
Física
Mecânica
Brincando de memorizar conceitos
Rafael Silva

Prefácio

A importância da Física como ciência didática

A Física é uma das ciências fundamentais para a compreensão do mundo natural, desempenhando um papel essencial no ensino das ciências exatas. Como disciplina didática, ela permite a construção de modelos teóricos que explicam as tendências cotidianas e promovem o desenvolvimento do pensamento lógico.

Os estudos demonstram que a aplicação de conceitos físicos em sala de aula favorece a assimilação de conhecimentos interdisciplinares, especialmente quando associados a experimentos práticos. A utilização de metodologias ativas, como a experimentação e a simulação computacional, tem sido amplamente científica e aplicada no ensino moderno, evidenciando resultados positivos no aprendizado.

Além disso, a Física contribui para a formação de cidadãos críticos e aptos a compreender o avanço tecnológico. A partir do ensino dessa ciência, os estudantes desenvolvem habilidades analíticas que podem ser aplicadas em diversas áreas do conhecimento.

Diante dessa perspectiva, este livro propõe um método inovador para o ensino de Física Mecânica, aliando rigor acadêmico a estratégias didáticas que estimulam a memorização e a compreensão conceitual. Para isso, foi incluído neste livro, um jogo de cartas interativo como ferramenta complementar ao estudo. O jogo apresenta perguntas e respostas organizadas de forma estruturada, permitindo ao estudante explorar os conteúdos de diferentes maneiras: seja por meio de um jogo da memória, associando conceitos e fórmulas, seja em um formato de carteado, no qual os jogadores formam pares de questões e soluções de maneira dinâmica.

O diferencial dessa abordagem é a integração com tecnologias virtuais e inteligência artificial. As cartas contêm códigos QR que, ao serem escaneados por sensores, enviam informações a um sistema computacional capaz de processar respostas, oferecer propostas e gerar interfaces gráficas interativas. Dessa forma, o estudante não apenas reforça seu aprendizado de maneira lúdica, mas também tem acesso a recursos digitais que aprofundam a exploração dos temas envolvidos.

Ao unir metodologias pedagógicas inovadoras com os princípios fundamentais da Física, este livro busca tornar o aprendizado mais acessível, engajador e eficaz. A ludicidade, quando aliada à precisão científica, permite que temas complexos sejam assimilados de maneira mais natural, reduzindo a resistência ao estudo e incentivando a curiosidade científica. Assim, este livro não apenas valoriza o ensino da Física, mas também apresenta um modelo de aprendizado adaptável às novas demandas tecnológicas e educacionais.

SUMÁRIO

1. **Introdução** – pág. 5
2. **Tipos de movimento** – pág. 7
3. **Velocidade escalar média** – pág. 10
4. **Movimento uniforme** – pág. 13
5. **Gráficos do movimento uniforme** – pág. 16
6. **Aceleração escalar média** – pág. 18
7. **Movimento uniformemente variado** – pág. 21
8. **Funções horárias** – pág. 24
9. **Equação de Torricelli** – pág. 27
10. **Aceleração centrípeta** – pág. 31
11. **Frequência e período** – pág. 35
12. **Força centrípeta** – pág. 39
13. **Função horária angular** – pág. 42
14. **Princípio fundamental** – pág. 44
15. **Força resultante** – pág. 47
16. **Peso** – pág. 49
17. **Quantidade de movimento** – pág. 52
18. **Impulso de uma força e Teorema do impulso** – pág. 54
19. **Força elástica** – pág. 57
20. **Energia potencial elástica** – pág. 59
21. **Força de atrito** – pág. 61
22. **Empuxo de Arquimedes** – pág. 64
23. **Densidade absoluta** – pág. 66
24. **Pressão** – pág. 69
25. **Trabalho** – pág. 72
26. **Potência** – pág. 75
27. **Rendimento** – pág. 78
28. **Energia cinética** – pág. 81
29. **Energia potencial** – pág. 84
30. **Energia mecânica** – pág. 87
31. **Lei da gravitação** – pág. 90
32. **Leis de Kepler** – pág. 93
33. **Aceleração da gravidade** – pág. 96

Introdução

A Física Mecânica é a base para a compreensão dos fenômenos naturais que envolvem movimento, forças e energia. Seu estudo é essencial não apenas para a formação acadêmica em ciências exatas, mas também para o desenvolvimento de tecnologias e a aplicação de princípios físicos em diversas áreas do conhecimento. Neste livro, exploramos de maneira progressiva os principais conceitos dessa disciplina, partindo dos fundamentos básicos até as formulações mais complexas.

O estudo inicia-se com a análise dos **tipos de movimento**, que estabelece a diferenciação entre movimentos retilíneos e curvilíneos, uniformes ou variáveis. Em seguida, abordamos a **velocidade escalar média**, um conceito fundamental para quantificar deslocamentos e calcular trajetórias. O **movimento uniforme** é tratado com ênfase na constância da velocidade, preparando o leitor para a interpretação dos **gráficos do movimento uniforme**, essenciais para a visualização e análise dos fenômenos cinemáticos.

A compreensão do movimento exige o estudo da **aceleração escalar média**, parâmetro que descreve variações na velocidade de um corpo. Com isso, introduzimos o **movimento uniformemente variado**, no qual a aceleração assume um valor constante, permitindo a formulação das **funções horárias** que descrevem a posição e a velocidade ao longo do tempo. Complementando essa análise, apresentamos a **equação de Torricelli**, que elimina a variável tempo na determinação de deslocamentos em um movimento acelerado.

No estudo do movimento circular, abordamos a **aceleração centrípeta**, que mantém um corpo em trajetória curva, e os conceitos de **frequência e período**, fundamentais para caracterizar oscilações e rotações. A **força centrípeta** é introduzida como o agente responsável pela manutenção desses movimentos, seguida pela **função horária angular**, que estabelece relações entre ângulos percorridos e o tempo.

A transição para a dinâmica ocorre com a introdução do **princípio fundamental da dinâmica**, que formaliza a relação entre força e aceleração. O conceito de **força resultante** é explorado para demonstrar como forças combinadas afetam o movimento dos corpos, seguido pelo estudo da **força peso**, determinante para a compreensão dos efeitos gravitacionais.

A análise da **quantidade de movimento** e do **impulso de uma força**, juntamente com o **teorema do impulso**, permite compreender a conservação do momento linear e sua aplicação em colisões. O estudo das **forças elásticas** e da **energia potencial elástica** aprofunda a relação entre deformações e armazenamento de energia em sistemas mecânicos.

Outro aspecto fundamental é a **força de atrito**, indispensável para a análise de interações entre superfícies, e o **empuxo de Arquimedes**, que rege a flutuação de corpos em fluidos. A **densidade absoluta** e a **pressão** são conceitos fundamentais para a compreensão do comportamento de substâncias em diferentes estados físicos.

O estudo da energia mecânica inicia-se com a definição de **trabalho**, seguido pelos conceitos de **potência** e **rendimento**, que quantificam a eficiência da conversão de energia em sistemas físicos. Os capítulos subsequentes exploram a **energia potencial**, a **energia mecânica** total e a **energia cinética**, conceitos essenciais para o entendimento da conservação da energia e das trocas energéticas em diferentes sistemas.

A gravitação é abordada com a **lei da gravitação universal**, que estabelece a interação entre corpos massivos, seguida pelo estudo das **Leis de Kepler**, fundamentais para a descrição dos movimentos planetários. Finalizamos a análise da Física Mecânica com o estudo da **aceleração da gravidade**, um parâmetro essencial para descrever a influência gravitacional da Terra sobre os corpos.

Dessa forma, este livro busca apresentar a Mecânica de maneira estruturada e acessível, proporcionando ao leitor uma compreensão sólida dos princípios físicos que regem o movimento, a força e a energia. A utilização de metodologias didáticas inovadoras, incluindo jogos interativos e recursos tecnológicos, visa tornar o aprendizado mais dinâmico e eficiente, promovendo não apenas a assimilação do conhecimento, mas também o desenvolvimento de uma visão crítica e investigativa sobre os fenômenos naturais.

Tipos de movimento na Física mecânica

O estudo do movimento é um dos pilares fundamentais da Mecânica e baseia-se na análise de grandezas como posição, velocidade e aceleração. A forma como um corpo se move pode ser classificada de acordo com sua velocidade e aceleração, permitindo a categorização dos movimentos em **progressivos e retrógrados**, bem como **acelerados e retardados**.

Movimento Progressivo e Retrógrado

Para compreender a classificação dos movimentos, consideremos um referencial fixo e um corpo se deslocando ao longo de um eixo retilíneo. Dizemos que um movimento é:

- **Progressivo** quando a velocidade escalar é positiva ($v>0$), ou seja, o corpo se desloca no sentido positivo do eixo de referência.
- **Retrógrado** quando a velocidade escalar é negativa ($v<0$), ou seja, o corpo se move no sentido oposto ao referencial adotado.

A mudança de progressivo para retrógrado ocorre quando o corpo inverte sua direção, passando por um instante em que sua velocidade é nula ($v=0$).

Movimento Acelerado e Retardado

A aceleração escalar média (α) é uma grandeza que indica a variação da velocidade ao longo do tempo. A relação entre velocidade e aceleração nos permite classificar o movimento em:

- **Movimento Acelerado** quando a velocidade e a aceleração possuem o mesmo sinal, isso significa que a velocidade do corpo está aumentando em módulo.
- **Movimento Retardado** quando a velocidade e a aceleração possuem sinais opostos, indicando que o corpo está reduzindo sua velocidade.

Essa classificação é essencial para o entendimento de diversos fenômenos físicos, como a frenagem de um veículo, o lançamento de um projétil ou o comportamento de um corpo em queda livre.

Classificações

Tipo de Movimento	**Sinal da** ***Velocidade***	**Sinal da Aceleração**	**Característica**
Progressivo Acelerado	v>0	α >0	A velocidade aumenta no sentido positivo
Progressivo Retardado	v>0	α <0	A velocidade diminui no sentido positivo
Retrógrado Acelerado	v<0	α <0	A velocidade aumenta no sentido negativo
Retrógrado Retardado	v<0	α >0	A velocidade diminui no sentido negativo

Exercício Resolvido

Um ciclista se desloca ao longo de uma estrada reta no sentido positivo do eixo referencial. Em um determinado instante, sua velocidade é de 10m/s e sua aceleração é de $-2m/s^2$.

Pergunta:

Classifique o movimento do ciclista em relação à velocidade e aceleração.

Resolução:
Sabemos que:

- A velocidade do ciclista é positiva ($v=10\,m/s > 0$), logo, ele se move no sentido progressivo.
- A aceleração é negativa ($-2m/s^2$), indicando que o ciclista está reduzindo sua velocidade.

Portanto, o movimento é **progressivo e retardado**.


Mecânica
Tipos de movimento
?


Resposta
Movimento acelerado
Movimento retardado

Velocidade escalar média

Posição e Referencial

Na Física, a posição de um corpo é determinada em relação a um referencial previamente estabelecido. Um referencial é um sistema de coordenadas que permite localizar e descrever o movimento dos corpos no espaço.

Por exemplo, ao observarmos um ônibus parado em um ponto de ônibus, podemos dizer que ele está **em repouso** em relação à rua. No entanto, para um passageiro dentro do ônibus em movimento, os prédios e postes ao redor parecem se mover, enquanto o ônibus e os demais passageiros parecem estar **em repouso**. Isso ilustra a importância do referencial na análise do movimento.

Dizemos que um corpo está **em movimento** quando sua posição varia com o tempo em relação a um determinado referencial. Caso sua posição não se altere, ele está **em repouso**.

Escala de Espaço e Tempo

Para descrever o movimento de um corpo, utilizamos grandezas físicas fundamentais, como **espaço (S)** e **tempo (t)**. O espaço representa a posição de um corpo em um determinado instante, e o tempo permite acompanhar a evolução do movimento.

A unidade padrão para medir distâncias no Sistema Internacional (SI) é o **metro (m)**, e o tempo é medido em **segundos (s)**. Outras unidades podem ser usadas, como quilômetros (km) para distâncias maiores e horas (h) para tempos mais longos.

Definição de Velocidade Escalar Média

A **velocidade escalar média** indica o quão rápido um corpo se desloca ao longo de uma trajetória. Essa grandeza é calculada como a razão entre a **variação do espaço percorrido** e a **variação do tempo gasto** nesse deslocamento, sendo expressa pela fórmula:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Onde:

- v_m é a velocidade escalar média (m/s no SI);
- $\mathit{\Delta S}$ *é a variação do espaço percorrido* ($S_f - S_i$);
- $\mathit{\Delta t}$ é a variação do tempo gasto ($t_f - t_i$).

Exemplo de Aplicação

Imagine um carro que parte do ponto **A** com uma posição inicial de **0 km** e, após **2 horas**, chega ao ponto **B**, localizado a **100 km** de distância. Qual foi a velocidade escalar média do carro?

Utilizando a fórmula da velocidade média:

$$v_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{100 - 0}{2 - 0} = \frac{100}{2} = 50\ km/h$$

Portanto, a velocidade escalar média do carro foi **50 km/h**.

Exercício Resolvido

Um ciclista percorre uma distância de **30 km** em **1,5 horas**. Determine sua velocidade escalar média em km/h.

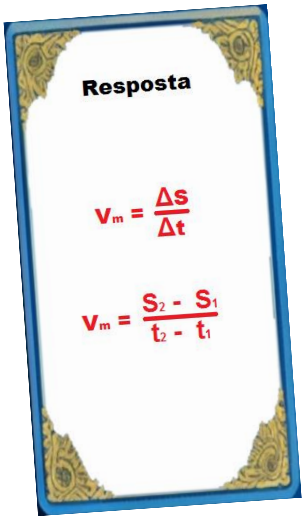
Resolução:

Aplicando a fórmula da velocidade média:

$$v_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{30}{1{,}5} = 20\ km/h$$

O ciclista se deslocou com uma velocidade escalar média de **20 km/h**.


Mecânica
Velocidade escalar média
?


Resposta
$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
$v_m = \frac{S_2 - S_1}{t_2 - t_1}$

Movimento Uniforme

Velocidade Positiva e Negativa

A velocidade de um móvel pode ser classificada como **positiva** ou **negativa**, dependendo da orientação do seu deslocamento em relação a um referencial.

Se um móvel se desloca **a favor da orientação positiva da trajetória**, sua velocidade escalar será **positiva** ($v>0$). Isso significa que ele está se movendo no mesmo sentido definido como positivo no referencial escolhido.

Por outro lado, se o móvel se desloca **contra a orientação positiva da trajetória**, sua velocidade escalar será **negativa** ($v<0$), indicando um movimento no sentido oposto ao estabelecido como positivo.

Por exemplo, considere um carro movendo-se em uma estrada retilínea onde o sentido positivo foi definido para a direita. Se o carro estiver indo para a direita, sua velocidade será positiva; se estiver indo para a esquerda, sua velocidade será negativa.

Velocidade Constante e Movimento Uniforme

Quando um móvel percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais, dizemos que ele está em **movimento uniforme**. Esse tipo de movimento é caracterizado por uma velocidade **constante**, ou seja, sua velocidade escalar não varia ao longo do tempo.

Matematicamente, o movimento uniforme é descrito pela **função horária da posição**, que é dada por:

$$S = S_0 + v.t$$

Onde:

- S , é a posição do móvel em um instante t ($metro$);
- S_0 , é a posição inicial ($metro$);

- v , é a velocidade escalar constante (m/s);
- t , é o tempo de movimento ($segundos$).

Exemplo de Aplicação

Um ciclista parte de um ponto S_0=$5\ km$ *com velocidade constante de* **2 km/h**. Determine sua posição após **3 horas**.

Aplicando a função horária:

$$S = S_0 + v.t$$

$$S = 5 + (2 \times 3)$$

$$S = 5 + 6 = 11\ km$$

Portanto, após **3 horas**, o ciclista estará na posição **11 km**.

Exercício Resolvido

Um carro parte da posição inicial $S_0 = 20\,m$ e se desloca com velocidade constante de **5 m/s**. Determine sua posição após **4 segundos**.

Resolução:

Usando a função horária do movimento uniforme:

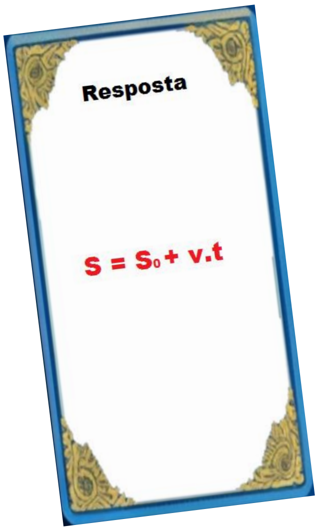
$$S = S_0 + v.t$$

$$S = 20 + (5 \times 4)$$

$$S = 20 + 20 = 40\ m$$

O carro estará na posição **40 m** após 4 segundos.


Mecânica
Movimento uniforme
?


Resposta
$S = S_0 + v.t$

Gráficos do Movimento Uniforme

O Movimento Uniforme como uma Função Matemática

O movimento uniforme pode ser representado matematicamente por uma **função horária da posição**, expressa por:

$$S = S_0 + v.t$$

Essa equação é uma função do **primeiro grau** na variável t, o que significa que seu gráfico, em um plano cartesiano, será uma **reta**.

No gráfico, o **eixo das abscissas** (x) representa o **tempo (t)**, enquanto o **eixo das ordenadas** (y) representa a **posição** (S). A inclinação dessa reta está diretamente relacionada com a velocidade escalar v.

A Velocidade como a Tangente do Triângulo

Ao traçar o gráfico da posição em função do tempo, percebe-se que a variação de posição (ΔS) e a variação de tempo (Δt) formam um **triângulo retângulo**. A velocidade escalar média pode ser interpretada geometricamente como o **coeficiente angular da reta**, ou seja, a **tangente do ângulo** formado pela reta com o eixo do tempo:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \tan(\theta)$$

onde:

- v , é a velocidade escalar;
- ΔS , é a variação de posição ($S - S_0$);
- Δt , é a variação de tempo ($t - t_0$);
- θ , é o ângulo formado entre a reta e o eixo do tempo.

Esse resultado é extremamente útil, pois permite uma interpretação visual da velocidade em gráficos de movimento uniforme. Quanto maior a inclinação da reta, maior a velocidade do móvel.

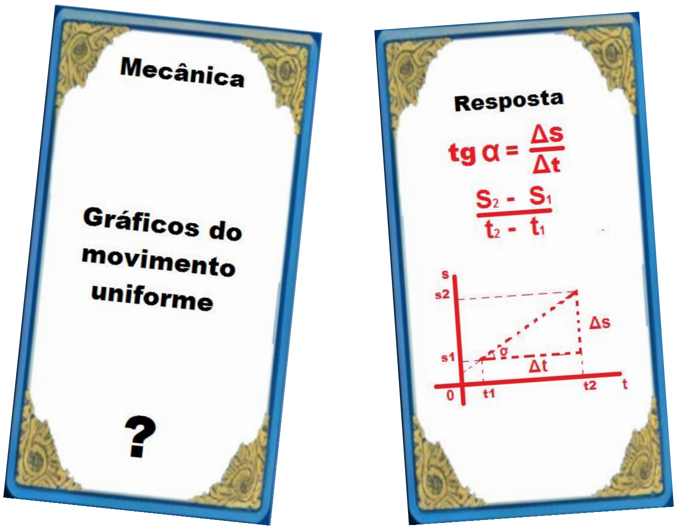
Exemplo de Aplicação

Um ciclista parte de uma posição inicial de **4 m** com velocidade constante de **3 m/s**. Construa o gráfico da posição em função do tempo e determine a inclinação da reta.

Usando a função horária do movimento uniforme:

$$S = 4 + 3t$$

A reta gerada no gráfico possui coeficiente angular **3**, ou seja, a velocidade escalar é **3 m/s** e corresponde a $\tan(\theta)$



Aceleração escalar média

Velocidade Média Constante e Velocidade Variável

Nos estudos iniciais sobre movimento, vimos que no **movimento uniforme** a velocidade do móvel permanece **constante** ao longo do tempo, ou seja, não há variação na sua rapidez. No entanto, em grande parte dos movimentos reais, a velocidade **não permanece constante**, pois pode aumentar ou diminuir conforme o tempo passa. Quando isso acontece, dizemos que o móvel está **acelerado** ou **retardado**.

Essa variação da velocidade ao longo do tempo leva ao conceito de **aceleração escalar média**, que nos permite quantificar o ritmo com que a velocidade de um corpo muda.

Definição de Aceleração Escalar Média

A aceleração escalar média (α_m) é definida como a razão entre a variação da velocidade (Δv) e a variação do tempo (Δt):

$$\alpha_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_0}{t_f - t_0}$$

onde:

- α_m , é a aceleração escalar média (m/s^2);
- v_f , é a velocidade final (m/s);
- v_0 , é a velocidade inicial (m/s);
- t_f e t_0 são os instantes de tempo inicial e final (s).

A unidade de aceleração no Sistema Internacional (SI) é o **metro por segundo ao quadrado (m/s^2)**, indicando o quanto a velocidade varia em cada segundo.

Movimentos Acelerado e Retardado

A aceleração pode atuar de maneiras diferentes sobre o movimento de um corpo, modificando sua velocidade de formas distintas. Para entender isso, analisamos o **sinal da velocidade e da aceleração**.

1. Movimento Acelerado

O movimento é **acelerado** quando a velocidade do móvel **aumenta** com o tempo. Isso ocorre quando a aceleração e a velocidade têm o **mesmo sinal**.

- **Movimento acelerado progressivo:** $v>0$ e $\alpha>0$ (movendo-se no sentido positivo da trajetória e aumentando a velocidade).
- **Movimento acelerado retrógrado:** $v<0$ e $\alpha<0$ (movendo-se no sentido oposto à orientação positiva da trajetória, mas ganhando velocidade nessa direção).

2. Movimento Retardado

O movimento é **retardado** quando a velocidade do móvel **diminui** com o tempo. Isso ocorre quando a aceleração e a velocidade têm **sinais opostos**.

- **Movimento retardado progressivo:** $v>0$ e $\alpha<0$ (movendo-se no sentido positivo da trajetória, mas diminuindo a velocidade).
- **Movimento retardado retrógrado:** $v<0$ e $\alpha>0$ *(movendo-se no sentido oposto à orientação positiva da trajetória, mas reduzindo sua velocidade).*

Exemplo de Aplicação

Um carro trafega a **20 m/s** e, após **5 segundos**, sua velocidade passa a **30 m/s**. Determine sua aceleração média.

Usamos a fórmula da aceleração média:

$$\alpha_m = \frac{v_f - v_0}{t_f - t_0}$$

Substituindo os valores:

$$\alpha_m = \frac{30 - 20}{5 - 0} = \frac{10}{5} = 2\ m/s^2$$

Isso significa que, a cada segundo, a velocidade do carro aumenta em **2 m/s**.

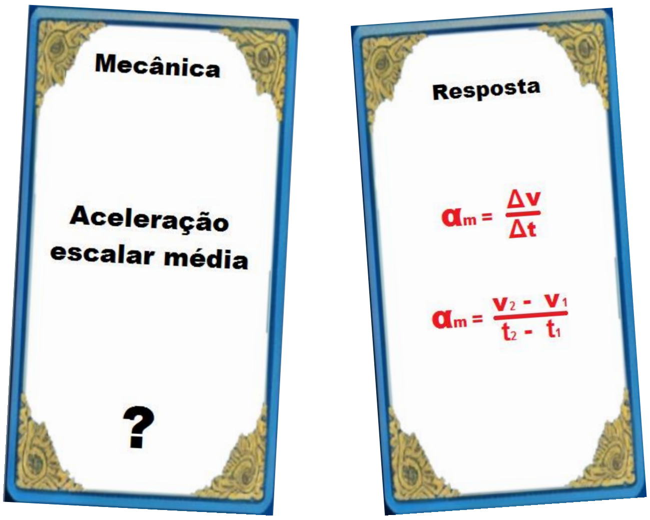
Exercício Resolvido

Um ciclista se desloca a **5 m/s** no sentido positivo da tragetória e, após **4 segundos**, reduz sua velocidade para **1 m/s**. Determine a aceleração escalar média e classifique o movimento.

Resolução:

$$\alpha_m = \frac{1-5}{4-0} = -\frac{4}{4} = -1\ m/s^2$$

Como a aceleração é negativa e a velocidade inicial era positiva, trata-se de um **movimento retardado progressivo**.



Movimento Uniformemente Variado (MUV)

Introdução ao Movimento Uniformemente Variado

Nos estudos anteriores, analisamos o conceito de **aceleração escalar média** e como a variação da velocidade ao longo do tempo caracteriza o comportamento do movimento de um corpo. Agora, aprofundaremos esse conceito ao estudar o **Movimento Uniformemente Variado (MUV)**, que ocorre quando um corpo se move sob a ação de uma **aceleração constante**.

Diferente do **movimento uniforme**, onde a velocidade permanece inalterada, no **MUV** a velocidade varia de forma regular, pois o corpo está sujeito a uma **aceleração constante.** Isso significa que a cada segundo a velocidade do móvel aumenta ou diminui na mesma proporção.

Aceleração e o Movimento Uniformemente Variado

A aceleração escalar média já foi definida como a variação da velocidade dividida pelo tempo:

$$\alpha_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Quando a aceleração é **constante**, ou seja, não varia ao longo do tempo, temos o **Movimento Uniformemente Variado (MUV)**. Assim, um corpo em MUV pode apresentar dois comportamentos principais:

1. **Movimento Acelerado**: Quando a velocidade e a aceleração possuem o **mesmo sinal**, ou seja, o móvel está ganhando velocidade.
2. **Movimento Retardado**: Quando a velocidade e a aceleração possuem **sinais opostos**, ou seja, o móvel está reduzindo sua velocidade.

Fórmula da Velocidade no Movimento Uniformemente Variado

Uma das principais equações que descrevem o **MUV** expressa a velocidade do móvel em função do tempo:

$$v = v_0 + \alpha . t$$

onde:

- v = velocidade final (m/s);
- v_0 = velocidade inicial (m/s);
- α = aceleração (m/s^2);
- t = tempo decorrido (s).

Essa equação mostra que a velocidade do móvel depende da sua velocidade inicial e do tempo que passou sob ação de uma aceleração constante.

Exemplo de Aplicação

Um carro parte do repouso ($v_0 = 0$) e se desloca com uma aceleração constante de 3 m/s^2 por **5 segundos**. Qual será sua velocidade ao final desse intervalo de tempo?

Resolução:

Usamos a equação do movimento uniformemente variado:

$$v = v_0 + \alpha . t$$

Substituindo os valores:

$$v = 0 + (3 \times 5)$$

$$v = 15\ m/s$$

Portanto, ao final de **5 segundos**, o carro estará se movendo a $v = 15\ m/s$.

Exercício Resolvido

Um ciclista está se movendo a **4 m/s** e, após **6 segundos**, atinge a velocidade de **10 m/s**. Sabendo que o movimento ocorre sob aceleração constante, determine o valor da aceleração escalar média.

Resolução:

Usamos a equação da velocidade no MUV:

$$v = v_0 + \alpha . t$$

Substituímos os valores:

$$10 = 4 + \alpha . 6$$

$$\therefore$$

$$\alpha = 1\, m/s^2$$

Portanto, a aceleração do ciclista é de **1 m/s²**.

Funções horárias

No estudo do **Movimento Uniformemente Variado (MUV)**, vimos que a aceleração é constante e que a velocidade varia ao longo do tempo. Para descrever esse movimento de forma matemática, utilizamos **funções horárias**, que nos permitem calcular a posição e a velocidade do móvel a qualquer instante.

No **MUV**, há duas funções principais:

1. **Função horária da velocidade**
2. **Função horária da posição (ou espaço)**

Função Horária da Velocidade

A velocidade do móvel em MUV pode ser expressa pela seguinte equação:

$$v = v_0 + \alpha . t$$

Essa equação nos permite determinar a velocidade de um móvel a qualquer instante do tempo, sabendo sua velocidade inicial e a aceleração constante que ele sofre.

Função Horária da Posição (Espaço)

Para determinar a posição do móvel a qualquer instante do tempo, usamos a seguinte equação:

$$S = S_0 + v_0 . t + \frac{1}{2} \alpha . t^2$$

onde:

- S = posição final (m);
- S_0 = posição inicial (m);
- v_0 = velocidade inicial (m/s);
- t = tempo decorrido (s);

- α = aceleração constante (m/s^2).

Essa equação é uma **função do segundo grau**, pois contém o termo t^2, o que significa que a trajetória do movimento quando representada graficamente forma uma **parábola**.

Exemplo

Um ciclista parte de uma posição inicial S_0 com uma velocidade de $5\,m/s$, e acelera a 2 m/s^2. Qual será sua posição após **4 segundos**?

Resolução:

$$S = 0 + (5 \times 4) + \frac{1}{2}(2 \times 4^2)$$

$$S = 0 + 20 + \frac{1}{2}(2 \times 16)$$

$$\therefore$$

$$S = 36\,m$$

Portanto, após **4 segundos**, o ciclista estará na posição **36 metros**.

Exercício Resolvido

Um carro parte do repouso e acelera constantemente a **3 m/s^2**. Determine sua posição após **5 segundos**, sabendo que ele partiu da posição S_0= 2 metros.

Resolução:

Usamos a função horária da posição:

$$S = S_0 + v_0.t + \frac{1}{2}\alpha.t^2$$

Substituímos os valores:

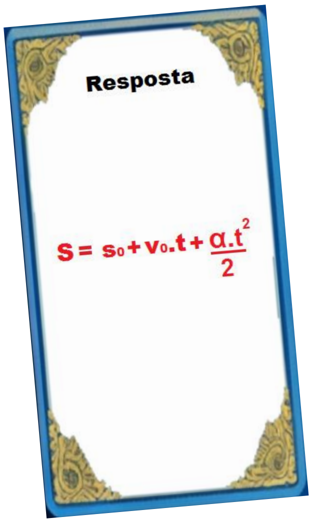
$$S = 2 + (0 + 5) + \frac{1}{2}(3 \times 5^2)$$

$$S = 2 + 0 + \frac{1}{2}(3 \times 25)$$

$$\therefore$$

$$S = 39{,}5\ m$$

Portanto, o carro estará na posição **39,5 metros** após **5 segundos.**



Equação de Torricelli

No estudo do **Movimento Uniformemente Variado (MUV)**, já vimos que a velocidade varia ao longo do tempo devido à aceleração constante. Para descrever esse movimento, utilizamos três equações fundamentais:

1. **Função horária da velocidade**: $v = v_0 + \alpha . t$
2. **Função horária da posição**: $S = S_0 + v_0 . t + \frac{1}{2} \alpha . t^2$
3. **Equação de Torricelli**: $v^2 = v_0^2 + 2 . \alpha . \Delta S$

A **Equação de Torricelli** permite calcular a velocidade final de um móvel **sem precisar do tempo**. Isso é útil em situações em que o intervalo de tempo não é conhecido ou não pode ser medido facilmente.

Dedução da Equação de Torricelli

A Equação de Torricelli pode ser obtida a partir das funções horárias do **MUV**.

Sabemos que:

$$S = S_0 + v_0 . t + \frac{1}{2} \alpha . t^2$$

e que:

$$v = v_0 + \alpha . t$$

Isolando t *na segunda equação:*

$$t = \frac{v - v_0}{\alpha}$$

Substituímos esse valor na equação da posição:

$$S - S_0 = v_0.\frac{v - v_0}{\alpha} + \frac{1}{2}\alpha.\left(\frac{(v - v_0)^2}{\alpha^2}\right)$$

Simplificando e manipulando algebricamente, obtemos a **Equação de Torricelli**:

$$v^2 = v_0^2 + 2.\alpha.\Delta S$$

onde:

- v = velocidade final (m/s);
- v_0 = velocidade inicial (m/s);
- α = aceleração constante (m/s^2);
- ΔS $= variação\ do\ espaço\ (S - S_0)$ (m).

Essa equação relaciona diretamente a velocidade e o deslocamento do móvel, sem envolver o tempo.

Equação de Torricelli só é válida no MUV

A **Equação de Torricelli** só pode ser aplicada quando a **aceleração é constante**, pois sua dedução foi baseada nas equações do **Movimento Uniformemente Variado (MUV)**.

Se a aceleração variar ao longo do tempo, as equações horárias deixam de ser funções simples e tornam-se mais complexas, exigindo cálculo diferencial e integral para análise.

Portanto, **Torricelli só pode ser usado quando o movimento for uniformemente variado**, ou seja, com aceleração constante e diferente de zero.

Exemplo

Um ciclista parte do repouso e percorre uma distância de **50 m** com uma aceleração constante de **2 m/s^2**. Qual será sua velocidade ao final do percurso?

Resolução:

$$v^2 = v_0^2 + 2.\alpha.\Delta S$$

$$v^2 = 0 + 2.(2 \times 50)$$

$$\therefore$$

$$v \approx 14{,}14\, m/s$$

Portanto, ao final dos **50 metros**, sua velocidade será aproximadamente **14,14 m/s**.

Exercício Resolvido

Um automóvel está a **20 m/s** e percorre **80 metros** até parar. Qual foi a aceleração aplicada no carro?

Resolução:

$$v^2 = v_0^2 + 2.\alpha.\Delta S$$

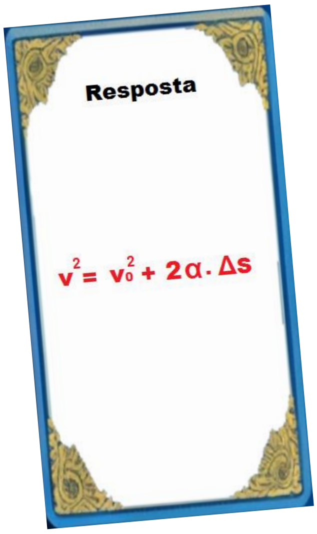
$$0^2 = 20^2 + 2.\alpha.80$$

$$\therefore$$

$$\alpha = -2{,}5\, m/s^2$$

Ou seja, a aceleração aplicada foi de **-2,5 m/s²**, indicando uma **desaceleração**.


Mecânica
Equação de Torricelli
?


Resposta
$v^2 = v_0^2 + 2\alpha . \Delta s$

Aceleração centrípeta

Nos estudos de cinemática, o movimento circular desempenha um papel fundamental, pois muitos fenômenos naturais e aplicações tecnológicas envolvem trajetórias curvas. O movimento circular ocorre quando um objeto se desloca ao longo de uma trajetória em forma de circunferência, mantendo um raio constante em relação a um ponto fixo chamado **centro da trajetória**.

Para descrever esse movimento, utilizamos grandezas como **posição angular, velocidade angular e aceleração centrípeta**, que são fundamentais para a análise dos corpos em rotação.

Espaço Angular e Posição na Circunferência

Em uma trajetória retilínea, a posição do móvel é determinada por sua **coordenada linear**. No caso de um movimento circular, a posição de um ponto é mais bem representada pelo **ângulo** θ que ele forma com um referencial fixo.

A relação entre o **deslocamento linear** $\boldsymbol{s}$ e o **deslocamento angular** θ **em um círculo de raio** $\boldsymbol{R}$ é dada por:

$$s = \theta . R$$

onde:

- $\boldsymbol{s}$ = espaço percorrido ao longo da circunferência (m);
- θ = ângulo descrito pelo móvel (em radianos);
- $\boldsymbol{R}$ = raio da trajetória circular (m).

Velocidade no Movimento Circular

Assim como no movimento retilíneo, no movimento circular também há uma grandeza associada à rapidez do móvel: a **velocidade vetorial**. No entanto, ela pode ser expressa de duas formas:

1. **Velocidade Linear (**$\boldsymbol{v}$**)**: representa a rapidez com que o objeto percorre a circunferência e é dada por:

$$v = \omega . R$$

onde:

- $\boldsymbol{v}$ = velocidade linear (m/s);
- ω = velocidade angular (rad/s);
- $\boldsymbol{R}$ = raio da trajetória (m).

2. **Velocidade Angular ($\boldsymbol{\omega}$)**: indica a variação do ângulo em função do tempo:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

onde:

- ω = velocidade angular (rad/s);
- $\Delta\theta$ = variação do ângulo (rad);
- Δt = variação do tempo (s).

Aceleração Centrípeta

Diferente do movimento retilíneo, no qual a aceleração pode estar na direção da trajetória do móvel, no movimento circular **a aceleração que mantém o corpo na trajetória curva é chamada de aceleração centrípeta**. Essa aceleração sempre aponta para o centro da trajetória e sua intensidade pode ser expressa por duas equações fundamentais:

1. **Em termos da velocidade linear (v):**

$$\alpha_c = \frac{v^2}{R}$$

2. **Em termos da velocidade angular ($\boldsymbol{\omega}$)**:

$$\alpha_c = \omega^2 . R$$

onde:

- α_c = aceleração centrípeta (m/s^2);
- v = velocidade linear (m/s);
- ω = velocidade angular (rad/s);
- $\boldsymbol{R}$ = raio da trajetória circular (m).

Essa aceleração é responsável por "puxar" o corpo em direção ao centro da trajetória, impedindo que ele siga em linha reta. Sem essa força, o objeto sairia tangencialmente à curva, conforme predito pela **Primeira Lei de Newton** (inércia).

Exemplo

Um carro percorre uma curva circular de raio **50 m** com uma velocidade constante de **20 m/s**. Determine a aceleração centrípeta.

Resolução:

$$\alpha_c = \frac{v^2}{R}$$

$$\alpha_c = \frac{20^2}{50}$$

$$\therefore$$

$$\alpha_c = 8\, m/s^2$$

Portanto, a aceleração centrípeta é **8 m/s^2**.

Exercício Resolvido

Um disco gira com velocidade angular de **5 rad/s** e possui raio de **0,2 m**. Determine a aceleração centrípeta de um ponto na borda do disco.

Resolução:

Usamos a equação:

$$\alpha_c = \omega^2 . R$$

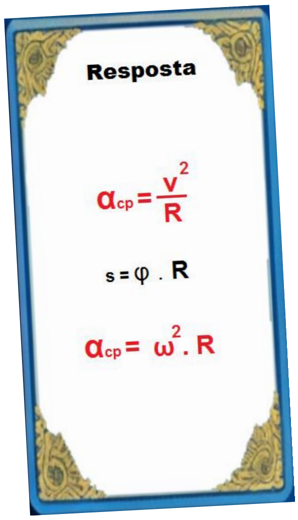
$$\alpha_c = (5)^{2\cdot} 0{,}2$$

$$\therefore$$

$$\alpha_c = 5\, m/s^2$$

Portanto, a aceleração centrípeta do ponto na borda do disco é **5 m/s^2**.


Mecânica
Aceleração centrípeta
?


Resposta
$\alpha_{cp} = \frac{v^2}{R}$
$s = \varphi \, . \, R$
$\alpha_{cp} = \omega^2 . R$

Período e Frequência

No estudo dos movimentos circulares, duas grandezas fundamentais são o **período** e a **frequência**. Esses conceitos estão diretamente relacionados ao tempo que um corpo leva para completar um ciclo completo em uma trajetória circular. O entendimento dessas grandezas é essencial para diversas aplicações na Física, como no funcionamento de engrenagens, sistemas planetários, motores e até no estudo das ondas.

Definição de Período (T)

O **período** (T) é o tempo necessário para que um corpo complete uma volta completa ao longo de uma trajetória circular. Ele é medido em **segundos (s)** e pode ser determinado pela equação:

$$T = \frac{1}{f}$$

onde:

- T = período (s);
- f = frequência (Hz).

O período é a **medida do tempo de uma revolução completa** e pode ser observado, por exemplo, no movimento de um relógio analógico, onde o ponteiro dos segundos leva **60 segundos** para dar uma volta completa no mostrador.

Definição de Frequência (f)

A **frequência** (f) representa o número de voltas completas que um corpo realiza em **um segundo**. Ela é medida em **hertz (Hz)**, onde **1 Hz = 1 ciclo por segundo**.

A relação entre frequência e período é dada pela mesma equação:

$$f = \frac{1}{T}$$

onde:

- f = frequência (Hz);
- T = período (s).

Se um ventilador, por exemplo, gira completando **10 voltas por segundo**, sua frequência é **10 Hz** e seu período é **0,1 s**.

Velocidade Angular(ω)

No movimento circular, a velocidade angular ($\omega \backslash omega$ω) pode ser expressa em função da frequência ou do período. Sabemos que a velocidade angular é a variação do ângulo por unidade de tempo:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Quando o movimento é periódico e repetitivo, podemos expressar a velocidade angular em função da frequência:

$$\omega = 2.\pi.f$$

ou, em termos do período:

$$\omega = \frac{2.\pi}{T}$$

onde:

- ω = velocidade angular (rad/s);
- f = frequência (Hz);
- T = período (s).

Essa equação é fundamental para o estudo de sistemas rotacionais, como motores elétricos e satélites orbitais.

Exemplo Resolvido

Um ciclista percorre uma pista circular de **30 m** de raio, completando uma volta a cada **12 segundos**. Determine:

a) A frequência do movimento.
b) A velocidade angular do ciclista.

Resolução:

a) A frequência é dada por:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{12}$$

$$f = 0{,}083\ Hz$$

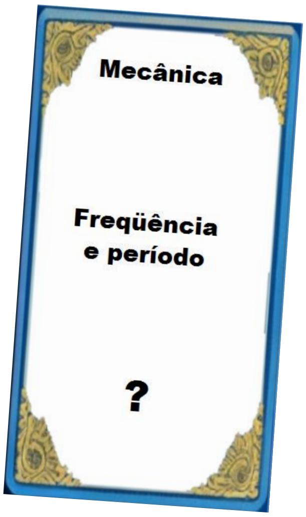
b) A velocidade angular é dada por:

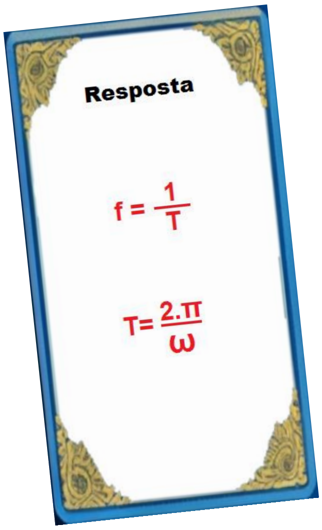
$$\omega = \frac{2.\pi}{T}$$

$$\omega = \frac{2.\pi}{12}$$

$$\omega \approx 0{,}524\ rad/s$$

Portanto, a frequência do movimento é **0,083 Hz** e a velocidade angular é **0,524 rad/s**.


Mecânica
Freqüência
e período
?


Resposta
$f = \frac{1}{T}$
$T = \frac{2.\pi}{\omega}$

Força centrípeta

Nos movimentos circulares, um corpo não se desloca em linha reta porque há uma força que o mantém preso à trajetória curva. Essa força é chamada de **força centrípeta**, e atua sempre em direção ao centro da trajetória circular. Sem essa força, o corpo tenderia a seguir em linha reta devido à inércia, conforme enunciado na **Primeira Lei de Newton**.

A força centrípeta não é um novo tipo de força da natureza, mas sim uma designação para qualquer força que tenha como efeito manter um corpo em trajetória circular. Essa força pode ser, por exemplo, a **tensão em um fio**, a **força gravitacional**, **entre outras.**

Fórmulas da Força Centrípeta

A força centrípeta (F_c) é diretamente proporcional à massa do corpo (m) e à sua aceleração centrípeta (α_c):

$$F_c = m.\alpha_c$$

Como já sabemos, a aceleração centrípeta pode ser escrita em função da velocidade linear (v) e do raio da trajetória (R):

$$\alpha_c = \frac{v^2}{R}$$

Substituindo essa expressão na equação da força centrípeta, temos:

$$F_c = m.\frac{v^2}{R}$$

onde:

- F_c = força centrípeta (N);
- m = massa do corpo (kg);
- v = velocidade linear do corpo (m/s);
- R = raio da trajetória circular (m).

Essa equação mostra que quanto maior a velocidade do corpo ou menor o raio da trajetória, maior será a força necessária para manter o corpo em movimento circular.

Exemplo Resolvido

Um carro de **800 kg** percorre uma curva de raio **50 m** com velocidade de **20 m/s**. Determine a força centrípeta necessária para mantê-lo na trajetória.

Resolução:

Utilizando a equação da força centrípeta:

$$F_c = m.\frac{v^2}{R}$$

Substituindo os valores:

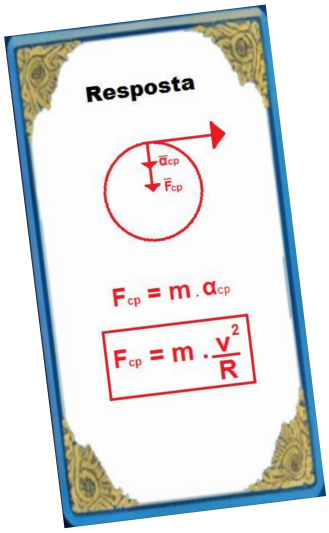
$$F_c = 800.\frac{20^2}{50}$$

$$\therefore$$

$$F_c = 6400\ N$$

Portanto, a força centrípeta necessária para manter o carro na curva é **6400 N**.


Mecânica
Força centrípeta
?


Resposta
$\vec{a}_{cp}$
$\vec{F}_{cp}$
$F_{cp} = m \cdot a_{cp}$
$F_{cp} = m \cdot \frac{v^2}{R}$

Função horária angular

No estudo dos movimentos circulares, é fundamental compreender como a posição angular de um corpo varia ao longo do tempo. Para isso, utilizamos a **função horária angular**, que descreve a posição do corpo em um determinado instante. Essa função é análoga à equação horária do espaço no movimento retilíneo uniforme, mas aplicada à rotação.

Fórmula da Função Horária Angular

A equação que determina a posição angular (θ) de um móvel em movimento circular uniforme é dada por:

$$\theta = \theta_0 + \omega . t$$

onde:

- θ = posição angular no instante t (rad);
- θ_0 = posição angular inicial (rad);
- ω = velocidade angular (rad/s);
- t = tempo decorrido (s).

Essa equação indica que, em um **movimento circular uniforme** (MCU), a posição angular do móvel cresce linearmente com o tempo. A velocidade angular ω *é constante, pois não há aceleração angular.*

Se a velocidade angular for positiva ($\boldsymbol{\omega > 0}$), o corpo está girando no sentido anti-horário (convencionalmente considerado positivo). Caso contrário, se $\boldsymbol{\omega < 0}$, o corpo gira no sentido horário.

Exemplo Resolvido

Um disco gira em movimento circular uniforme com velocidade angular de **2 rad/s**. No instante inicial, ele está na posição angular de **0,5 rad**. Determine a posição angular do disco após **4 segundos**.

Resolução:

Utilizando a equação horária angular:

$$\theta = \theta_0 + \omega . t$$

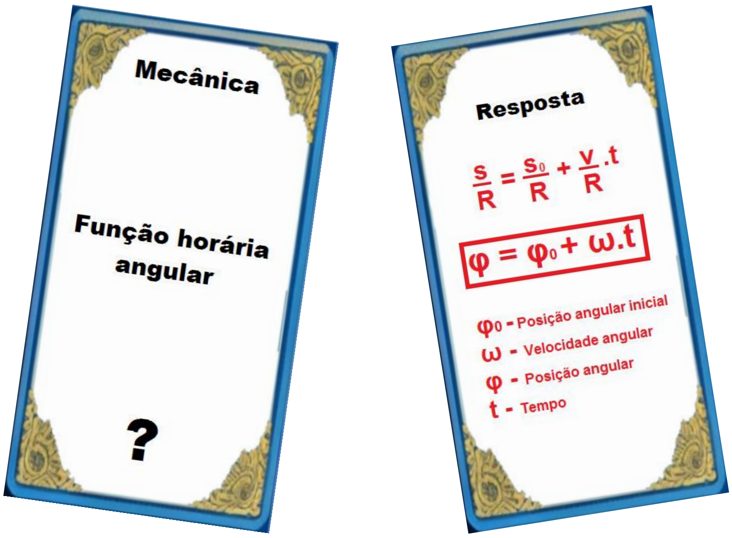
Substituindo os valores:

$$\theta = 0{,}5 + (2 \times 5)$$

$$\therefore$$

$$\theta = 8{,}5\, rad$$

Portanto, após **4 segundos**, a posição angular do disco será **8,5 rad**.



Princípios fundamentais da Dinâmica

A dinâmica é a parte da Física que estuda as causas dos movimentos e suas variações. No centro dessa análise, encontramos os conceitos de **massa, aceleração e força**, fundamentais para entender o comportamento dos corpos em diferentes situações.

Massa e suas Escalas

A **massa** é uma grandeza escalar que mede a quantidade de matéria de um corpo e sua resistência a mudanças no movimento. Sua unidade no Sistema Internacional (SI) é o **quilograma (kg)**. A massa pode ser classificada em diferentes escalas, de acordo com o tipo de sistema estudado:

- **Massa atômica:** usada em nível microscópico, expressa em unidades de massa atômica (u).
- **Massa inercial:** relacionada à resistência do corpo à variação de velocidade.
- **Massa gravitacional:** responsável pelas interações gravitacionais entre corpos.

Independentemente da escala utilizada, a massa de um corpo permanece constante em qualquer ponto do universo.

Aceleração e Aceleração da Gravidade

A **aceleração** é uma grandeza vetorial que mede a variação da velocidade de um corpo ao longo do tempo. Dependendo do contexto, pode-se distinguir diferentes tipos de aceleração:

- **Aceleração tangencial:** relacionada à variação do módulo da velocidade.
- **Aceleração centrípeta:** associada ao movimento circular, sempre direcionada para o centro da trajetória.
- **Aceleração resultante:** soma vetorial das acelerações que atuam sobre um corpo.

Um caso especial é a **aceleração da gravidade** (g), que representa a aceleração com que os corpos são atraídos para a Terra. Seu valor médio ao nível do mar é **9,8 m/s²**, variando ligeiramente dependendo da altitude e latitude.

Força e Força Resultante

A **força** é a grandeza responsável por alterar o estado de movimento de um corpo. Quando várias forças atuam sobre um objeto, a **força resultante** (F_r) é obtida pela soma vetorial de todas elas.

O conceito de força é descrito pela **Segunda Lei de Newton**, que estabelece a seguinte equação fundamental:

$$F_r = m.\alpha$$

onde:

- F_r = força resultante (N - Newton);
- m = massa do corpo (kg);
- α = aceleração do corpo (m/s²).

Essa relação mostra que a força aplicada sobre um objeto é diretamente proporcional à sua aceleração.

Exemplo Resolvido

Um bloco de **5 kg** está sobre uma superfície lisa e recebe uma força resultante de **20 N**. Determine sua aceleração.

Resolução:

Utilizando a equação da força resultante:

$$F_r = m.\alpha$$

Substituindo os valores:

$$20 = 5.\alpha$$

$$\therefore$$

$$\alpha = 4\,m/s^2$$

Portanto, a aceleração do bloco é de **4 m/s²**.

Força resultante

Na mecânica, diversos corpos estão sujeitos à ação de múltiplas forças simultaneamente. A **força resultante** é a força única que pode substituir todas as forças atuantes e produzir o mesmo efeito dinâmico sobre o corpo. Para determinar a força resultante em um sistema, utilizamos o conceito de **soma vetorial das forças**.

Somatório das Forças

Quando um corpo está sujeito a várias forças $F_1, F_2, F_3, \ \ldots, F_n$, a **força resultante** (F_r) é dada pelo somatório das forças aplicadas:

$$F_r = \sum_{i=1}^{n} F_i$$

Essa equação indica que a força resultante é obtida somando-se todas as forças que atuam no corpo.

Casos Especiais:

- **Se a força resultante for zero ($F_r = 0$)**, o corpo está em **equilíbrio**, podendo estar em repouso ou em movimento retilíneo uniforme.
- **Se a força resultante for diferente de zero ($F_r \neq 0$)**, o corpo sofrerá uma aceleração proporcional à força aplicada, de acordo com a Segunda Lei de Newton:

$$F_r = m.\alpha$$

onde $m \ \ é \, a \, massa \, do \, corpo \, e \, \alpha$ é a aceleração.

Exemplo Resolvido

Considere um bloco de **10 kg** sobre uma superfície horizontal, onde duas forças atuam sobre ele:

- Uma força de **50 N** para a direita (F_1).
- Uma força de **30 N** para a esquerda (F_2).

Determine a força resultante e a aceleração do bloco.

Resolução:

Escolhemos um referencial positivo para a direita e aplicamos a soma vetorial das forças:

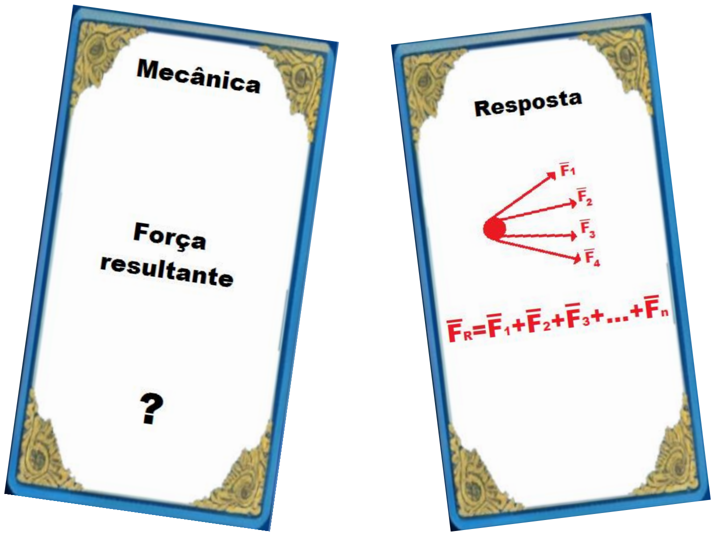
$$F_r = F_1 + F_2$$
$$F_r = 50 - 30$$
$$F_r = 20 \ N \ (para \ a \ direita)$$

Agora, aplicamos a **Segunda Lei de Newton** para determinar a aceleração:

$$F_r = m.\alpha$$

$$20 = 10.\alpha$$
$$\therefore$$
$$\alpha = 2\,m/s^2$$

Portanto, o bloco terá uma aceleração de **2 m/s²** para a direita.



Força peso

Na Física, chamamos de **força peso** a força que um corpo sofre devido à ação da gravidade. Todo corpo com massa está sujeito a essa força, que é exercida pela Terra e aponta sempre para o centro do planeta. A força peso é um exemplo de **força de campo**, pois age mesmo sem contato físico direto entre os corpos.

Fórmula da Força Peso

A força peso (P) de um corpo é dada pela equação:

$$P = m.g$$

onde:

- P , é o peso do corpo (Newtons),
- m , é a massa do corpo (kg),
- g , é a aceleração da gravidade, que na Terra vale aproximadamente **9,8 m/s²**.

Relação entre Newton e Massa

Um Newton ($1N$), corresponde aproximadamente ao peso de um corpo de massa igual a 100 gramas. Se considerarmos a gravidade terrestre igual a $10m/s^2$ observamos que:

$$P = m \, . \, g$$

$$1N = 0{,}1_{gramas} \times 10m/s^2$$

ou seja, a força peso de **1 kg** é **10 N**.

$$10N = 1kg \times 10m/s^2$$

Dessa forma podemos converter pequenas massas para Newtons:

$$100g = 0{,}1kg \Rightarrow P = 0{,}1 \times 10 = 1N$$

Observando que, um objeto de **1 N** pesa aproximadamente **100 g** na Terra.

Exemplo Resolvido

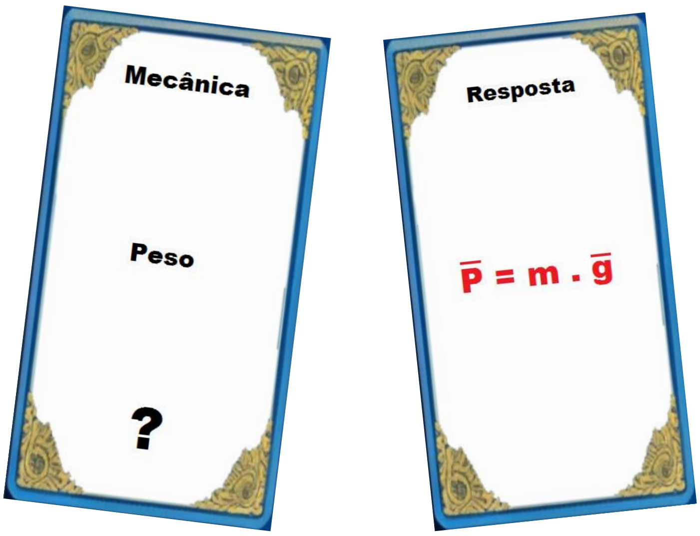
Um astronauta de **80 kg** está na superfície da Terra. Qual é seu peso? Considerando que a gravidade terrestre seja 9,8 m/s^2:

Resolução:

Aplicamos a fórmula da força peso:

$$P = m.g$$
$$P = 80 \times 9{,}8$$
$$P = 784\ N$$

Portanto, o astronauta tem um peso de **784 N** na Terra.



Quantidade de movimento

Na Física, chamamos de **quantidade de movimento** a grandeza que mede o quanto um corpo em movimento pode influenciar outros corpos em colisões ou interações. A quantidade de movimento está diretamente relacionada à **massa** do corpo e à sua **velocidade**.

Quanto maior a massa ou a velocidade de um corpo, maior será sua quantidade de movimento. Esse conceito é essencial na Mecânica e está presente em leis fundamentais, como o **Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento**.

Fórmula da Quantidade de Movimento

A quantidade de movimento (Q) é definida matematicamente pela equação:

$$Q = m.v$$

onde:

- Q é a quantidade de movimento (em kg·m/s),
- m é a massa do corpo (em kg),
- v é a velocidade do corpo (em m/s).

A quantidade de movimento é uma **grandeza vetorial**, ou seja, possui **módulo, direção e sentido**. Seu sentido é o mesmo da velocidade do corpo.

Exemplo Resolvido

Um caminhão de **5.000 kg** se desloca com velocidade de **20 m/s** em uma rodovia. Qual é a sua quantidade de movimento?

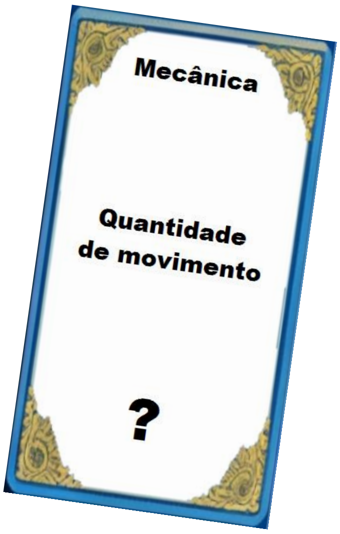
Resolução:

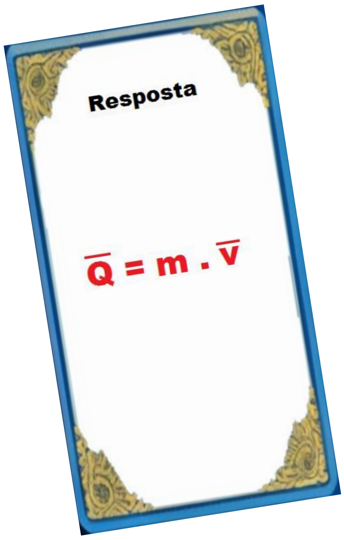
Aplicamos a fórmula:

$$Q = m.v$$

$$Q = 5.000 \times 20$$
$$Q = 100.000\ kg \cdot m/s$$

Portanto, a quantidade de movimento do caminhão é **100.000** $kg \cdot m/s$.





Impulso de uma força e o Teorema do impulso

Quando uma força é aplicada a um corpo por um determinado intervalo de tempo, essa força gera uma variação na **quantidade de movimento** do corpo. Esse efeito é conhecido como **impulso de uma força** e é uma grandeza física fundamental para o estudo das colisões e da dinâmica dos corpos.

O impulso é útil para entender como forças aplicadas durante um curto período podem causar grandes variações na velocidade dos corpos, como ocorre em esportes, acidentes de trânsito e até mesmo no lançamento de foguetes.

Fórmula do Impulso

O impulso (I) é definido matematicamente como:

$$I = F.\Delta t$$

onde:

- I , é o impulso ($N \cdot s \; ou \; kg \cdot m/s$),
- F , é a força aplicada (em Newtons),
- Δt , é o intervalo de tempo durante o qual a força foi aplicada (em segundos).

O impulso é uma **grandeza vetorial** e tem a mesma direção e sentido da força aplicada.

Teorema do Impulso

O **Teorema do Impulso** estabelece que o impulso de uma força sobre um corpo é igual à variação da quantidade de movimento desse corpo.

Matematicamente, podemos expressar essa relação como:

$$I = \Delta Q$$

ou seja:

$$F.\Delta Q = m.v_f - m.v_0$$

onde:

- v_f , é a velocidade final do corpo (em m/s),
- v_f , é a velocidade inicial do corpo (em m/s).

Esse teorema tem aplicações práticas importantes, como na segurança automotiva, onde airbags e cintos de segurança aumentam o tempo de atuação da força sobre o corpo do motorista, reduzindo a intensidade da força e minimizando os danos.

Exemplo Resolvido

Um jogador de futebol chuta uma bola de **0,4 kg**, aplicando sobre ela uma força média de **80 N** durante **0,02 s**. Qual é o impulso aplicado na bola?

Resolução:

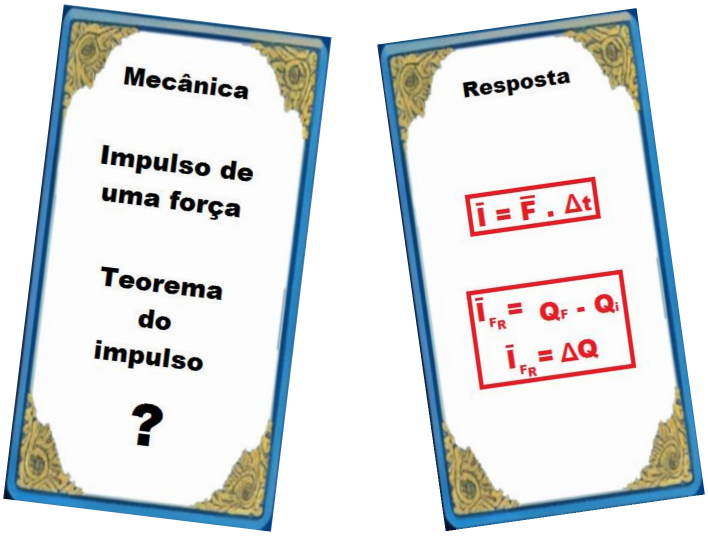
Usamos a fórmula do impulso:

$$I = F.\Delta t$$

$$I = 80 \times 0{,}02$$

$$I = 1{,}6\, N \cdot s$$

Portanto, o impulso aplicado na bola foi **1,6 N·s**.



Força elástica

Quando um corpo elástico, como uma mola, é esticado ou comprimido, ele exerce uma força contrária à deformação. Essa força restauradora é chamada de **força elástica** e obedece a uma relação proporcional com a deformação sofrida pelo corpo, sendo descrita pela **Lei de Hooke**.

A força elástica é um conceito fundamental na física, sendo aplicada em molas, elásticos, suspensões de veículos e até na biomecânica dos músculos.

Fórmula da Força Elástica

A força elástica (F_e) é determinada pela seguinte equação:

$$F_e = k.x$$

onde:

- F_e , é a força elástica (em Newtons, N),
- k , é a constante elástica da mola (em N/m),
- x , é a deformação da mola em relação à sua posição de equilíbrio (em metros, m).

A constante k depende do material da mola e de suas características físicas. Quanto maior o valor de k , mais rígida é a mola e maior a força necessária para deformá-la.

A força elástica **sempre atua no sentido oposto à deformação**, buscando restaurar o corpo à sua posição original.

Observação Importante

- Se a mola é **esticada**, a força elástica age no sentido de puxar o corpo de volta à posição de equilíbrio.
- Se a mola é **comprimida**, a força elástica age no sentido de empurrar o corpo para sua posição original.
- O valor da força elástica cresce **linearmente** com a deformação, desde que a mola não seja esticada além de seu limite elástico.

Exemplo Resolvido

Uma mola tem uma constante elástica de **200 N/m**. Se ela for alongada em **0,05 m**, qual será a força elástica exercida pela mola?

Resolução:

Usamos a fórmula da força elástica:

$$F_e = k.x$$
$$F_e = 200 \times 0{,}05$$
$$F_e = 10\ N$$

Portanto, a força elástica exercida pela mola será **10 N**.

Energia potencial elástica

Quando um corpo elástico, como uma mola ou um elástico, é deformado, ele armazena **energia potencial elástica**. Essa energia pode ser liberada quando o corpo retorna à sua posição original. Esse fenômeno é observado em vários sistemas físicos, como suspensões de veículos, arcos e flechas, trampolins e até no funcionamento de brinquedos e aparelhos esportivos.

A energia potencial elástica é um tipo de **energia mecânica** e está diretamente relacionada à força elástica que atua no corpo.

Fórmula da Energia Potencial Elástica

A energia potencial elástica (E_p) armazenada em uma mola deformada é dada por:

$$E_p = \frac{1}{2}k.x^2$$

onde:

- E_p , é a energia potencial elástica (em Joules, J),

- k é a constante elástica da mola (em N/m),
- x é a deformação sofrida pela mola em relação à posição de equilíbrio (em metros, m).

Essa equação mostra que a energia armazenada é **proporcional ao quadrado da deformação**. Isso significa que, se dobrarmos a deformação de uma mola, a energia armazenada **quadruplica**.

Importância da Energia Potencial Elástica

A energia potencial elástica é um exemplo de energia armazenada em sistemas físicos. Quando a mola é liberada, essa energia pode ser transformada em **energia cinética**, gerando movimento. Esse princípio é amplamente utilizado em máquinas, brinquedos e até em aplicações biomédicas, como próteses e aparelhos ortodônticos.

Exemplo Resolvido

Uma mola tem uma constante elástica de **300 N/m** e é comprimida em **0,1 m**. Determine a energia potencial elástica armazenada na mola.

Resolução:

Usamos a fórmula da energia potencial elástica:

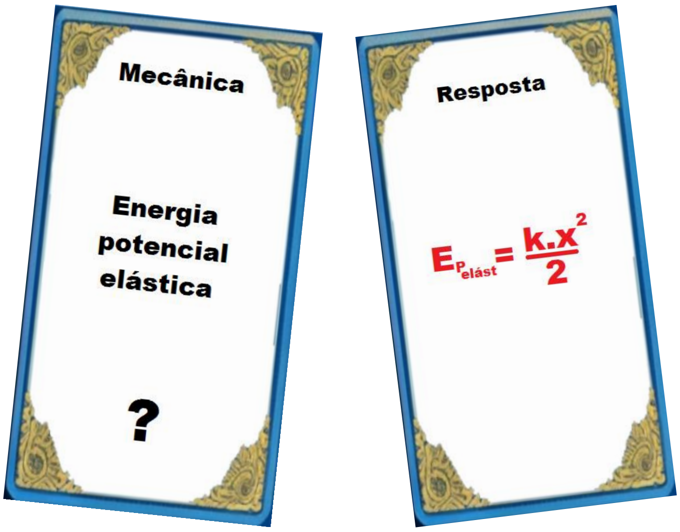
$$E_p = \frac{1}{2} k . x^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} \times 300 \times (0{,}1)^2$$

$$\therefore$$

$$E_p = 1{,}5\, J$$

Portanto, a energia potencial elástica armazenada na mola será **1,5 Joules**.



Forças resistentes e Força de atrito

Nos sistemas físicos, sempre que um objeto está em movimento ou tenta se mover, ele pode encontrar **forças resistentes** que dificultam esse deslocamento. Essas forças atuam na direção oposta ao movimento e podem surgir devido ao contato com superfícies, à resistência do ar ou à viscosidade de líquidos.

Uma das principais forças resistentes na mecânica é a **força de atrito**, que se manifesta sempre que há contato entre duas superfícies.

Força de Atrito

A **força de atrito** ocorre devido às irregularidades microscópicas das superfícies em contato e pode ser classificada em dois tipos principais:

1. **Atrito Estático (F_{ae})**: Ocorre quando um corpo está em repouso e uma força externa tenta colocá-lo em movimento. Ele impede o deslizamento até que seja superado.
2. **Atrito Cinético (F_{ac})**: Surge quando um corpo já está em movimento. Geralmente, seu valor é menor que o do atrito estático máximo.

A intensidade da força de atrito é dada pela fórmula:

$$F_{at} = \mu . N$$

onde:

- F_{at} , é a força de atrito (em Newtons, N),
- μ , é o coeficiente de atrito (adimensional, depende do tipo de superfície),
  N , é a força normal, que corresponde à força que a superfície exerce perpendicularmente sobre o corpo (em Newtons, N).

O coeficiente de atrito pode variar dependendo do material e das condições das superfícies. Quanto maior o coeficiente de atrito, mais difícil será o deslizamento do objeto sobre a superfície.

Importância da Força de Atrito

Embora o atrito seja frequentemente considerado um obstáculo ao movimento, ele é essencial para diversas situações do dia a dia. Por exemplo:

- Permite que possamos caminhar sem escorregar.
- Garante a aderência dos pneus ao solo, possibilitando o controle de veículos.
- Auxilia no funcionamento de freios e embreagens em máquinas e automóveis.

Por outro lado, o atrito também pode causar desgaste em superfícies e perda de eficiência em sistemas mecânicos, o que justifica o uso de lubrificantes para reduzi-lo.

Exemplo Resolvido

Um bloco de **5 kg** está apoiado sobre uma superfície horizontal. Sabendo que o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a superfície é **0,3**, determine a força de atrito que atua sobre o bloco. Considerando que a gravidade terrestre seja $9{,}8\ m/s^2$.

Resolução:

Primeiramente, calculamos a força normal:

$$Normal = Peso$$

$$N = m.g$$
$$N = 5 \times 9{,}8$$
$$N = 49N$$

Agora, aplicamos a fórmula do atrito:

$$F_{at} = \mu.N$$
$$F_{at} = 0{,}3 \times 49$$
$$F_{at} = 14{,}7\ Newtons$$

Portanto, a força de atrito cinético que atua sobre o bloco é **14,7 Newtons**.

Empuxo de Arquimedes

Quando um objeto é imerso em um fluido (líquido ou gás), ele experimenta uma força de **empuxo**, que age verticalmente para cima. Essa força é responsável por fazer corpos flutuarem ou parecerem mais leves dentro dos fluidos. O princípio do empuxo foi formulado pelo cientista grego Arquimedes e se aplica tanto a líquidos quanto a gases.

Esse princípio explica, por exemplo, por que um navio pode flutuar na água, enquanto um objeto mais denso que a água afunda. Também é o fundamento por trás do voo de balões de ar quente e dirigíveis.

Princípio de Arquimedes

O princípio de Arquimedes afirma que:

"Todo corpo total ou parcialmente imerso em um fluido recebe uma força de empuxo igual ao peso do volume de fluido deslocado pelo corpo."

Isso significa que o empuxo **depende do volume do corpo submerso e da densidade do fluido** em que ele está imerso.

A força de empuxo é calculada pela fórmula:

$$E = \rho_f \, . \, V_d \, . \, g$$

onde:

- E , é a força de empuxo (em Newtons, N),
- ρ_f , é a densidade do fluido (kg/m^3),
- V_d , é o volume do fluido deslocado pelo corpo (m^3),
- g , é a aceleração da gravidade (aproximadamente 9,8 m/s^2 na Terra).

O empuxo pode ser maior, menor ou igual ao peso do corpo, determinando três possíveis situações:

1. **Se $E > P$ (Empuxo maior que o peso do corpo), o corpo sobe e flutua.**

2. **Se $E=P$ (Empuxo igual ao peso do corpo), o corpo permanece em equilíbrio dentro do fluido.**
3. **Se $E<P$ (Empuxo menor que o peso do corpo), o corpo afunda.**

Exemplo Resolvido

Um objeto de **volume 0,02 m^3** está completamente submerso em água ($\rho_f = 1000\ kg/m^3$). *Determine a força de empuxo que atua sobre ele.*

Resolução:

Usamos a fórmula do empuxo:

$$E = \rho_f \,.\, V_d \,.\, g$$
$$E = 1000 \times 0{,}02 \times 9{,}8$$
$$E = 196\ N$$

Portanto, a força de empuxo atuando sobre o objeto é **196 N**.

Densidade absoluta

A **densidade absoluta** é uma propriedade física que relaciona a massa de um corpo ao volume que ele ocupa. Ela indica o grau de compactação da matéria dentro de um determinado espaço. Materiais mais densos possuem uma maior quantidade de massa distribuída em um mesmo volume, enquanto materiais menos densos possuem menor quantidade de massa no mesmo espaço.

A densidade é um conceito fundamental na Física e é amplamente utilizada em diversas áreas, como na mecânica dos fluidos, na engenharia e até mesmo na astronomia para determinar a composição de planetas e estrelas.

Definição Matemática da Densidade Absoluta

A densidade absoluta (ρ) é dada pela razão entre a **massa** (m) de um corpo e o **volume** (V) que ele ocupa. Sua fórmula é expressa como:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

onde:

- ρ , é a **densidade absoluta** (kg/m^3 no SI),
- m , é a **massa do corpo** (kg),
- V , é o **volume do corpo** (m^3).

A unidade da densidade no **Sistema Internacional (SI)** é o **quilograma por metro cúbico (kg/m^3)**. Em alguns casos, também pode ser expressa em **g/cm^3**, onde $1 g/cm^3 = 1000\ kg/m^3$.

Interpretação Física

A densidade permite compreender por que alguns objetos flutuam e outros afundam. Um objeto menos denso que o fluido onde está imerso **flutua**, enquanto um objeto mais denso **afunda**. Esse conceito é fundamental para o estudo do empuxo e da flutuabilidade.

Além disso, materiais diferentes possuem diferentes valores de densidade, por exemplo:

- Água: **1000 kg/m^3**
- Ferro: **7800 kg/m^3**
- Ouro: **19300 kg/m^3**
- Madeira (varia conforme o tipo): **500 a 900 kg/m^3**

Exemplo Resolvido

Um cubo metálico tem **massa de 2,5 kg** e ocupa um **volume de 0,00032 m³**. Qual a densidade do metal?

Resolução:

Utilizamos a fórmula da densidade:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{2,5}{0.00032}$$

$$\rho = 7812,5\ kg/m^3$$

Portanto, a densidade do metal é **7812,5 kg/m³**, o que sugere que seja um material semelhante ao ferro.

Pressão

Na Física, o conceito de **pressão** é fundamental para entender como forças se distribuem sobre superfícies. Pressão está presente em diversos fenômenos naturais e tecnológicos, como no funcionamento de motores, no comportamento dos fluidos e até na circulação sanguínea.

A pressão é uma **grandeza escalar** e indica a intensidade da força aplicada sobre uma determinada área. Um mesmo valor de força pode produzir efeitos diferentes dependendo da área em que é aplicada.

Definição Matemática da Pressão

A pressão (P) é definida como a razão entre a **força aplicada** (F) e a **área** (A) sobre a qual essa força atua. Sua expressão matemática é:

$$P = \frac{F}{A}$$

onde:

- P , é a **pressão** (Pascal, Pa),
- F , é a **força aplicada** (Newton, N),
- A , é a **área da superfície** (m^2).

A unidade de pressão no **Sistema Internacional (SI)** é o **Pascal (Pa)**, onde:

$$1\,Pa = 1\frac{N}{m^2}$$

Ou seja, **1 Pascal** equivale à aplicação de **1 Newton de força sobre 1 metro quadrado de área**.

Interpretação Física

A pressão depende da forma como a força é distribuída. Por exemplo:

- **Se uma força for aplicada sobre uma área pequena, a pressão será maior.**
- **Se a mesma força for aplicada sobre uma área maior, a pressão será menor.**

Isso explica por que uma faca afiada corta com mais facilidade do que uma faca sem fio – a área de contato da lâmina afiada é menor, aumentando a pressão exercida sobre o objeto.

Outro exemplo clássico é a diferença entre caminhar sobre a neve com botas normais ou com raquetes de neve. As raquetes aumentam a área de contato, reduzindo a pressão e evitando que a pessoa afunde na neve.

Exemplo Resolvido

Uma pessoa de **80 kg** está em pé sobre o solo. Suponha que a área total de contato dos pés com o chão seja **0,03 m^2**. Qual é a pressão exercida pela pessoa sobre o solo? Considere a aceleração da gravidade como **9,8 m/s^2**.

Resolução:

Primeiro, calculamos a força peso da pessoa:

$$F = m.g$$
$$F = 80 \times 9{,}8$$

$$F = 784\,N$$

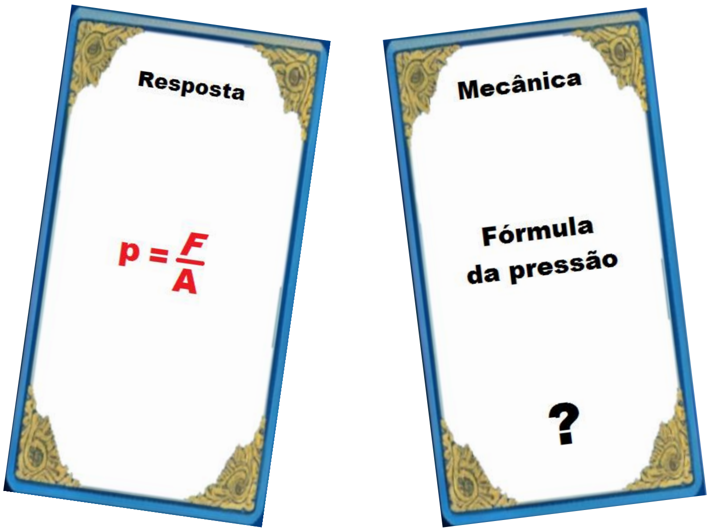
Agora, aplicamos a fórmula da pressão:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{784}{0{,}03}$$

$$P = 26133{,}3\,Pa$$

Portanto, a pressão exercida pela pessoa sobre o solo é aproximadamente **26,1** $kgPa$ **(**$quiloPascal$**)**.



Trabalho

Na Física, o conceito de **trabalho** está relacionado à aplicação de uma **força** que provoca o deslocamento de um corpo. Em nosso cotidiano, usamos a palavra “trabalho” para nos referirmos a qualquer atividade que exige esforço físico ou mental. No entanto, do ponto de vista da Física, o trabalho só ocorre quando uma força aplicada sobre um corpo provoca um deslocamento.

Por exemplo, se uma pessoa empurra uma parede com toda a sua força, mas a parede não se move, **não há trabalho físico realizado**, pois o deslocamento foi nulo.

Definição Matemática do Trabalho

O trabalho (τ) realizado por uma força constante (F) ao deslocar um corpo por uma distância (d) na mesma direção da força é dado por:

$$\tau = F \,.\, d \,.\, \cos\theta$$

onde:

- τ , é o **trabalho realizado** (Joule),
- F , é a **força aplicada** (Newton),
- d , é a **distância percorrida** na direção da força (metro),
- θ , é o **ângulo entre a força e o deslocamento**.

Quando a força e o deslocamento possuem a **mesma direção e sentido** ($\theta = 0º$), o **cosseno de 0 é 1**, e a fórmula se simplifica para:

$$\tau = F \,.\, d$$

Se a força estiver perpendicular ao deslocamento ($\theta = 90º$), então $\cos(90º) = 0$, e **o trabalho será nulo**.

Interpretação Física

O trabalho pode ser **positivo, negativo ou nulo**, dependendo da relação entre a força e o deslocamento:

- **Trabalho positivo ($\tau > 0$)**: ocorre quando a força tem a mesma direção e sentido do deslocamento, aumentando a energia do corpo. Exemplo: empurrar um carrinho de supermercado para frente.
- **Trabalho negativo ($\tau < 0$)**: ocorre quando a força tem sentido oposto ao deslocamento, reduzindo a energia do corpo. Exemplo: o atrito que desacelera um carro em movimento.
- **Trabalho nulo ($\tau = 0$)**: ocorre quando não há deslocamento ou quando a força é perpendicular ao deslocamento. Exemplo: uma força aplicada verticalmente enquanto o objeto se move horizontalmente.

Exemplo Resolvido

Um operário aplica uma força horizontal de **50 N** para empurrar uma caixa ao longo de **10 metros** sobre um piso sem atrito. Qual é o trabalho realizado por essa força?

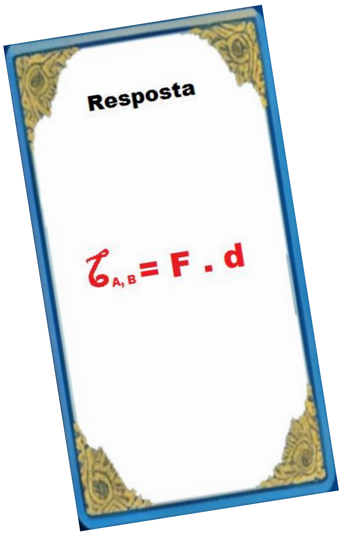
Resolução:

A força e o deslocamento têm a mesma direção ($\theta = 0^{\circ}$), então:

$$\tau = F \,.\, d$$
$$\tau = 50 \,.\, 10$$
$$\tau = 500\, J$$

Portanto, o trabalho realizado pela força sobre a caixa é **500 Joules**.


Mecânica
Trabalho
?


Resposta
$\tau_{A, B} = F \cdot d$

Potência

Na Física, o conceito de **potência** está relacionado à rapidez com que o **trabalho** é realizado. Em outras palavras, potência mede a **quantidade de energia transformada ou transferida por unidade de tempo**.

Por exemplo, imagine duas pessoas subindo uma mesma escada: uma sobe lentamente e a outra rapidamente. Ambas realizam o mesmo trabalho ao vencer a força gravitacional, mas a segunda pessoa faz isso em **menos tempo**, ou seja, sua potência foi maior.

Definição Matemática da Potência

A **potência média** (P) pode ser expressa matematicamente como a razão entre o **trabalho realizado** (τ) e o **intervalo de tempo** (Δt) em que ele foi realizado:

$$P = \frac{\tau}{\Delta t}$$

onde:

- P, é a **potência média** (Watt),
- τ, é o **trabalho realizado** (Joule),
- Δt, é o **tempo gasto** para realizar o trabalho (segundos).

Se o trabalho for expresso como **força multiplicada pelo deslocamento**, podemos reescrever a potência como:

$$P = \frac{F . d}{\Delta t}$$

Além disso, se a força for constante e aplicada na direção do deslocamento, podemos expressar a **potência instantânea** como:

$$P = F . v$$

onde v é a **velocidade do corpo** no instante considerado.

Interpretação Física

A potência está presente em diversas situações do cotidiano, como em motores de carros, eletrodomésticos e até no esforço humano. O valor da potência indica **quão rápido uma máquina ou sistema pode realizar trabalho**.

Por exemplo, um motor de **1000 W (1 kW)** realiza mais trabalho por segundo do que um motor de **500 W**. Isso significa que o motor de maior potência pode acelerar um carro mais rapidamente ou levantar uma carga mais rápido.

Exemplo Resolvido

Um operário utiliza uma máquina que realiza um trabalho de **3000 Joules** em **10 segundos**. Qual a potência desenvolvida pela máquina?

Resolução:

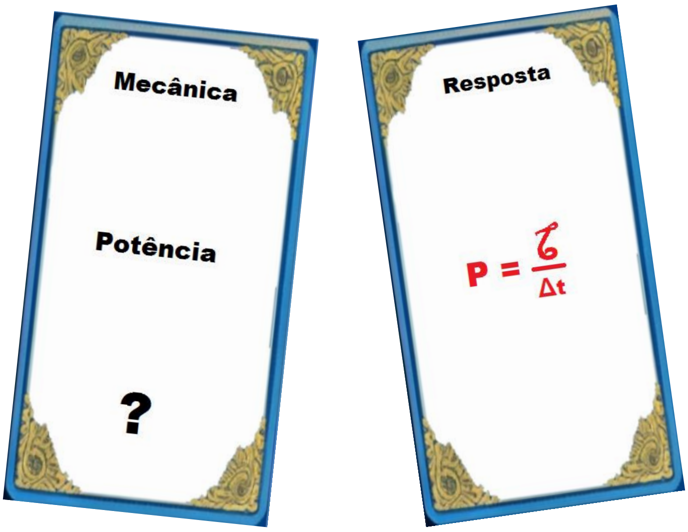
Aplicando a fórmula da potência:

$$P = \frac{\tau}{\Delta t}$$

$$P = \frac{3000}{10}$$

$$P = 300\ W$$

Portanto, a potência média da máquina é **300 Watts**.



Rendimento

Na Física, o conceito de **rendimento** está relacionado à eficiência com que uma máquina, um motor ou um sistema físico converte **energia total em energia útil**. Nenhuma máquina é **100% eficiente**, pois sempre há perdas de energia, geralmente na forma de calor, som ou atrito.

Por exemplo, um carro transforma a energia química do combustível em movimento, mas parte dessa energia se dissipa como calor no motor e no atrito com o ar. O rendimento mede **quanta energia útil é realmente aproveitada** em comparação à energia total fornecida.

Definição Matemática do Rendimento

O rendimento (η) de um sistema é definido como a razão entre a **potência útil** (P_u) e a **potência total fornecida** (P_t):

$$\eta = \frac{P_u}{P_t} \times 100\%$$

onde:

- η , é o **rendimento** (em porcentagem),
- P_u , é a **potência útil**, ou seja, a potência realmente aproveitada (Watt),
- P_t , é a **potência total fornecida ao sistema** (Watt).

Como o rendimento é uma **razão entre potências**, ele sempre será um número entre **0% e 100%**.

Interpretação Física

Sistemas e máquinas mais eficientes possuem um **rendimento alto**, pois convertem uma maior parte da energia recebida em energia útil.

Exemplos de rendimento em diferentes sistemas:

- **Motores elétricos modernos** podem atingir **90% de eficiência**, transformando quase toda a eletricidade recebida em movimento útil.
- **Motores a combustão de carros** possuem um rendimento **baixo**, em torno de **30% a 40%**, pois muita energia é perdida em calor.
- **Lâmpadas incandescentes antigas** tinham um rendimento de apenas **5%**, pois a maior parte da energia elétrica era dissipada como calor.

Melhorar o rendimento significa **reduzir perdas** e **aproveitar melhor a energia disponível**.

Exemplo Resolvido

Uma máquina recebe uma potência total de **2000 W**, mas consegue aproveitar **1600 W** como potência útil. Qual o rendimento dessa máquina?

Resolução:

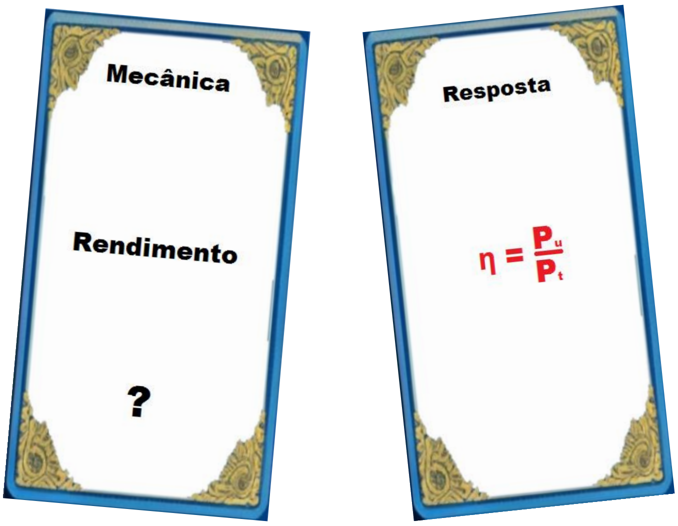
Aplicando a fórmula do rendimento:

$$\eta = \frac{P_u}{P_t} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{1600}{2000} \times 100$$

$$\eta = 80\%$$

Portanto, a máquina tem um rendimento de **80%**, ou seja, 80% da energia fornecida é aproveitada e 20% se perde.



Energia cinética

A **Energia Cinética** é a energia associada ao movimento dos corpos. Quanto maior a velocidade e a massa de um corpo, maior será sua energia cinética. Esse conceito é fundamental na Física e tem aplicações em diversas áreas, como engenharia, esportes, transportes e até mesmo no estudo das colisões entre partículas.

Fórmula da Energia Cinética

A **Energia Cinética** (E_c) de um corpo em movimento é dada pela equação:

$$E_c = \frac{1}{2} m.v^2$$

onde:

- E_c = **Energia Cinética** (Joule),
- m = **Massa do corpo** (kg),
- v = **Velocidade do corpo** (m/s).

Essa equação mostra que a energia cinética de um corpo é diretamente proporcional à sua massa e ao **quadrado da velocidade**. Isso significa que pequenas variações na velocidade causam grandes variações na energia cinética.

Interpretação Física

- Um corpo **em repouso** ($v = 0$) tem energia cinética **nula**.
- Se a **velocidade de um corpo dobrar**, sua energia cinética **quadruplica**.
- A energia cinética sempre tem um valor **positivo ou nulo**, pois a massa é sempre positiva e a velocidade ao quadrado também.

Exemplo prático:

- Um carro se movendo a **10 m/s** tem uma determinada energia cinética. Se sua velocidade **dobrar para 20 m/s**, sua energia cinética será **quatro vezes maior**.

Exemplo Resolvido

Um caminhão de **2.000 kg** está se movendo a **20 m/s**. Qual é sua energia cinética?

Resolução:

Aplicando a fórmula da energia cinética:

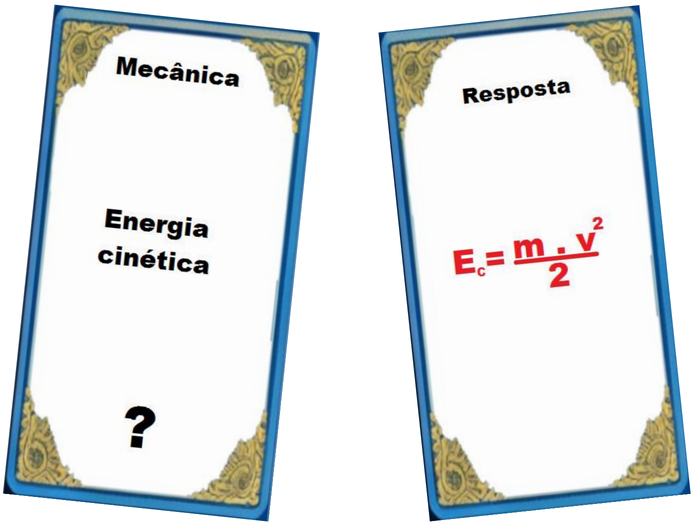
$$E_c = \frac{1}{2} m.v^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} 2000.(20)^2$$

$$\therefore$$

$$E_c = 400.000\, J$$

Portanto, a energia cinética do caminhão é **400.000 Joules (J)**.



Energia potencial

Na Física, a **energia potencial** é a energia armazenada em um corpo devido à sua posição ou configuração. Esse tipo de energia pode ser convertido em energia cinética ou em outras formas de energia quando ocorre um deslocamento ou alteração da posição do corpo.

Os principais tipos de energia potencial são:

- **Energia Potencial Gravitacional** – associada à altura de um corpo em relação a um referencial.
- **Energia Potencial Elástica** – relacionada à deformação de molas e elásticos.
- **Energia Potencial Elétrica** – associada às cargas elétricas em um campo elétrico.

Neste tópico, abordaremos com mais detalhes a **Energia Potencial Gravitacional**.

Energia Potencial Gravitacional

A **energia potencial gravitacional** (E_p) está relacionada à altura de um corpo em relação a um nível de referência. Quanto maior a altura, maior a energia armazenada.

Matematicamente, ela é dada pela seguinte equação:

$$E_p = m \, . \, g \, . \, h$$

onde:

- E_p = **energia potencial gravitacional** (Joule),
- m = **massa do corpo** (kg),
- g = **aceleração da gravidade** (aproximadamente **9,8 m/s^2** na Terra),
- h = **altura do corpo em relação ao nível de referência** (metros).

Essa equação mostra que a energia potencial gravitacional **aumenta** conforme a **altura** do corpo cresce e também depende da sua **massa** e da gravidade do local.

Interpretação Física

- Um objeto elevado sobre uma mesa possui **energia potencial gravitacional**, pois, se cair, essa energia será convertida em **energia cinética**.
- Quanto maior a altura de um corpo, **maior sua energia potencial gravitacional**.
- A gravidade influencia diretamente essa energia: em planetas com maior gravidade, a energia potencial será maior.

Exemplo Resolvido

Um livro de **2 kg** está a uma altura de **3 metros** do chão. Sabendo que a gravidade da Terra é **9,8 m/s^2**, qual é sua energia potencial gravitacional?

Resolução:

Utilizando a fórmula:

$$E_p = m \, . \, g \, . \, h$$

$$E_p = 2 \times 9{,}8 \times 3$$

$$E_p = 58{,}8 \, J$$

Portanto, a energia potencial gravitacional do livro é **58,8 Joules**.

Energia mecânica

A **Energia Mecânica** é a soma das energias associadas ao movimento e à posição de um corpo em um sistema físico. Esse conceito é fundamental na Física, pois envolve a relação entre a **energia cinética** e a **energia potencial**, duas formas essenciais de armazenamento de energia em um sistema.

A energia mecânica de um sistema pode permanecer constante ou sofrer variações dependendo da presença de forças dissipativas, como o atrito.

Definição e Fórmula da Energia Mecânica

A **Energia Mecânica** (E_m) é definida pela soma da **Energia Cinética** (E_c) e da **Energia Potencial** (E_p):

$$E_m = E_c + E_p$$

onde:

- E_m = **Energia Mecânica total** (Joule),
- E_c = **Energia Cinética** (Joule),
- E_p = **Energia Potencial** (Joule).

Essa equação indica que a **energia mecânica total de um sistema** é a combinação da energia associada ao movimento (E_c) e da energia armazenada na posição (E_p).

Interpretação Física

- Em um sistema **sem atrito**, a energia mecânica total **se conserva**, ou seja, ela pode se transformar entre cinética e potencial, mas sua soma permanece a mesma.
- Em um sistema **com forças dissipativas**, como o atrito, parte da energia mecânica pode ser convertida em outras formas, como calor.

Exemplo prático:

- Um objeto em queda livre possui **energia potencial máxima** no início do movimento e **energia cinética máxima** pouco antes de tocar o solo.
- Durante o movimento, a energia potencial vai sendo convertida em energia cinética, mantendo a energia mecânica total constante.

Exemplo Resolvido

Um corpo de **5 kg** está a **10 metros** de altura em relação ao solo. Se ele for solto do repouso, qual será sua energia mecânica total? (Considere $g = 9{,}8\ m/s^2$).

Resolução:

Primeiro, calculamos a **energia potencial inicial** (E_p):

$$E_p = m \,.\, g \,.\, h$$

$$E_p = 5\ \times\ 9{,}8\ \times 10$$

$$E_p = 490\, J$$

Como o corpo está em repouso inicialmente, sua **energia cinética inicial** é zero:

$$E_c = \frac{1}{2} m . v^2 = 0$$

A **energia mecânica total** será:

$$E_m = E_c + E_p$$

$$E_m = 0 + 490$$

$$E_m = 490\,J$$

Portanto, a energia mecânica do corpo é **490 Joules** e será conservada durante o movimento (desconsiderando o atrito do ar).

Lei da Gravitação Universal

A **Lei da Gravitação Universal**, formulada por **Isaac Newton** no século XVII, descreve a interação gravitacional entre dois corpos. Segundo essa lei, **todos os corpos no universo se atraem mutuamente com uma força proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa**.

Esse conceito explica desde a queda dos objetos na Terra até o movimento dos planetas ao redor do Sol.

Fórmula da Gravitação Universal

A força gravitacional (F) entre dois corpos é expressa pela equação:

$$F = G\frac{m_1.m_2}{d^2}$$

onde:

- F = **Força gravitacional** (Newton),
- G = **Constante gravitacional** ($6{,}674 \times 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2$),
- $m_1 \; e \; m_2$ = **Massas dos corpos** (kg),
- d = **Distância entre os centros das massas** (m).

Interpretação Física

A equação da gravitação universal revela que:

1. A **força gravitacional aumenta** quando as massas dos corpos aumentam.
2. A **força gravitacional diminui** conforme a distância entre os corpos aumenta.
3. A gravidade age **a qualquer distância**, mas se torna cada vez mais fraca conforme os corpos se afastam.

Exemplo prático:

- A Terra e a Lua exercem forças gravitacionais uma sobre a outra, mantendo a Lua em órbita.
- Se a distância entre a Terra e a Lua **dobrasse**, a força gravitacional entre elas **seria quatro vezes menor**.

Exemplo Resolvido

Qual é a força gravitacional entre a Terra ($m_1 = 5{,}97 \times 10^{24}\ kg$) e a Lua ($m_2 = 7{,}35 \times 10^{22}\ kg$), sabendo que a distância entre seus centros é aproximadamente $3{,}84 \times 10^{8} m$? (**Constante gravitacional=**$6{,}674 \times 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2$)

Resolução:

Aplicando a fórmula da gravitação universal:

$$F = G\frac{m_1.m_2}{d^2}$$

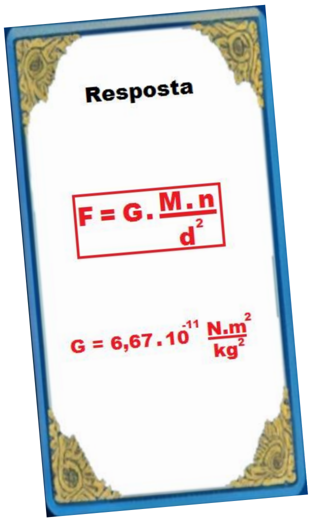
Substituindo os valores:

$$F = (6{,}674 \times 10^{-11}).\frac{(5{,}97 \times 10^{24}).(7{,}35 \times 10^{22})}{(3{,}84 \times 10^{8})^2}$$

$$F \approx 1{,}98 \times 10^{20}\ N$$

Portanto, a força gravitacional entre a Terra e a Lua é **aproximadamente** $1{,}98 \times 10^{20}\ Newtons$.


Mecânica
Lei da gravitação universal
?


Resposta
$F = G.\frac{M.n}{d^2}$
$G = 6,67.10^{-11}\,\frac{N.m^2}{kg^2}$

Leis de Kepler

As **Leis de Kepler**, formuladas pelo astrônomo **Johannes Kepler** no século XVII, descrevem o movimento dos planetas ao redor do Sol. Essas leis revolucionaram a astronomia ao mostrar que as órbitas planetárias **não são circulares**, mas sim **elípticas**.

Kepler estabeleceu **três leis fundamentais**, que explicam a trajetória, a velocidade e a relação entre o período orbital e a distância média ao Sol.

Primeira Lei de Kepler – Lei das Órbitas

"Os planetas descrevem órbitas elípticas ao redor do Sol, que ocupa um dos focos dessa elipse."

Isso significa que os planetas não seguem trajetórias circulares, mas sim **elípticas**. O Sol não está no centro da órbita, mas em um **dos focos** da elipse.

Segunda Lei de Kepler – Lei das Áreas

"O segmento que liga um planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais."

Essa lei significa que um planeta **se move mais rápido** quando está mais próximo do Sol (**periélio**) e **mais devagar** quando está mais distante (**afélio**).

A fórmula matemática dessa lei é:

$$\frac{dA}{dt} = constante$$

onde:

- dA = **Área varrida pelo planeta** (m^2),
- dt = **Intervalo de tempo** (s).

Terceira Lei de Kepler – Lei dos Períodos

"O quadrado do período orbital de um planeta é proporcional ao cubo do seu raio médio orbital."

A relação matemática é:

$$T^2 = k \, . \, R^3$$

ou, no caso do Sistema Solar:

$$\frac{T^2}{R^3} = \text{constante}$$

onde:

- T = **Período orbital do planeta** (s),
- R = **Raio médio da órbita** (m),
- k = **Constante de proporcionalidade** (depende do sistema estudado).

Se usarmos unidades astronômicas:

- T em **anos terrestres**,
- R em **unidades astronômicas (UA)**,

A constante k $vale\ aproximadamente$ **1** para o Sistema Solar.

Isso significa que, se um planeta estiver duas vezes mais distante do Sol do que a Terra ($R = 2$), seu período será $T = \sqrt{2^3} = \sqrt{8} \approx 2{,}83\ anos$.

Exemplo Resolvido

Um planeta fictício orbita uma estrela a uma distância média de **4 UA**. Qual o seu período orbital?

Resolução:

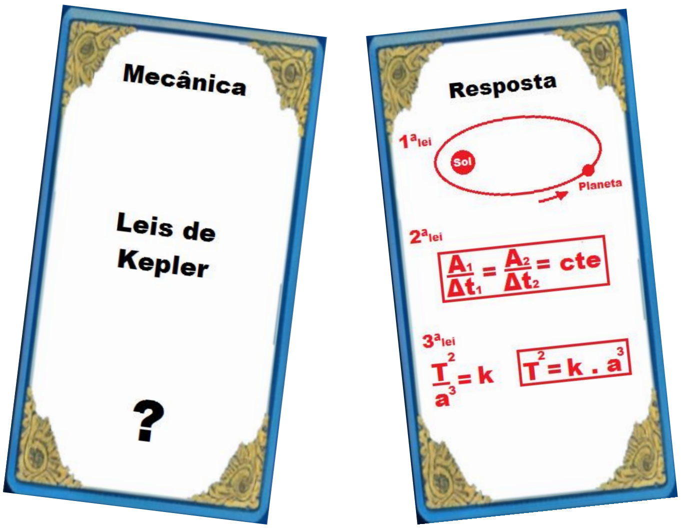
Usamos a terceira lei de Kepler:

$$T^2 = R^3$$

Substituímos $R = 4$:

$$T^2 = 4^3$$
$$\therefore$$
$$T = 8\ anos$$

O planeta leva **8 anos** para completar uma volta ao redor da estrela.



Aceleração da Gravidade

A **aceleração da gravidade** é uma constante que descreve a aceleração experimentada por um corpo em queda livre sob a ação da **gravidade**. Na superfície da Terra, essa aceleração tem um valor **aproximado de 9,8 m/s²**, mas seu valor pode variar dependendo da **altitude** e da **latitude**. Também é importante notar que a aceleração da gravidade diminui à medida que nos afastamos da superfície terrestre.

A gravidade é uma força fundamental que atua sobre todos os corpos com massa, atraindo-os uns aos outros. Ela pode ser descrita por duas fórmulas principais, que consideram a aceleração da gravidade na superfície da Terra e em pontos fora da superfície, como a órbita de um satélite ou a alta altitude.

Gravidade na Superfície da Terra

Na superfície da Terra, a aceleração da gravidade é dada pela fórmula:

$$g = \frac{G\,.\,M}{R^2}$$

onde:

- g = **aceleração da gravidade** na superfície da Terra (m/s^2),
- G = **constante gravitacional** ($6{,}674 \times 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2$),
- M = **massa da Terra** ($5{,}972 \times 10^{24}\ kg$),
- R = **raio da Terra** ($6{,}371 \times 10^{6}\ m$).

Substituindo os valores conhecidos, temos que a aceleração da gravidade na superfície da Terra é:

$$g = \frac{(6{,}674 \times 10^{-11}).(5{,}972 \times 10^{24})}{(6{,}371 \times 10^{6})^2} \approx 9{,}8\, m/s^2$$

Gravidade Externa – Fora da Superfície da Terra

Quando um corpo se encontra em uma distância rr da superfície da Terra (fora da superfície), a aceleração da gravidade pode ser calculada pela fórmula:

$$g_{externa} = \frac{G\,.\,M}{r^2}$$

onde:

- $g_{externa}$ = **aceleração da gravidade** a uma distância r da Terra (m/s^2),
- r = **distância do centro da Terra** (em metros).

Assim, à medida que um corpo se afasta da superfície, a aceleração da gravidade diminui, pois $\boldsymbol{r}$ aumenta. A aceleração da gravidade diminui com o quadrado da distância em relação ao centro da Terra.

Exemplo Resolvido

Calcule a aceleração da gravidade a **500 km** acima da superfície da Terra. Observando que o raio da terra é ***6.371 km***; e que, **r** é a soma do **raio da terra** e a **distância acima da superfície**.

Resolução:

Usamos a fórmula da gravidade externa, onde $r = R + 500\ km$. O valor de $\boldsymbol{R}$(raio da Terra) é ***6.371 km***.

Então,

$$r = 6.371 + 500 = 6.871\ km\ = 6.871.000\ m = 6{,}871 \times 10^6 m$$

Substituímos na fórmula da gravidade externa:

$$g_{externa} = \frac{G\ .\ M}{r^2}$$

$$g_{externa} = \frac{(6{,}674 \times 10^{-11}).\ (5{,}972 \times 10^{24})}{(6{,}871 \times 10^6)^2}$$

Calculando:

$$g_{externa} \approx 8{,}8\ m/s^2$$

A aceleração da gravidade a **500 km** da superfície da Terra é aproximadamente **8,8 m/s²**.