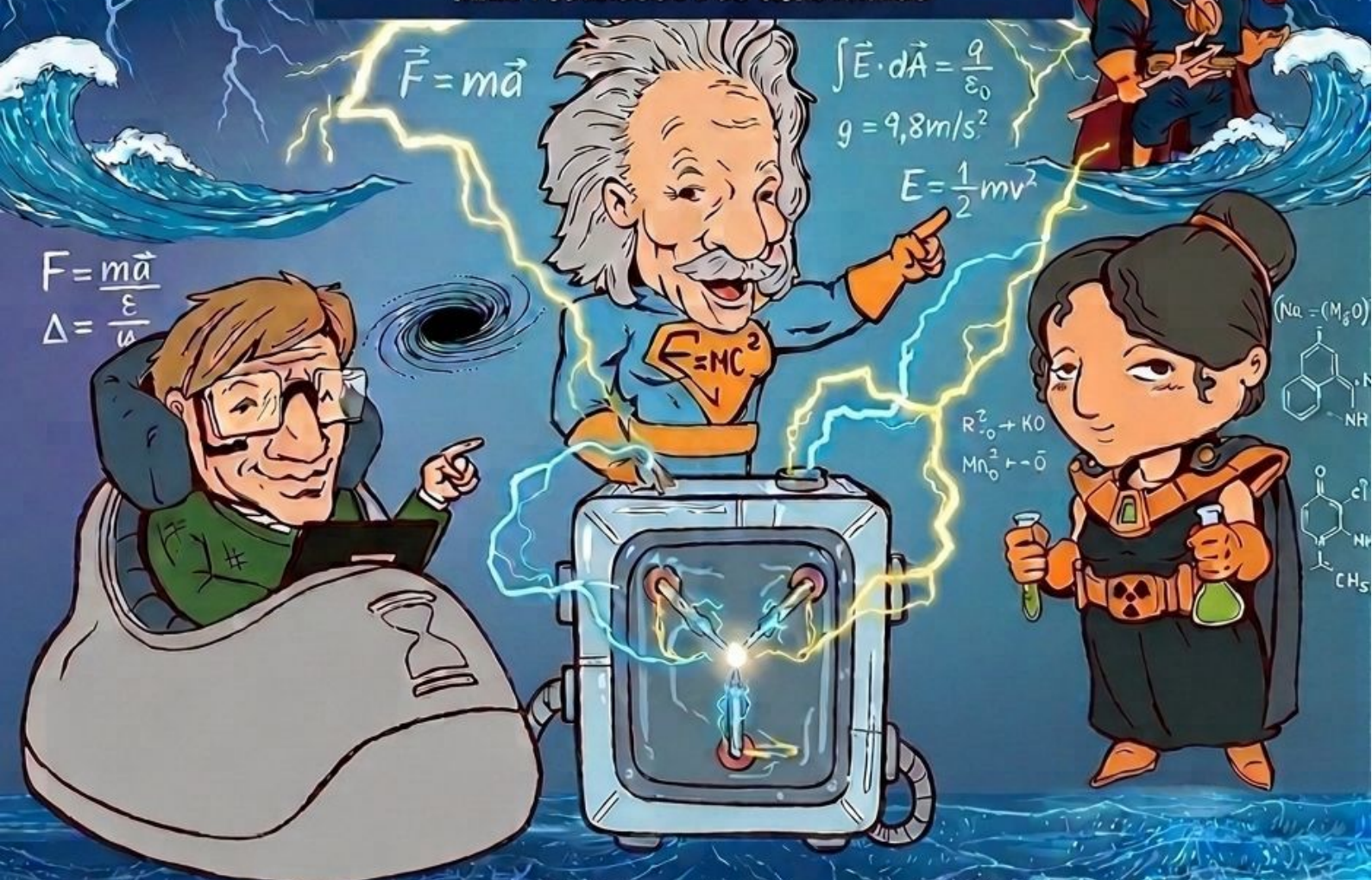


GUIA DE ATIVIDADES A FÍSICA E OS SUPER-HERÓIS VOL. 1, 2, 3

RONEI
COELHO

A CIÊNCIA EXPLICA AS HABILIDADES DOS PERSONAGENS
MAIS PODEROSOS DOS QUADRINHOS

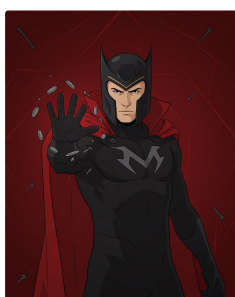


2º ANO DO ENSINO MÉDIO



Guia de Atividades: 2ª Série do Ensino Médio

Este guia reúne 8 aulas que conectam os conteúdos de Termologia, Óptica, Ondas e Hidrostática da 2ª 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.



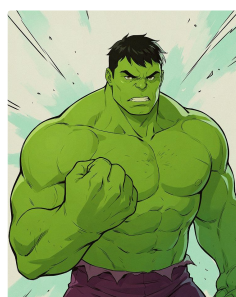
1º Bimestre: Termologia

- **Aula 01:** Magneto e a Física da Capacidade Térmica (Vol. 2 — 5.8 Derretendo metais)
- **Aula 02:** Tempestade e a Termodinâmica da Atmosfera (Vol. 3 — 5.1 Formando nuvens)



2º Bimestre: Óptica Geométrica

- **Aula 03:** Mulher Invisível e a Óptica dos Campos de Força (Vol. 1 — 4.3 Sendo contornada pela luz)
- **Aula 04:** Namor e a Óptica da Visão Submarina (Vol. 3 — 1.12 A escuridão das zonas abissais)



3º Bimestre: Ondulatória e Acústica

- **Aula 05:** Chapolin e a Ressonância das Anteninhas (Vol. 1 — 5.1 Antenas de vinil)
- **Aula 06:** Hulk e as Qualidades Fisiológicas do Som (Vol. 2 — 2.6 Palmadas sônicas)



4º Bimestre: Hidrostática e Fluidos

- **Aula 07:** Aquaman e a Física das Profundezas (Vol. 3 — 1.10 Sofrendo com a hipotermia)
- **Aula 08:** Homem-Aranha e a Física da Capilaridade (Vol. 1 — 3.2 Escalando paredes)

Aula 01: Magneto e a Física da Capacidade Térmica



Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 2



Tópico Específico

5.8 Derretendo metais



Conteúdo Trabalhado

Calor Específico, Capacidade
Térmica e Transferência de
Calor.



BNCC

(EM13CNT308) – Analisar o
funcionamento de
equipamentos e avaliar seus
impactos no contexto da
Termologia.

Objetivos

1. Diferenciar Calor Específico de Capacidade Térmica usando o exemplo do Magneto derretendo metais.
2. Calcular a quantidade de calor absorvida por diferentes materiais metálicos.
3. Discutir por que materiais com maior massa demoram mais para aquecer mesmo com o mesmo Calor Específico.



Desenvolvimento — Aula 01

01



Contextualização

O professor deve iniciar citando a cena em que Magneto derrete as algemas ou manipula grandes estruturas metálicas. Questione: "Se Magneto aplicasse a mesma energia em um pequeno clipe de papel e em uma viga de aço de uma tonelada, ambos chegariam à temperatura de fusão ao mesmo tempo?". Explique que a "vontade" de um corpo em mudar de temperatura depende de sua massa e do material de que é feito.

02



Explicação Teórica (Calor Específico)

Use o tópico 5.8 do livro para explicar que cada metal (ferro, ouro, alumínio) possui um Calor Específico (c) diferente — é como a "personalidade" térmica do material. O Calor Específico (c) é a quantidade de calor necessária para aquecer 1 kg de um material em 1°C . Materiais com menor " c " aquecem mais rápido.

03



Capacidade Térmica

Já a Capacidade Térmica (C) considera o tamanho do objeto ($C = m \cdot c$). Um herói que manipula energia térmica precisa entender que quanto maior a Capacidade Térmica, mais difícil é "esquentar" o objeto. Uma porta de cofre de ferro aquece mais devagar que uma moeda de ferro, mesmo sendo do mesmo material.

04



Cálculo Aplicado

Use a fórmula $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$. Apresente dados do livro: se Magneto aplica calor suficiente para elevar 2 kg de ferro em 500°C , calcule a energia necessária ($c_{\text{ferro}} = 450 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$). Relacione o resultado com o esforço necessário para derreter diferentes objetos metálicos.

Simulação PhET

Acesse o simulador "Formas e Transformações de Energia", aba "Introdução". Roteiro de Cliques: Marque "Símbolos de Energia". Coloque um bloco de Ferro e um de Tijolo sobre os aquecedores. Forneça calor simultaneamente. Peça para os alunos notarem qual termômetro sobe mais rápido. Questione: "O metal aquece mais rápido que o tijolo porque sua 'resistência térmica' (Capacidade Térmica) é menor?". Relacione com a capacidade do Magneto de escolher quais metais derreter mais rapidamente.

 **Dica para o Professor:** "O erro mais comum dos alunos é achar que 'Capacidade Térmica' é a quantidade de calor que o corpo 'guarda'. O especialista esclarece: Capacidade Térmica é uma medida de resistência à variação de temperatura. Quanto maior ela for, mais calor o Magneto precisa fornecer para conseguir aumentar apenas 1 °C no objeto."

Atividades — Aula 01

1. Interpretativa

Com base no tópico 5.8 do Volume 2, por que Magneto, ao tentar derreter uma porta de cofre massiva, demora muito mais tempo do que ao derreter uma chave de metal, mesmo que ambos sejam feitos do mesmo material (ferro)? Utilize o conceito de Capacidade Térmica em sua resposta.

2. Conceitual

O Calor Específico do ferro é aproximadamente 0,11cal/g°C, enquanto o da água é 1,0cal/g°C. Se Magneto jogasse uma esfera de ferro quente em um balde de água, quem teria mais facilidade para mudar de temperatura? Justifique fenomenologicamente.

3. Fenomenológica (Matemática Simples)

Um objeto A tem Capacidade Térmica $C=50\text{cal/}^{\circ}\text{C}$ e um objeto B tem $C=100\text{cal/}^{\circ}\text{C}$. Se Magneto fornecer 500 calorias para cada um: a) Qual será a variação de temperatura do objeto A? b) Qual objeto apresentará a maior "resistência" ao aquecimento?

4. Simulador

No simulador PhET "Formas e Transformações de Energia", ao aquecer o ferro e o tijolo, você observa esferas vermelhas entrando nos blocos. Se colocarmos dois blocos de ferro de tamanhos diferentes (massas diferentes), o que acontecerá com o tempo necessário para que ambos atinjam a mesma temperatura? Relacione com o esforço de Magneto.

5. CTS (Tecnologia)

Em nossa cozinha, as panelas são feitas de metais (baixo calor específico) para aquecerem rápido, mas os cabos são de madeira ou plástico (alto calor específico). Como o letramento científico sobre os materiais ajuda a evitar acidentes domésticos e economizar energia?

6. Debate

Se Magneto pudesse manipular o campo magnético dos átomos de uma pessoa para aquecê-la, por que isso seria biologicamente mais perigoso do que aquecer uma barra de ferro? Discuta considerando que o corpo humano é composto majoritariamente por água (alto calor específico).



Gabarito Comentado — Aula 01

Resposta

1

Embora tenham o mesmo Calor Específico (são de ferro), a porta do cofre possui uma massa muito maior. Como a Capacidade Térmica é proporcional à massa ($C=m\cdot c$), a porta tem uma inércia térmica imensa, exigindo uma quantidade de energia muito superior para sofrer a mesma variação de temperatura que a chave.

Resposta

2

O ferro. Como o calor específico do ferro é muito menor que o da água, ele precisa de muito menos energia para variar sua temperatura. A água funciona como um "estabilizador térmico", resistindo a mudanças bruscas, o que é fundamental para a manutenção da vida.

Cálculo e Lógica

3

a) Objeto A: $\Delta\theta=Q/C\rightarrow 500/50=10^{\circ}\text{C}$. b) O Objeto B, pois possui a maior Capacidade Térmica ($100\text{cal}/^{\circ}\text{C}$), o que significa que ele precisa de mais energia para cada grau de aquecimento.

Resposta

4

O bloco maior demorará mais tempo. O simulador mostra que a massa maior "consome" mais unidades de energia (esferas vermelhas) para subir o nível do termômetro. Isso prova que Magneto gasta mais de sua reserva metabólica ao lidar com objetos massivos.

Resposta

5

O conhecimento permite escolher materiais que conduzam calor eficientemente para o alimento (metais) e isolantes para o manuseio humano. Isso aumenta a eficiência termodinâmica e garante a segurança, princípios valorizados pela BNCC.

Resposta

6

O debate deve focar na homeostase. Embora a água no corpo resista ao aquecimento devido ao seu alto calor específico, qualquer variação mínima acima de 40°C causa a desnaturação de proteínas e falência de órgãos. O herói teria que ser extremamente preciso para não matar o alvo instantaneamente.



Aula 02: Tempestade e a Termodinâmica da Atmosfera



Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 3



Tópico Específico

5.1 Formando nuvens



Conteúdo Trabalhado

Primeira Lei da
Termodinâmica, Expansão
Adiabática e Ciclo da Água.



BNCC

(EM13CNT102) – Realizar
previsões sobre o
funcionamento de sistemas
térmicos com base na análise
das variáveis termodinâmicas.

Objetivos

1. Compreender o processo de formação de nuvens como uma consequência da expansão adiabática do ar.
2. Identificar a atmosfera como um sistema termodinâmico que realiza trabalho e troca calor.
3. Analisar fenomenologicamente como a variação de pressão influencia a temperatura de uma massa de ar.



Desenvolvimento — Aula 02

01



Contextualização

O professor deve iniciar perguntando: "Para Ororo Munroe criar uma tempestade, ela precisa esquentar ou esfriar o ar? Como o vapor de água invisível se torna uma nuvem visível?". Explique que a heroína manipula a energia cinética molecular para forçar transformações gasosas.

02



Explicação Teórica (1ª Lei da Termodinâmica)

Utilize o conceito da Primeira Lei da Termodinâmica para explicar que, quando uma massa de ar quente e úmida sobe (devido à convecção), ela encontra regiões de menor pressão. Ao se expandir rapidamente, o gás realiza trabalho contra a vizinhança.

03



Expansão Adiabática

Se essa expansão for rápida o suficiente para não trocar calor com o ambiente (processo adiabático), a energia para esse trabalho vem da própria energia interna do gás, o que faz sua temperatura cair drasticamente.

04



O "Pulo do Gato" da Condensação

Explique que o resfriamento faz com que o vapor de água perca energia cinética, organizando-se em gotículas líquidas (nuvens) ou, se o resfriamento for extremo, em cristais de gelo (granizo).

05



Simulação PhET

Acesse o simulador "Propriedades dos Gases", aba "Energia". Adicione partículas ao recipiente. Observe o termômetro. Utilize o cursor para aumentar o volume do recipiente de forma rápida. Peça para os alunos notarem a queda imediata na temperatura. Relacione isso com o resfriamento por expansão que a Tempestade promove para condensar o vapor em gotas de chuva.

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum dos alunos é achar que o ar no topo da montanha é frio apenas porque está longe do chão. O especialista esclarece: o ar é frio lá em cima principalmente porque ele sofreu uma expansão adiabática ao subir. Enfatize que realizar trabalho (se expandir) custa energia interna (temperatura).

Atividades — Aula 02

1. Interpretativa

Com base no tópico 5.1 do Volume 3, descreva o que acontece com a temperatura de uma massa de ar úmido quando a Tempestade a força a subir para altitudes elevadas, onde a pressão atmosférica é menor. Utilize o conceito de expansão em sua resposta.

2. Conceitual

Na Primeira Lei da Termodinâmica ($\Delta U = Q - W$), quando uma massa de ar se expande sem trocar calor com o ambiente ($Q=0$), o trabalho (W) é realizado às custas da energia interna (ΔU). Explique fenomenologicamente por que esse processo é essencial para que Ororo Munroe consiga formar nuvens de chuva.

3. Fenomenológica (Proporcionalidade)

Se a Tempestade comprimisse uma massa de ar de forma súbita (reduzindo seu volume), em vez de expandi-la, o que você esperaria que acontecesse com a temperatura desse ar? Justifique com base no comportamento dos gases estudado.

4. Simulador

No simulador PhET "Propriedades dos Gases", ao expandir o volume, a velocidade das "bolinhas" (moléculas) diminui. Sabendo que a temperatura é a medida da agitação molecular, como essa observação visual confirma o mecanismo de formação de tempestades por Ororo Munroe?

5. CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

O livro menciona que o domínio da energia cinética molecular poderia ajudar regiões com secas prolongadas. Pesquise sobre o método real de "semeadura de nuvens" e discuta como a intervenção humana no ciclo termodinâmico da atmosfera pode impactar o equilíbrio ambiental (BNCC).

6. Debate

O autor calcula que um único raio de Ororo libera 60 bilhões de Joules, o equivalente a 150 mil hambúrgueres em termos metabólicos. Discuta: se a atmosfera é uma "máquina térmica", de onde vem a energia original que a Tempestade manipula para criar tais eventos colossais? (Considere a radiação solar como fonte primária).



Gabarito Comentado — Aula 02

Resposta

1

A temperatura cai. Ao subir para regiões de menor pressão, a massa de ar se expande. Essa expansão consome energia interna do próprio gás para realizar trabalho, resultando em um resfriamento que permite a condensação do vapor de água.

Resposta

2

Como a expansão é adiabática, a queda na temperatura (ΔU negativa) é o que permite que o vapor de água atinja o ponto de orvalho, transformando-se em gotículas líquidas que compõem as nuvens.

Resposta

3

A temperatura aumentaria. Na compressão adiabática, o trabalho é realizado sobre o gás, aumentando sua energia interna e, conseqüentemente, sua temperatura (princípio usado em bombas de bicicleta, por exemplo).

Resposta

4

O simulador mostra que a expansão (aumento do espaço) reduz a frequência de colisões e a velocidade média das moléculas. Isso prova visualmente que a expansão térmica retira energia cinética do sistema, resfriando o ambiente da heroína.

Resposta Esperada

5

O aluno deve citar o uso de iodeto de prata para induzir a precipitação. O debate deve focar na ética da manipulação climática e no fato de que "fazer chover" em um lugar pode significar "tirar a chuva" de outro, alterando o equilíbrio termodinâmico regional.

Resposta

6

A energia vem do Sol. O Sol aquece a superfície terrestre e os oceanos de forma desigual, criando as massas de ar quente (energia térmica e potencial) que a Tempestade organiza e dispara. Ela atua como um "gatilho" para converter a energia já acumulada na atmosfera em energia elétrica e mecânica.

Aula 03: Mulher Invisível e a Óptica dos Campos de Força



Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 1



Tópico Específico

4.3 Sendo contornada pela luz



Conteúdo Trabalhado

Óptica Geométrica, Espelhos
Esféricos (Côncavos e
Convexos) e Formação de
Imagens.



BNCC

(EM13CNT301) – Interpretar
modelos explicativos e
realizar previsões sobre o
comportamento da luz e a
formação de imagens em
superfícies reflexivas.

Objetivos

1. Diferenciar o comportamento da luz ao atingir superfícies curvas côncavas e convexas.
2. Identificar como a curvatura de um campo de força pode ser usada para focar luz (como uma lupa) ou dispersá-la (ampliando o campo de visão).
3. Analisar fenomenologicamente a formação de imagens reais e virtuais.



Desenvolvimento — Aula 03

01



Contextualização

O professor deve iniciar lembrando que Sue Storm não apenas fica invisível, mas cria campos de força resistentes. Questione: "Se esse campo de força fosse levemente reflexivo e tivesse a forma de uma calota esférica, o que aconteceria com a luz que bate nele? Ele funcionaria como um espelho de maquiagem ou como um espelho de garagem?".

02



Espelho Côncavo (Lado Interno)

Concentra a luz no Foco. Pode criar imagens invertidas ou ampliadas. Relacione com Sue Storm criando um "foco de calor" ao concentrar raios solares em um ponto.

03



Espelho Convexo (Lado Externo)

Dispersa a luz. Aumenta o campo de visão, mas as imagens são sempre virtuais e menores. Relacione com um escudo protetor que permite à heroína ver uma área maior ao seu redor.

04



Elementos do Espelho

Apresente de forma simples o Raio de Curvatura (R) e o Foco ($f=R/2$). Explique que a "força" óptica do campo depende de quão "curvado" Sue o projeta.

05



Simulação PhET

Acesse o simulador "Óptica Geométrica". Selecione a opção "Espelho". Escolha o objeto "Seta". Alterne entre o espelho côncavo e o convexo. Peça para os alunos moverem o objeto e observarem quando a imagem "de cabeça para baixo" (real) vira uma imagem "de pé" (virtual). Questione: "Em que posição Sue Storm deveria colocar um vilão para que ele se visse invertido em seu campo de força?".

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum é decorar as 5 formações de imagem do espelho côncavo. Foque no fenômeno do Foco. Mostre que o espelho côncavo é o único que pode "queimar" algo, enquanto o convexo é o "espelho de segurança" que nos ajuda a ver mais, porém tudo menor.

Atividades — Aula 03

1. Interpretativa

Imagine que a Mulher Invisível projete um campo de força esférico para se proteger de um ataque de laser. Se a parte externa do campo for reflexiva (comportando-se como um espelho convexo), o que acontecerá com os raios de laser após atingirem o escudo? Eles serão concentrados em um ponto ou espalhados para o ambiente? Justifique.

2. Conceitual

Ao olhar para a parte interna (côncava) de seu próprio campo de força, Sue Richards nota que sua imagem aparece de cabeça para baixo. No entanto, ao aproximar muito o rosto da superfície do campo, sua imagem subitamente fica "de pé" e muito grande. Explique fenomenologicamente por que essa mudança ocorre.

3. Fenomenológica (Matemática Direta)

Se o campo de força da Mulher Invisível tiver um Raio de Curvatura de 4 metros, a qual distância da superfície o "ponto de maior calor" (foco) será formado quando ela receber raios solares paralelos? (Dica: $f=R/2$).

4. Simulador

No simulador PhET "Óptica Geométrica", utilize um espelho convexo. Tente produzir uma imagem que seja maior que o objeto original. É possível? Relacione essa observação com o uso de espelhos convexos em retrovisores de veículos e como Sue Storm usaria isso para monitorar vários vilões ao mesmo tempo.

5. CTS (Ciência e Tecnologia)

Antenas parabólicas e telescópios modernos utilizam a mesma geometria dos campos de força de Sue Storm. Pesquise como o formato parabólico (uma evolução do esférico) ajuda a captar sinais fracos do espaço ou da TV, concentrando-os em um receptor central.

6. Debate

Se Sue Storm criasse um campo de força perfeitamente plano (como um espelho comum), ela conseguiria concentrar luz para incendiar um objeto? Discuta a importância da curvatura da superfície na manipulação da energia luminosa.



Gabarito Comentado — Aula 03

1

Resposta

Eles serão espalhados (divergidos). O espelho convexo tem a propriedade de dispersar os raios de luz incidentes, o que seria uma excelente estratégia de defesa para evitar que a energia do ataque se concentrasse em um único ponto do escudo.

2

Resposta

Isso ocorre porque, ao se aproximar muito (ficando entre o Foco e o Vértice do espelho), a imagem deixa de ser real e invertida para se tornar virtual, direita e ampliada. É o mesmo efeito de um espelho de maquiagem ou de dentista.

3

Cálculo

$f=4/2=2$ metros. Orientação: Reforce que o foco é o ponto onde a energia se concentra, sendo a metade do raio de curvatura da esfera que originou o campo.

4

Resposta

Não é possível. No espelho convexo, a imagem é sempre menor, virtual e direita. A vantagem fenomenológica é o aumento do campo visual, permitindo que a heroína observe uma área muito maior atrás dela do que um espelho plano permitiria.

5

Resposta Esperada

O aluno deve explicar que superfícies curvas concentram todas as ondas captadas em uma grande área para um único ponto (foco). Isso aumenta a intensidade do sinal recebido, permitindo que tecnologias humanas (e os poderes de Sue) transformem ondas dispersas em informação ou energia útil.

6

Resposta

Não. Um espelho plano reflete os raios mantendo-os paralelos ou apenas mudando sua direção sem aproximá-los. Para concentrar energia (focar), é obrigatório que a superfície seja convergente (côncava), provando que a geometria da forma é tão importante quanto o material de que o campo é feito.

Aula 04: Namor e a Óptica da Visão Submarina

Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 3

Tópico Específico

1.12 Convivendo com a baixa
iluminação

Conteúdo Trabalhado

Refração da Luz, Índice de
Refração ($n=c/v$) e Visão
Humana vs. Aquática.

BNCC

(EM13CNT301) – Interpretar
modelos explicativos e realizar
previsões sobre o
comportamento da luz
(refração) e o funcionamento
de sistemas ópticos.

Objetivos

1. Compreender o fenômeno da refração como a mudança de velocidade da luz ao transitar entre meios (ar/água/córnea).
2. Explicar fenomenologicamente por que a visão humana fica "embaçada" debaixo d'água sem o uso de máscaras.
3. Analisar a formação da imagem e a posição aparente de objetos submersos.

Desenvolvimento — Aula 04

01

Contextualização

O professor deve iniciar questionando: "Por que nós, humanos, enxergamos tudo borrado quando abrimos os olhos debaixo d'água, enquanto Namor enxerga com nitidez absoluta?". Explique que a visão depende da luz dobrar (refratar) ao entrar no olho.

02

A Física da Refração

Utilize o tópico 1.12 do livro para explicar que a refração ocorre porque a luz muda de velocidade ao passar de um meio para outro. O Índice de Refração (n) mede essa "dificuldade". No ar ($n \approx 1$), a luz entra na córnea humana e sofre o desvio correto para focar na retina. Na água ($n \approx 1,33$), o índice é muito próximo ao da córnea humana, o que faz com que a luz quase não sofra desvio, resultando em imagem fora de foco.

03

Posição Real vs. Aparente

Mostre que, para um observador fora da água, os objetos parecem estar mais rasos do que realmente estão. Questione: "Se Namor arremessar seu tridente da água para a superfície, ele deve mirar exatamente onde vê o alvo?".

04

Adaptação Biológica de Namor

Explique que os olhos de Namor evoluíram para que o desvio correto ocorra dentro do fluido denso. Seus olhos possuem córnea e cristalino adaptados ao índice de refração da água salgada.

05

Simulação PhET

Acesse o simulador "Desvio da Luz" (Bending Light), aba "Introdução". Ligue o laser. Observe o raio passando do Ar para a Água. Altere o meio inferior para "Vidro" e peça para notarem que o desvio aumenta conforme o índice de refração cresce. Peça para os alunos igualarem os dois meios (Ar e Ar). O raio sofre desvio? Relacione isso com a visão do Namor.

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum dos alunos é achar que a luz "faz curva" sozinha. A refração é um fenômeno de fronteira. Destaque que a máscara de mergulho não serve para "não arder o olho", mas para manter uma camada de ar na frente da córnea, devolvendo ao olho humano a capacidade de refratar a luz corretamente.

Atividades — Aula 04

1. Interpretativa

Com base nos conceitos de refração, por que a Mulher Invisível, se fosse 100% transparente e tivesse o mesmo índice de refração do ar, seria cega (tópico 4.6), enquanto Namor consegue enxergar perfeitamente mesmo em um meio denso como a água?

2. Conceitual

A luz viaja a 300.000km/s no vácuo e a aproximadamente 225.000km/s na água. O que acontece com o raio de luz ao passar do ar para a água em termos de direção e velocidade? Use o termo "refração" em sua resposta.

3. Fenomenológica (ENEM)

Um pescador de Wakanda tenta atingir Namor com uma lança enquanto o herói está submerso. Devido à refração, o pescador vê Namor em uma posição aparente. Para acertar o herói, o pescador deve mirar: a) Exatamente onde vê a imagem de Namor. b) Um pouco acima da imagem que ele vê. c) Um pouco abaixo da imagem que ele vê. Justifique com base no desvio da luz ao sair da água para o ar.

4. Simulador

No simulador PhET "Desvio da Luz", ao aumentar o índice de refração do meio inferior (ex: mudando de água para vidro), o raio se aproxima ou se afasta da linha normal (vertical pontilhada)? Como isso explica a dificuldade de foco do olho humano submerso?

5. CTS (Tecnologia)

As máscaras de mergulho modernas restauram a visão humana no oceano. Explique como essa tecnologia utiliza a interface "Ar-Córnea" para compensar a limitação biológica de nossos olhos descrita no livro.

6. Debate

Namor vive nas zonas abissais onde quase não há luz solar. Discuta: seria mais vantajoso para o povo de Talokan ter olhos enormes para captar fótons raros ou utilizar a bioluminescência e o som (ecolocalização) para "enxergar" o ambiente? Justifique com base no tópico 1.12.



Gabarito Comentado — Aula 04

1

Resposta

Para enxergar, a retina precisa absorver luz. Se a transparência for perfeita (luz passa sem interagir), o cérebro não recebe informação. Namor enxerga porque seus olhos possuem pigmentos que absorvem a luz disponível, e sua estrutura ocular promove o desvio (refração) necessário mesmo com água encostada na córnea.

2

Resposta

Ao passar para a água (meio mais denso), a velocidade da luz diminui. Esse processo é a refração, que causa um desvio no raio luminoso, aproximando-o da linha normal.

3

Resposta

Letra (c). A luz que sai do Namor sofre refração ao passar da água para o ar, afastando-se da normal. Isso faz com que a imagem pareça estar mais próxima da superfície do que o corpo real. Portanto, deve-se mirar abaixo da imagem vista.

4

Resposta

O raio se aproxima da normal. No olho humano submerso, como o índice da água é próximo ao da córnea, o desvio é insuficiente (o raio não "dobra" o bastante), impedindo que a luz convirja exatamente sobre a retina.

5

Resposta

A máscara aprisiona uma bolha de ar. Como o índice de refração do ar é muito diferente do da córnea, a refração volta a ser intensa o suficiente para que o cristalino consiga focar a luz na retina, devolvendo a nitidez visual ao mergulhador.

6

Resposta

O debate deve focar na adaptação. Nas profundezas, a luz solar é inexistente. Olhos grandes seriam inúteis sem fonte de luz. A bioluminescência (luz própria) ou a ecolocalização (ondas sonoras que refletem em obstáculos) são soluções físicas mais eficazes para a sobrevivência em ambientes de escuridão total.

Aula 05: Chapolin e a Ressonância das Anteninhas

Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 1

Tópico Específico

5.1 Antenas de vinil

Conteúdo Trabalhado

Ondas (Propagação e
Natureza), Frequência Natural
de Vibração e Ressonância.

BNCC

(EM13CNT301) – Interpretar
modelos explicativos e
realizar previsões sobre o
comportamento de ondas e a
transferência de energia.

Objetivos

1. Identificar as anteninhas de vinil como receptores biotecnológicos sensíveis a vibrações e ondas.
2. Compreender o fenômeno da ressonância como o mecanismo que permite a detecção seletiva de "presenças inimigas".
3. Analisar fenomenologicamente como a energia de uma onda externa pode ser transferida para um corpo oscilante.

Desenvolvimento — Aula 05

01

Contextualização

O professor deve iniciar imitando o movimento das anteninhas do Chapolin. Questione: "Por que elas se mexem sozinhas quando o perigo está perto? Elas estão ouvindo o vilão ou sentindo a energia dele?". Explique que, conforme o livro, as anteninhas são os órgãos mais evoluídos do herói, funcionando como um radar físico.

02

A Física da Ressonância

Explique que todos os objetos possuem uma "frequência natural" (como o balanço de um parque ou as cordas de um violão). Quando uma onda externa atinge um objeto com a mesma frequência que a dele, o objeto começa a vibrar com amplitudes cada vez maiores. Esse fenômeno é a Ressonância.

03

Transferência de Energia

Destaque que a onda não leva matéria (as anteninhas não saem do lugar), mas leva energia. É essa energia que faz o vinil vibrar, alertando o herói. Relacione isso às anteninhas: elas entram em ressonância com o padrão ondulatório emitido pela aproximação de um vilão.

04

Frequência Natural do Vinil

Explique que o material vinil possui uma frequência natural de vibração específica. O Chapolin, ao longo de suas aventuras, calibrou suas anteninhas para ressoar com as frequências típicas de vilões em movimento.

05

Simulação PhET

Acesse o simulador "Ondas: Introdução", aba "Som". Selecione a visualização de "Ondas". Ligue a fonte de som. Aumente a frequência ao máximo. Peça aos alunos para observarem a velocidade com que as frentes de onda atingem o receptor. Questione: "Se o Chapolin ajustasse a rigidez do vinil de suas anteninhas, ele conseguiria detectar diferentes frequências de perigo?".

 **Dica para o Professor:** O erro mais comum dos alunos é achar que ressonância é apenas "eco". O eco é reflexão. A ressonância é sintonia. Use o exemplo clássico do cantor que quebra a taça de cristal: a taça vibra tanto ao "ouvir" a nota certa que se rompe. As anteninhas do Chapolin são receptores de alta sensibilidade que entram em sintonia com o ambiente.

Atividades — Aula 05

1. Interpretativa

De acordo com o tópico 5.1 do Volume 1, as antenas de vinil são descritas como órgãos capazes de detectar um "efeito físico" provocado pelo inimigo. Que tipo de informação física uma onda (seja sonora ou eletromagnética) carrega que permitiria ao Chapolin saber que alguém está se aproximando?

2. Conceitual

O fenômeno da Ressonância ocorre quando um sistema físico recebe energia de uma fonte externa que oscila em sua frequência natural. Explique fenomenologicamente como esse conceito justifica o movimento súbito das anteninhas do Polegar Vermelho no momento do perigo.

3. Fenomenológica (ENEM)

Quando o Chapolin diz "Minhas anteninhas de vinil estão detectando a presença do inimigo!", ele está agindo como: a) Uma fonte primária de luz. b) Um receptor de ondas em estado de ressonância. c) Um gerador de vácuo. d) Um espelho plano refletor.

4. Simulador

No simulador PhET "Ondas", ao aumentar a Amplitude da fonte, o que acontece com a intensidade visual da onda? Se as anteninhas do Chapolin vibrassem com uma amplitude muito alta, o que isso indicaria sobre a "força" ou a proximidade do perigo?

5. CTS (Tecnologia)

Os sensores de estacionamento dos carros modernos e os radares meteorológicos utilizam o mesmo princípio de emissão e recepção de ondas descrito para o Chapolin. Pesquise como esses aparelhos "enxergam" obstáculos invisíveis ao motorista ou ao meteorologista.

6. Debate

No livro, menciona-se que alguns animais detectam desastres naturais antes dos humanos. Discuta: se as anteninhas do Chapolin fossem feitas de um material mais rígido (como aço), elas seriam mais ou menos sensíveis a vibrações do ar do que se fossem de vinil (plástico flexível)? Considere a facilidade de deformação do material.



Gabarito Comentado — Aula 05

Resposta

1

As ondas carregam energia e frequência. A aproximação de um corpo massivo (vilão) pode gerar deslocamentos de ar (ondas de pressão) ou até perturbações eletromagnéticas que as antenas, como sensores sensíveis, conseguem converter em estímulo mecânico (vibração).

Resposta

2

As anteninhas possuem uma frequência natural de oscilação. Quando o "ritmo" da perturbação causada pelo vilão coincide com esse ritmo natural, a transferência de energia é máxima, fazendo com que as antenas balancem visivelmente para o herói, funcionando como um alarme sintonizado.

Resposta

3

Letra (b). As antenas não criam o sinal, elas o recebem e reagem a ele através da sintonia de frequências (ressonância).

Resposta

4

A onda fica mais "forte" (cor mais intensa ou picos maiores). No contexto do herói, uma amplitude alta indicaria que a energia captada é intensa, sugerindo que o perigo é iminente ou muito próximo.

Resposta Esperada

5

O aluno deve mencionar o uso de ultrassom (sensores de ré) ou ondas de rádio (radar). Essas tecnologias emitem um sinal que, ao encontrar um obstáculo, retorna e é captado por um receptor que entra em "comunicação" com a onda, permitindo calcular distâncias.

Resposta

6

O debate deve focar na inércia. O aço é mais denso e rígido, exigindo uma quantidade de energia ondulatória muito maior para começar a vibrar (maior inércia). O vinil, por ser leve e flexível, entra em ressonância com muito mais facilidade, sendo um material mais adequado para um sensor de alta precisão como o do Chapolin.

Aula 06: Hulk e as Qualidades Fisiológicas do Som



Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 2



Tópico Específico

2.6 Palmadas sônicas



Conteúdo Trabalhado

Acústica: Intensidade
(Volume), Altura (Frequência)
e Timbre. Ondas de Choque e
Nível de Intensidade Sonora
(dB).



BNCC

(EM13CNT201) – Analisar e
utilizar modelos científicos,
elaborar explicações e
previsões sobre fenômenos
naturais e tecnológicos.

Objetivos

1. Diferenciar, de forma fenomenológica, as três qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade e timbre) através das ações do herói.
2. Compreender a relação entre a energia mecânica do impacto e a intensidade sonora produzida.
3. Analisar os riscos biológicos de sons de altíssima intensidade e suas aplicações tecnológicas (CTS).



Desenvolvimento — Aula 06

01



Contextualização

O professor deve iniciar imitando o gesto da "palmada sônica" do Hulk. Questione: "O som que o Hulk produz ao bater as mãos é forte ou é alto? Existe diferença na física?". Explique que, conforme o livro, a palmada comprime o ar violentamente, gerando uma onda de pressão massiva.

02



Intensidade (Volume)

Use o exemplo da força bruta de Bruce Banner. Quanto mais força ele aplica, maior é a amplitude da onda gerada. Isso resulta em um som mais forte (maior intensidade em decibéis), capaz de derrubar inimigos sem tocá-los.

03



Altura (Grave ou Agudo)

Discuta a voz do Hulk. Cordas vocais massivas e largas vibram em baixas frequências, produzindo um som grave (baixo). Diferencie isso da voz do Homem-Formiga encolhido, que seria aguda (alta) devido ao tamanho reduzido das cordas vocais.

04



Timbre

Explique que conseguimos identificar que o barulho é uma "palmada" e não uma explosão de bomba devido ao timbre, que é o "formato" da onda sonora resultante da combinação de várias frequências.

05



Simulação PhET

Acesse o simulador "Ondas Sonoras". Aumente a Amplitude ao máximo (simulando a palmada do Hulk). Observe as zonas de compressão e rarefação (áreas mais escuras e claras). Altere a Frequência e note que as faixas ficam mais "juntas" (agudo) ou "afastadas" (grave), mas a "força" visual da onda depende apenas da amplitude.

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum dos alunos é usar a palavra "alto" para se referir ao volume. Na física, um som alto é um som de alta frequência (agudo). O que o Hulk produz é um som de alta intensidade (som forte). Corrija o vício de linguagem reforçando que "abaixar o som" é diminuir a intensidade, não a altura.

Atividades — Aula 06

1. Interpretativa

Com base no tópico 2.6 do Volume 2, explique por que um adversário do Hulk pode ser lançado para trás mesmo se as mãos do herói não o atingirem fisicamente. Utilize o conceito de onda de pressão em sua resposta.

2. Conceitual

O Hulk solta um rugido poderoso. Identifique qual grandeza física (frequência ou amplitude) está relacionada a cada característica abaixo: a) O fato de o rugido ser muito grave e profundo. b) O fato de o rugido ser ouvido a quilômetros de distância devido ao seu "volume" ensurdecedor.

3. Fenomenológica (Proporcionalidade)

A intensidade sonora diminui com o quadrado da distância ($I \propto 1/d^2$). Se a palmada do Hulk atinge um vilão a 2 metros de distância com uma certa força, o que acontece com a intensidade do impacto se o vilão estiver a 4 metros (o dobro da distância)? a) A intensidade cai pela metade. b) A intensidade cai para um quarto do valor original. c) A intensidade permanece a mesma.

4. Simulador

No simulador PhET "Ondas Sonoras", ao manter a fonte sonora constante e aumentar a amplitude, o que acontece com a densidade das esferas de ar nas zonas de compressão? Relacione essa observação visual com o poder destrutivo do Hulk.

5. CTS (Tecnologia)

Existem armas reais chamadas LRAD (Dispositivos Acústicos de Longo Alcance) que usam o princípio da intensidade sonora do Hulk para dispersar multidões ou afastar piratas. Pesquise como o som pode ser usado de forma ética para a segurança pública sem causar danos permanentes aos ouvidos.

6. Debate

Se o Hulk batesse palmas com toda a sua força no vácuo do espaço, ele conseguiria derrubar um oponente próximo com uma onda sônica? Justifique sua resposta considerando a natureza da onda sonora como onda mecânica.



Gabarito Comentado — Aula 06

Resposta

1

Isso ocorre porque as mãos do Hulk, ao se chocarem, transferem energia cinética para as moléculas de ar, criando uma zona de compressão violenta. Essa perturbação de pressão se propaga como uma onda de choque mecânica que atinge o adversário, exercendo uma força real capaz de deslocá-lo.

Resposta

2

a) Frequência (sons graves possuem baixas frequências). b) Amplitude (a energia da onda define sua intensidade/volume).

Resposta

3

Letra (b). Como a intensidade é inversamente proporcional ao quadrado da distância, dobrar a distância (2^2) faz com que a energia se espalhe por uma área quatro vezes maior, reduzindo a intensidade para um quarto.

Resposta

4

As moléculas ficam muito mais juntas nas faixas de compressão. Isso prova que sons de alta intensidade carregam uma variação de pressão muito maior, o que explica por que a palmada do Hulk pode quebrar vidros e rachar paredes.

Resposta Esperada

5

O aluno deve explicar que o LRAD concentra ondas sonoras em um feixe direcional de alta intensidade. O debate ético envolve o uso de níveis de decibéis que causem desconforto para dispersão, mas que não ultrapassem o limite de ruptura do tímpano (limiar da dor), protegendo a integridade física conforme prega a BNCC.

Resposta

6

Não. O som é uma onda mecânica e exige um meio material (como o ar ou a água) para se propagar através de colisões moleculares. No vácuo, não há moléculas para serem comprimidas, portanto a "palmada sônica" não existiria e nenhum som seria ouvido.

Aula 07: Aquaman e a Física das Profundezas (Hidrostática)



Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 3



Tópico Específico

1.10 Sofrendo com a
hipotermia



Conteúdo Trabalhado

Pressão Hidrostática, Teorema
de Stevin ($P = P_{atm} + \rho gh$),
Densidade de Fluidos e
Adaptações Biológicas à
Pressão.



BNCC

(EM13CNT101) – Analisar e
representar transformações e
conservações em sistemas que
envolvam quantidade de
matéria, de energia e de
movimento.

Objetivos

1. Compreender como a pressão em um fluido varia proporcionalmente à profundidade (Teorema de Stevin).
2. Analisar fenomenologicamente por que o corpo do Aquaman não é "esmagado" pela coluna de água no fundo do oceano.
3. Diferenciar a pressão exercida apenas pelo fluido da pressão total (soma com a atmosfera).



Desenvolvimento — Aula 07

01



Contextualização

O professor deve iniciar com uma pergunta instigante: "Se descermos a 10.000 metros de profundidade na Fossa das Marianas, a pressão seria equivalente ao peso de um elefante sobre cada centímetro do nosso corpo. Por que o Aquaman consegue nadar ali sem sofrer danos?".

Explique que a pressão total em um corpo imerso depende da densidade da água, da gravidade e da profundidade (h).

02



A Regra dos 10 Metros

Utilize o exemplo do livro: para cada 10 metros que Aquaman submerge na água do mar, a pressão sobre ele aumenta em aproximadamente 1 atmosfera (1 atm). Portanto, a 20 metros, ele sente 2 atm de pressão da água, mais a 1 atm do ar na superfície.

03



Teorema de Stevin

Apresente a fórmula $P = \rho \cdot g \cdot h$ como o cálculo da "coluna de água" sobre o herói. Explique fenomenologicamente que a água é praticamente incompressível; a resistência do herói vem do fato de que seus tecidos são compostos majoritariamente por água, equilibrando a pressão interna com a externa.

04



Pressão Total

Destaque que nunca estamos sob pressão zero, pois mesmo na superfície carregamos o peso da atmosfera ($P_{atm} \approx 10^5$ Pa). A pressão total é sempre: $P_{total} = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$.

05



Simulação PhET

Acesse o simulador "Pressão sob Pressão" (Under Pressure). Coloque o medidor de pressão no fundo do tanque vazio. Encha o tanque com água e observe o aumento imediato da pressão. Altere a "Densidade do Fluido" para mel ou gasolina e veja como a pressão muda mesmo na mesma profundidade. Questione: "Se Aquaman nadar horizontalmente no fundo, ele sente variações de pressão?".

Desenvolvimento — Aula 07

01

Contextualização

O professor deve iniciar com uma pergunta instigante: "Se descermos a 10.000 metros de profundidade na Fossa das Marianas, a pressão seria equivalente ao peso de um elefante sobre cada centímetro do nosso corpo. Por que o Aquaman consegue nadar ali sem sofrer danos?".

Explique que a pressão total em um corpo imerso depende da densidade da água, da gravidade e da profundidade (h).

02

A Regra dos 10 Metros

Utilize o exemplo do livro: para cada 10 metros que Aquaman submerge na água do mar, a pressão sobre ele aumenta em aproximadamente 1 atmosfera (1 atm). Portanto, a 20 metros, ele sente 2 atm de pressão da água, mais a 1 atm do ar na superfície.

03

Teorema de Stevin

Apresente a fórmula $P = \rho \cdot g \cdot h$ como o cálculo da "coluna de água" sobre o herói. Explique fenomenologicamente que a água é praticamente incompressível; a resistência do herói vem do fato de que seus tecidos são compostos majoritariamente por água, equilibrando a pressão interna com a externa.

04

Pressão Total

Destaque que nunca estamos sob pressão zero, pois mesmo na superfície carregamos o peso da atmosfera ($P_{\text{atm}} \approx 10^5 \text{ Pa}$). A pressão total é sempre: $P_{\text{total}} = P_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot h$.

05

Simulação PhET

Acesse o simulador "Pressão sob Pressão" (Under Pressure). Coloque o medidor de pressão no fundo do tanque vazio. Encha o tanque com água e observe o aumento imediato da pressão. Altere a "Densidade do Fluido" para mel ou gasolina e veja como a pressão muda mesmo na mesma profundidade. Questione: "Se Aquaman nadar horizontalmente no fundo, ele sente variações de pressão?".

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum dos alunos é achar que a pressão no fundo do mar depende do "tamanho do oceano". O Teorema de Stevin prova que a pressão depende apenas da altura da coluna de água (h) acima do ponto. Se o Aquaman estiver a 10 metros de profundidade em uma piscina olímpica ou no meio do Atlântico, a pressão sobre ele será exatamente a mesma.

Atividades — Aula 07

1. Interpretativa

De acordo com o tópico 1.7 do Volume 3, a pressão aumenta linearmente com a profundidade. Explique por que mergulhadores humanos precisam subir à superfície lentamente, enquanto Aquaman pode realizar subidas rápidas sem sofrer com a descompressão (embolia).

2. Conceitual

O Teorema de Stevin afirma que a pressão total é $P_{\text{total}} = P_{\text{atm}} + \rho g h$. Se Aquaman está a uma profundidade onde a pressão da água é de 50 atm, qual é a pressão total que seu corpo está suportando, considerando a pressão atmosférica na superfície?

3. Fenomenológica (ENEM)

Um submarino de exploração de Atlântida possui uma janela de vidro. Se o submarino mergulha de uma profundidade de 100 metros para 200 metros, o que acontece com a força que a água exerce sobre essa janela? a) A força dobra de intensidade. b) A força diminui pela metade. c) A força permanece constante, pois a janela é pequena. Justifique com base na relação entre pressão e profundidade.

4. Simulador

No simulador PhET "Pressão sob Pressão", ao desligar a atmosfera (opção "Atmosphere Off"), o que acontece com o valor da pressão medida pelo sensor no fundo do tanque? Como isso se relaciona com a fórmula do Teorema de Stevin estudada?

5. CTS (Tecnologia)

O livro menciona que a água conduz calor muito mais rápido que o ar. Pesquise como os trajes de mergulho (Neoprene) e os cascos de submarinos são projetados para lidar não apenas com a pressão hidrostática, mas também com a perda de energia térmica (hipotermia) discutida no tópico 1.10.

6. Debate

Se o Aquaman pudesse nadar em um mar de mercúrio (fluido muito mais denso que a água), ele teria mais facilidade ou mais dificuldade para mergulhar até o fundo? Considere a relação entre densidade e pressão hidrostática em sua análise.



Gabarito Comentado — Aula 07

1

Resposta

Humanos possuem pulmões cheios de ar, onde gases (como o nitrogênio) se dissolvem no sangue sob alta pressão. Uma subida rápida faz esses gases formarem bolhas fatais. Aquaman possui adaptações biológicas (brânquias e tecidos incompressíveis) que evitam a compressão excessiva de cavidades gasosas, permitindo-lhe transitar entre diferentes pressões com segurança.

2

Cálculo

$P_{\text{total}} = P_{\text{água}} + P_{\text{atm}} \rightarrow 50\text{atm} + 1\text{atm} = 51\text{atm}$. Orientação: Reforce que a atmosfera sempre 'soma' seu peso sobre a superfície do líquido.

3

Resposta

Letra (a). De acordo com o Teorema de Stevin ($P \propto h$), a pressão hidrostática é diretamente proporcional à profundidade. Se a profundidade dobra, a pressão dobra e, consequentemente, a força exercida sobre a área da janela também dobra ($F = P \cdot A$).

4

Resposta

O valor da pressão diminui (exatamente em 101,3 kPa ou 1 atm). Isso demonstra que a pressão absoluta depende da pressão atmosférica externa agindo sobre o fluido, validando a parte P_{atm} da equação de Stevin.

5

Resposta Esperada

O aluno deve explicar que a pressão exige materiais rígidos ou estruturas de equilíbrio, enquanto a temperatura exige isolamento. Submarinos usam cascos duplos para ambos os fins, imitando a proteção necessária para a sobrevivência em ambientes extremos onde a água retira calor 20 vezes mais rápido que o ar.

6

Resposta

Ele teria muito mais dificuldade. Como o mercúrio é muito mais denso (ρ maior), a pressão aumentaria muito mais rápido a cada metro de descida, exercendo uma força de compressão (e empuxo) muito superior à da água, exigindo um esforço muscular colossal para vencer a resistência do fluido.



Aula 08: Homem-Aranha e a Física da Capilaridade



Livro Base

A Física e os Super-Heróis —
Volume 1



Tópico Específico

3.2 Escalando paredes



Conteúdo Trabalhado

Tensão Superficial,
Capilaridade, Forças de Coesão
e Adesão.



BNCC

(EM13CNT101) – Analisar e
representar as transformações
e conservações em sistemas
que envolvam quantidade de
matéria, de energia e de
movimento.

Objetivos

1. Diferenciar fenomenologicamente as forças de coesão (entre moléculas do fluido) das forças de adesão (entre fluido e superfície).
2. Compreender o fenômeno da capilaridade como o resultado da interação entre fluidos e tubos ou superfícies estreitas.
3. Relacionar a habilidade de escalar superfícies verticais com os princípios físicos da microfluídica observados na natureza.



Desenvolvimento — Aula 08

01



Contextualização

O professor deve iniciar perguntando: "Como o Homem-Aranha consegue subir uma parede de vidro perfeitamente lisa sem escorregar?". Explique que, de acordo com o livro, ele usa milhões de pequenos pelos (cerdas) que geram atração atômica (Van der Waals). Questione então: "E como uma gota de água ou um inseto minúsculo conseguem ficar grudados no teto?".

02



Coesão vs. Adesão

Explique que a física dos fluidos depende do equilíbrio entre duas forças. Coesão: é o "amor" que as moléculas de um fluido têm umas pelas outras (mantém a gota unida). Adesão: é a "atração" entre as moléculas do fluido e as da superfície (faz o fluido molhar e grudar na parede).

03



Capilaridade

Mostre que, quando as forças de adesão são muito fortes e o espaço é muito estreito (como entre os pelos das patas de uma aranha ou em um tubo capilar), o fluido pode "subir" contra a gravidade. É esse princípio que permite que a seiva suba nas árvores e que certos adesivos biológicos funcionem.

04



Tensão Superficial

A superfície de um líquido se comporta como uma membrana elástica. No caso do Homem-Aranha, se houvesse uma fina camada de umidade na parede, a tensão superficial e a capilaridade ajudariam a "prender" as cerdas de suas mãos à superfície.

05



Simulação PhET

Acesse o simulador "Estados da Matéria: Básico", aba "Estados". Selecione a molécula de Água. Observe como elas permanecem unidas em grupos (coesão). Aumente a temperatura e veja as moléculas se afastarem. Questione: "Se Peter Parker estivesse escalando uma chapa de metal fervendo, a adesão seria mais difícil?".

Desenvolvimento — Aula 08

01

Contextualização

O professor deve iniciar perguntando: "Como o Homem-Aranha consegue subir uma parede de vidro perfeitamente lisa sem escorregar?". Explique que, de acordo com o livro, ele usa milhões de pequenos pelos (cerdas) que geram atração atômica (Van der Waals). Questione então: "E como uma gota de água ou um inseto minúsculo conseguem ficar grudados no teto?".

02

Coesão vs. Adesão

Explique que a física dos fluidos depende do equilíbrio entre duas forças. Coesão: é o "amor" que as moléculas de um fluido têm umas pelas outras (mantém a gota unida). Adesão: é a "atração" entre as moléculas do fluido e as da superfície (faz o fluido molhar e grudar na parede).

03

Capilaridade

Mostre que, quando as forças de adesão são muito fortes e o espaço é muito estreito (como entre os pelos das patas de uma aranha ou em um tubo capilar), o fluido pode "subir" contra a gravidade. É esse princípio que permite que a seiva suba nas árvores e que certos adesivos biológicos funcionem.

04

Tensão Superficial

A superfície de um líquido se comporta como uma membrana elástica. No caso do Homem-Aranha, se houvesse uma fina camada de umidade na parede, a tensão superficial e a capilaridade ajudariam a "prender" as cerdas de suas mãos à superfície.

05

Simulação PhET

Acesse o simulador "Estados da Matéria: Básico", aba "Estados". Selecione a molécula de Água. Observe como elas permanecem unidas em grupos (coesão). Aumente a temperatura e veja as moléculas se afastarem. Questione: "Se Peter Parker estivesse escalando uma chapa de metal fervendo, a adesão seria mais difícil?".

  **Dica para o Professor:** O erro mais comum dos alunos é achar que o Homem-Aranha usa "sucção" (vácuo) como uma ventosa. A física de Peter Parker é baseada em interação de superfície. Use o exemplo do "Post-it" para explicar que a adesão não precisa de cola líquida, mas de contato íntimo entre as moléculas.

Atividades — Aula 08

1. Interpretativa

Com base no tópico 3.2 do Volume 1, o autor afirma que as aranhas precisam de apenas 1% de sua área corporal coberta por cerdas para sustentar seu peso. Por que a existência de milhões de filamentos minúsculos é mais eficiente para a adesão do que se a mão do herói fosse apenas uma superfície plana e lisa?

2. Conceitual

Defina os conceitos de Coesão e Adesão e explique, de forma fenomenológica, por que a água "sobe" por um canudo muito fino mergulhado em um copo (fenômeno da capilaridade).

3. Fenomenológica (ENEM)

Quando Peter Parker tenta escalar uma parede coberta de óleo, ele sente muito mais dificuldade do que em uma parede seca. Isso ocorre porque o óleo reduz a interação molecular efetiva. Na física dos fluidos, podemos dizer que: a) O óleo aumenta a força de coesão do herói. b) O óleo diminui a força de adesão entre as cerdas da mão e a parede. c) O óleo aumenta a gravidade local sobre o personagem. Justifique sua resposta.

4. Simulador

No simulador PhET "Estados da Matéria", ao observar a água no estado sólido (gelo), as moléculas formam uma estrutura organizada. Como essa organização (coesão interna) ajuda a explicar por que é impossível usar a capilaridade para escalar uma parede feita de gelo seco ou superfícies sólidas que não permitem a deformação molecular?

5. CTS (Tecnologia)

Existem hoje "fitas adesivas inspiradas em lagartixas" (Gecko Tapes) que imitam os pelos do Homem-Aranha descritos no livro. Pesquise como essa tecnologia pode ser usada em cirurgias médicas para "colar" tecidos humanos sem usar grampos ou costuras, utilizando apenas a física da adesão.

6. Debate

O livro discute que grandes animais terrestres perderam a habilidade de escalar paredes devido à sua massa elevada. Discuta: se o Homem-Aranha ganhasse muito peso (obesidade), a física da adesão molecular ainda seria suficiente para mantê-lo no teto? Considere a relação entre Área de Contato e Força Peso.



Gabarito Comentado — Aula 08

Resposta

1

Milhões de filamentos aumentam drasticamente a área de contato efetiva. Como a força de adesão molecular (Van der Waals) atua em distâncias curtíssimas, quanto mais pontos de contato houver, maior será a força total de união, permitindo vencer o peso do herói.

Resposta

2

Coesão é a atração entre moléculas iguais; Adesão é a atração entre moléculas diferentes. Na capilaridade, a adesão entre o líquido e as paredes do tubo é tão forte que "puxa" o líquido para cima; a coesão garante que o restante da coluna de fluido venha junto.

Resposta

3

Letra (b). O óleo atua como um lubrificante que impede o contato íntimo entre as cerdas e a parede, reduzindo a força de adesão necessária para suportar o peso do herói.

Resposta Esperada

4

O aluno deve notar que a fluidez é necessária para que as moléculas se moldem às irregularidades da superfície e permitam a adesão. No estado sólido rígido, não há essa "perfeição" de contato em nível microscópico, dificultando o efeito capilar de "grudar".

Resposta

5

Essas tecnologias utilizam milhões de microestruturas sintéticas que se moldam ao tecido humano em nível celular. A vantagem é a redução de inflamações e a capacidade de fechar cortes em órgãos internos onde a costura tradicional seria perigosa, aplicando a ciência das superfícies na saúde.

Resposta

6

Provavelmente não. Como visto na Lei do Quadrado-Cubo, o peso cresce muito mais rápido que a área de superfície. Para um herói muito pesado, a área de suas mãos seria insuficiente para gerar uma força de adesão que equilibrasse o seu peso, fazendo-o cair.