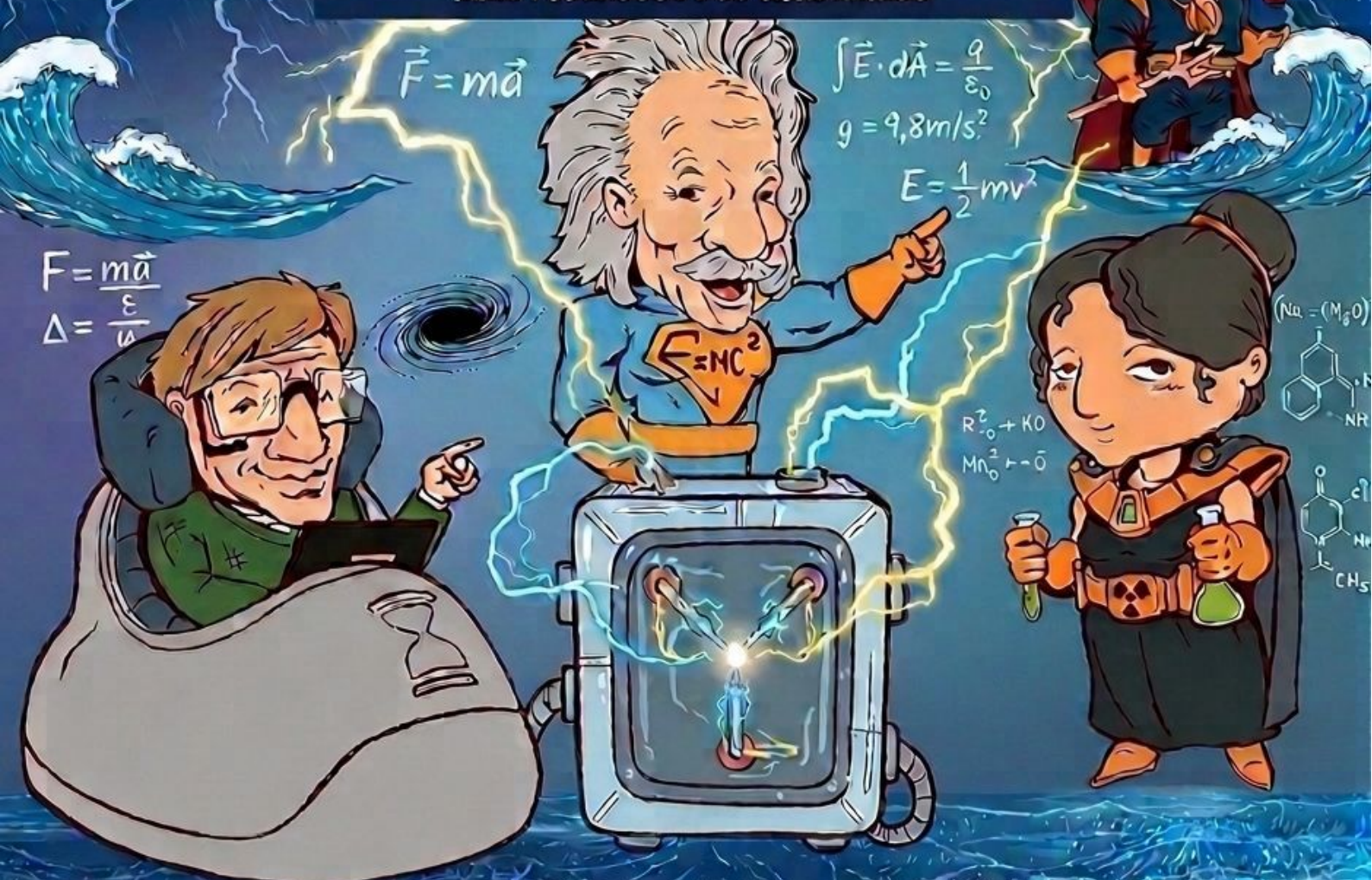


GUIA DE ATIVIDADES A FÍSICA E OS SUPER-HERÓIS VOL. 1, 2, 3

RONEI
COELHO

A CIÊNCIA EXPLICA AS HABILIDADES DOS PERSONAGENS
MAIS PODEROSOS DOS QUADRINHOS



3º ANO DO ENSINO MÉDIO



Guia de Atividades: 3ª Série do Ensino Médio - Física

Este guia reúne 8 aulas que conectam os conteúdos de Física da 3ª Série do Ensino Médio ao livro 'A Física e os Super-Heróis' (Volumes 1, 2 e 3), 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: Eletromagnetismo

- **Aula 01:** Magneto e a Engenharia dos Campos Magnéticos (Vol. 2 — 5.9 Direcionando campos magnéticos)
- **Aula 02:** Magneto e o Magnetismo Terrestre (Vol. 2 — 5.10 Alterando o campo magnético terrestre)



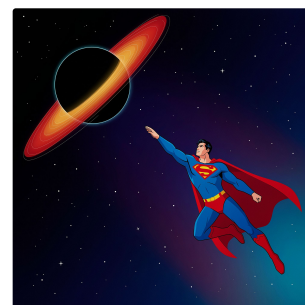
2º Bimestre: Física Moderna e Biofísica

- **Aula 03:** Thor e a Física das Estrelas — Densidade Extrema (Vol. 3 — 2.2 O martelo Mjöltnir)
- **Aula 04:** Electro e a Biofísica do Impulso Nervoso (Vol. 3 — 3.1 A eletricidade nos seres vivos)



3º Bimestre: Eletrodinâmica e Física de Partículas

- **Aula 05:** Super Choque e o Efeito Joule (Vol. 3 — 4.8 Derretendo gelo)
- **Aula 06:** Flash e as Colisões no LHC (Vol. 1 — 2.10 Uma bomba à velocidade da luz)



4º Bimestre: Física de Partículas e Relatividade

- **Aula 07:** Homem-Formiga e o Modelo Padrão (Vol. 2 — 3.7 Tão pequeno quanto cordas)
- **Aula 08:** Superman e a Dilatação Gravitacional do Tempo (Vol. 2 — 1.2 A dilatação gravitacional do tempo)

Aula 01: Magneto e a Engenharia dos Campos Magnéticos



Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 2



Tópico Específico

5.9. A capacidade de
direcionar campos
magnéticos



Conteúdo Trabalhado

Vetor Indução Magnética (B),
Linhas de Campo,
Permeabilidade Magnética e
Blindagem Magnética



BNCC

(EM13CNT101) – Analisar
fenômenos naturais e
processos tecnológicos com
base nas relações entre
matéria e energia



Objetivos

1. Compreender o campo magnético como uma grandeza vetorial que possui direção, sentido e intensidade.
2. Analisar fenomenologicamente como as linhas de indução interagem com diferentes materiais (blindagem magnética).
3. Discutir a importância da orientação dos domínios magnéticos para a concentração de energia.



Desenvolvimento — Aula 01

01



Contextualização

O professor deve iniciar com uma provocação: "Se Magneto quisesse atrair apenas o escudo do Capitão América em meio a uma multidão, como ele impediria que todos os outros objetos metálicos ao redor fossem puxados?". Explique que o herói possui a habilidade de direcionar o campo magnético, manipulando o Vetor Indução Magnética (B).

02



O Campo como Vetor

Diferente da voltagem (escalar), o magnetismo é vetorial. Use a analogia das linhas de campo: elas indicam o "caminho" da força. Magneto não apenas aumenta a intensidade, ele "aperta" as linhas em uma direção específica para focar seu poder.

03



A Física da Blindagem

Introduza o conceito de blindagem magnética: materiais de alta permeabilidade (como o ferro) "convencem" as linhas de campo a passarem por dentro deles, desviando-as do objeto que se quer proteger.

04



Simulação PhET

Acesse o simulador "Ímãs e Eletroímãs", aba "Ímã de Barra". Ative "Mostrar Campo". Mova o medidor de campo (B) para diferentes pontos ao redor do ímã. Question: "Para Magneto erguer um objeto pesado, ele deveria aproximar as linhas de campo ou afastá-las?".

05



Domínios Magnéticos

Explique que direcionar campos exige alinhar os "pequenos ímãs" (domínios) dentro da matéria. Magneto faz isso instantaneamente, transformando metais comuns em ímãs poderosos por imantação.

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum dos alunos é confundir a blindagem elétrica com a magnética. Na blindagem de Faraday, o campo dentro do condutor é zero. Na blindagem magnética, o campo não é anulado, ele é **redirecionado** para as paredes do material blindante. Use a ideia de um fluxo de água sendo desviado por um cano para ilustrar essa diferença.

Atividades — Aula 01

1. Interpretativa

Com base no tópico 5.9 do Volume 2, como a habilidade de Magneto em "moldar" as linhas de indução magnética permite que ele realize tarefas de precisão, como abrir uma fechadura, sem destruir a porta inteira? Relacione com o conceito de Vetor Indução (B).

2. Conceitual (Estilo ENEM)

O campo magnético é representado por linhas de indução. Imagine que Magneto está gerando um campo uniforme para levitar um disco. Se ele dobrar a quantidade de linhas de campo que atravessam a mesma área do disco, o que acontecerá com a intensidade da força magnética? Justifique fenomenologicamente.

3. Fenomenológica (Blindagem)

O capacete de Magneto o protege de ataques telepáticos, mas na física real, usamos materiais de alta permeabilidade para blindar aparelhos eletrônicos sensíveis. Explique por que uma caixa de plástico não seria capaz de realizar essa blindagem magnética, enquanto uma caixa de ferro seria eficiente.

4. Simulador

No simulador PhET "Ímãs e Eletroímãs", ao afastar a bússola do ímã de barra, o que acontece com a intensidade do campo (valor de B) e com a facilidade da bússola em se alinhar? Como Magneto compensa essa "perda de força" com a distância ao lidar com alvos distantes?

5. CTS (Tecnologia)

A blindagem magnética é essencial em cabos de transmissão de dados e aparelhos de som para evitar interferências. Explique como o conhecimento sobre o direcionamento de campos ajuda a melhorar a qualidade das comunicações sem fio e a segurança de exames de ressonância magnética.

6. Debate

Se Magneto estivesse em um ambiente sem nenhum material ferromagnético (como ferro ou níquel), ele ainda conseguiria direcionar campos magnéticos? Discuta considerando o fato de que o corpo humano possui íons em movimento no sangue que geram seus próprios minicampos.



Gabarito Comentado — Aula 01

1

Resposta 1

Magneto manipula a direção e o sentido do vetor B , permitindo que ele concentre o fluxo magnético em pontos específicos (como os pinos de uma fechadura). Isso é possível porque o campo magnético é vetorial; ao alinhar as linhas de força apenas onde necessário, ele evita afetar a estrutura ao redor.

2

Resposta 2

A intensidade da força aumentará.
Fenomenologicamente, a densidade das linhas de indução é proporcional à intensidade do campo magnético. Mais linhas em uma mesma área significam um campo mais forte, permitindo ao herói sustentar mais peso.

3

Resposta 3

O plástico é um material isolante e não ferromagnético, com baixa permeabilidade magnética; as linhas de campo passam por ele sem sofrer desvios. O ferro possui alta permeabilidade, agindo como um "ímã" para as linhas de campo, forçando-as a passar pela sua estrutura e deixando o interior da caixa protegido.

4

Resposta 4

A intensidade do campo diminui drasticamente com a distância, e a bússola demora mais para se alinhar. Magneto compensa isso gerando correntes elétricas colossais em seu próprio corpo ou nos objetos ao redor para "reforçar" o alinhamento das linhas de campo em longas distâncias.

5

Resposta 5

O aluno deve mencionar que o redirecionamento de campos evita que sinais externos "sujem" o sinal de dados. Na medicina, a blindagem garante que o campo magnético do aparelho de ressonância não afete outros equipamentos eletrônicos do hospital, mantendo o fluxo confinado à sala de exame.

6

Resposta 6

Sim. Conforme o livro, o herói pode atuar como um "solenóide vivo", utilizando o movimento de cargas (íons) no seu sistema circulatório para gerar e direcionar campos magnéticos a partir do próprio corpo, independentemente da presença de metais externos.

Aula 02: Magneto e o Magnetismo Terrestre (Geomagnetismo)

Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 2

Tópico Específico

5.10. Alterando o campo
magnético terrestre

Conteúdo Trabalhado

Geomagnetismo, Campo
Magnético Terrestre, Polos
Magnéticos vs. Geográficos,
Aurora Boreal e Força de
Lorentz

BNCC

(EM13CNT101) – Analisar
fenômenos naturais e
processos tecnológicos com
base nas relações entre
matéria e energia

Objetivos

1. Compreender a estrutura do campo magnético terrestre e a diferença entre polos geográficos e magnéticos.
2. Explicar o fenômeno da Aurora Boreal como resultado da interação entre o vento solar e o campo magnético da Terra.
3. Analisar as consequências catastróficas de uma inversão dos polos magnéticos, conforme discutido no livro.

Desenvolvimento — Aula 02

01

Contextualização

O professor deve iniciar citando uma trama comum nas HQs: Magneto ameaça inverter os polos magnéticos da Terra. Questione: "Se ele fizesse isso, as bússolas parariam de funcionar? Como isso afetaria as aves migratórias?".

02

Explicação Teórica (Geomagnetismo)

Explique que a Terra funciona como um gigantesco ímã de barra. O Polo Norte Geográfico coincide com o Polo Sul Magnético, por isso a agulha da bússola (polo norte) é atraída para lá.

03

A Aurora Boreal

Explique que o campo magnético terrestre age como um escudo, desviando as partículas do vento solar. Quando essas partículas são canalizadas para os polos, elas ionizam os gases da atmosfera, gerando a Aurora Boreal (luz colorida).

04

Consequências da Inversão

Discuta com os alunos: sem o campo magnético, o vento solar erodiria a atmosfera (como aconteceu em Marte). Sistemas de navegação, redes elétricas e animais migratórios seriam gravemente afetados.

05

Simulação PhET

Acesse o simulador "Ímãs e Eletroímãs". Mostre as linhas de campo ao redor do ímã de barra e compare com imagens do campo magnético terrestre. Questione: "Onde as linhas são mais densas? Por que as auroras ocorrem nos polos?".



Dica para o Professor: O erro mais comum é o aluno achar que o Polo Norte Geográfico é o mesmo que o Polo Norte Magnético. Reforce que são opostos: o polo norte da agulha da bússola é atraído pelo **Polo Sul Magnético** da Terra, que fica próximo ao Polo Norte Geográfico. Use a regra: "polos opostos se atraem".



Atividades — Aula 02



1. Interpretativa

No livro, discute-se que Magneto poderia causar um desastre na navegação mundial ao alterar o campo magnético terrestre. Cite dois sistemas tecnológicos modernos que seriam imediatamente afetados e explique por quê.



2. Conceitual

Por que o polo norte da agulha de uma bússola aponta para o norte geográfico da Terra?

Explique usando o conceito de atração entre polos opostos e a diferença entre polo geográfico e polo magnético.



3. Fenômeno Natural

Explique como o campo magnético terrestre protege a vida na Terra do vento solar. O que aconteceria com a atmosfera terrestre se esse campo desaparecesse, como sugere o exemplo de Marte no livro?



4. Debate

O livro menciona que animais como pombos e tartarugas usam o campo magnético para se orientar. Se Magneto invertesse os polos, qual seria o impacto ecológico imediato sobre essas espécies? Justifique.



5. Simulador PhET

No simulador "Ímãs e Eletroímãs", o que acontece com a direção das setas do campo quando você inverte o ímã de barra (troca norte e sul)?

Relacione isso com o que aconteceria com as bússolas se Magneto invertesse os polos da Terra.



6. CTS (Tecnologia)

O GPS moderno usa satélites, não bússolas. Por que, mesmo assim, uma inversão dos polos magnéticos causada por Magneto ainda seria catastrófica para os sistemas de navegação aérea e marítima modernos?



Gabarito Comentado — Aula 02

Resposta 1

1

Haveria um caos imediato. Sistemas de navegação que dependem do campo magnético indicariam direções opostas. Aviões poderiam se perder e sistemas automatizados que cruzam dados magnéticos com GPS entrariam em conflito, podendo causar acidentes em larga escala.

Resposta 2

2

Polos magnéticos opostos se atraem. Para que o polo norte da agulha da bússola seja atraído para o topo do mundo, é necessário que naquela região geográfica exista um Polo Sul Magnético. Portanto, o Norte Geográfico coincide aproximadamente com o Sul Magnético da Terra.

Resposta 3

3

O campo magnético exerce uma força sobre cargas elétricas em movimento (Força de Lorentz). Assim, as partículas do vento solar são desviadas para longe da Terra ou canalizadas para os polos, impedindo que atinjam diretamente a superfície e degradem a atmosfera ou destruam circuitos eletrônicos.

Resposta 4

4

A agulha aponta para "baixo" ou para dentro do planeta. Isso ocorre porque as linhas de indução entram no polo sul magnético (que está no norte geográfico) e saem do polo norte magnético (no sul geográfico), formando um ciclo fechado.

Resposta 5

5

As partículas solares são guiadas pelas linhas de campo que convergem nos polos. Ao entrarem ali, ionizam os gases atmosféricos gerando luz. Tempestades solares muito fortes podem induzir correntes elétricas em redes de transmissão de metal, sobrecarregando e explodindo transformadores.

Resposta 6

6

O debate deve focar na desorientação biológica. Animais migratórios perderiam suas rotas ancestrais, o que poderia levar à extinção de espécies que dependem do magnetismo para encontrar locais de reprodução ou alimentação, alterando todo o equilíbrio dos ecossistemas.

Aula 03: Thor e a Física das Estrelas (Densidade Extrema)

Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 3

Tópico Específico

2.2. O incrível martelo Mjölnir
(foco: densidade de anãs
brancas)

Conteúdo Trabalhado

Densidade, Pressão de
Degenerescência, Estrelas
Anãs Brancas e Estrelas de
Nêutrons

BNCC

(EM13CNT101) – Analisar
fenômenos naturais e
processos tecnológicos com
base nas relações entre
matéria e energia

Objetivos

1. Calcular a densidade de materiais estelares usando os dados fornecidos pelo livro.
2. Compreender o conceito de pressão de degenerescência como a força que sustenta estrelas anãs brancas.
3. Comparar a densidade de materiais cotidianos com a de objetos estelares para desenvolver intuição de escala.

Desenvolvimento — Aula 03

01

Contextualização

O professor deve iniciar com a afirmação do astrofísico Neil deGrasse Tyson citada no livro: se o Mjölnir fosse feito de material de uma estrela anã branca, ele pesaria tanto quanto uma manada de 300 bilhões de elefantes. Questione: "Como algo tão pequeno pode ser tão pesado?".

02

Explicação Teórica (Estrelas)

Explique o ciclo de vida de uma estrela: quando o combustível nuclear acaba, a gravidade comprime o núcleo. Para estrelas como o Sol, o resultado é uma Anã Branca — um objeto do tamanho da Terra com a massa do Sol.

03

Cálculo de Densidade

Use os dados do livro: uma colher de chá de material de anã branca pesa cerca de 15 toneladas. Calcule com os alunos a densidade usando $\rho = m/V$. Compare com a densidade do ferro ($7,8 \text{ g/cm}^3$) e do ouro ($19,3 \text{ g/cm}^3$).

04

Pressão de Degenerescência

Explique que o que impede o colapso total da anã branca não é a fusão nuclear, mas a pressão de degenerescência dos elétrons — uma consequência do Princípio de Exclusão de Pauli da Mecânica Quântica.

05

Simulação PhET

Acesse o simulador "Meu Sistema Solar". Crie um sistema com uma estrela de massa muito alta. Observe como a gravidade intensa afeta os corpos ao redor. Discuta: "Se o Mjölnir fosse realmente feito de matéria estelar, o que aconteceria com o chão quando Thor o pousasse?".

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum é o aluno confundir Anã Branca com Estrela de Nêutrons. Esclareça: a Anã Branca é sustentada pela pressão de degenerescência dos **elétrons**; a Estrela de Nêutrons, ainda mais densa, é sustentada pela pressão de degenerescência dos **nêutrons**. O Mjölnir, segundo o livro, seria de material de anã branca.

Atividades — Aula 03

1. Cálculo de Densidade

De acordo com o tópico 2.2 do Volume 3, o Mjölnir foi forjado no coração de uma estrela. Se uma colher de chá ($\approx 5 \text{ cm}^3$) de material de anã branca tem massa de 15.000 kg, qual é a densidade desse material em kg/m^3 ? ($\rho = m/V$).

2. Interpretativa

Por que o autor afirma que, se o Mjölnir fosse realmente feito de material de anã branca, Thor não conseguiria nem levá-lo da superfície da Terra? Relacione com o conceito de peso e gravidade terrestre.

3. Comparação de Escala

A densidade da água é 1.000 kg/m^3 e a do ferro é 7.800 kg/m^3 . Com base no cálculo da questão 1, quantas vezes o material de anã branca é mais denso que o ferro? O que isso nos diz sobre o espaço vazio dentro dos átomos?

4. Debate Crítico

O livro menciona que uma estrela de nêutrons é ainda mais densa que uma anã branca. Se o Mjölnir fosse feito de material de estrela de nêutrons, o que aconteceria com a Terra ao redor do ponto de impacto quando Thor o jogasse no chão?

5. Simulador PhET

No simulador "Meu Sistema Solar", o que acontece com a órbita dos planetas quando você aumenta drasticamente a massa da estrela central? Relacione isso com a gravidade extrema ao redor de uma anã branca.

6. CTS (Astronomia)

Estrelas anãs brancas são o destino final do nosso Sol. Com base no que foi estudado, o que acontecerá com os planetas do Sistema Solar quando o Sol se tornar uma anã branca? A Terra sobreviverá?



Gabarito Comentado — Aula 03

1

Resposta 1

A densidade aumenta drasticamente. Com o fim da pressão de fusão nuclear, a gravidade comprime a massa da estrela em um volume cada vez menor, eliminando os espaços vazios entre os átomos e criando um estado da matéria extremamente compacto (matéria degenerada).

2

Resposta 2

A estrutura atômica do Mjölnir seria desprovida de espaços vazios. Enquanto no ferro comum os núcleos estão distantes uns dos outros, no martelo os núcleos estariam "empacotados" de forma ultra-densa, resultando em uma massa colossal concentrada.

3

Resposta 3

Na Relatividade Geral, a gravidade é a curvatura do espaço-tempo. Um objeto com massa de anã branca criaria uma "cova" tão profunda no tecido do espaço ao seu redor que qualquer tentativa de erguê-lo exigiria energia para "subir" essa curvatura extrema, o que está além da biologia humana.

4

Resposta 4

Não, a órbita não muda se a massa central e a distância forem mantidas. Isso prova que o "poder" gravitacional do Mjölnir depende de sua massa total; o fato de ele ser pequeno (denso) apenas permite que cheguemos muito perto do centro de massa, onde a força atrativa se torna irresistível.

5

Resposta 5

O aluno deve mencionar que entender como a matéria suporta pressões extremas permite criar ligas metálicas mais leves e resistentes para foguetes ou trajes que suportem o vácuo e a reentrada atmosférica, unindo astrofísica e engenharia.

6

Resposta 6

O martelo atravessaria a mesa, o chão e provavelmente se enterraria profundamente na crosta terrestre. Isso ocorreria porque a força peso (massa colossal x gravidade) concentrada na pequena área da base do martelo geraria uma pressão infinitamente superior à resistência mecânica de qualquer material de construção civil.

Aula 04: Electro e a Biofísica do Impulso Nervoso



Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 3



Tópico Específico

3.1. A eletricidade nos seres vivos



Conteúdo Trabalhado

Potencial de Membrana,
Impulso Nervoso,
Bioeletricidade e Condução
Elétrica em Meios Iônicos



BNCC

(EM13CNT308) – Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos para compreender as tecnologias contemporâneas



Objetivos

1. Compreender o potencial de membrana como a "bateria" que alimenta o impulso nervoso.
2. Explicar como o coração funciona através de impulsos elétricos e o que acontece em uma parada cardíaca.
3. Relacionar a bioeletricidade do corpo humano com os superpoderes do Electro.



Desenvolvimento — Aula 04

01



Contextualização

O professor deve iniciar citando a origem de Electro: após um acidente com cabos de alta tensão, seu corpo passou a gerar e armazenar eletricidade. Questione: "Nós também somos elétricos? Por que o médico do Super Choque ficou surpreso com seus níveis de eletrólitos?".

02



Explicação Teórica (Potencial de Membrana)

Explique que cada célula nervosa funciona como uma pequena bateria. Em repouso, o interior da célula tem carga negativa (-70 mV) em relação ao exterior. Esse é o Potencial de Membrana em Repouso.

03



O Impulso Nervoso

Quando estimulada, a célula "abre as comportas" (canais iônicos), permitindo a entrada de íons de Sódio (Na^+). Isso inverte a polaridade (+30 mV) — é o Potencial de Ação, o "raio" elétrico que percorre o nervo.

04



O Coração Elétrico

Explique que o coração possui um "marcapasso natural" (nó sinoatrial) que gera impulsos elétricos rítmicos. Uma parada cardíaca é uma falha elétrica, e o desfibrilador funciona como um "reinício" do sistema.

05



Simulação PhET

Acesse o simulador "Neurônio". Observe o potencial de membrana em repouso. Aplique um estímulo e observe o Potencial de Ação se propagando. Relacione a velocidade de propagação com a "velocidade" dos raios do Electro.

 **Dica para o Professor:** O erro mais comum é o aluno achar que o corpo conduz eletricidade como um fio de cobre. Esclareça que a condução biológica é **iônica** (movimento de íons como Na^+ , K^+ e Ca^{2+}), não eletrônica. É por isso que a água salgada (com íons) é tão perigosa: ela aumenta drasticamente a condutividade do corpo.

Atividades — Aula 04

1. Conceitual

No livro (Vol. 3, tópico 3.1), discute-se que a eletricidade nos seres vivos é fundamental para o funcionamento do sistema nervoso. Explique o que é o Potencial de Membrana em Repouso e por que ele é essencial para a transmissão de impulsos nervosos.

2. Interpretativa

O coração funciona através de impulsos elétricos. Explique o que é uma parada cardíaca do ponto de vista elétrico e como o desfibrilador age para restaurar o ritmo normal. Por que o Electro poderia, teoricamente, reiniciar um coração parado?

3. Cálculo Biofísico

O potencial de membrana em repouso de um neurônio é de -70 mV e o potencial de ação chega a $+30 \text{ mV}$. Qual é a variação total de tensão (ΔV) durante um impulso nervoso? Compare esse valor com a tensão de uma pilha comum ($1,5 \text{ V}$).

4. Debate Crítico

O Electro absorve eletricidade de fios de alta tensão (110.000 V). Por que essa tensão, que mataria um humano comum instantaneamente, não destrói o sistema nervoso do Electro? Proponha uma hipótese baseada na biofísica.

5. Simulador PhET

No simulador "Neurônio", o que acontece com a propagação do impulso nervoso se você bloquear os canais de Sódio (Na^+)? Relacione isso com o mecanismo de ação de anestésicos locais como a lidocaína.

6. CTS (Medicina)

O exame de Eletroencefalograma (EEG) mede a atividade elétrica do cérebro. Com base no que foi estudado sobre bioeletricidade, explique como esse exame consegue detectar doenças como a epilepsia através de padrões elétricos anormais.



Gabarito Comentado — Aula 04

1

Resposta 1

O coração funciona através de impulsos elétricos rítmicos gerados por células especializadas. Uma descarga externa massiva de Electro se sobrepõe a esses sinais naturais, "desorganizando" o comando elétrico das fibras cardíacas, o que pode levar à fibrilação ou parada total do músculo.

2

Resposta 2

Eletrólitos são substâncias (sais) que, em solução aquosa, se separam em íons (partículas carregadas). No corpo, íons como Sódio, Potássio e Cloro atuam como transportadores de carga. Diferente dos elétrons nos metais, os íons são átomos inteiros que se movem, permitindo o fluxo de corrente no meio líquido biológico.

3

Resposta 3

A capacidade cessaria imediatamente. Sem a membrana para separar as cargas, não haveria ddp (voltagem), e sem voltagem não há "pressão" para empurrar as cargas. O herói (ou qualquer ser vivo) entraria em colapso biológico, pois a comunicação interna do organismo depende dessa separação de cargas.

4

Resposta 4

A voltagem sobe bruscamente (despolarização). Essa variação rápida atua como um "gatilho" que avisa a próxima parte do neurônio para repetir o processo, criando uma reação em cadeia que leva a informação da cabeça aos pés em frações de segundo.

5

Resposta 5

O ECG capta os campos elétricos gerados pelo coração na superfície da pele. O marcapasso é um dispositivo eletrônico (bateria + circuitos) que emite pulsos elétricos artificiais quando detecta que o gerador natural do coração está falhando, garantindo que o músculo continue contraindo na frequência correta.

6

Resposta 6

O debate deve focar na homeostase. Níveis altíssimos de eletrólitos (como Sódio ou Potássio) alteram a pressão osmótica, retirando água das células e causando desidratação celular e falência renal. Electro morreria intoxicado pelas próprias substâncias que geram seu poder se não houvesse um mecanismo sobre-humano de controle químico.

Aula 05: Super Choque e a Termodinâmica do Efeito Joule



Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 3



Tópico Específico

4.8. Derretendo gelo



Conteúdo Trabalhado

Efeito Joule, Calor Latente de
Fusão, Mudança de Fase e
Energia Elétrica



BNCC

(EM13CNT308) – Analisar o
funcionamento de
equipamentos elétricos para
compreender as tecnologias
contemporâneas e avaliar
seus impactos



Objetivos

1. Calcular a energia necessária para fundir uma massa de gelo usando o calor latente de fusão.
2. Compreender por que o Super Choque não consegue derreter o gelo instantaneamente, relacionando potência e tempo.
3. Identificar o Efeito Joule como a base física do poder do herói e de eletrodomésticos comuns.



Desenvolvimento — Aula 05

01



Contextualização

O professor deve iniciar descrevendo a cena em que Super Choque precisa derreter uma montanha de gelo semiesférica (raio de 5 metros) que soterrou uma central elétrica. Questione: "Para o gelo virar água, Virgil precisa fornecer energia. De onde vem essa energia e quanto ele precisa?".

02



Explicação Teórica (Calor Latente)

Explique que, durante a mudança de fase (gelo → água), a temperatura não muda. Toda a energia fornecida é usada para quebrar as ligações entre as moléculas de água. Essa energia é o Calor Latente de Fusão ($L_f = 334.000 \text{ J/kg}$).

03



Cálculo de Energia

Use os dados do livro: a montanha de gelo tem volume de $\approx 261 \text{ m}^3$ e massa de $\approx 261.000 \text{ kg}$. A energia necessária é $Q = m \times L_f = 261.000 \times 334.000 \approx 87$ bilhões de Joules. Isso equivale ao consumo de uma cidade por horas.

04



Potência vs. Tempo

Explique que o Super Choque tem uma potência limitada. Mesmo que ele gere 1 MW (1 milhão de Watts), levaria $Q/P = 87.000$ segundos (≈ 24 horas) para derreter tudo. Por isso ele não consegue fazer isso instantaneamente.

05



Simulação PhET

Acesse o simulador "Estados da Matéria". Selecione "Água" e aqueça o sistema. Observe que a temperatura permanece constante durante a mudança de fase (platô no gráfico). Relacione esse platô com a energia que o Super Choque precisa fornecer sem ver resultado imediato.

 **Dica para o Professor:** O erro mais comum é o aluno achar que "mais potência = mais rápido sempre". Esclareça que a energia total necessária ($Q = m \times L_f$) é **fixa** — ela depende da massa do gelo. A potência apenas determina **quanto tempo** levará. Um chuveiro elétrico e um Super Choque precisam da mesma energia para derreter a mesma quantidade de gelo; a diferença é o tempo.

Atividades — Aula 05

1. Interpretativa

Com base no tópico 4.8 do Volume 3, explique por que o Super Choque não consegue derreter o gelo instantaneamente, mesmo sendo capaz de gerar descargas elétricas poderosas. Relacione com os conceitos de Potência e Calor Latente.

2. Cálculo de Energia

A montanha de gelo do livro tem massa de aproximadamente 261.000 kg. Sabendo que o Calor Latente de Fusão da água é $L_f = 334.000 \text{ J/kg}$, qual é a energia total (em Joules) que o Super Choque precisa fornecer para derreter toda a montanha? ($Q = m \times L_f$).

3. Cálculo de Tempo

Se o Super Choque gera uma potência de 500.000 W (500 kW), quanto tempo (em segundos e em horas) ele levaria para fornecer a energia calculada na questão anterior? ($t = Q/P$).

4. Debate Crítico

O livro afirma que, durante a mudança de fase, a temperatura do gelo não sobe mesmo com o Super Choque fornecendo energia. Por que isso acontece? Para onde vai a energia fornecida se não está aquecendo o material?

5. Simulador PhET

No simulador "Estados da Matéria", o que acontece com o gráfico de temperatura durante a mudança de fase de sólido para líquido? Como esse "platô" de temperatura se relaciona com o conceito de Calor Latente?

6. CTS (Tecnologia)

Chuveiros elétricos, ferros de passar e churrasqueiras elétricas funcionam pelo mesmo princípio que o poder do Super Choque. Explique como o Efeito Joule é utilizado nesses aparelhos e por que fios elétricos de alta resistência são perigosos em instalações domésticas.



Gabarito Comentado — Aula 05

1

Resposta 1

Porque a energia total necessária para a fusão depende da massa de gelo e do tempo. Como a montanha de gelo é gigantesca, Virgil precisa fornecer bilhões de Joules. Mesmo com uma potência alta, a energia é o produto da potência pelo tempo ($E=P\Delta t$); portanto, o derretimento é um processo gradual de transferência de energia.

2

Resposta 2

O Efeito Joule ocorre quando elétrons em movimento (corrente) colidem com os íons da rede cristalina do metal. Nessas colisões, parte da energia cinética dos elétrons é transferida para os átomos, aumentando sua vibração, o que resulta no aumento da temperatura do material.

3

Resposta 3

A temperatura permanecerá constante em 0°C . Na física das mudanças de fase, enquanto houver gelo sendo transformado em água, toda a energia extra fornecida pelo herói (calor latente) é consumida na ruptura das ligações moleculares, não provocando aumento de temperatura até que todo o sólido vire líquido.

4

Resposta 4

A produção de energia térmica cessa. O simulador mostra que a energia mecânica/elétrica vem da conversão da energia química (alimento). Isso ilustra a Lei da Conservação da Energia: o herói não cria eletricidade do nada; ele converte sua enorme reserva metabólica em energia térmica para o ambiente.

5

Resposta 5

Esses aparelhos utilizam ligas como o Níquel-Cromo, que possuem alta resistividade (favorecendo o Efeito Joule) e alto ponto de fusão. Isso permite que transformem eletricidade em calor eficientemente sem que o próprio fio derreta, agindo como um "Super Choque doméstico" controlado.

6

Resposta 6

Teria muito mais dificuldade. Sem íons livres (eletrólitos), a água não conduz eletricidade e o campo magnético de Virgil não conseguiria induzir correntes internas eficientes para gerar calor. Ele teria que aquecer o metal da central elétrica por baixo do gelo para que este derretesse por condução térmica, e não por indução direta no gelo.

Aula 06: Flash e a Física das Colisões no LHC



Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 1



Tópico Específico

2.10. Uma bomba à velocidade
da luz



Conteúdo Trabalhado

Relatividade Especial, Energia
Cinética Relativística, Massa
Relativística e Colisões de Alta
Energia



BNCC

(EM13CNT101) – Analisar
fenômenos naturais e
processos tecnológicos com
base nas relações entre
matéria e energia



Objetivos

1. Compreender como a energia cinética de um objeto aumenta de forma não linear ao se aproximar da velocidade da luz.
2. Calcular a energia relativística do Flash usando os dados fornecidos pelo livro.
3. Relacionar as colisões de partículas no LHC com o poder destrutivo do Flash em velocidades relativísticas.



Desenvolvimento — Aula 06

01



Contextualização

O professor deve iniciar com a descrição do livro: em velocidades relativísticas, o Flash transporta energia suficiente para devastar uma cidade inteira em uma única colisão. Questione os alunos: "Se a massa do Flash é de 80 kg e ele corre a 99% da velocidade da luz, qual seria o impacto de uma colisão?".

02



Explicação Teórica (Relatividade)

Explique que, segundo Einstein, a massa de um objeto aumenta com a velocidade (massa relativística). A fórmula $E = \gamma mc^2$ mostra que, próximo à velocidade da luz, a energia cinética cresce de forma explosiva e não linear.

03



Cálculo Relativístico

Use os dados do livro: a 99% da velocidade da luz, o fator de Lorentz $\gamma \approx 7$. A energia do Flash seria $E = 7 \times 80 \times (3 \times 10^8)^2 \approx 5 \times 10^{19}$ Joules — equivalente a milhares de bombas atômicas.

04



Conexão com o LHC

Explique que o Grande Colisor de Hádrons (LHC) acelera prótons a 99,9999991% da velocidade da luz. As colisões criam partículas que existiram apenas frações de segundo após o Big Bang. O Flash, ao colidir, seria um "LHC humano".

05



Simulação PhET

Acesse o simulador "Relatividade Especial" (Special Relativity). Aumente a velocidade de um objeto e observe como sua massa relativística aumenta. Questione: "Por que é impossível para o Flash atingir exatamente 100% da velocidade da luz?".

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum é o aluno achar que $E = mc^2$ significa que qualquer objeto pode ser convertido em energia nuclear. Esclareça que essa equação descreve a **energia de repouso** de um objeto. Para o Flash, o relevante é a energia cinética relativística, que cresce sem limite à medida que ele se aproxima de c , mas nunca o atinge.

Atividades — Aula 06

1. Interpretativa

Com base no tópico 2.10 do Volume 1, por que o autor afirma que o Flash seria um "míssil atômico" ao colidir com um objeto em velocidades próximas à da luz? Relacione com o conceito de energia cinética relativística.

2. Cálculo Relativístico

O Flash tem massa de 80 kg e corre a 99% da velocidade da luz ($c = 3 \times 10^8$ m/s). Sabendo que o fator de Lorentz $\gamma \approx 7$, calcule a energia total do Flash em movimento usando $E = \gamma mc^2$. Expresse o resultado em Joules e em notação científica.

3. Comparação de Energia

A bomba atômica de Hiroshima liberou aproximadamente $6,3 \times 10^{13}$ Joules. Com base no resultado da questão anterior, quantas vezes a energia do Flash em movimento é maior que a energia dessa bomba?

4. Debate Crítico

Por que é fisicamente impossível para o Flash (ou qualquer objeto com massa) atingir exatamente 100% da velocidade da luz? O que aconteceria com sua massa e com a energia necessária para continuar acelerando?

5. Simulador PhET

No simulador de Relatividade Especial, o que acontece com o comprimento de um objeto (contração de Lorentz) quando ele se aproxima da velocidade da luz? Se o Flash tivesse 1,80 m de altura, qual seria sua "altura" aparente para um observador parado ao correr a 99% de c ?

6. CTS (Física de Partículas)

O LHC (Grande Colisor de Hádrons) acelera prótons a 99,9999991% da velocidade da luz. Por que os cientistas precisam de um acelerador com 27 km de circunferência para atingir essa velocidade? Relacione com a energia necessária para acelerar partículas próximas a c .



Gabarito Comentado — Aula 06

1

Resposta 1

Porque a energia associada ao seu movimento é colossal. Devido à sua massa relativística, uma colisão simples em velocidade próxima à da luz liberaria uma quantidade de energia comparável a uma explosão nuclear, tornando o herói uma ameaça física para qualquer estrutura urbana.

2

Resposta 2

Conforme o Flash se aproxima da velocidade da luz, sua massa inercial aumenta drasticamente (massa relativística). Ao desferir um soco, ele atinge o adversário com uma massa equivalente a toneladas, embora seu corpo em repouso pese apenas 70 kg, resultando em um impacto devastador gerado pela energia convertida em massa.

3

Resposta 3

Para "criar" massa (novas partículas), é necessário uma quantidade imensa de energia, pois a massa é "energia compactada" multiplicada pelo quadrado da velocidade da luz (c^2). Somente colisões relativísticas fornecem o "estoque" de energia cinética necessário para ser transformado em matéria estável ou instável.

4

Resposta 4

A energia cinética diminuiria (sendo transformada em calor, som e deformação). No caso do Flash, a energia seria tão alta que ocorreria a vaporização instantânea do herói e do muro, além da provável criação de uma nuvem de plasma e novas partículas subatômicas no local do impacto.

5

Resposta 5

O aluno deve mencionar que o PET-Scan utiliza radioisótopos que emitem pósitrons (elétrons positivos). Quando o pósitron colide com um elétron do corpo, ocorre a aniquilação par, transformando massa integralmente em energia (raios gama), que é detectada pelo aparelho para gerar imagens internas.

6

Resposta 6

O debate deve focar na escala. Embora o LHC seja o maior acelerador humano, a atmosfera terrestre é bombardeada por raios cósmicos com energias milhares de vezes superiores às do LHC há bilhões de anos sem criar buracos negros estáveis. Além disso, segundo a Radiação Hawking, qualquer microburaco negro evaporaria instantaneamente antes de causar danos.

Aula 07: Homem-Formiga e a Física de Partículas (O Modelo Padrão)

Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 2

Tópico Específico

3.7. Tão pequeno quanto
cordas

Conteúdo Trabalhado

Modelo Padrão, Quarks,
Léptons, Bósons e Teoria das
Cordas

BNCC

(EM13CNT101) – Analisar
fenômenos naturais e
processos tecnológicos com
base nas relações entre
matéria e energia

Objetivos

1. Identificar as partículas elementares do Modelo Padrão (quarks, léptons e bósons de medida).
2. Compreender os limites do encolhimento do Homem-Formiga segundo a física de partículas.
3. Introduzir a Teoria das Cordas como uma possível extensão do Modelo Padrão.

Desenvolvimento — Aula 07

01

Contextualização

O professor deve iniciar citando o encolhimento de Scott Lang: "Nos filmes, ele ultrapassa o nível atômico. Mas o que ele encontraria lá dentro? Bolinhas maciças ou algo diferente?". Explique que, conforme o tópico 3.7, a matéria é quase toda espaço vazio.

02

O Modelo Padrão

Apresente o Modelo Padrão como o "mapa" das partículas elementares. Explique que os átomos são feitos de prótons e nêutrons (compostos de quarks) e elétrons (léptons). Quarks e elétrons são, até onde sabemos, indivisíveis.

03

Os Limites do Encolhimento

Explique que o Homem-Formiga poderia encolher até o tamanho de um quark ($\approx 10^{-18}$ m). Abaixo disso, entramos no domínio da Teoria das Cordas, onde as partículas seriam "cordas" vibrantes de energia em dimensões extras.

04

A Teoria das Cordas

Introduza a ideia de que a Teoria das Cordas propõe que todas as partículas do Modelo Padrão são manifestações de uma única entidade: uma corda unidimensional vibrando em diferentes frequências. Cada frequência = uma partícula diferente.

05

Simulação PhET

Acesse o simulador "Construindo um Átomo". Adicione prótons, nêutrons e elétrons. Observe que prótons e nêutrons são feitos de quarks. Questione: "Se o Homem-Formiga encolhesse até o tamanho de um quark, o que ele veria ao seu redor?".

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum é o aluno imaginar o átomo como uma "bola de bilhar" sólida. Esclareça que se o núcleo de um átomo fosse do tamanho de uma bola de futebol, os elétrons estariam a **10 km de distância**. O átomo é quase todo espaço vazio — e é por isso que o Homem-Formiga pode encolher tanto sem "desaparecer".

Atividades — Aula 07

1. Conceitual

De acordo com o tópico 3.7 do Volume 2, o que seriam os quarks e os elétrons no nível mais fundamental da matéria? Por que o Homem-Formiga não conseguiria encolher indefinidamente, mesmo com a tecnologia Pym?

2. Interpretativa

O Modelo Padrão classifica as partículas em três famílias: quarks, léptons e bósons de medida. Explique a função de cada família e dê um exemplo de partícula de cada uma. Por que o fóton (bóson) é tão importante para a física?

3. Escala de Tamanhos

Organize as seguintes estruturas em ordem crescente de tamanho: quark, átomo, núcleo atômico, próton, elétron, molécula de DNA. Qual é a ordem de grandeza (em metros) de cada uma?

4. Debate Crítico

A Teoria das Cordas propõe que todas as partículas são "cordas" vibrantes. Se isso for verdade, o que o Homem-Formiga encontraria se encolhesse além do tamanho de um quark? Essa teoria é considerada científica? Por quê?

5. Simulador PhET

No simulador "Construindo um Átomo", o que acontece com a estabilidade do núcleo quando você adiciona muitos prótons sem adicionar nêutrons suficientes? Relacione isso com o conceito de força nuclear forte que mantém os quarks unidos.

6. CTS (Tecnologia)

O LHC foi construído para descobrir o Bóson de Higgs (a "partícula de Deus"). Por que a descoberta dessa partícula em 2012 foi tão importante para o Modelo Padrão? O que ela explica sobre a origem da massa das outras partículas?



Gabarito Comentado — Aula 07

1

Resposta 1

Quarks e elétrons são considerados as partículas elementares e fundamentais do Modelo Padrão. No nível atual de conhecimento, eles não possuem estrutura interna conhecida, sendo os "blocos de construção" finais da matéria.

2

Resposta 2

Os quarks são unidos pela Força Nuclear Forte, mediada por bósons chamados glúons. Fenomenologicamente, essa força age como um "elástico" que fica mais forte conforme você tenta afastar os quarks, impedindo que eles sejam vistos sozinhos (confinamento de cor).

3

Resposta 3

Isso prova que a matéria sólida é uma ilusão dos nossos sentidos. A quase totalidade da massa está concentrada no núcleo minúsculo, e o restante do volume atômico é preenchido apenas por campos de força e o movimento dos elétrons, justificando por que o herói pode reduzir tanto seu volume.

4

Resposta 4

A Repulsão Eletromagnética. Embora haja vácuo, as nuvens de elétrons dos átomos da mão do herói repelem as nuvens de elétrons dos átomos da parede. É essa força elétrica que nos impede de afundar no chão ou atravessar objetos.

5

Resposta 5

O aluno deve notar que a eletrônica moderna depende do controle de partículas em escala nanoscópica. Entender o Modelo Padrão permite criar componentes cada vez menores e mais eficientes, seguindo a lógica de "encolhimento" tecnológico discutida na BNCC.

6

Resposta 6

O debate deve focar na perda de estrutura. Abaixo da escala de Planck, o próprio conceito de "distância" e "tempo" pode não existir de forma contínua. O herói deixaria de ser um conjunto de células para se tornar parte das flutuações quânticas do tecido do universo, possivelmente manifestando-se como cordas vibratórias.



Aula 08: Superman e a Gravidade que "Para" o Tempo



Livro Base

A Física e os Super-Heróis - Volume 1



Tópico Específico

1.2 A dilatação gravitacional do tempo



Conteúdo Trabalhado

Relatividade Geral, Dilatação Gravitacional do Tempo, Buracos Negros e Horizonte de Eventos



BNCC

(EM13CNT101) – Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos com base nas relações entre matéria e energia



Objetivos

1. Compreender que a gravidade não apenas atrai massas, mas também curva o espaço-tempo, afetando o fluxo do tempo.
2. Calcular a diferença de tempo entre dois pontos com gravidades diferentes usando os dados do livro.
3. Analisar o paradoxo do gêmeo gravitacional: se Superman ficasse próximo a um buraco negro, quanto tempo passaria na Terra?



Desenvolvimento — Aula 08

01



Contextualização

O professor deve iniciar com o dilema apresentado no livro: "Se o Superman passasse apenas uma hora voando próximo ao horizonte de eventos de um buraco negro, ao retornar para a Terra, seus amigos ainda estariam vivos?". Explique que a resposta depende da Relatividade Geral de Einstein.

02



Explicação Teórica (Dilatação do Tempo)

Explique que, segundo Einstein, a gravidade curva o espaço-tempo. Quanto maior a gravidade, mais lento o tempo flui. Isso não é ficção científica — é um fato comprovado e usado na calibração dos satélites GPS.

03



Cálculo de Dilatação

Use os dados do livro: no topo do Monte Everest ($g = 9,78 \text{ m/s}^2$), o tempo passa ligeiramente mais rápido do que ao nível do mar ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$). Próximo a um buraco negro, a diferença seria de anos ou séculos para cada hora do Superman.

04



O Horizonte de Eventos

Explique que o horizonte de eventos é o "ponto de não retorno" de um buraco negro. Para um observador externo, um objeto caindo em direção ao horizonte parece congelar no tempo — a dilatação gravitacional se torna infinita.

05



Simulação PhET

Acesse o simulador "Gravidade e Órbitas". Aumente a massa da estrela central ao máximo. Observe como os objetos próximos orbitam mais rapidamente. Discuta: "Se o tempo passa mais devagar perto de objetos massivos, o que aconteceria com um relógio colocado na superfície de uma estrela de nêutrons?"

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum é o aluno achar que a dilatação do tempo é apenas teórica. Mostre que os satélites GPS precisam corrigir seus relógios em **38 microssegundos por dia** devido à Relatividade (Especial + Geral). Sem essa correção, o GPS acumularia um erro de **10 km por dia**. O Superman usa física real!

Atividades — Aula 08

1. Conceitual

De acordo com o tópico 1.2 do Volume 2, a gravidade no topo do Monte Everest é de $9,78 \text{ m/s}^2$, e ao nível do mar é de $9,81 \text{ m/s}^2$. Por que o tempo passa ligeiramente mais rápido no topo do Everest do que ao nível do mar? Relacione com a Relatividade Geral.

2. Interpretativa

O livro descreve que, próximo ao horizonte de eventos de um buraco negro, o tempo praticamente "para" para um observador externo. Se o Superman ficasse 1 hora próximo ao horizonte de eventos e retornasse à Terra, o que ele encontraria? Justifique.

3. Aplicação Tecnológica

Os satélites GPS precisam corrigir seus relógios em 38 microssegundos por dia devido à Relatividade. Se essa correção não fosse feita, qual seria o erro acumulado na posição indicada pelo GPS após 1 dia? (Velocidade da luz = $3 \times 10^8 \text{ m/s}$; erro = $\Delta t \times c$).

4. Debate Crítico

O Superman voa próximo ao Sol regularmente nas HQs. Com base na dilatação gravitacional do tempo, o Superman estaria envelhecendo mais devagar do que os humanos na Terra? Isso tornaria ele "imortal" do ponto de vista relativístico?

5. Simulador PhET

No simulador "Gravidade e Órbitas", o que acontece com o período orbital de um planeta quando você aumenta a massa da estrela central? Como isso se relaciona com a curvatura do espaço-tempo prevista pela Relatividade Geral?

6. CTS (Astronomia)

O filme "Interestelar" mostra astronautas que envelhecem muito mais devagar próximos a um buraco negro. Com base no que foi estudado, essa representação é fisicamente correta? Quais seriam os outros efeitos físicos (além da dilatação do tempo) que os astronautas sofreriam?



Gabarito Comentado — Aula 08

1

Resposta 1

Ao nível do mar. Segundo a Relatividade Geral, quanto maior a intensidade da gravidade, mais lento o tempo transcorre. Como a gravidade ao nível do mar ($9,83\text{m/s}^2$) é maior que no Everest ($9,78\text{m/s}^2$), o tempo flui mais devagar para quem está embaixo.

2

Resposta 2

Isso ocorre devido à dilatação gravitacional do tempo. No planeta de gravidade extrema, o tecido do espaço-tempo é muito mais curvado, fazendo com que cada segundo dure mais em relação ao referencial da Terra. Assim, a "semana" do herói equivaleu a "meses" para quem ficou sob a gravidade mais fraca de Metrópolis.

3

Resposta 3

O tempo para o Superman passaria muito mais devagar. Enquanto ele experimentaria apenas algumas horas ou dias devido à proximidade da massa colossal do buraco negro, para os habitantes de Krypton (em uma gravidade menor) poderiam se passar décadas ou séculos.

4

Resposta 4

O aumento da massa causa uma deformação maior na "grade" do simulador (se ativada) ou exige uma velocidade muito superior para manter o equilíbrio. Isso demonstra fenomenologicamente que a gravidade não é apenas uma força, mas uma mudança na geometria do ambiente onde o tempo está inserido.

5

Resposta 5

O aluno deve citar que os relógios atômicos nos satélites GPS adiantam cerca de 45 microssegundos por dia em relação aos da Terra devido à menor gravidade (Relatividade Geral) e atrasam 7 microssegundos devido à sua velocidade orbital (Relatividade Restrita). O ajuste líquido de 38 microssegundos é o que garante que o Uber ou o iFood cheguem ao endereço correto.

6

Resposta 6

Seria uma viagem para o futuro. O herói não consegue voltar no tempo pela gravidade, apenas "pausar" o seu próprio envelhecimento enquanto o resto do universo corre à frente. O debate ético deve focar no sacrifício pessoal do herói, que ao salvar o universo perto de um buraco negro, perde o contato com seu próprio tempo e sua geração.