 V e um resistor de 10 ohms. Meça a corrente. Agora, diminua a resistência para 1 ohm (simulando um corpo molhado). O que acontece com a intensidade da corrente? Como isso explica por que não devemos tocar em aparelhos elétricos com as mãos úmidas?

6. CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

O livro menciona o uso de campos magnéticos em máquinas de ressonância magnética (até 2 T). Pesquise e explique por que pacientes com marcapassos ou objetos metálicos no corpo não podem entrar nessas salas, relacionando com o poder de atração de Magneto.



Aula 04: Magneto e o Efeito Joule

Livro Base

Capítulo 5 (Magneto).

 Tópico Específico: 5.8
Derretendo metais.

Conteúdo trabalhado

Resistência Elétrica, Efeito Joule ($Q=RI^2\Delta t$), Potência Elétrica ($P=RI^2$) e Transformação de Energia (Elétrica em Térmica).

BNCC (EM13CNT101)

Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento.

Objetivos

- Compreender o Efeito Joule como o resultado das colisões entre elétrons em movimento e os átomos de um condutor.
- Analisar como a indução de correntes elétricas por campos magnéticos variáveis pode elevar a temperatura de um metal até o seu ponto de fusão.
- Calcular a potência dissipada em forma de calor em um condutor percorrido por uma corrente elétrica.

Desenvolvimento — Aula 04

01

Contextualização

O professor deve propor o seguinte cenário: "Magneto quer derrotar Wolverine derretendo o Adamantium de seu esqueleto. Como ele faz isso sem usar um maçarico?".

02

Explicação Teórica + Indução e Calor

Explique que, ao estabelecer uma corrente elétrica, os elétrons colidem com os átomos do metal — esse "atrito" interno converte energia elétrica em energia térmica (Efeito Joule). Campos magnéticos variáveis criam correntes induzidas que aquecem o metal.

03

Simulação PhET

Acesse o simulador "Resistência em um Fio". Varie a Resistividade (ρ) e a Área (A). Observe como o aumento da resistência (fio mais fino ou material menos condutor) dificulta a passagem da corrente, gerando mais colisões e calor.

  **Dica para o Professor:** Um erro comum é o aluno achar que resistência é algo "ruim" que deve ser eliminado. Mostre que o Efeito Joule é a base de funcionamento de aparelhos essenciais. Sem a resistência elétrica, não teríamos banhos quentes, café coado em cafeteiras elétricas ou ferros de passar roupas.

Atividades — Aula 04

1. Interpretativa

De acordo com o tópico 5.8, o que causa microscopicamente o aquecimento de um metal quando percorrido por uma corrente elétrica? Use o conceito de colisões atômicas.

2. Cálculo de Potência

Imagine que Magneto induza uma corrente de 50 A em uma barra de metal que possui uma resistência de 2 ohms. Qual será a potência térmica (em Watts) dissipada por essa barra? (Use $P = R \cdot i^2$).

3. Mudança de Estado

Para derreter o Adamantium (metal fictício), Magneto precisa que o metal absorva uma quantidade imensa de calor. Se a barra do exercício anterior ficar ligada por 10 segundos, quanta energia térmica (em Joules) ela terá gerado? (Use $E = P \cdot \Delta t$).

4. Análise de Personagem

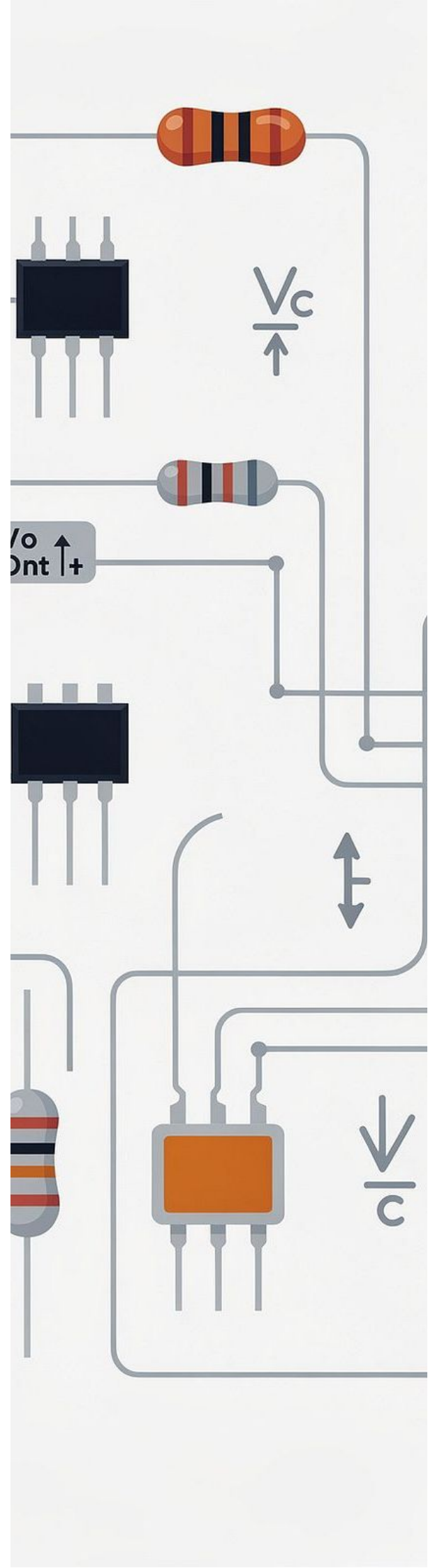
O livro menciona que Magneto poderia derrotar o Wolverine carbonizando-o de dentro para fora. Explique como o controle de campos magnéticos permite que Magneto aqueça o esqueleto do herói sem precisar encostar nele.

5. Simulador PhET (Roteiro)

No simulador "Resistência em um Fio", mantenha o comprimento (L) constante. Diminua a Área (A) do fio. O que acontece com o valor da Resistência (R)? Se a resistência aumenta, por que fios mais finos costumam esquentar mais e até derreter se a corrente for muito alta?

6. CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

O princípio de aquecer metais através de campos magnéticos (indução) é usado hoje em Fogões de Indução. Quais são as vantagens dessa tecnologia em termos de segurança e eficiência energética comparada aos fogões a gás comuns?



Aula 05: Magneto e o Solenoide Humano

Livro Base

Capítulo 5 (Magneto).

Tópico Específico: 5.1 Explicando o magnetismo e 5.2 O poder de controlar cargas elétricas.

Conteúdo trabalhado

Campo Magnético em Solenoides (Bobinas), Regra da Mão Direita, Número de Espiras (N), Permeabilidade Magnética (μ) e Corrente Elétrica (i).

BNCC (EM13CNT308)

Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos.

Objetivos

- Compreender o funcionamento de um solenoide e como ele concentra o campo magnético em seu interior.
- Aplicar a Regra da Mão Direita para determinar a polaridade (Norte/Sul) de um campo magnético gerado por corrente.
- Analisar a analogia entre os vasos sanguíneos de Magneto e os enrolamentos de uma bobina para calcular a capacidade magnética do herói.

Desenvolvimento — Aula 05

01

Contextualização

O professor apresenta a ideia do livro: se Magneto move cargas no sangue, suas veias e artérias (100 mil km de extensão) funcionam como os fios de uma bobina gigante enrolada em seu corpo.

02

Explicação Teórica + Demonstração Prática

Defina solenoide como um fio condutor enrolado em espiras. Apresente a fórmula $B = \mu_0 N i / L$. Ensine a Regra da Mão Direita: os dedos seguem a corrente e o polegar aponta o Norte Magnético.

03

Simulação PhET

Acesse o simulador "Ímãs e Eletroímãs" (aba Eletroímã). Peça aos alunos para variarem o "Número de Espiras" e observarem o brilho da lâmpada e a intensidade das linhas de campo.

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum dos alunos é confundir a regra da mão direita para fios retos (polegar na corrente) com a de solenoides (dedos na corrente). Reforce que, no solenoide, os dedos "abraçam" a bobina acompanhando o sentido em que o fio está enrolado.

Atividades — Aula 05

1. Interpretativa

De acordo com o tópico 5.2, por que o livro compara o corpo de Magneto a um solenoide? Relacione a disposição dos vasos sanguíneos com a produção de um campo magnético externo.

2. Análise da Fórmula

Observe a equação $B = L \mu N i$. Se Magneto dobrar o número de "voltas" (N) de seus vasos sanguíneos mantendo o mesmo comprimento, o que acontecerá com a intensidade do seu campo magnético (B)? Justifique.

3. Regra da Mão Direita

Com base na Figura 5.2, se a corrente elétrica sobe pela frente das espiras de um solenoide e desce por trás, para qual lado (esquerda ou direita) apontará o Polo Norte magnético?

4. Cálculo de Extensão

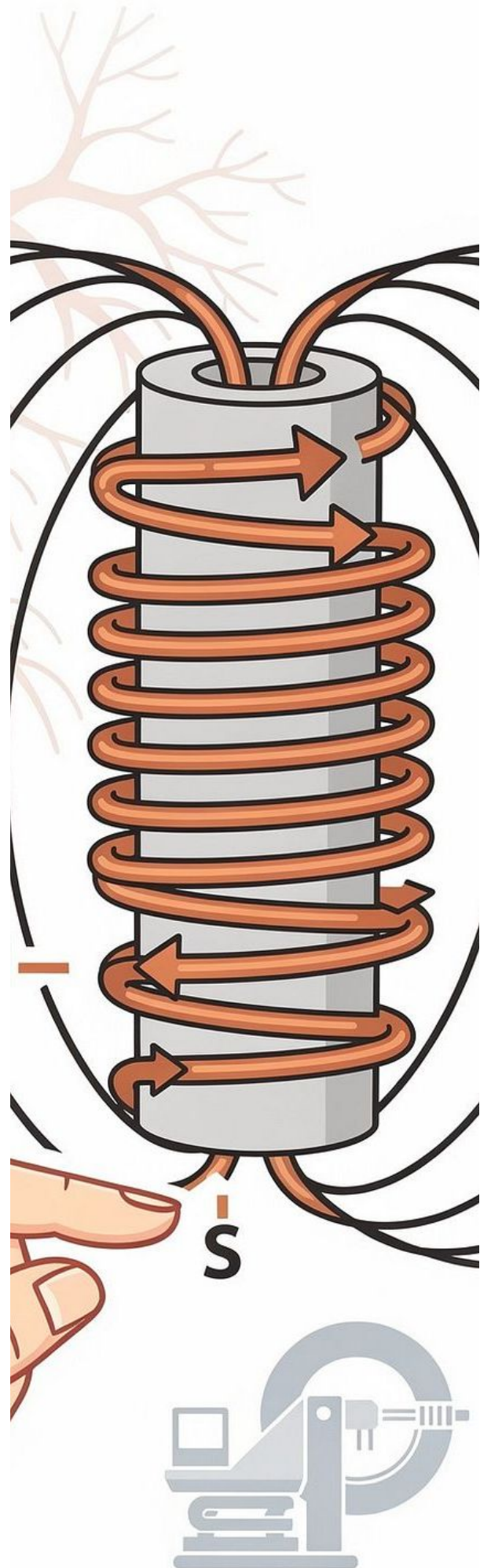
O livro afirma que o corpo humano possui cerca de 100.000 km de vasos sanguíneos. Se a circunferência do corpo de Magneto é de 1,6 m (0,0016 km), comprove o cálculo do Quadro 5.1: quantas voltas (N) esses vasos dariam em torno dele?

5. Simulador PhET (Roteiro)

No simulador "Ímãs e Eletroímãs", escolha a fonte de "CA" (corrente alternada). O que acontece com a agulha da bússola quando a corrente muda de sentido constantemente? Relacione isso com a necessidade de Magneto manter o fluxo sanguíneo ordenado para não "perder o foco" do seu campo magnético.

6. CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

Os eletroímãs são usados em guindastes de ferros-velhos para separar metais. Como a capacidade de "ligar e desligar" o campo (que Magneto possui) torna essa tecnologia superior ao uso de ímãs naturais permanentes?



Aula 06: A Lei de Faraday e a Levitação

Livro Base

Capítulo 5 (Magneto).

 Tópico Específico: 5.3 O poder da levitação e 5.8 Derretendo metais (Indução).

Conteúdo trabalhado

Lei da Indução de Faraday, Lei de Lenz, Levitação Magnética e Princípio dos Trens Maglev.

BNCC (EM13CNT308)

Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos.

Objetivos

- Compreender a Lei de Faraday, identificando que apenas campos magnéticos variáveis induzem corrente elétrica.
- Analisar o mecanismo físico da levitação magnética por repulsão e por indução.
- Avaliar a aplicação tecnológica do eletromagnetismo em sistemas de transporte de alta velocidade (Maglev).

Desenvolvimento — Aula 06

01

Contextualização

Cite a cena de X-Men 2 onde Magneto cria um disco de metal para flutuar. Pergunte: "Como ele flutua se o magnetismo da Terra é tão fraco?".

02

Explicação Teórica + Princípio Maglev

Apresente a Lei de Faraday: a variação do fluxo magnético cria uma força eletromotriz. Para levitar, o polo na base (pés do herói) deve ser igual ao polo da plataforma (disco), gerando repulsão que anula o peso.

03

Simulação PhET

Acesse o simulador "Lei de Faraday". Peça aos alunos para moverem o ímã dentro da bobina. Observe que a lâmpada só brilha enquanto o ímã está em movimento. Relacione isso à necessidade de Magneto "variar" seu campo para induzir efeitos.

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum é o aluno achar que um ímã parado perto de um metal vai fazê-lo levitar ou esquentar. Enfatize que a variação (movimento ou mudança de intensidade) é a chave. Sem variação, não há indução, conforme a Lei de Faraday.

Atividades — Aula 06

1. Interpretativa

De acordo com o tópico 5.3, qual seria o "embarço" ou contratempo que Magneto sofreria ao tentar levitar um objeto ferromagnético se ele não conseguisse inverter a polaridade do objeto?

2. Lei de Faraday

O livro afirma que a variação de um campo magnético induz uma corrente. Se Magneto mantivesse seu campo magnético perfeitamente constante e estático sobre uma placa de cobre, ele conseguiria induzir calor ou levitação por indução nela? Justifique.

3. Cálculo de Levitação

Para que Magneto (massa = 80 kg) levite sobre um disco de metal, a força magnética de repulsão (F_m) deve ser igual ao seu peso (P). Calcule essa força necessária em Newtons (use $g=10 \text{ m/s}^2$).

4. Lei de Lenz (Desafio)

Se Magneto aproxima um polo Norte de uma bobina, a corrente induzida criará um campo para repelir essa aproximação. Qual polo a bobina assumirá na face voltada para o herói? Relacione isso com o esforço físico dele.

5. Simulador PhET (Roteiro)

No simulador "Lei de Faraday", use duas bobinas. Mova o ímã lentamente e depois rapidamente. Em qual situação a voltagem (brilho) é maior? Como isso explica por que Magneto precisa de variações "intensas" para erguer objetos pesados como submarinos?

6. CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

O sistema Maglev permite que trens "flutuem" e atinjam 600 km/h. Quais as vantagens ambientais e mecânicas de um trem que não toca nos trilhos, comparado aos trens convencionais?





Aula 07: Hulk, Magneto e a Energia Nuclear



Livro Base

Capítulo 2 (Hulk) e Capítulo 5 (Magneto).



Tópicos Específicos: 2.1 Raios gama; 2.2 De onde vem sua massa?; 5.7 De onde vem sua energia?



Conteúdo trabalhado

Radiação Gama, Equivalência Massa-Energia ($E=mc^2$), Fissão Nuclear e Decaimento Radioativo.



BNCC (EM13CNT103)

Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.



Objetivos

- Compreender a equação de Einstein ($E=mc^2$) como uma relação de proporcionalidade entre massa e energia.
- Analisar o processo de transformação de energia (radiação gama) em matéria (massa muscular do Hulk) e vice-versa.
- Diferenciar processos de geração de energia nuclear (fissão) de combustões químicas tradicionais.



Desenvolvimento — Aula 07

01



Contextualização

O professor deve narrar a origem do Hulk (exposição a raios gama) e o dilema de Magneto: de onde ele tira energia para erguer submarinos de 20 mil toneladas?

02



Explicação Teórica + Processos Nucleares

Apresente a equação $E=mc^2$. Explique que a massa é "energia compactada". Explique a fissão nuclear (quebra do núcleo de Urânio-235) como fonte de energia para Magneto, destacando que essa energia é milhões de vezes superior à da gasolina.

03



Simulação PhET

Acesse o simulador "Fissão Nuclear". Na aba "Reação em Cadeia", dispare nêutrons contra o Urânio-235. Observe a liberação de energia e a formação de novos núcleos (Bário e Criptônio).



Dica para o Professor: O erro mais comum é o aluno achar que a massa do Hulk "surge do nada". Enfatize a explicação do livro: a radiação gama é estocada e convertida em matéria através de uma reprodução celular tumoral superacelerada. Reforce que c (velocidade da luz) é uma constante gigantesca, por isso uma pequena massa gera uma energia colossal.

Atividades — Aula 07

1. Interpretativa

Segundo o tópico 2.2, como o corpo de Bruce Banner conseguiria obter os 530 kg de massa adicionais para se tornar o Hulk sem comer toneladas de alimento?

2. Cálculo de Energia ($E=mc^2$)

Se Magneto conseguisse converter apenas 1 grama (0,001 kg) de matéria integralmente em energia, quanta energia (em Joules) ele obteria? (Considere $c=3 \times 10^8$ m/s).

3. Análise Comparativa

O livro afirma que a transformação do Hulk libera energia equivalente a 83 bombas de Hiroshima. Com base nisso, por que o retorno do Hulk à forma de Banner seria catastrófico para as pessoas ao redor?

4. Fissão Nuclear

De acordo com o tópico 5.7, explique o que acontece com um núcleo de Urânio-235 quando ele é atingido por um nêutron. Quais elementos são formados nesse processo?

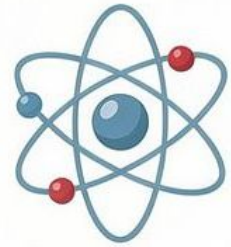
5. Simulador PhET (Roteiro)

Abra o simulador "Fissão Nuclear" (Reação em Cadeia). Adicione vários núcleos de Urânio-238 e tente iniciar uma reação. Funciona? Agora substitua por Urânio-235. Por que apenas alguns isótopos são ideais para a "fonte de energia" do Magneto?

6. CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

O livro cita que estamos expostos à radiação natural o tempo todo (solo, água, alimentos). Com base nisso e nos riscos da energia nuclear, debata: o uso de usinas nucleares é uma solução energética viável para o Brasil?

$$E = mc^2$$



$(a.)^2$

FISSION

$< 0^2$

Uau

(H)



Aula 08: Homem-Formiga e os Limites da Matéria

Livro Base

Capítulo 3 (Homem-Formiga – Vol. 2).

🎯 Tópicos Específicos: 3.6 Virar um buraco negro e 3.7 Tão pequeno quanto as elementares cordas de energia vibracionais.

Conteúdo trabalhado

Velocidade de Escape, Raio de Schwarzschild, Singularidade, Radiação Hawking, Teoria das Cordas e Escala de Planck.

BNCC

EM13CNT204: Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos no Universo com base na análise das interações gravitacionais. EM13CNT201: Analisar e utilizar modelos científicos para avaliar distintas explicações sobre a evolução do Universo.

Objetivos

- Compreender o conceito de Raio de Schwarzschild e as condições necessárias para a formação de um buraco negro.
- Analisar o paradoxo do encolhimento do herói mantendo sua massa constante e os riscos de gerar uma singularidade.
- Identificar o Comprimento de Planck como o limite inferior da realidade física segundo as teorias atuais.

Desenvolvimento — Aula 08

01

Contextualização

O professor deve narrar a cena em que o Homem-Formiga continua encolhendo sem parar, passando do tamanho de átomos e quarks. Pergunte: "Existe um limite para o quão pequeno ele pode ficar?".

02

Explicação Teórica + A Escala de Planck

Introduza a Velocidade de Escape. Explique que se comprimirmos a massa em um volume muito pequeno, a gravidade na superfície se torna tão alta que nem a luz escapa (Buraco Negro). Apresente o Comprimento de Planck ($1,6 \times 10^{-35}$ m) como a "unidade mínima" do tecido do espaço-tempo.

03

Simulação PhET

Acesse o simulador "Gravidade e Órbitas". Use o modo "Escala". Mostre que, ao manter a massa do Sol e diminuir seu tamanho (raio), a velocidade orbital necessária para não cair nele aumenta. Relacione isso ao limite da luz.

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum é o aluno achar que um buraco negro "suga" tudo como um aspirador de pó à distância. Esclareça que a força gravitacional depende da distância; se o Sol virasse um buraco negro hoje, a Terra continuaria em sua órbita normal, pois a massa central seria a mesma. O perigo está apenas em chegar perto do Horizonte de Eventos.

Atividades — Aula 08

1. Interpretativa

De acordo com o tópico 3.6, o que é a velocidade de escape? Por que um buraco negro recebe esse nome em relação à radiação eletromagnética?

2. Cálculo de Singularidade

O livro afirma que, para um ser humano de 80 kg virar um buraco negro, ele deveria ser compactado em um raio de $1,17 \times 10^{-24}$ m. Compare esse valor com o raio de um próton ($8,5 \times 10^{-16}$ m) e diga qual é menor.

3. Radiação Hawking

Segundo Stephen Hawking (tópico 3.6), buracos negros não são totalmente "negros". Explique o que acontece com buracos negros de pequena massa (como um Homem-Formiga que virasse um) ao longo do tempo.

4. O Limite de Planck

No filme, o herói entra no "reino quântico". De acordo com o tópico 3.7, o que acontece com a nossa compreensão da realidade em comprimentos menores que o Comprimento de Planck?

5. Analogia Musical

Explique a ideia central da Teoria das Cordas mencionada no livro. Como ela transforma a visão de "bolinhas" (átomos) em algo parecido com um instrumento musical?

6. CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

O livro menciona o risco catastrófico de um micro buraco negro. Em 2008, o Grande Colisor de Hádrons (LHC) foi alvo de boatos de que criaria um buraco negro que destruiria a Terra. Como a ciência prova que micro buracos negros evaporariam antes de causar danos?

