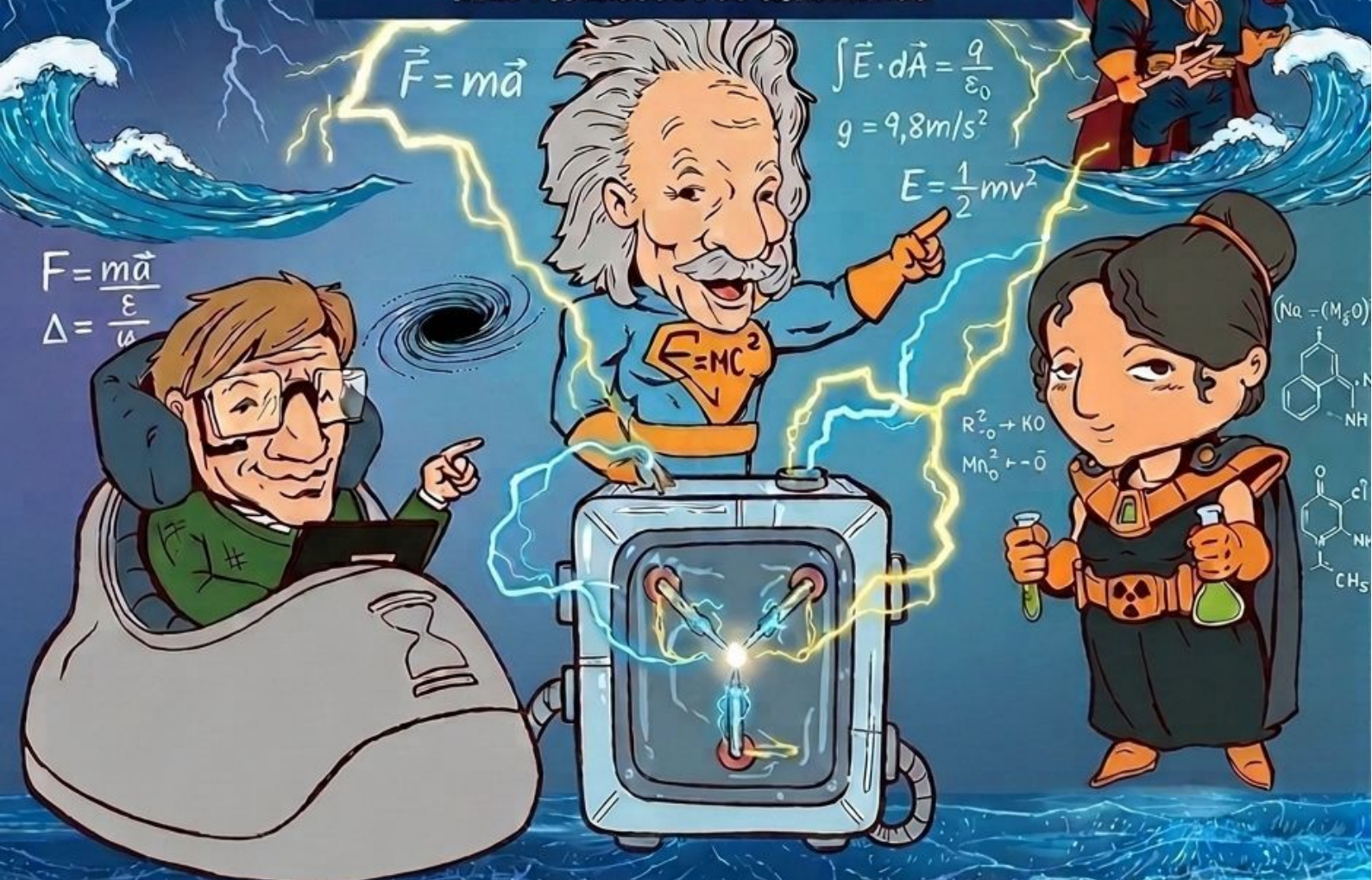


GUIA DE ATIVIDADES A FÍSICA E OS SUPER-HERÓIS VOL. 1, 2, 3

**RONEI
COELHO**

A CIÊNCIA EXPLICA AS HABILIDADES DOS PERSONAGENS
MAIS PODEROSOS DOS QUADRINHOS



1º ANO DO ENSINO MÉDIO

Guia de Atividades: 1º Ano Ensino Médio

— Física

Este guia reúne 8 aulas que conectam os conteúdos de Mecânica do 1º Ano 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: Cinemática

- **Aula 01:** Superman e a Relatividade dos Referenciais (Vol. 2 — 1.3 Referencial e velocidade relativa)
- **Aula 02:** Chapolin e a Cinemática da Redução de Escala (Vol. 1 — Pílulas de Polegarina)

2º Bimestre: Dinâmica

- **Aula 03:** Flash e a Física do Atrito e da Aderência (Vol. 1 — 2.1 e 3.10 A física do atrito)
- **Aula 04:** Aquaman e a Resistência dos Fluidos (Vol. 3 — 1.12 Arrasto e fluidos)

3º Bimestre: Energia

- **Aula 05:** Homem-Aranha e o Efeito Estilingue (Vol. 1 — 3.7 O efeito estilingue)
- **Aula 06:** Batman e a Física das Polias (Vol. 2 — 4.5 Lançador de gancho e polias)

4º Bimestre: Gravitação e Quantidade de Movimento

- **Aula 07:** Superman e o Teorema do Impulso (Vol. 1 — 1.4 Teorema do Impulso)
- **Aula 08:** Thor e a Dança das Órbitas (Vol. 3 — 2.6 Órbita e Gravitação)



Aula 01: Superman e a Relatividade dos Referenciais



Livro Base

A Física e os Super-Heróis – Volume 2



Tópico Específico

1.3. Resgatar pessoas durante a queda seria um salvamento?



Conteúdo Trabalhado

Referencial, Repouso e Movimento, Velocidade Relativa e Desaceleração ($a=\Delta v/\Delta t$)



BNCC

(EM13CNT101) – Analisar e representar movimentos para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e hipotéticas



Objetivos

1. Compreender que o estado de movimento ou repouso depende do referencial adotado.
2. Calcular a velocidade relativa e o tempo necessário para uma frenagem segura, isolando variáveis nas equações de movimento.
3. Analisar criticamente as condições físicas necessárias para um resgate bem-sucedido no ar.



Desenvolvimento — Aula 01

01



Contextualização

O professor deve narrar uma cena de resgate: o Superman voa para salvar uma pessoa que caiu de um prédio. Questiona: "Para o resgate ser seguro, o Superman deve estar parado no chão esperando a pessoa cair ou deve estar voando ao lado dela?"

02



O Conceito de Referencial

Utilize o tópico 1.3 do livro para explicar que a velocidade não é um "conceito absoluto". Se o Superman voa a 50 m/s e a pessoa cai a 50 m/s, a velocidade relativa entre eles é zero; para um observador na calçada, ambos estão em movimento veloz, mas um em relação ao outro, estão em repouso.

03



A Álgebra do Resgate

Apresente a equação da aceleração média $a=\Delta v/\Delta t$. Explique que, em um resgate real, a aceleração não pode ultrapassar o limite biológico humano. Para encontrar o tempo de frenagem seguro (Δt), o aluno deve aprender a isolar a variável: $\Delta t=\Delta v/a$.

04



Simulação Digital (PhET)

Utilize o simulador "Movimento em 2D" ou "Força e Movimento". Peça aos alunos para observarem como a alteração da força aplicada altera a velocidade ao longo do tempo. Desafie-os a prever em quanto tempo um objeto para se a força de frenagem for reduzida pela metade.

  **Dica para o Professor:** Destaque que o erro fatal em muitos filmes é mostrar o Superman parado no chão e "pegando" a pessoa. Isso gera uma variação de velocidade (Δv) imensa em um tempo (Δt) quase nulo, o que resulta em uma aceleração (força de impacto) infinita que cortaria a pessoa ao meio. O salvamento real exige sincronia de referenciais.

Atividades — Aula 01

1. Interpretativa

Com base no tópico 1.3 do Volume 2, explique por que o Superman, ao realizar um resgate em alta velocidade, deve igualar sua velocidade à da pessoa em queda antes de tocá-la. Utilize o conceito de velocidade relativa em sua resposta.

2. Cálculo (Isolamento de Variáveis)

Um civil cai de um prédio e atinge a velocidade de 40 m/s. O Superman o agarra e precisa desacelerá-lo. Sabendo que o corpo humano suporta uma desaceleração máxima segura de $a=50\text{m/s}^2$ (5G), isole o intervalo de tempo (Δt) na fórmula da aceleração ($a=\Delta v/\Delta t$) e calcule o tempo mínimo que o herói deve levar para parar o civil sem feri-lo.

3. Conceitual

Imagine que o Superman está voando a 100 km/h para o Norte e um vilão está voando a 100 km/h para o Sul na mesma linha reta. a) Qual é a velocidade do vilão em relação ao solo? b) Qual é a velocidade do vilão em relação ao Superman?

4. Simulador (Análise de Gráficos)

No simulador PhET "Movimento em 2D", selecione o modo "Queda Livre". Se um objeto cai com aceleração constante ($g=10\text{m/s}^2$), em quanto tempo ele atingirá a velocidade de 30 m/s partindo do repouso? Demonstre o cálculo isolando a variável tempo na função horária da velocidade $v=v_0+g\Delta t$.

5. CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

O livro menciona que o princípio de aumentar o tempo de impacto para reduzir a força é usado em Airbags. Pesquise e explique como a tecnologia dos carros modernos utiliza a física do "resgate suave" do Superman para salvar vidas em colisões reais.

6. Debate/Comparação

Se o Superman resgatasse uma pessoa usando uma rede elástica em vez de seus braços de aço, o tempo de parada (Δt) seria maior ou menor? Como isso afetaria a força sentida pela pessoa resgatada? Justifique comparando a rigidez dos braços do herói com a elasticidade da rede.



Gabarito Comentado — Aula 01

1

Questão 1

Ao igualar a velocidade, a velocidade relativa entre o herói e o civil torna-se zero. Isso permite que o contato ocorra sem impacto violento, simulando uma situação de repouso mútuo, permitindo que a desaceleração subsequente seja controlada e segura.

2

Questão 2 — Cálculo

Fórmula: $a = \Delta t \Delta v$. Isolando Δt : $\Delta t = a \Delta v$. Substituindo: $\Delta t = 50 \text{ m/s}^2 / 40 \text{ m/s} = 0,8 \text{ s}$. Conclusão: O Superman deve levar pelo menos 0,8 segundos para parar totalmente o movimento para não causar lesões internas no civil.

3

Questão 3

a) 100 km/h para o Sul (referencial solo). b) 200 km/h (velocidade de aproximação, pois os sentidos são opostos e as velocidades se somam no referencial de um dos heróis).

4

Questão 4 — Cálculo

$v = v_0 + g \Delta t \rightarrow 30 = 0 + 10 \Delta t$. Isolando t : $t = 30/10 = 3$ segundos. Análise: O simulador mostrará que a velocidade aumenta linearmente com o tempo devido à aceleração constante da gravidade.

5

Questão 5

O Airbag infla rapidamente para que o motorista colida com uma superfície deformável. Isso aumenta o tempo (Δt) que o rosto leva para parar, o que, pela fórmula $F = m \Delta v / \Delta t$, diminui drasticamente a força de impacto (F) sobre o crânio.

6

Questão 6

O tempo de parada seria maior, pois a rede se deforma enquanto freia o corpo. Como a força é inversamente proporcional ao tempo de interação, um Δt maior resulta em uma força menor e um resgate mais seguro.

Aula 02: Chapolin e a Cinemática da Redução de Escala

Livro Base

A Física e os Super-Heróis – Volume 1

Tópico Específico

5.3. As pílulas de nanicolina (pág. 116-118)

Conteúdo Trabalhado

Mudança de Escala, Velocidade Média ($v=\Delta s/\Delta t$), Grandezas Proporcionais e Aceleração

BNCC

(EM13CNT101) – Analisar e representar movimentos para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e hipotéticas

Objetivos

1. Analisar como a redução do tamanho físico altera a percepção de distância e o desempenho cinemático (agilidade).
2. Calcular velocidades e tempos de deslocamento para um referencial em escala reduzida, isolando variáveis algébricas.
3. Compreender a relação entre a massa reduzida do herói e sua capacidade de aceleração rápida.

Desenvolvimento — Aula 02

01

Contextualização

O professor deve iniciar com a cena em que o Chapolin toma as Pílulas de Polegarina e encolhe para cerca de 20 cm. Questionar: "Se o Chapolin encolhido der um passo, a distância percorrida (Δs) é a mesma de um passo normal? Como isso afeta o tempo (Δt) para atravessar uma sala?"

02

Cinemática em Miniatura

Explique que, ao encolher 9 vezes (de 1,80 m para 20 cm), o mundo "aumenta" 9 vezes para o herói. Uma sala de 4,5 metros de largura, para o Chapolin diminuto, equivale a um campo de futebol de 40 metros para um humano normal.

03

A Álgebra da Agilidade

Utilize a fórmula da velocidade $v=\Delta s/\Delta t$. Desafie os alunos a isolar a variável distância ($\Delta s=v\Delta t$) ou tempo ($\Delta t=\Delta s/v$) para comparar o deslocamento do herói em diferentes escalas.

04

Inércia e Aceleração

Retome a discussão do livro sobre a redução de peso/massa do herói ao encolher. Se a força muscular do herói não diminuir na mesma proporção que sua massa, sua aceleração ($a=F/m$) será altíssima, o que explica sua "agilidade".

05

Simulador Digital (PhET)

Utilize o simulador "Escala: Introdução". Peça aos alunos para reduzirem o tamanho de um objeto e observarem o que acontece com a barra de velocidade e massa. Discuta como a "rapidez" visual de um inseto é fruto dessa escala reduzida.

 **Dica para o Professor:** Destaque que o erro conceitual que o Chapolin ajuda a combater é o de achar que a velocidade é absoluta. Para uma formiga, mover-se a 1 km/h é uma velocidade vertiginosa (supersônica em relação ao próprio corpo), enquanto para nós é quase repouso. A física do Chapolin é a física da proporcionalidade.

Atividades — Aula 02

1. Interpretativa

De acordo com o tópico 5.3 do Volume 1, o Chapolin afirma que seu peso também reduz ao encolher. Se a massa do herói diminui drasticamente, mas ele mantém a força de um homem adulto, o que acontece com a sua capacidade de sair do repouso rapidamente (aceleração)? Justifique usando a relação entre força, massa e aceleração.

2. Cálculo de Escala (Isolamento de Variável)

Imagine que o Chapolin encolhido (20 cm) precisa atravessar uma mesa de 2 metros de comprimento. a) Se ele corre com uma velocidade de 0,5 m/s, isole o tempo na fórmula da velocidade média ($v = \Delta s / \Delta t$) e calcule quanto tempo ele levará para atravessar a mesa. b) Se um humano normal (1,80 m) levasse o mesmo tempo para atravessar uma distância proporcional ao seu tamanho, qual seria essa distância? (Dica: a escala é de 9 para 1).

3. Conceitual

O livro menciona que o Chapolin pode ficar menor que um rato. Para um observador humano, o Chapolin parece se mover muito rápido, como um inseto. No entanto, para o próprio Chapolin, os objetos ao redor parecem gigantes e distantes. Explique como o referencial altera a percepção cinemática do herói.

4. Simulador (Análise de Proporção)

No simulador PhET "Escala", ao reduzir o lado de um cubo pela metade, o volume (e a massa, mantendo a densidade) reduz para 1/8. Se o Chapolin reduz sua massa de 80 kg para apenas 10 kg mantendo a mesma força nas pernas, quantas vezes sua aceleração aumentará? Demonstre o cálculo.

5. CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

A física de seres diminutos apresentada no Chapolin é a base para o estudo da Microfluídica e da Nanotecnologia. Pesquise por que é tão difícil para pequenos robôs se moverem no ar ou na água, relacionando com a "resistência do ar" que, para um Chapolin encolhido, pareceria muito mais viscosa (como se ele estivesse nadando em melado).

6. Debate/Lógica

Se o Chapolin encolhido pular de cima de uma mesa de 1 metro de altura, ele sofrerá o mesmo dano que um humano normal caindo de 1 metro? Justifique considerando a relação entre área de superfície, resistência do ar e massa reduzida citada no livro.



Gabarito Comentado — Aula 02

1

Questão 1

Sua aceleração aumentará imensamente. Como $a=F/m$, se a massa (m) torna-se minúscula e a força (F) permanece alta, a aceleração resultante é muito maior, conferindo ao herói uma agilidade superior à de um humano normal.

2

Questão 2 — Cálculo

a) $v=\Delta s/\Delta t \rightarrow \Delta t=\Delta s/v \rightarrow \Delta t=2/0,5=4$ segundos. b) Na escala 9:1, a distância proporcional seria $2m \times 9=18$ metros.

3

Questão 3

No referencial do Chapolin, o espaço "estica". O tempo que ele leva para percorrer um metro é percebido como muito maior, pois ele precisa de mais passos/esforço para vencer a mesma unidade de medida que, para um humano, é insignificante.

4

Questão 4 — Cálculo

$a_1=F/80 \mid a_2=F/10$. Dividindo a_2 por a_1 : $(F/10)/(F/80)=80/10=8$. Conclusão: A aceleração aumentaria 8 vezes.

5

Questão 5

Em escalas microscópicas, as forças de superfície (como atrito e viscosidade) tornam-se muito mais fortes que as forças de massa (inércia). Para o Chapolin encolhido, o ar deixa de ser "invisível" e passa a oferecer uma resistência cinemática comparável a um fluido denso.

6

Questão 6

O dano seria muito menor. Com menos massa e uma área de superfície proporcionalmente maior (Lei do Quadrado-Cubo), a resistência do ar atua de forma mais eficaz, diminuindo sua velocidade terminal de queda e tornando o impacto menos perigoso.

Aula 03: Flash e a Física do Atrito e da Aderência

 **Livro Base**

A Física e os Super-Heróis – Volume 1

 **Tópico Específico**

2.1 Correr na "modesta" velocidade do som e 2.12 A habilidade de escalar paredes correndo

 **Conteúdo Trabalhado**

Força de Atrito ($F_{at} = \mu N$), Coeficiente de Atrito Estático e Cinético (μ), Força Normal (N) e a Terceira Lei de Newton no movimento

 **BNCC**

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

Objetivos

1. Identificar o atrito como a força de reação que permite o deslocamento dos corpos.
2. Calcular o coeficiente de atrito necessário para acelerações rápidas, isolando variáveis nas equações da dinâmica.
3. Diferenciar a função da "aura antiatrito" (proteção térmica) da necessidade de atrito nos pés para a tração.

Desenvolvimento — Aula 03

01	02	03
 Contextualização O professor deve iniciar questionando: "Se o Flash estivesse em uma pista de gelo perfeitamente lisa, ele conseguiria sair do lugar e atingir a velocidade do som?" Explique que, para dar um passo à frente, o pé deve empurrar o chão para trás; se não houver atrito, o pé escorrega e o movimento para frente é impossível.	 A Força de Atrito Apresente a fórmula $F_{at} = \mu N$. Explique que μ representa a rugosidade entre as superfícies e N é a força normal (que em superfícies horizontais equivale ao peso).	 Álgebra da Aceleração Máxima Mostre que para o Flash acelerar sem escorregar, a força resultante ($F = m a$) deve ser, no máximo, igual à força de atrito estático ($F_{at} = \mu N$). Desafie os alunos a isolar o coeficiente de atrito (μ): $m a = \mu m g \rightarrow \mu = a/g$.
04	05	
 Atrito vs. Arrasto Utilize o tópico 2.1 para diferenciar o atrito "bom" (nos pés, para correr) do atrito "ruim" (o arrasto do ar, que gera calor e queima a roupa). Reforce que a "aura antiatrito" do Flash o protege apenas do arrasto fluido.	 Simulador Digital (PhET) Utilize o simulador "Força e Movimento: Noções Básicas", aba "Atrito". Peça para os alunos aplicarem uma força crescente e observarem o valor da "Soma das Forças". Desafie-os a encontrar o ponto exato onde a força aplicada vence o atrito estático e o objeto começa a se mover.	

  **Dica para o Professor:** Destaque que o erro conceitual comum é achar que o atrito sempre "atrapalha". Use o exemplo do livro: para o Flash escalar uma parede vertical, ele precisaria se "comprimir" contra ela para gerar uma força normal, pois, sem normal, o atrito é zero e ele cairia ao tentar subir.

Atividades — Aula 03

1. Interpretativa

De acordo com o tópico 2.12 do Volume 1, a força de atrito forma um par de "ação e reação" com a força que o pé do herói exerce sobre o solo.

Explique por que, fisicamente, a "aura antiatrito" que protege o corpo do Flash não pode atuar nas solas de suas botas durante uma corrida.

2. Cálculo (Isolamento de Variáveis)

O Flash (massa = 70 kg) deseja atingir a velocidade de 300 m/s em apenas 2 segundos. a) Primeiro, calcule a aceleração (a) necessária ($a = \Delta v / \Delta t$). b) Sabendo que a força de atrito máxima deve ser igual à força necessária para acelerar ($F_{at} = F_{res}$), isole o coeficiente de atrito (μ) na fórmula $m \cdot a = \mu \cdot m \cdot g$ e calcule o valor de μ necessário (considere $g = 10 \text{ m/s}^2$).

3. Conceitual

Ao iniciar uma corrida, o Flash deve vencer o atrito estático. Assim que ele entra em movimento, passa a atuar o atrito cinético. Com base nas propriedades dos materiais, qual desses coeficientes de atrito costuma ser maior? Por que a largada é o momento mais crítico para o herói escorregar?

4. Simulador (Soma das Forças)

No simulador PhET "Atrito", coloque o caixote de 50 kg sobre uma superfície com atrito médio. Aplique uma força de 200 N. Se o caixote não se mover, qual é o valor exato da força de atrito que o chão está exercendo? Justifique usando o conceito de equilíbrio de forças.

5. CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

O autor menciona que pneus de carros só giram e movem o veículo devido ao atrito. Pesquise e explique por que os pneus de carros de corrida (como a Fórmula 1) são largos e feitos de borracha macia, relacionando com a necessidade do Flash de ter botas de altíssima aderência para não "derrapar" em Mach 1.

6. Debate/Lógica

O livro discute que alguns animais conseguem correr sobre as águas devido a adaptações evolutivas. Se o Flash corre sobre o oceano, ele está utilizando o atrito com a água ou o princípio da reação rápida (colisão com as moléculas) para não afundar? Justifique com base no tópico 2.13.



Gabarito Comentado — Aula 03

1

Questão 1

Se a aura antiatrito atuasse nas solas, o coeficiente de atrito μ seria reduzido a zero. Sem atrito, o pé do herói apenas escorregaria para trás ao tentar empurrar o chão, impedindo que a força de reação da Terra o impulsionasse para frente.

2

Questão 2 — Cálculo

a) $a=300/2=150\text{m/s}^2$. b) $m\Delta a=\mu\Delta m\Delta g$. Isolando μ : $\mu=a/g \rightarrow \mu=150/10=15$. Análise: Um coeficiente de atrito de 15 é altíssimo (na vida real, borracha no asfalto é cerca de 1,0). Isso mostra que o Flash precisaria de um calçado com "superaderência".

3

Questão 3

O coeficiente de atrito estático (μ_e) é maior que o cinético (μ_c). A largada é crítica porque o herói aplica a força máxima para sair do repouso; se essa força exceder o limite do atrito estático, as botas perdem a aderência e ele escorrega.

4

Questão 4

Se o objeto está em repouso e a força aplicada é 200 N, a força de atrito é exatamente 200 N em sentido oposto. A soma das forças é zero, e a inércia mantém o estado de repouso.

5

Questão 5

Pneus macios aumentam o coeficiente de atrito (μ) através de interações moleculares e deformação na pista. Para o Flash, botas tecnológicas seriam fundamentais para garantir que a força muscular colossal seja convertida em movimento sem desperdício de energia por deslizamento.

6

Questão 6

Ele utiliza a velocidade para transformar a água em uma superfície de suporte momentânea. Ao bater os pés com extrema rapidez, ele não dá tempo para o fluido se deslocar (difundir) sob seu peso, aproveitando a resistência do impacto (inércia da água) em vez do atrito convencional.

Aula 04: Aquaman e a Resistência dos Fluidos (Arrasto)

Livro Base

*A Física e os Super-Heróis —
Volume 3*

Tópico Específico

1.7 Nadando em altas
velocidades

Conteúdo Trabalhado

Força de Arrasto
($F_{\text{arrasto}} = k \cdot v^2$), Densidade
dos Fluidos, Área de Contato
e Hidrodinâmica

BNCC

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

Objetivos

1. Compreender que a resistência de um fluido (arrasto) depende da densidade do meio, da área de contato e do quadrado da velocidade.
2. Comparar o esforço necessário para se mover no ar versus na água, utilizando os dados do livro.
3. Analisar como a forma hidrodinâmica do corpo do herói reduz a força de arrasto e aumenta sua eficiência.

Desenvolvimento — Aula 04

01

Contextualização

O professor deve iniciar comparando a facilidade de correr no ar com a dificuldade de correr dentro de uma piscina. Explique que, conforme o livro, a água é cerca de 800 a 1.000 vezes mais densa que o ar, oferecendo uma "resistência inoportuna" chamada arrasto.

02

Variáveis da Resistência

Apresente os fatores que aumentam a dificuldade para o Aquaman nadar: a densidade do fluido (ρ), o tamanho da área de seu corpo que "bate" na água (A) e a sua velocidade (v).

03

Matemática das Proporções

Explique que a força de arrasto não aumenta de forma simples; ela depende do quadrado da velocidade. Para simplificar, utilizaremos a fórmula: $F_{\text{arrasto}} = k \cdot v^2$, onde k representa as características do corpo e do meio.

04

Hidrodinâmica

Mostre que para gastar menos energia, o herói precisa diminuir sua área de contato. Por isso, o Aquaman mantém os braços esticados e o corpo reto, como um cilindro, para "cortar" a água com mais facilidade.

05

Simulação Digital (PhET)

Utilize o simulador "Força e Movimento: Noções Básicas", aba "Aceleração". Peça para os alunos aplicarem uma força constante e observarem o velocímetro. Depois, adicione o "Atrito" (simulando a água) e veja como a velocidade sobe muito mais devagar devido à força contrária de arrasto.



Dica para o Professor: Destaque que o Aquaman não falha por falta de força muscular, mas sim porque, em altas velocidades, a água se comporta quase como uma parede sólida. Use o exemplo dos trajes tecnológicos (como o LZR Racer) citados no livro, que reduzem a turbulência e permitem que nadadores reais cheguem mais perto da eficiência de um herói atlante.



Atividades — Aula 04



1. Interpretativa

Com base nos tópicos 1.7 e 1.12 do Volume 3, explique por que é muito mais exaustivo para o Aquaman nadar a 100 km/h do que para o Superman voar na mesma velocidade. Utilize o conceito de densidade do meio e força de arrasto em sua resposta.



2. Cálculo (Proporcionalidade)

Se a força de arrasto sobre o Aquaman a 10 m/s é de 500 N, qual será a força de arrasto quando ele dobrar sua velocidade para 20 m/s? (Lembre-se: $F_{\text{arrasto}} = k v^2$, portanto, se a velocidade dobra, a força quadruplica). Demonstre o cálculo.



3. Conceitual

O livro explica que o Aquaman mantém o corpo reto e os braços esticados para nadar mais rápido. Explique, usando o conceito de área de contato (A) e força de arrasto, por que essa posição é mais eficiente do que nadar com os braços abertos.



4. Simulador (Análise de Forças)

No simulador PhET "Força e Movimento", adicione o "Atrito" máximo e aplique uma força constante. Observe que o objeto atinge uma velocidade limite (terminal) quando a força aplicada iguala a força de arrasto. Relacione isso com a velocidade máxima que o Aquaman pode atingir sem aumentar sua força muscular.



5. CTS (Tecnologia)

O livro menciona os trajes LZR Racer usados por nadadores olímpicos. Pesquise e explique como o design desses trajes reduz a força de arrasto, relacionando com os princípios de hidrodinâmica que o Aquaman usa naturalmente.



6. Debate/Lógica

Se o Aquaman nadar em água doce versus água salgada (mais densa), em qual delas ele encontrará maior resistência? Justifique usando a relação entre densidade do fluido e força de arrasto apresentada no livro.



Gabarito Comentado — Aula 04

1

Questão 1

Porque a densidade da água é cerca de 1.000 vezes maior que a do ar. Como a resistência (arrasto) é proporcional a essa densidade, o Aquaman precisa exercer uma força muscular imensamente superior para deslocar a massa de água em seu caminho.

2

Questão 2 — Cálculo

$$F=5\cancel{0}(10)^2 \mid F=5\cancel{0}100 \mid F=500N.$$

3

Questão 3

Letra (b). Como a relação é quadrática (v^2), qualquer aumento na velocidade resulta em um aumento muito maior na resistência. Se ele dobra a rapidez, a dificuldade aumenta 4 vezes.

4

Questão 4

A velocidade demora muito mais para subir (a aceleração diminui). Isso ocorre porque a força resultante (Força Aplicada - Atrito) torna-se menor, dificultando o ganho de rapidez, tal como o arrasto limita o herói.

5

Questão 5

Tecnologias de transporte marinho utilizam superfícies lisas e formatos ogivais (pontagudos na frente e arredondados) para diminuir a turbulência e a área de seção transversal, permitindo "cortar" o fluido com menos resistência, assim como as escamas de tubarões citadas no livro.

6

Questão 6

Ele pararia gradualmente. De acordo com a 1ª Lei de Newton, ele tenderia a continuar, mas como existe uma força externa (o arrasto da água) atuando no sentido oposto ao movimento, essa força gera uma desaceleração que eventualmente o levará ao repouso.

Aula 05: Homem-Aranha e o Efeito Estilingue (Energia Elástica)



Livro Base

A Física e os Super-Heróis — Volume 1



Tópico Específico

3.4 Sua teia poderia parar um trem desgovernado?



Conteúdo Trabalhado

Lei de Hooke ($F=k\Delta x$),
Energia Potencial Elástica,
Energia Cinética e
Conservação de Energia
Mecânica



BNCC

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



Objetivos

1. Compreender a Lei de Hooke como a relação entre força e deformação em materiais elásticos.
2. Identificar a transformação de Energia Potencial Elástica em Energia Cinética no "efeito estilingue" do herói.
3. Analisar por que a elasticidade da teia é superior ao aço rígido para absorver impactos.



Desenvolvimento — Aula 05

01



Contextualização

O professor deve descrever a cena em que Peter Parker prende duas teias em prédios vizinhos, recua esticando-as e depois se solta para voar em alta velocidade. Questione: "De onde vem a velocidade do herói se ele não correu nem usou propulsores?"

02



Lei de Hooke

Explique que a teia funciona como uma mola. Quanto mais o herói estica a teia (distância x), maior é a força (F) que a teia faz para voltar ao normal. Apresente a fórmula simplificada: $F=k\Delta x$, onde k é a "dureza" da teia.

03



Armazenamento de Energia

Mostre que o esforço de esticar a teia não é perdido; ele fica guardado na forma de Energia Potencial Elástica. No momento em que o Homem-Aranha se solta, essa energia guardada se transforma em Energia Cinética (velocidade).

04



Resistência e Impacto

Utilize a explicação do livro sobre por que a teia é superior ao aço: ela é capaz de esticar muito sem romper, absorvendo a energia do impacto de forma gradual (como ao parar o trem no filme).

05



Simulador Digital (PhET)

Utilize o simulador "Lei de Hooke", opção "Introdução". Peça aos alunos para aplicarem uma força e observarem o deslocamento. Depois, mude a "Constante da Mola" (k) e veja como uma mola mais "dura" exige muito mais força para esticar a mesma distância.

  **Dica para o Professor:** Reforce que, na física, um material "forte" não é apenas aquele que não quebra, mas sim aquele que consegue lidar com a energia do movimento. Use o exemplo do livro: se a teia fosse rígida como um cabo de aço e Peter Parker tentasse parar o trem de forma brusca, a teia ou o braço dele romperiam devido à força de impacto altíssima.

Atividades — Aula 05

1. Interpretativa

Com base no tópico 3.4 do Volume 1, por que a elasticidade da teia de aranha é uma vantagem fundamental para parar um trem desgovernado em comparação com um cabo de aço rígido?

2. Cálculo Direto (Lei de Hooke)

A teia do Homem-Aranha tem uma constante elástica $k=5.000 \text{ N/m}$. Se Peter Parker estica a teia 2 metros além do seu comprimento natural, qual é a força (F) que a teia exerce para voltar ao normal? Use $F=kx$.

3. Conceitual (Energia)

Explique, usando os conceitos de Energia Potencial Elástica e Energia Cinética, de onde vem a velocidade do Homem-Aranha quando ele usa o "efeito estilingue" com suas teias.

4. Simulador (Lei de Hooke)

No simulador PhET "Lei de Hooke", aplique uma força de 50 N em uma mola com $k=100 \text{ N/m}$. Qual é o deslocamento (x)? Agora dobre a constante da mola para $k=200 \text{ N/m}$ e aplique a mesma força. O que acontece com o deslocamento? Relacione com a "dureza" da teia do herói.

5. CTS (Engenharia)

O princípio da teia elástica do Homem-Aranha é usado em para-choques de carros e coletes à prova de balas. Pesquise e explique como materiais elásticos são usados para absorver energia de impacto em situações reais.

6. Debate/Lógica

Se o Homem-Aranha usasse teias com constante elástica k muito alta (muito rígidas), o que aconteceria com a pessoa que ele tentasse resgatar ao parar sua queda bruscamente? Justifique usando o conceito de força de impacto.



Gabarito Comentado — Aula 05

1

Questão 1

Porque a elasticidade permite que a teia sofra uma "deformação elástica", absorvendo a energia cinética do trem de forma gradual. Isso evita uma parada brusca, que geraria uma força de impacto fatal capaz de romper o fio ou danificar a estrutura do trem e do herói.

2

Questão 2 — Cálculo

$F=10.000\text{N}$ | $F=20.000\text{N}$.

3

Questão 3

Letra (b). De acordo com a Lei de Hooke ($F=kx$), a força é diretamente proporcional ao deslocamento. Se a distância (x) dobra, a força (F) também dobra.

4

Questão 4

A distância que a mola estica diminui. Isso mostra que, para suportar grandes pesos sem esticar demais (o que poderia fazer o objeto bater no chão), o herói precisa que sua teia tenha um valor de k (rigidez) muito elevado.

5

Questão 5

A biomimética busca criar polímeros sintéticos que imitem a estrutura de proteínas da teia, combinando leveza, alta resistência à tração e grande elasticidade para absorver impactos sem quebras catastróficas.

6

Questão 6

A energia não desaparece; ela se transforma. A Energia Potencial Elástica armazenada na teia é convertida em Energia Cinética (movimento). Pela conservação da energia, desprezando o atrito com o ar, a energia total do sistema permanece constante durante o lançamento.

Aula 06: Batman e a Física das Polias (Máquinas Simples)

Livro Base

A Física e os Super-Heróis — Volume 2

Tópico Específico

4.5. Lançador de gancho e a física da tração

Conteúdo Trabalhado

Máquinas Simples (Roldanas Fixas e Móveis), Vantagem Mecânica, Trabalho de uma Força ($W=F\Delta d$) e Princípio da Conservação da Energia

BNCC

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

Objetivos

1. Diferenciar o funcionamento de roldanas fixas e móveis e seus efeitos sobre a força aplicada.
2. Compreender o conceito de "Vantagem Mecânica" como uma troca entre força e distância.
3. Aplicar o conceito de Trabalho Físico para entender que máquinas simples facilitam a tarefa, mas não "criam" energia extra.

Desenvolvimento — Aula 06

01

Contextualização

O professor deve iniciar destacando que, por não ter superpoderes, o Batman utiliza a física a seu favor. Questionar: "Como o Batman consegue erguer um vilão pesado apenas com o motor pequeno de seu cinto de utilidades?".

02

Roldanas Fixas vs. Móveis

Explique que uma roldana fixa apenas muda a direção da força (ajuda a puxar para baixo usando o peso do corpo), mas não diminui o esforço. Já a roldana móvel "divide" o peso do objeto entre os fios de suporte, reduzindo a força necessária pela metade.

03

A "Troca" da Natureza

Use o conceito de Trabalho ($W=F\Delta d$) para mostrar que não existe ganho gratuito. Se o Batman usa uma polia para fazer metade da força ($F/2$), ele terá que puxar o dobro da distância de corda ($2d$) para realizar o mesmo trabalho.

04

Vantagem Mecânica

Defina Vantagem Mecânica como a razão entre o peso do objeto e a força que o herói realmente faz. Se ele ergue 100 kg fazendo força de 25 kg, sua vantagem é 4.

05

Simulador Digital (PhET)

Utilize o simulador "Força e Movimento: Noções Básicas". Peça para os alunos compararem o esforço de empurrar um objeto em um plano reto contra o uso de uma "rampa" (outra máquina simples). Discuta como o esforço diminui conforme a distância percorrida aumenta, ilustrando o mesmo princípio das polias do Batman.

  **Dica para o Professor:** Reforce que o erro comum dos alunos é achar que a roldana "tira o peso" do objeto. Esclareça que o peso (força da gravidade) continua o mesmo; o que muda é como essa força é distribuída pelos cabos do lançador de gancho. Máquinas simples são ferramentas de redistribuição de energia, não de criação.

Atividades — Aula 06

1. Interpretativa

O Batman utiliza um sistema de polias móveis em seu bat-gancho para resgatar pessoas. Com base nos conceitos de Máquinas Simples, explique por que ele consegue erguer uma pessoa pesada com menos esforço usando polias do que puxando diretamente a corda.

2. Cálculo (Vantagem Mecânica)

O Batman precisa erguer um vilão de 120 kg usando seu sistema de polias com Vantagem Mecânica = 4. Qual é a força que o Batman realmente precisa aplicar na corda? (Dica: $VM = \text{Peso} / \text{Força aplicada}$). Demonstre o cálculo.

3. Conceitual (Trabalho)

Se o Batman usa uma polia com Vantagem Mecânica = 2 para erguer um objeto 3 metros, qual distância de corda ele terá que puxar? Explique usando o princípio de que o Trabalho total ($W = F \cdot d$) se conserva.

4. Simulador (Plano Inclinado)

No simulador PhET "Força e Movimento", use a rampa (plano inclinado) para empurrar um objeto até o topo. Compare o esforço com e sem a rampa. Como isso ilustra o mesmo princípio das polias do Batman: menos força, mas maior distância percorrida?

5. CTS (Construção Civil)

Guindastes de construção utilizam sistemas de polias para erguer toneladas de material. Pesquise e explique como o princípio da Vantagem Mecânica permite que um motor relativamente pequeno erga cargas enormes em obras de arranha-céus.

6. Debate/Lógica

O Batman afirma que suas polias "multiplicam a força". Fisicamente, isso é correto? Justifique explicando o que realmente acontece com a energia total do sistema e por que não existe "criação" de força extra.



Gabarito Comentado — Aula 06

1

Questão 1

Porque as roldanas móveis oferecem Vantagem Mecânica. Elas distribuem o peso da pessoa entre diferentes segmentos de corda, exigindo que o Batman (ou seu motor) aplique apenas uma fração da força total necessária.

2

Questão 2 — Cálculo

Se a roldana móvel reduz a força pela metade: $800/2=400\text{N}$.

3

Questão 3

Letra (b). Pelo Princípio da Conservação da Energia, para o trabalho ser constante, qualquer redução na força deve ser compensada por um aumento proporcional na distância percorrida ($F\downarrow d\uparrow$).

4

Questão 4

O aluno deve perceber que o "ganho" em facilidade (menos força) é sempre pago com "perda" em deslocamento (puxar mais corda), assim como na rampa do simulador.

5

Questão 5

Guindastes de construção, elevadores de prédios ou sistemas de içamento em oficinas mecânicas. Esses dispositivos usam o mesmo princípio para mover cargas toneladas com motores de potência moderada.

6

Questão 6

Não. Ao adicionar mais roldanas móveis, ele precisará de muito mais corda para subir a mesma altura. A física impõe que, quanto menor a força, maior o comprimento de cabo necessário para realizar a tarefa.

Aula 07: Superman e o Teorema do Impulso (A Física do Impacto)

Livro Base

A Física e os Super-Heróis — Volume 1

Tópico Específico

1.4 O supersalto

Conteúdo Trabalhado

Quantidade de Movimento ($Q=m\vec{v}$), Impulso ($I=F\Delta t$), Teorema do Impulso ($F\Delta t=\Delta Q$) e Proporcionalidade Inversa entre Força e Tempo

BNCC

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

Objetivos

1. Definir Quantidade de Movimento e compreender sua dependência de massa e velocidade.
2. Aplicar o Teorema do Impulso para calcular a força de impacto em situações de frenagem brusca.
3. Analisar a relação inversamente proporcional entre força e tempo de contato em colisões.

Desenvolvimento — Aula 07

01

Contextualização

O professor deve iniciar com a imagem do Superman parando um trem ou um carro em alta velocidade. Questione: "Se o Superman parar o trem instantaneamente, o que acontece com os passageiros lá dentro?" Explique que a força do impacto depende de quão rápido a velocidade é reduzida.

02

Quantidade de Movimento (Q)

Defina que todo corpo massivo em movimento carrega uma "quantidade de movimento" ($Q=m\vec{v}$). Um trem tem uma Q gigantesca devido à sua massa, mesmo em velocidades moderadas.

03

O Conceito de Impulso (I)

Explique que para mudar a Q de um corpo (fazê-lo parar), é preciso aplicar um Impulso (I). O Impulso é o resultado da Força multiplicada pelo Tempo ($I=F\Delta t$).

04

A Proporcionalidade Crítica

No Teorema do Impulso ($F\Delta t=\Delta Q$), se a variação de movimento (ΔQ) é fixa, a Força e o Tempo são inversamente proporcionais. Tempo Pequeno ($\Delta t\downarrow$): Gera uma Força Enorme ($F\uparrow$), causando destruição. Tempo Grande ($\Delta t\uparrow$): Gera uma Força Pequena ($F\downarrow$), permitindo uma parada suave e segura.

05

Simulação Digital (PhET)

Utilize o simulador "Laboratório de Colisões" (Collision Lab). Peça para os alunos observarem o vetor "Força" durante o impacto de duas esferas. Desafie-os a perceber que, se as esferas forem "macias" (maior tempo de contato), a força máxima atingida no gráfico é menor do que se forem rígidas.

  **Dica para o Professor:** Destaque que o Superman não é apenas "forte"; ele deve ser um mestre da suavidade. Se ele segura um avião que cai e o para em um milésimo de segundo, a estrutura do avião se esmigalha nos braços dele. Salvar exige ceder um pouco de espaço para aumentar o tempo de frenagem, o mesmo princípio que faz o Superman voar ao lado de quem ele resgata antes de segurar a pessoa.

Atividades — Aula 07

1. Interpretativa

O Superman precisa parar um meteoro que vem em direção à Terra. De acordo com o conceito de Quantidade de Movimento ($Q=m\vec{v}$), por que é muito mais difícil parar um meteoro massivo do que um avião, mesmo que ambos estejam na mesma velocidade?

2. Cálculo (Teorema do Impulso)

Um trem de 50.000 kg se move a 20 m/s. O Superman o para em 5 segundos. a) Calcule a Quantidade de Movimento inicial do trem ($Q=m\vec{v}$). b) Usando o Teorema do Impulso ($F\Delta t=\Delta Q$), calcule a força média que o Superman exerceu sobre o trem.

3. Conceitual (Proporcionalidade)

Se o Superman parasse o mesmo trem em apenas 0,5 segundos (10 vezes mais rápido), como isso afetaria a força exercida sobre os passageiros? Justifique usando a relação inversamente proporcional entre Força e Tempo no Teorema do Impulso.

4. Simulador (Colisões)

No simulador PhET "Laboratório de Colisões", compare o impacto entre duas esferas rígidas versus duas esferas com amortecimento. Em qual caso a força de impacto é maior? Relacione com a diferença entre o Superman parar um objeto bruscamente versus suavemente.

5. CTS (Segurança)

Airbags, capacetes e colchões de queda usam o princípio do Teorema do Impulso. Pesquise e explique como esses dispositivos aumentam o tempo de contato durante um impacto para reduzir a força exercida sobre o corpo humano.

6. Debate/Lógica

No filme, o Superman voa ao lado de Lois Lane antes de segurá-la durante uma queda. Por que esse comportamento é fisicamente correto? O que aconteceria se ele a pegasse estando parado no chão enquanto ela cai em alta velocidade?



Gabarito Comentado — Aula 07

1

Questão 1

Porque a Quantidade de Movimento é diretamente proporcional à massa. Como o meteoro tem uma massa imensamente superior à do avião, ele possui uma "carga de movimento" muito maior, exigindo um impulso (força e tempo) muito mais intenso para ser freado.

2

Questão 2 — Cálculo

$Q = 100 \times 50 = 5.000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$.

Orientação: Reforce que essa é a medida da "inércia em movimento" do herói.

3

Questão 3

Na Forma B. Pelo Teorema do Impulso, para uma mesma variação de movimento, força e tempo são inversos. Ao aumentar o tempo de frenagem para 5 segundos, o Superman reduz drasticamente a intensidade da força de impacto, protegendo a carga e a estrutura do veículo.

4

Questão 4

A velocidade diminui. Como a massa do conjunto (Superman + Vilão) é maior que a massa individual, a velocidade deve cair para que a Quantidade de Movimento total do sistema seja conservada.

5

Questão 5

Ambas as tecnologias visam aumentar o tempo de colisão (Δt). O Airbag faz com que o passageiro leve mais tempo para parar do que se batesse no painel rígido; isso distribui o impulso em um intervalo maior, resultando em uma força de impacto menor sobre o corpo humano.

6

Questão 6

Provavelmente não. De acordo com o livro, o problema não é o chão, mas a parada brusca. Uma desaceleração em tempo quase nulo gera uma Força G tão elevada que causaria lesões internas fatais (como a quebra do pescoço ou rompimento de órgãos), mesmo que a pessoa não atingisse o solo.

Aula 08: Thor e a Dança das Órbitas (Gravitação Universal)

Livro Base

*A Física e os Super-Heróis —
Volume 3*

2.6 Órbita e Gravitação e 3.1
A força centrípeta do Mjölnir

Conteúdo Trabalhado

Gravitação Universal, Força
Centrípeta ($F_c = m \frac{v^2}{r}$),
Velocidade Orbital e Órbita
como Queda Perpétua

BNCC

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

Objetivos

1. Compreender que a gravidade é uma força de atração universal entre massas, não restrita à superfície da Terra.
2. Explicar o conceito de órbita como uma "queda perpétua" onde a curvatura da trajetória acompanha a curvatura do planeta.
3. Relacionar a força centrípeta com a gravidade como a "corda invisível" que mantém satélites e planetas em órbita.

Desenvolvimento — Aula 08

01

Contextualização

O professor deve iniciar com um desafio mental: "Se o Thor arremessar seu martelo com uma força descomunal para o horizonte, ele cairá no chão ou poderá dar a volta na Terra?" Explique que, conforme o livro, uma órbita é, na verdade, uma "queda perpétua" onde a curvatura da queda coincide com a curvatura do planeta.

02

A Força Invisível

Retome o conceito de que a gravidade não existe apenas na Terra; ela é uma propriedade da massa. Quanto maior a massa de um corpo celestial (como Asgard ou a Terra), maior o "puxão" que ele exerce sobre o martelo ou sobre a Lua.

03

Gravidade como "Corda"

Use a analogia do martelo sendo girado por Thor: a mão do herói faz o papel da Terra, e a alça do martelo faz o papel da gravidade (Força Centrípeta). Se a "corda" da gravidade sumisse, o objeto sairia em linha reta devido à Inércia.

04

Velocidade Orbital

Explique que para um satélite não cair nem fugir para o espaço, ele precisa de uma velocidade exata. Se for devagar demais, a gravidade o puxa para o chão; se for rápido demais, ele escapa da Terra.

05

Simulador Digital (PhET)

Utilize o simulador "Gravidade e Órbitas". Peça aos alunos para observarem o caminho do satélite. Desafie-os a "desligar a gravidade" e prever para onde o objeto viaja. Depois, aumente a massa da Terra e veja como a órbita se fecha, exigindo mais velocidade do objeto para não colidir.

  **Dica para o Professor:** Esclareça o mito do "vácuo sem gravidade". Muitos alunos acham que os astronautas flutuam porque não há gravidade no espaço. Corrija-os explicando que na altitude da Estação Espacial, a gravidade ainda é cerca de 90% da que sentimos no chão. Eles flutuam porque estão em queda livre constante junto com a nave, exatamente como o martelo de Thor em órbita.

Atividades — Aula 08

1. Interpretativa

De acordo com o livro, a gravidade é uma força de atração entre massas. Por que nós conseguimos sentir o "puxão" da Terra sobre nossos corpos, mas não sentimos o "puxão" gravitacional de um colega sentado ao nosso lado?

2. Cálculo (Força Centrípeta)

A Lua orbita a Terra a uma velocidade de aproximadamente 1.022 m/s e está a 384.400 km de distância. Usando a fórmula da força centrípeta ($F_c = m \cdot v^2 / r$), explique qual força mantém a Lua em órbita e o que aconteceria se essa força desaparecesse subitamente.

3. Conceitual (Órbita)

O livro explica que uma órbita é uma "queda perpétua". Explique com suas palavras por que um satélite em órbita não cai na Terra, mesmo estando constantemente "caindo" em direção a ela.

4. Simulador (Gravidade e Órbitas)

No simulador PhET "Gravidade e Órbitas", desligue a gravidade enquanto o satélite está em órbita. O que acontece com o movimento do satélite? Relacione com o que aconteceria com o martelo de Thor se ele o soltasse durante o giro.

5. CTS (Tecnologia Espacial)

Satélites de GPS orbitam a Terra a altitudes específicas. Pesquise e explique por que um satélite em órbita mais baixa precisa de uma velocidade maior do que um satélite em órbita mais alta para não cair na atmosfera.

6. Debate/Lógica

Astronautas na Estação Espacial Internacional "flutuam" dentro da nave. Muitos alunos acham que isso ocorre porque "não há gravidade no espaço". Com base no que foi estudado, explique a razão correta para esse fenômeno de ausência de peso aparente.



Gabarito Comentado — Aula 08

1

Questão 1

Porque a força gravitacional depende da massa. A massa da Terra é gigantesca, gerando uma força perceptível (nosso peso). A massa de um ser humano é minúscula em comparação, gerando uma atração tão fraca que é impossível de ser sentida sem instrumentos ultra precisos.

2

Questão 2

Sim. De acordo com a 3ª Lei de Newton, as forças sempre surgem aos pares. Se a Terra puxa o martelo, o martelo puxa a Terra com a mesma intensidade e em sentido oposto. Não percebemos a Terra se mexer porque a massa dela é grande demais para sofrer uma aceleração visível por esse "puxão".

3

Questão 3

a) Força Centrípeta. b) Sairá em linha reta (direção tangencial). De acordo com a 1ª Lei de Newton (Inércia), na ausência de uma força resultante (a alça que puxava para o centro), o corpo tende a manter seu movimento em linha reta e com velocidade constante.

4

Questão 4

A força de atração diminui. A gravidade enfraquece conforme a distância entre os corpos aumenta. Isso prova que a interação gravitacional é sensível ao afastamento dos astros.

5

Questão 5

Ficariamos sem comunicação global, navegação por mapas digitais e previsão do tempo. Sem a gravidade para atuar como força centrípeta, todos os satélites sairiam voando em linha reta para o espaço profundo, abandonando a vizinhança da Terra.

6

Questão 6 — Orientação Pedagógica

O aluno deve mencionar que o lixo espacial também obedece às leis da gravidade e pode colidir com satélites ativos, gerando mais detritos. A ética envolve a responsabilidade de limpar a órbita terrestre para que as futuras gerações possam continuar utilizando o espaço de forma segura, garantindo a sustentabilidade socioambiental discutida na BNCC.