

Note - Physics

André V. Silva

Sunday 18th May, 2025

1 Cinemática Escalar e Vetorial

2 Conceitos Fundamentais

- **Movimento:** variação da posição no tempo em relação a um referencial.
- **Repouso:** posição constante em relação ao referencial.
- **Referencial:** sistema usado como base para descrever o movimento.

3 Cinemática Escalar (1D)

- **Posição:** s
- **Deslocamento:** $\Delta s = s_f - s_0$
- **Velocidade média:** $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
- **Aceleração média:** $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

4 Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

- Velocidade constante: $a = 0$
- Equação horária: $s = s_0 + vt$

5 Movimento Uniformemente Variado (MRUV)

- Aceleração constante.
- $s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$
- $v = v_0 + at$
- $v^2 = v_0^2 + 2a(s - s_0)$
- $\Delta s = \frac{(v+v_0)}{2} \cdot t$

6 Cinemática Vetorial (2D e 3D)

- Vetor posição: $\vec{r}(t) = x(t)\hat{i} + y(t)\hat{j} + z(t)\hat{k}$
- Deslocamento vetorial: $\Delta \vec{r} = \vec{r}_f - \vec{r}_0$
- Velocidade vetorial: $\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt}$
- Aceleração vetorial: $\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt}$

7 Lançamento Oblíquo

Separação dos movimentos:

- Horizontal (MRU): $x(t) = x_0 + v_{0x}t$
- Vertical (MRUV): $y(t) = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$

Outras fórmulas:

- Velocidade inicial: $\vec{v}_0 = v_0 \cos \theta \hat{i} + v_0 \sin \theta \hat{j}$
- Alcance: $A = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$
- Altura máxima: $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$
- Tempo de subida: $t_s = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$
- Tempo total: $t = \frac{2v_0 \sin \theta}{g}$

8 Gráficos

- $s \times t$: inclinação = velocidade.
- $v \times t$: área = deslocamento; inclinação = aceleração.
- $a \times t$: área = variação da velocidade.

9 Tipos de Movimento

- MRU:
 - $v > 0$: progressivo
 - $v < 0$: retrógrado
- MRUV:
 - $v \cdot a > 0$: acelerado
 - $v \cdot a < 0$: retardado

10 Estática e Dinâmica

11 Conceitos Fundamentais

- **Grandezas escalares**: possuem apenas módulo (ex: massa, tempo).
- **Grandezas vetoriais**: possuem módulo, direção e sentido (ex: força, aceleração).
- **Força resultante**: vetor que representa o efeito combinado de todas as forças aplicadas.
- **Diagrama de corpo livre**: representação de todas as forças atuantes sobre um corpo.

12 Equilíbrio do Corpo Rígido e da Partícula

Condições de equilíbrio:

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (\text{equilíbrio translacional})$$

$$\sum \vec{\tau} = 0 \quad (\text{equilíbrio rotacional})$$

Torque (momento de uma força):

$$\tau = rF \sin \theta$$

$$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt} \quad (1)$$

$$\tau = I \cdot \alpha \quad (2)$$

12.1 Rotação de um Corpo Rígido

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}, \quad \alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

12.2 Relação entre coroas e catracas

Como a corrente impõe a mesma velocidade linear na periferia das duas engrenagens:

$$v_{\text{coroa}} = v_{\text{catraca}} = R_c \cdot \omega_c = R_k \cdot \omega_k$$

13 3. Leis Fundamentais da Dinâmica (Leis de Newton)

- **1ª Lei (Inércia)**: um corpo em repouso ou em MRU permanece assim se a força resultante for nula.
- **2ª Lei**: Princípio Fundamental da Dinâmica:

$$\vec{F}_{\text{resultante}} = m\vec{a}$$

- **3ª Lei (Ação e Reação)**: forças trocadas entre dois corpos são iguais em módulo, mesma direção e sentidos opostos.

14 Gravitação Universal

Lei da Gravitação Universal:

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

Campo gravitacional:

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

Energia potencial gravitacional:

$$E_p = -\frac{GMm}{r}$$

15 Forças no Movimento Circular

$$F_c = \frac{mv^2}{r} \quad (\text{força centrípeta})$$

$$v = \omega r \quad (\text{velocidade tangencial})$$

$$a_c = \frac{v^2}{r} \quad (\text{aceleração centrípeta})$$

16 Impulso e Quantidade de Movimento

Quantidade de movimento:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Impulso:

$$\vec{I} = \vec{F}\Delta t$$

Teorema do impulso:

$$\vec{I} = \Delta\vec{p}$$

17 Trabalho e Energia Cinética

Trabalho de uma força constante:

$$W = Fd \cos \theta$$

Energia cinética:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Teorema da energia cinética:

$$W_{\text{resultante}} = \Delta E_c$$

18 Força de Atrito

Atrito estático:

$$f_e \leq \mu_e N$$

Atrito cinético:

$$f_c = \mu_c N$$

19 9. Energia Potencial

Potencial gravitacional:

$$E_p = mgh$$

Potencial elástica:

$$E_{p,\text{el}} = \frac{1}{2}kx^2$$

20 Conservação da Energia Mecânica

Em sistemas conservativos:

$$E_m = E_c + E_p = \text{constante}$$

21 Lei de Hooke

Força elástica:

$$F = -kx$$

Energia potencial armazenada:

$$E_{p,\text{el}} = \frac{1}{2}kx^2$$

21.1 Leis de Kepler

- **1ª Lei:** Órbitas elípticas, com o Sol em um dos focos.
- **2ª Lei:** Áreas iguais em tempos iguais. *Consequência direta da conservação do momento angular:*

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \text{constante}$$

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} |\vec{r} \times \vec{v}| = \text{constante}$$

- **3ª Lei:** $\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$

22 Hidrostática

23 Fluido em Equilíbrio

Fluido em repouso está sujeito apenas a forças normais e pressões. A pressão se transmite igualmente em todas as direções no interior do fluido.

24 Conceito de Pressão

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

Unidade: Pascal (Pa), onde $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$.

25 Densidade

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

Unidade: kg/m^3 . Densidade da água: $\rho_{\text{água}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$.

26 Pressão de uma Coluna de Líquido

$$P = \rho gh$$

Onde: ρ é a densidade, g a gravidade, h a profundidade.

27 Princípio de Pascal

Uma variação de pressão aplicada a um fluido incompressível em equilíbrio transmite-se integralmente a todos os pontos do fluido e às paredes do recipiente.

28 Pressão Atmosférica

Pressão exercida pelo ar ao nível do mar:

$$P_{\text{atm}} \approx 1,0 \times 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$$

29 Experiência de Torricelli

$$P_{\text{atm}} = \rho gh \quad \text{com } h = 0,76 \text{ m (coluna de mercúrio)}$$

30 Lei de Stevin

$$\Delta P = \rho g \Delta h$$

Válida para qualquer ponto de um mesmo fluido em equilíbrio.

31 Vasos Comunicantes

Se o fluido for o mesmo, os níveis de líquido se igualam:

$$h_1 = h_2 \quad (\text{para } \rho_1 = \rho_2)$$

32 Prensa Hidráulica

Aplicação do Princípio de Pascal:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Permite multiplicar força aplicando pressão a um fluido entre dois êmbolos de áreas diferentes.

33 Equilíbrio térmico e temperatura

- Temperatura é uma medida da energia cinética média das partículas.
- Dois corpos estão em **equilíbrio térmico** quando não trocam mais calor entre si.
- **Lei Zero da Termodinâmica:** Se A está em equilíbrio com B , e B com C , então A está em equilíbrio com C .

34 Escalas termométricas

- Principais escalas: Celsius ($^{\circ}C$), Fahrenheit ($^{\circ}F$), Kelvin (K).
- Conversões:

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$$

$$T(^{\circ}F) = \frac{9}{5}T(^{\circ}C) + 32$$

35 Dilatação dos sólidos e líquidos

- Dilatação linear: $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$
- Dilatação superficial: $\Delta A = A_0 \cdot 2\alpha \cdot \Delta T$
- Dilatação volumétrica: $\Delta V = V_0 \beta \Delta T$, com $\beta = 3\alpha$
- Dilatação aparente dos líquidos: $\Delta V_{ap} = V_0(\gamma_{líq} - \beta_{rec})\Delta T$

36 Estudo térmico dos gases

- Gases ideais obedecem à equação de estado e ignoram interações intermoleculares.
- Variáveis de estado: P , V , T , n .

- Hipóteses: moléculas puntiformes, colisões elásticas, movimento aleatório.

37 Lei geral dos gases perfeitos

$$PV = nRT \quad (3)$$

Onde:

- $R = 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ (constante dos gases)

38 Equação de Clapeyron

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (4)$$

39 Transformações gasosas

- **Isotérmica** ($\Delta T = 0$): $PV = \text{constante}$ (Lei de Boyle)
- **Isobárica** ($\Delta P = 0$): $\frac{V}{T} = \text{constante}$ (Lei de Charles)
- **Isocórica** ($\Delta V = 0$): $\frac{P}{T} = \text{constante}$ (Lei de Gay-Lussac)

40 Princípio da conservação da energia

- Energia interna se conserva em sistemas isolados.
- Base do **Primeiro Princípio da Termodinâmica**.

41 Mudanças de estado físico

- Fusão, vaporização, solidificação, condensação, sublimação.
- Ocorrem à temperatura constante.
- Energia envolvida depende da massa e do calor latente.

42 Quantidade de calor

- Calor sensível: $Q = mc\Delta T$
- Calor latente: $Q = mL$
- Unidade no SI: Joule (J)

43 Propagação do calor

43.1 Condução térmica - Lei de Fourier da Condução de Calor

$$Q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (5)$$

43.2 Convecção

- Transferência por movimentação de massa em fluidos.

43.3 Radiação

$$P = \sigma AT^4 \quad (6)$$

Onde $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

44 Princípios da Termodinâmica

44.1 Primeiro Princípio

$$\Delta U = Q - W \quad \longrightarrow \quad Q = W + \Delta U \quad (7)$$

44.2 Segundo Princípio

- O calor não flui espontaneamente de um corpo frio para um corpo quente.
- Entropia tende a aumentar.

44.3 Terceiro Princípio

- A entropia de um cristal perfeito é zero no zero absoluto (0 K).

45 Equivalente mecânico do calor

- Experiência de Joule:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J} \quad (8)$$

46 Movimento Vibratório e Ondulatório

46.1 Movimento Periódico

- **Amplitude** (A): valor máximo da oscilação.
- **Período** (T): tempo para uma oscilação completa.
- **Frequência** (f): número de oscilações por segundo, $f = \frac{1}{T}$.
- Unidade de frequência: hertz (Hz).

47 Movimento Harmônico Simples (MHS)

- Posição em função do tempo:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

- ω : frequência angular, $\omega = 2\pi f$
- φ : fase inicial
- Velocidade: $v(t) = -A\omega \sin(\omega t + \varphi)$
- Aceleração: $a(t) = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x(t)$

48 Oscilador Harmônico

- Sistema massa-mola:

$$F = -kx \quad \Rightarrow \quad m\ddot{x} = -kx$$

- Solução: MHS com:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}, \quad f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

49 Pêndulo Simples

- Para pequenos ângulos ($\theta < 10^\circ$), o movimento é aproximadamente harmônico:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

- Onde L é o comprimento e g a aceleração da gravidade.

50 Classificação das Ondas

- Quanto à natureza:

- Mecânicas (necessitam meio): som, ondas em corda.
- Eletromagnéticas (propagam no vácuo): luz, micro-ondas.

- Quanto à direção da vibração:

- Transversais: vibração \perp propagação (ex: luz).
- Longitudinais: vibração \parallel propagação (ex: som).

51 Velocidade de propagação de uma onda unidimensional

$$v = \lambda f$$

Onde:

- λ é o comprimento de onda.
- f é a frequência.

52 Ondas Periódicas

$$y(x, t) = A \cos(kx - \omega t + \varphi)$$

- $k = \frac{2\pi}{\lambda}$: número de onda
- $\omega = 2\pi f$: frequência angular

53 Reflexão e refração de um pulso numa corda

- Reflexão em extremidade fixa: inversão de fase.
- Reflexão em extremidade livre: sem inversão.
- Refração: mudança de meio altera velocidade e comprimento de onda.

54 Frente de onda

- Superfície formada por pontos que vibram em fase.
- Representa a forma da propagação (plana, esférica, etc).

55 Fenômenos Ondulatórios

55.1 Reflexão

- Onda retorna ao encontrar um obstáculo.
- Lei da reflexão: ângulo de incidência = ângulo de reflexão.

55.2 Refração

- Mudança de direção ao passar de um meio para outro com velocidade diferente.
- A frequência permanece constante.

55.3 Difração

- Capacidade de contornar obstáculos e atravessar fendas.
- Mais evidente quando $\lambda \sim$ dimensão da fenda.

55.4 Polarização

- Ocorre apenas com ondas transversais.
- Restrição da direção de oscilação.

55.5 Superposição

- Ondas que se encontram somam-se ponto a ponto.
- Pode ser construtiva (reforço) ou destrutiva (cancelamento).

55.6 Ondas estacionárias

- Resultam da superposição de duas ondas idênticas que se propagam em sentidos opostos.
- Formam nós (amplitude nula) e ventres (amplitude máxima).

55.7 Interferência de ondas bidimensionais

- Padrões de interferência gerados por duas fontes coerentes.
- Franja de interferência depende da diferença de caminho óptico:

$$\Delta s = n\lambda \quad (\text{interferência construtiva})$$

$$\Delta s = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad (\text{interferência destrutiva})$$

56 Acústica: Natureza e características do som

57 Natureza do Som

- O som é uma **onda mecânica longitudinal** que se propaga em meios materiais (sólidos, líquidos e gases).
- É gerado por um corpo em vibração e necessita de um meio material para se propagar (não se propaga no vácuo).
- A propagação ocorre devido à compressão e rarefação das partículas do meio.
- A velocidade do som depende do meio e da sua temperatura. No ar, $a \approx 340 \text{ m/s}$ (a 20°C).

58 Características Físicas do Som

- **Frequência** (f): número de vibrações por segundo. Está relacionada à altura do som (grave ou agudo).
 - Sons audíveis: $20 \text{ Hz} \leq f \leq 20\,000 \text{ Hz}$
 - Infrassons: $f < 20 \text{ Hz}$ Ultrassons: $f > 20\,000 \text{ Hz}$
- **Intensidade** (I): quantidade de energia transportada pela onda sonora por unidade de área. Relaciona-se com o volume (forte ou fraco).

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

Onde P é a potência da fonte sonora e A é a área.

- **Nível Sonoro** (β): medido em decibéis (dB).

$$\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Onde $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ é a intensidade de referência.

- **Timbre:** característica que permite distinguir sons de mesma frequência e intensidade produzidos por fontes diferentes. Está relacionado com a forma da onda sonora e os harmônicos presentes.
- **Velocidade do som (v):** depende da densidade e da rigidez do meio. É maior em sólidos, intermediária em líquidos e menor em gases.

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (\text{em sólidos})$$

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (\text{em gases ideais})$$

Onde E é o módulo de elasticidade, ρ é a densidade, γ é o coeficiente adiabático, R é a constante universal dos gases, T é a temperatura e M a massa molar.

59 Fenômenos Acústicos

- **Reflexão do som:** retorno do som ao encontrar obstáculos (eco).
- **Refração:** mudança de direção ao passar de um meio para outro com velocidade distinta.
- **Difração:** contorno de obstáculos e passagem por frestas.
- **Interferência:** superposição de ondas sonoras, gerando reforço ou cancelamento.
- **Ressonância:** amplificação das vibrações quando a frequência natural de um sistema coincide com a frequência da fonte sonora.

- **Efeito Doppler:** variação aparente da frequência sonora devido ao movimento relativo entre fonte e observador.

60 Aplicações e Limites da Audição Humana

- A audição humana é sensível a frequências entre aproximadamente 20 Hz e 20 kHz.
- Sons com intensidade acima de 120 dB podem causar dor (limiar da dor).
- Utilizações práticas: ultrassonografia, sonar, acústica de ambientes, isolamento acústico.

61 Óptica e Ondulatória

62 Óptica Geométrica

62.1 Propagação da Luz

- A luz propaga-se em linha reta em meios homogêneos e transparentes.
- Três princípios fundamentais: propagação retilínea, reversibilidade e independência dos raios de luz.

62.2 Espelhos Planos

- A imagem formada é virtual, direita e do mesmo tamanho do objeto.
- Propriedades: simetria em relação ao plano do espelho, conservação do ângulo de incidência.

62.3 Refração da Luz e Índice de Refração

- Refração: mudança de direção da luz ao passar de um meio para outro.
- Lei de Snell-Descartes:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

- Índice de refração:

$$n = \frac{c}{v}$$

Onde c é a velocidade da luz no vácuo e v no meio.

62.4 Reflexão Total

- Ocorre quando a luz passa de um meio mais refringente para um menos refringente com ângulo maior que o ângulo crítico.
- Aplicação: fibras ópticas.
- $n_1 \cdot \sin(\theta_1) = n_2 \cdot \sin(90^\circ)$

62.5 Lâminas e Prismas

- Lâminas planas provocam apenas deslocamento lateral do feixe de luz.
- Prismas desviam e dispersam a luz branca em seus componentes (dispersão).

62.6 Dispersão da Luz

- A velocidade da luz depende do comprimento de onda no meio material.
- Cada cor sofre um desvio diferente ao atravessar prismas, formando o espectro visível.

62.7 Lentes Esféricas

- Podem ser convergentes ou divergentes.

- Equação de Gauss para lentes delgadas:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

Onde f é a distância focal, p a distância do objeto e p' da imagem.

62.8 Associação de Lentes Delgadas

- Potência de associação:

$$P_{\text{eq}} = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

Onde $P = \frac{1}{f}$ (com f em metros e P em dioptrias).

62.9 Formação de Imagens

- Utiliza-se construção geométrica com raios notáveis.
- A natureza da imagem (real ou virtual, direita ou invertida, aumentada ou reduzida) depende da posição do objeto em relação ao foco e ao centro óptico.

62.10 Instrumentos Ópticos

- **Lupa:** lente convergente que aumenta o tamanho angular do objeto observado.
 - **Microscópio simples:** uma única lente convergente usada como lupa.
 - **Luneta astronômica:** utiliza duas lentes — objetiva (imagem real e invertida) e ocular (amplia a imagem).
-

63 Óptica Física e Ondulatória

63.1 Natureza da Luz

- A luz possui natureza dual: comporta-se como onda (fenômenos de interferência, difração e polarização) e como partícula (efeito fotoelétrico).
- Como onda, é uma onda eletromagnética transversal.

63.2 Fenômenos de Interferência

- Superposição de ondas que resulta em reforço (interferência construtiva) ou cancelamento (destrutiva).

63.3 Experiência de Young

- Demonstra a natureza ondulatória da luz.
- Fenda dupla produz padrões de interferência em um anteparo.
- Distância entre franjas:

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$$

Onde λ é o comprimento de onda da luz, L a distância até o anteparo e d a distância entre fendas.

63.4 Polarização da Luz

- Luz natural é não polarizada (os vetores do campo elétrico vibram em todos os planos perpendiculares à direção de propagação).
- Polarização restringe a vibração da luz a um plano.
- Evidência da natureza transversal da luz.

64 Síntese

- A óptica estuda tanto a propagação da luz (geométrica) quanto seus aspectos ondulatórios (física).
 - Instrumentos ópticos e fenômenos ondulatórios da luz são essenciais para tecnologias modernas (óptica oftálmica, telescópios, interferômetros, fibras ópticas).
-

65 Eletricidade e Magnetismo

66 Eletrostática

66.1 Eletrização

- Métodos: atrito, contato e indução.
- Cargas elétricas: positivas e negativas, quantizadas e conservadas.

66.2 Lei de Coulomb

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \quad (9)$$

- Força de interação entre duas cargas puntiformes no vácuo.

66.3 Potencial Elétrico

O potencial elétrico gerado por uma distribuição contínua de carga é dado por:

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{|\vec{r} - \vec{r}'|} \quad (10)$$

Onde:

- \vec{r} : ponto onde se calcula o potencial,
- \vec{r}' : ponto onde está o elemento de carga dq ,
- ϵ_0 : permissividade do vácuo.

67 Tipos de Distribuição

67.1 Distribuição Linear de Carga (fio)

Densidade linear: $\lambda = \frac{dq}{dl}$

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\lambda dl'}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$$

67.2 Distribuição Superficial de Carga (superfície)

Densidade superficial: $\sigma = \frac{dq}{dA}$

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\sigma dA'}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$$

67.3 Distribuição Volumétrica de Carga (volume)

Densidade volumétrica: $\rho = \frac{dq}{dV}$

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho dV'}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$$

68 Observações

- O potencial elétrico é uma grandeza escalar.
- A simetria do sistema pode facilitar os cálculos.
- Para pontos distantes, pode-se usar aproximações (ex: dipolo).

68.1 Campo de Forças Coulombianas e Campo Elétrico

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = k \frac{Q}{r^2} \hat{r} \quad (11)$$

- Campo elétrico gerado por uma carga pontual.
- $\vec{E} = -\nabla V$

68.2 Linhas de Força

- Representação gráfica da direção e sentido do campo elétrico.
- Saem de cargas positivas e entram em cargas negativas.

68.3 Trabalho e Potencial Eletrostático

- Potencial elétrico:

$$V = k \frac{Q}{r}$$

- Energia potencial elétrica:

$$U = qV$$

- Trabalho da força elétrica:

$$W = -\Delta U$$

69 Corrente Contínua e Resistência

69.1 Corrente Elétrica

- Corrente:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

- Sentido convencional: do positivo para o negativo.

69.2 Resistência Elétrica e Lei de Ohm

$$U = RI$$

$$P = Ri^2 = R \cdot \left(\frac{U}{R}\right)^2 = \frac{U^2}{R} = U \cdot i$$

69.3 Associação de Resistores

- Série: $R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots$
- Paralelo: $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

69.4 Resistividade e Temperatura

$$R = \rho \frac{L}{A}, \quad \rho(T) = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

69.5 Efeito Joule

$$Q = RI^2t$$

69.6 Geradores e Receptores

- Geradores fornecem energia elétrica (ex: baterias).
- Receptores consomem energia elétrica (ex: motores).
- Equação geral do gerador:

$$U = \mathcal{E} - rI$$

- Para receptores:

$$U = \mathcal{E} + rI$$

69.7 Pilhas em Série e Paralelo

- Série: $\mathcal{E}_{eq} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots$
- Paralelo: mesma \mathcal{E} , menor resistência interna.

69.8 Leis de Kirchhoff

- Lei das malhas (tensões): soma das ddps em um circuito fechado é zero.
- Lei dos nós (correntes): soma das correntes que entram num nó é igual à soma das que saem.

69.9 Instrumentos de Medida

- **Amperímetro:** mede corrente — ligado em série.
- **Voltímetro:** mede tensão — ligado em paralelo.
- **Multímetro:** mede corrente, tensão e resistência.

- **Ponte de Wheatstone:** circuito para medir resistências desconhecidas com alta precisão.

70 Magnetismo e Indução

70.1 Campo Magnético Gerado por Corrente Elétrica

- Fio retilíneo:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{eng}, \rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

- Espira circular:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

- Solenóide (interior):

$$B = \mu_0 n I$$

Onde n é o número de espiras por unidade de comprimento.

70.2 Força Magnética e Força Elétrica

- Força de Lorentz:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

- Regra/Mão Direita: $F = |q|vB \sin \theta$

Se a partícula tem massa m e entra perpendicularmente no campo magnético:

- Raio da trajetória:

$$R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B} \quad (12)$$

- Período do movimento:

$$T = \frac{2\pi m}{|q| \cdot B} \quad (13)$$

70.3 Trabalho realizado pela força magnética

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = 0 \quad (14)$$

71 Força Magnética sobre um Fio com Corrente

$$\vec{F} = I \cdot \vec{L} \times \vec{B} \quad (15)$$

$$F = I \cdot L \cdot B \cdot \sin \theta. \quad (16)$$

Regra da Mão Esquerda

71.1 Eletroímã

- Solenóide com núcleo ferromagnético, que se magnetiza quando a corrente circula.

71.2 Indução Eletromagnética

- Lei de Faraday:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Onde $\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos \theta$ é o fluxo magnético.

71.3 Lei de Lenz

- O sentido da corrente induzida é tal que seu campo magnético se opõe à variação do fluxo que a gerou.

71.4 Campo Elétrico Induzido

- Um campo elétrico pode ser gerado por variação de campo magnético:

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

72 Física Moderna

73 Radiação do Corpo Negro e Constante de Planck

- Um corpo negro ideal absorve toda radiação incidente.
- A distribuição espectral da energia emitida depende da temperatura.
- Planck introduziu a quantização da energia:

$$E = h\nu$$

onde $h \approx 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ é a constante de Planck.

74 Efeito Fotoelétrico

- A luz incide sobre um metal e ejeta elétrons.
- Einstein explicou usando fótons com energia $E = h\nu$.
- Equação do efeito fotoelétrico:

$$K_{\text{máx}} = h\nu - \phi$$

onde ϕ é a função trabalho do material.

75 Efeito Compton

- Espalhamento de fótons por elétrons livres.
- Mostra o comportamento corpuscular da radiação:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta)$$

76 Dualidade Onda-Partícula

- Toda partícula possui propriedades ondulatórias:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

(relação de De Broglie).

- Confirmada por experimentos de difração de elétrons.

77 Teoria da Relatividade Restrita

77.1 Postulados

1. As leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.
2. A velocidade da luz no vácuo é a mesma para todos os observadores inerciais.

77.2 Consequências

- Dilatação do tempo:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

- Contração do comprimento:

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

77.3 Energia Relativística

- Energia total:

$$E = \gamma mc^2 \quad \text{com } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

- Energia em repouso:

$$E_0 = mc^2$$

- Relação energia-momento:

$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$$

78 Modelos Atômicos

78.1 Rutherford

- Descoberta do núcleo atômico.

- Átomo com núcleo positivo e elétrons ao redor.

- Instável segundo a eletrodinâmica clássica.

78.2 Bohr

- Níveis de energia quantizados:

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV}$$

- Transições entre níveis explicam linhas espectrais do hidrogênio.

79 Princípio da Incerteza de Heisenberg

- É impossível conhecer simultaneamente posição e momento com precisão arbitrária:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

onde $\hbar = \frac{h}{2\pi}$.

80 Radioatividade

- Decaimento espontâneo de núcleos instáveis.

- Três tipos principais:

- **Alfa** (α): emissão de núcleo de hélio.
- **Beta** (β^-): emissão de elétron (ou pósitron em β^+).
- **Gama** (γ): radiação eletromagnética de alta energia.

- Lei do decaimento:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

- Meia-vida:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

81 Energia Nuclear

- Baseada na equivalência massa-energia de Einstein.
- Fissão nuclear: divisão de núcleos pesados (ex: ^{235}U).
- Fusão nuclear: união de núcleos

leves (ex: deuterônio + trítio).

- Liberação de energia:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

- Aplicações: reatores nucleares, armas, medicina.