**FÍSICA ESCOLAR 12ª CLASSE**

**AS LEIS DA DINÂMICA**

Foram formalmente estabelecidas, pela primeira vez por Sir Isaac Newton e publicadas no seu livro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* em 1686.

As leis da dinâmica se conhecem hoje como as leis de Newton.

As leis de Newton substituíram as leis Aristotélicos que remontavam do século IV a.C. e que dominaram o pensamento científico de todo o mundo durante quase 2000 anos.

**Obs**. As leis de Newton são ainda válidas até hoje para todo movimento com a velocidade inferior a 30.000 km/s. Para os movimentos com velocidades altas e superior a 30.000 km/s são utilizadas as leis da mecânica relativista de Einstein.

Primeira lei de Newton ou **Lei de Inércia**. $F_R = 0 \Rightarrow \begin{cases} repouso \\ MRU \end{cases}$

Segunda lei de Newton ou **Lei da Força**. $F_R = m.\vec{a}$

Terceira lei de Newton ou **Lei de acção e reacção**. $F_A = -F_B$

Todo movimento é resultado da acção da força.

A **força** é toda acção exercida sobre um corpo que provoca nele uma variação da sua velocidade ou uma deformação.

Os físicos identificaram 4 forças fundamentais:

a) Força de gravidade (matéria).
b) Forças electromagnéticas (ligação atómica).
c) Forças nucleares débeis (desintegração radioativa).
d) Forças nucleares fortes (estabilidade do núcleo).

## 1. MOVIMENTO CURVILÍNEO DE UMA PARTÍCULA ACTIVADA POR UMA FORÇA CONSTANTE

***Parâmetros***: φ, ω, T

Equação linear da lei do movimento (MRU): $x = x_0 + vt$.

Equação angular da lei do movimento (MCU): $\varphi = \varphi_0 + wt$

O período (T) é o tempo que uma partícula demora a descrever uma volta completa e calcula-se pela expressão: $T = \frac{2\pi}{w} = \frac{2\pi R}{v}$

A velocidade angular acha-se pela expressão: $w = \frac{2\pi}{T}$; tendo $f = \frac{1}{T}$, logo $w = 2\pi f$.

**Obs.**

Velocidade linear no movimento curvilíneo é: $v = wR = \frac{2\pi R}{T}$

A aceleração centrípeta é $a_c = w^2 R = \frac{v^2}{R}$

Exercícios

1. Um corpo de massa 1kg, pousada sobre uma mesa bem polida, executa o movimento de uma circunferência de raio, 1m. Qual é a força tensora do fio se o corpo efectua 60 rpm (rotação por minuto).

*Dados*

$m = 1kg$

$R = 1m$

$f = 60rpm = \frac{60}{60} rps = 1rps = 1H_z$

$F = T = ?$

*Fórmulas*

$T = T = ma_c$

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

$v = wR = 2\pi fR$

*Substituição*

$v = 2\pi.1.1 = 2\pi \, {}^{m}\!/_{s}$

$a_c = \frac{(2\pi)^2}{1} = 4\pi^2 \, {}^{m}\!/_{s^2}$

$F = T = 1.4\pi^2 = 4\pi^2 N$

2. Uma partícula material descreve uma trajectória circular de raio 2m no plano XOY. O valor da velocidade angular, em cada instante, é dado por w = 2 + 3t (SI). Para o instante t = 0,5s, calcule:
   a) O valor da velocidade linear.
   b) O vector aceleração angular.
   c) O valor da aceleração tangencial.
   d) O valor do vector aceleração.

*Dados*

$R = 2m$

$w = (2+3t) \, {}^{rad}\!/_{s}$

$t = 0,5s$

$v = ?$

$\alpha = ?$

$a_t = ?$

$a = ?$

*Fórmulas*

$v = wR$

$\alpha = \frac{w}{t}$

$a_t = \alpha R$

$a = \frac{v}{t}$

*Solução*

$w = 2 + 3(0,5) = 3,5 \, {}^{rad}\!/_{s}$

$v = 3,5.2 = 7 \, {}^{m}\!/_{s}$

$\alpha = \frac{3,5}{0,5} = 7 \, {}^{m}\!/_{s^2}$

$a_t = 7.2 = 14 \, {}^{m}\!/_{s^2}$

$a = \frac{7}{0,5} = 14 \, {}^{m}\!/_{s^2}$

Obs. Alguns conhecimentos de Geometria, de Trigonometria e de Matemática são necessários na resolução de problemas físicos do movimento curvilíneo de partículas.

- Perímetro de uma circunferência, P = 2πR.
- Área de um círculo, A = $\pi^2$R
- Volume de uma esfera, V = π$R^3$/3
- Área da superfície de uma esfera, A =4π$R^2$
- Volume de um cilindro, V = π$R^2$h
- Teorema de Pitágoras, $x^2 + y^2 = r^2$. (a soma dos catetos = a hipotenusa)

- $sen\alpha = \frac{y}{r}; \cos\alpha = \frac{x}{r}; \tan\alpha = \frac{y}{x}; \tan\alpha = \frac{sen\alpha}{\cos\alpha}$
- $sen^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$
- $sen2\alpha = 2sen\alpha\cos\alpha$

3. Diga se as afirmações a seguir são verdadeiras ou falsas.
   a) Não se pode considerar uniforme o movimento de um corpo que parte de repouso? __V__
   b) Num movimento circular o módulo aceleração centrípeta é constante _F_ (seria se a velocidade fosse constante, $a_c = v^2/R$)
   c) Se um corpo tem aceleração nula está em repouso. _F_ (pode estar em MRU ou MCU)
   d) O movimento rectilíneo tem o mesmo tipo de aceleração que o movimento curvilíneo uniforme. _F_ (no MR só existe ate $a_t$ no MC só existe $a_c$)
   e) A velocidade angular depende do raio da curvatura e a velocidade linear não. F_ (é a velocidade linear eu depende do raio da curvatura).
4. Quando um serralheiro corta um metal com uma serra circular (rebarbadora), pequenas partículas incandescentes (limalhas) que se libertam quer da serra como do metal saem disparadas, por isso se usa protectores de olhos. Explica porque saem disparadas e não ficam a rodar a serra?

   R/ Quando as limalhas se soltam do disco a ligação metálica dos átomos desaparecem e dependem agora da força de gravidade que actua sobre eles e pela 1ª lei de Newton adquirem o MRU comportando-se como um projéctil lançado horizontalmente.
5. Uma partícula com uma trajectória circular de 2,0m de raio tem uma velocidade angular de 15,74 rad/s.
   a) Qual é o deslocamento angular em 5 segundos?
   b) Qual é o espaço percorrido nesse intervalo de tempo?
   c) Quantas voltas dá em 5 segundos.

| *Dados* | *Fórmulas* | Re *solução* |
|---|---|---|
| $R = 2m$ | $\varphi = w.\Delta t$ | $\varphi = 15,74.5 = 78,7rad = 25\pi rad$ |
| $w = 15,74\, {}^{rad}\!/\!_{s} = 5\pi\, {}^{rad}\!/\!_{s}$ | $P = 2\pi R$ | $\Delta S = 25\pi.250\pi m = 157m$ |
| $\varphi = ?$ | $n^o = \frac{\Delta S}{P}$ | $P = 2\pi.2 = 4\pi m$ |
| $\Delta S = ?$ | $\Delta S = \Delta\theta.R$ | $n^o\, voltas = \frac{50\pi}{4\pi} = 12,5 voltas$ |
| $n^o\, voltas = ?$ | | |

P = perímetro

6. A Terra tem um período de rotação de 24h. O raio da Terra é de 6400km.
   a) Calcula o valor da velocidade angular da Terra?

b) Calcule a velocidade linear de um residente no equador

| *Dados* | *Fórmulas* | *Solução* |
| --- | --- | --- |
| $T = 24h = 24.3600s = 86400s$ | | |
| $R = 6400km = 6400000m$ | $w = \frac{2\pi}{T}$ | $\omega = \frac{2\pi}{86400} = 0{,}0000727\ {}^{rad}\!/_{s}$ |
| $w = ?$ | $v = wR$ | $v = 0{,}0000727.6400000 = 465\ {}^{m}\!/_{s}$ |
| $v = ?$ | | |

7. Numa pista com 100m de diâmetro, um ciclista faz um quarto de volta em 5s. Para este movimento, determina:
   a) O período
   b) A frequência
   c) A medida de velocidade angular
   d) A velocidade linear
   e) A norma da aceleração centrípeta.

| *Dados* | *Fórmulas* | Re *solução* |
| --- | --- | --- |
| $d = 100m \rightarrow r = \frac{100}{2} = 50m$ | $r = \frac{d}{r}$ | $\frac{1}{4}T = 5s = \frac{T}{4} = 5s = 20s$ |
| $t = 5s$ | $f = \frac{1}{T}$ | $f = \frac{1}{20} = 0{,}05Hz$ |
| $T = ?$ | | |
| $f = ?$ | $w = \frac{2\pi}{T}$ | $w = \frac{2\pi}{20} = 0{,}2\pi\ {}^{rad}\!/_{s}$ |
| $w = ?$ | $v = wR$ | $v = 0{,}1\pi.50 = 5\pi\ {}^{m}\!/_{s} = 15{,}7\ {}^{m}\!/_{s}$ |
| $v = ?$ | | |
| $a_c = ?$ | $a_c = \frac{v^2}{R}$ | $a_c = \frac{(5\pi)^2}{50} = 0{,}5\pi^2\ {}^{m}\!/_{s^2}$ |

8. Um centrifugador parte do repouso com a aceleração de 4 rad/s$^2$. Quanto tempo demora para atingir 20rps?

| *Dados* | *Fórmulas* | *Solução* |
| --- | --- | --- |
| $\alpha = 4\ {}^{rad}\!/_{s^2}$ | $w = 2\pi f$ | $w = 2\pi.20 = 40\pi$ |
| $f = 20rps = 20Hz$ | | |
| $t = ?$ | $t = \frac{w}{\alpha}$ | $t = \frac{40\pi}{4} = 10\pi = 31{,}4s$ |

**MOVIMENTO RELATIVO (Teoria da Relatividade)**

A **Teoria da Relatividade Restrita** ou **Teoria Especial da Relatividade** (abreviadamente, **TRR**), foi publicada pela primeira vez em 1905 por Albert Einstein, filho de Hermann Einstein e Paulina Koch Einstein, nascido em 14 de Março de 1879, na cidade de Ulm, Württemberg, Alemanha, aos seus 26 anos de idade.

Antes, a maior parte dos físicos pensava que a mecânica clássica de Isaac Newton, baseada na chamada relatividade de Galileu descrevia os conceitos de velocidade e força para todos os observadores ou sistemas de referência; mas Einstein mostrou que o conceito de repouso ou do movimento depende do observador e concluiu que o tempo não era absoluto

Uma generalização desta teoria é a **Teoria Geral da Relatividade (TGR)**, publicada igualmente por Einstein em 1915, que incluía os campos como de electromagnéticas e outros.

**Obs**. S em determinar um ponto de referência, não é possível dizer que um corpo está em repouso ou em movimento.

Ex. Um mesmo corpo pode estar ao mesmo tempo, em repouso com relação a um observador e em movimento com relação a outro observador.

Considerando dois sistemas S e S’ sendo um inercial, tem-se:

a) Comprimento de um corpo no sistema inercial: $l = l'\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$

b) O intervalo de tempo dos acontecimentos: $\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

c) A composição das velocidades: $v = \frac{v'+v_0}{1+\frac{v_0 v'}{c^2}}$

d) A massa do corpo é: $m_r = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

Nota: **c** = velocidade da luz no vácuo, $\mathbf{m_0}$ = massa do corpo em repouso, $\mathbf{m_r}$ = massa relativista ou massa de movimento, **l’** = comprimento do corpo

**DINÂMICA DE UM SISTEMA DE PARTÍCULAS E FORÇAS**

1. Forças de resistência: Todas as forças que actuam no sentido contrário ao movimento.

Ex. Força de resistência do ar, Força de atrito, μ (estático e dinâmico), força de ligação, etc.

Obs. As forças de resistências são necessário no quotidiano humano, se não, não conseguiriam caminhar, pegar coisas, escrever nem mesmo viver.

2. Centro de massa de um sistema: obtém-se pela expressão: $r = \frac{\sum m_1 r_1}{m}$

3. Momento de uma força: produto vectorial da posição com o vector força, $\vec{M} = \vec{r} \cdot \vec{F}$

4. Momento linear de uma partícula ou quantidade de movimento: produto da massa com a velocidade, $\rho = mv$
5. Momento angular de uma partícula: produto vectorial do vector posição com o momento linear, $\vec{L} = \vec{r}.mv$
6. Momento angular de um sólido rígido: $L = m_0 R^2 w$, como $m_0 R^2 = I$, então $\vec{L} = I.\vec{w}$

   I = momento inercial.

**MECANICA DOS FLUIDOS**

**Fluido** é toda substância que pode fluir, escoar ou escorrer; quer dizer, aquilo que se deforma facilmente e toma a forma do recipiente em que está contido.

Ex. Líquidos, gases, etc.

A **mecânica dos fluidos** é o ramo de física que estuda o comportamento de fluidos em repouso ou em movimento.

**Hidrostática**: é a parte da mecânica dos fluidos que estuda a pressão que os fluidos exercem sobre o fundo e as paredes dos vasos que os contém, como também a pressão das fronteiras (paredes) sobre o fluido.

**Forças de pressão**: são as forças perpendiculares com as quais os fluidos pressionam as paredes dos recipientes que os contém.

A pressão que exerce um fluido sobre as paredes é expressa matematicamente por $P = \frac{F}{S}$

A **densidade** ou **massa volúmica** de uma substância é dada pela expressão: $\rho = \frac{m}{V}$.

Obs. ρ (densidade em kg/m$^3$), Volume (V) em m$^3$ e massa (m) em kg

$$1g/cm^3 = \frac{10^{-3}kg}{10^{-6}m^3} = 10^{-3+6} = 10^3\ {}^{kg}\!/_{m^3}$$

A densidade dos sólidos e líquidos é constante, mas a dos gases depende da temperatura e de pressão.

O **peso volúmico** de uma substância é expressa por $\gamma = \frac{P}{V}$, como P = mg, então $\gamma = \frac{mg}{V}$; $\frac{m}{V}$ sendo igual a ρ, então $\gamma = \rho g$

**Nota**: γ (Nm$^{-3}$); ρ (kgm$^{-3}$); g (ms$^{-2}$).

A **densidade relativa** é: $d = \frac{\rho}{\rho_0}$; ρ (massa volúmica $kgm^{-3}$); ρ0 (massa volúmica da substância-padrão $kgm^{-3}$).

**Nota**:

- Substância-padrão dos sólidos e líquidos é a água pura, cuja massa volúmica é $1{,}00kgdm^{-3}$.
- Substância-padrão dos gases é o ar seco cuja massa volúmica normal é ρ(ar) = $1{,}2928kgm^{-3}$.
- A pressão atmosférica normal é $1{,}01325.10^5Pa$

**Princípio fundamental da hidrostática**

$P = p_0 + \rho gh$;

P (pressão – Pa), $P_0$ (pressão atmosférica normal), ρ (massa volúmica – $kgm^{-3}$), h (pressão hidrostática – altura (m).

**Obs**. A pressão num líquido aumenta com a profundidade e é a mesma em todos os pontos da profundidade.

**3 Leis da hidrostática**:

- Lei de Arquimedes
- Lei de Pascal
- Lei de Stevin

**Lei (Princípio) de Arquimedes**

«Todo corpo mergulhado num fluido em repouso, fica sujeito a uma força vertical de baixo para cima (empuxo ou Impulsão), cuja intensidade é igual ao valor do peso do fluido deslocado pelo corpo».

**Nota**: A lenda conta que Arquimedes descobriu este facto enquanto tomava banho e saiu a correr pelas ruas de Siracusa de Sicília (actual Itália), sem se lembrar que estava nu, gritando: “Eureka! Eureka!”

A força de **Impulsão** ou **empuxo** acha-se pelas expressões matemáticas seguintes:

$$F_E = I = \rho.V.g$$
$$I = P - P'$$

**Obs**.

- $F_E$ = força de empuxo, I = impulsão, ρ = massa volúmica, V = volume, g = aceleração de gravidade, P = peso real, P’ = peso aparente.

- Ao mergulhar um corpo num fluido, acontece 3 casos:

Se I = P: o corpo permanece parado

Se I < P: o corpo afunda

Se I > P: o corpo flutua

**Exemplos:**

1. O gelo que é a água no estado sólido, flutua na água líquida, pois a densidade do gelo é inferior a densidade da água, logo o empuxo é superior ao peso do gelo, daí flutuar (I>P).
2. Ao lançar um limão, uma moeda, uma rolha e um pedacinho de madeira num recipiente com água, os objectos com maior densidade afundam enquanto que os de menor densidade flutuam.
3. Um prego de ferro afunda na água, mas um grande navio feito de ferro flutua na água, pois a densidade do prego é maior que a da água e a do navio; o navio tem um maior volume, mas a maior parte deste volume é ocupado pelo ar, cuja massa volúmica é muito pequena, por isso a densidade do navio é menor. Se substituir o espaço ocupado pelo ar por água, o navio afunda.

**Manifestações do empuxo no quotidiano**

1. O nadador consegue num instante manter as narinas e a boca fora da água para facilitar a respiração, porque a densidade do corpo humano e os demais mamíferos é ligeiramente inferior a da água, daí o empuxo ser suficiente para expulsar o corpo do nadador para cima (I>P).
2. É fácil boiar e flutuar nas águas do mar do que nas dos rios, porque a densidade das águas do mar é maior por causa do sal nele dissolvido, daí haver maior impulsão para que a boa não se afunde.
3. A água do mar morto, na Palestina é uma solução saturada, tem uma grande quantidade do sal no fundo do mar, pelo que o empuxo sobre um banhista se torna tão grande que ele pode erguer o tronco e ler uma revista sem molha-la e sem pôr os pés no fundo.
4. Dois corpos por causa das suas densidades não podem ocupar o mesmo lugar no espaço ao mesmo tempo.

   Por ex. a folha de papel seco no fundo de um copo, não molhará ao embocar o copo no recipiente contendo água. Isto, é porque o corpo está cheio de ar que impedirá a água molhar o papel.

**Exercícios**

1. Qual é a massa de um corpo cujo volume é de $1m^3$, se este corpo é feito de ferro ($\rho$=7850kgm$^{-3}$)

*Dados*

$\rho = 7850kgm^{-3}$

$V = 1m^3$

$m = ?$

*Fórmula*

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

*Solução*

$m = 7850.1 = 7850kg$

2. A densidade de um líquido contido num recipiente é 2,56.103 kgm$^{-3}$. O corpo nele submerso é de volume $0,001m^3$. Que empuxo sofre o corpo? (g = 10 ms$^{-2}$).

*Dados*

$g = 10ms^{-2}$

$\rho = 2,56.10^3 kgm^{-3}$

$V = 0.001m^3 = 10^{-3}m^3$

$I = ?$

*Fórmula*

$I = \rho.V.g$

*Solução*

$I = 2,56.10^3.10^{-3}.10 = 25,6N$

3. Uma bola de futebol flutua em uma poça de água. A bola possui uma massa de 0,5kg e um diâmetro de 22cm.

a) Qual é a força de empuxo?

b) Qual é o volume da água deslocado pela bola?

c) Qual é a densidade média da bola de futebol?

*Dados*

$m = 0,5kg$

$d = 22cm \rightarrow r = \frac{d}{2} = \frac{22}{2} = 11cm = 0,11m$

$\rho_{(H_2O)} = 1,00kgdm^{-3}$

$I = ?$

$V_{(H_2O)} = ?$

$\rho_{(bola)} = ?$

*Fórmulas*

$I = P = mg$

$I = \rho.V.g \Rightarrow V = \frac{I}{\rho g}$

$V_{(bola)} = \frac{4\pi r^3}{5}$

*Solução*

$I = P = mg = 0,5.10 = 5N$

$V = \frac{I}{\rho g} = \frac{5}{1,00.10} = 0,5m^2$

$\rho_{(bola)} = \frac{0,5}{5,5.10^{-3}} = 90,9090kgm^{-3}$

**Outras unidades de pressão**

- 1atm = 1,01325.10$^5$Pa

- 1atm = 760 mmHg
- 1Torr = 1 mmHg
- 1bar = $10^5$Pa
- 1lbf/in$^2$ = 6,89476.$10^3$Pa (libra por polegada ao quadrado)

**Equilíbrio de corpos flutuantes.**

Sempre que um corpo se encontra mergulhado total ou parcialmente num fluido, há empuxo ou impulsão.

Sob acção da impulsão ocorrem 2 casos:

1º Se $\vec{Fr} = \vec{I} + \vec{P} = 0; \vec{I} = -\vec{P}$; o corpo está em equilíbrio.

2º Se $\vec{Fr} = \vec{I} + \vec{P} = m\vec{a}$; o corpo não está em equilíbrio.

**Obs. a)** Se ρ(fluido) < ρ(corpo) e P(corpo) > P(fluido); $\vec{Fr} = \vec{I} + \vec{P} = m\vec{a} \rightarrow$ o corpo afunda.

$$a\downarrow = \frac{P-I}{m_{(corpo)}}$$

b) A força da reacção do fundo do recipiente actua de baixo para cima e é igual a zero.

$$R_N = \vec{I} + \vec{P} = 0$$

c) Se ρ(fluido) = ρ(corpo) e I > P; $\vec{Fr} = \vec{I} + \vec{P} = m\vec{a} \rightarrow$ o corpo flutua $a\uparrow = \dfrac{I-P}{m_{(corpo)}}$

Exercícios

1. Determina a aceleração de descida num fluido de um corpo de massa 2000g.

*Dados*

$m = 2000g = 2kg$

$g = 10ms^{-2}$

$a = ?$

*Fórmulas*

$a = \dfrac{P-I}{m}$

$P = mg$

$I = \rho Vg$

*Solução*

$P = 2.10 = 20N$

$I = \rho Vg = \dfrac{m}{V}.V.g = mg$

$I = 2.10 = 20N$

$a = \dfrac{20-20}{2} = \dfrac{0}{2} = 0\, {}^{m}\!/\!{}_{s^2}$

2. Que acontece com um corpo cuja massa e volume são 0,2kg e 100m$^3$, respectivamente e mergulhado num fluido de massa volúmica 0,012 kgm$^{-3}$?

*Dados*

$m = 0{,}2kg$

$V = 100m^3$

$\rho = 0{,}012kgm^{-3}$

$g = 10ms^{-2}$

$a = ?$

*Fórmulas*

$P = mg$

$I = \rho Vg$

*Solução*

$P = 0{,}2.10 = 2N$

$I = 0{,}012.100.10 = 12N$

$I \succ P \Leftrightarrow a \uparrow = \dfrac{I-P}{0{,}2} = 50 \,{}^{m}\!/\!_{s}$

3. Considera que o corpo do exercício anterior tem uma massa equivalente a 2kg.

*Dados*

$m = 2kg$

$V = 100m^3$

$\rho = 0{,}012kgm^{-3}$

$g = 10ms^{-2}$

$a = ?$

*Fórmulas*

$P = mg$

$I = \rho Vg$

*Solução*

$P = 2.10 = 20N$

$I = 0{,}012.100.10 = 12N$ → O corpo afunda

$I \prec P \Leftrightarrow a \downarrow = \dfrac{20-1}{0{,}2} = 4 \,{}^{m}\!/\!_{s^2}$

4. Que acontece se a massa do corpo for 1,2kg?

*Dados*

$m = 1{,}2kg$

$V = 100m^3$

$\rho = 0{,}012kgm^{-3}$

$g = 10ms^{-2}$

$a = ?$

*Solução*

$P = 1{,}2.10 = 12N$

$I = 0{,}012.100.10 = 12N$ → O Corpo está em equilíbrio.

$I = P \Leftrightarrow a = \dfrac{12-12}{0{,}2} = 0 \,{}^{m}\!/\!_{s^2}$

**Lei da continuidade**

Em fluidos acontecem 2 tipos de movimentos: **lamelar** ou **estacionário** e **turbulento**.

a) **Movimento lamelar ou estacionário**: quando as partículas do fluido têm a mesma velocidade em todos pontos do tubo.

Obs. No movimento estacionário, as linhas de corrente nunca se cruzam, porque o fluido é constituído por várias camadas que se sobrepõem sem se misturarem. Fig,1

b) **Movimento turbulento**: quando as partículas do fluido têm velocidades diferentes ao passarem num ponto do tubo

Ex. O fumo que sai de um cigarro é inicialmente um fluxo lamelar e depois passa a fluxo turbulento

Se o tubo tem secções transversais diferentes, tem-se:

$S_1 = v_1 t_1 = s_2 = v_2 t_2 \rightarrow sv = c^{ste}$. Lei da continuidade

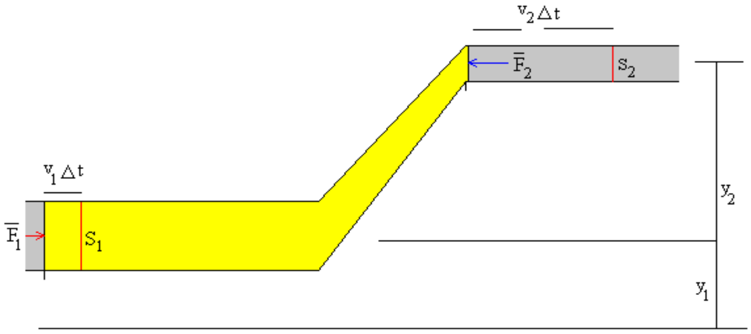
Obs. A velocidade do fluido é tanto maior quanto menor for a área de secção de tubo onde ele passa.

**Equação de Bernoulli**

$P+\rho gh\frac{1}{2}\rho v^2 = constante$ ou seja

$P_1+\rho gh_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2+\rho gh_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2$

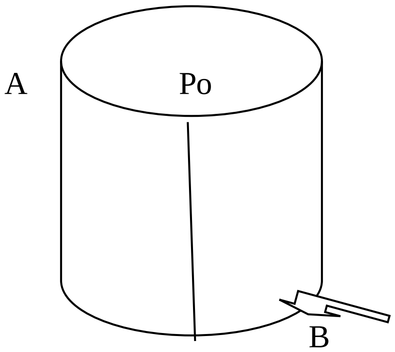
Foi expresso pelo matemático Daniel Bernoulli, filho de Joahnn Jakob, nascido em 08 de fevereiro de 1700, na Holanda.




O princípio de Bernoulli ou equação de Bernoulli descreve o comportamento de um fluido que se move ao longo de um tubo ou contudo.

**Aplicações da equação de Bernoulli**

- A **asa do avião** é mais curva na parte de cima. Isto faz com que o ar passe mais rápido na parte de cima do que na de baixo. Isto é, a pressão do ar em cima da asa será menor que na parte de baixo, criando uma força de empuxo que sustenta o avião no ar.
- **Chaminé**. O movimento de ar do lado de fora de chaminé de uma casa ajuda a criar uma diferencia de pressão que expulsa o ar quente da lareira para cima.
- Um **recipiente com um pequeno furo no nível inferior**, a água sai do orifício com pressão diferente da de cima.




Da equação de Bernoulli é aplicável a fórmula de Torricelli $v=\sqrt{2gh}$

Exercícios

1. Uma mangueira de jardim com 2cm de diâmetro, tem na ponta uma manga de regulador com 20 furos, cada um deles com 2mm de diâmetro. A velocidade da água na mangueira é de 1m/s. Calcula a velocidade à saída de cada orifício.

*Dados*

$d_1 = 2cm = 0{,}02m \rightarrow r = 0{,}01m$

$d_2 = 2mm = 0{,}002m \rightarrow r = 0{,}001m$

$v_1 = ?$

$v_2 = ?$

*Fórmula*

$p_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho {v_1}^2 = p_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho g v_2^2$

*Solução*

$P, \rho, g = cste$

$h_1 + \frac{1}{2}v_1^2 = h_2 + \frac{1}{2}v_2^2$

$0{,}01 + 0{,}5 - 0.001 = \frac{1}{2}v^2$

$v = \sqrt{1{,}018} \approx 1m/s$

2. Na canalização de uma fábrica existe um tubo colocado na horizontal com raio de $5.10^{-2}$m por onde circula um fluido de densidade relativa 1,0 a velocidade de 1m/s. O cano é estrangulado, tornando-se mais estreito, ficando com um raio de $2{,}5.10^{-2}$m. Calcule:
   a) A velocidade do fluido após estrangulamento do tubo.
   b) O peso volúmico antes do estrangulamento.
   c) A massa de fluido que passa por segundo no tubo.
   d) A variação de pressão no tubo.

*Dados*

$r_1 = 5.10^{-2}m$

$r_2 = 2{,}5.10^{-2}m$

$d = 1{,}0$

$v_1 = 1 \, {}^{m}\!/\!_{s}$

$g = 10 \, {}^{m}\!/\!_{s^2}$

$p_o = 1{,}01325.10^5 Pa$

$\rho_{(H_2O)} = 1{,}00kgm^{-3}$

$v_2 = ?$

$\gamma = ?$

$m = ?$

$\Delta P = ?$

*Fórmula*

$p_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho {v_1}^2 = p_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho g v_2^2$

$\gamma = \rho g$

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

$V = \frac{4}{3}\pi r^3$

$d = \frac{P}{p_o}$

**Tema 2. Interacções e Campos**

**Subtema 1. Interacções**

Existe 4 Interacções fundamentais:

- Gravitacional (entre os corpos com massa no universo)
- Electromagnéticas (entre as cargas electricas)
- Nuclear forte (entre quarks e glicons)
- Nuclear débil (entre os leptons e quarks)

O elemento causa de interacções é a **força**.

Não é necessário que os objectos se aproximem para que haja interacções. (Por ex. O Sol e o homem).

**Um pouco de história**

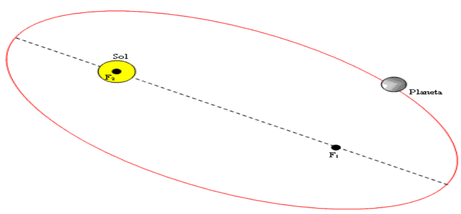
Existiram várias teorias e concepções sobre o brilho e movimento dos astros, pois até ao séc. XVI, pensava-se que os astros (Sol, Lua e planetas) tinham natureza diferente da dos corpos terrestres e que seus movimentos seriam estudados por leis diferentes.

1. **Teoria Ptolomaica ou sistema geocêntrico** (geo = Terra) do matemático, astrónomo, geógrafo e astrólogo grego **Claudius Ptolemaeus** (em português Ptolomeu) de Alexandria nos anos 150 a.C, dizia que "a Terra era o centro fixo do universo a volta da qual giravam os outros corpos em círculos concêntricos. (fig)
2. **Teoria ou sistema heliocêntrico** (hélio = Sol) do astrónomo grego Aristarco de Samos (310 – 230 a.C.) afirmava que todos planetas inclusive a Terra giravam a volta do Sol.

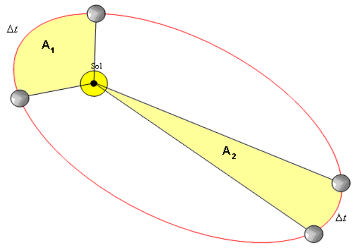
   Esta teoria só foi aceite no séc. XVI, graças aos estudos do astrónomo e matemático Copérnico que foi também sacerdote, médico, economista, jurista, administrador e Diplomata polonês quando na sua obra "De *Revolutionibus orbium Coelesttuim*» apresentou sua teoria heliocêntrica sugerindo que a Terra gira em torno de si mesma e gira ao redor do Sol. Fig.
3. **Sistema intermediário** do astrónomo dinamarquês **Tycho Brahe** no séc. XVI, concluiu que os planetas giram em torno do Sol e a Lua gira a volta da Terra.
4. O alemão **Johannes Kepler** tornou credível a teoria heliocêntrica quando na sua obra *"Mysterium cosmographicum*" em 1596 estabeleceu que as órbitas eram elípticas e não circulares.

   Kepler também criou as leis empíricas sobre o movimento dos planetas conhecidas como **leis de Kepler** do sistema solar.

**1ª Lei de Kepler (Lei das órbitas)**: "um corpo ligado a outro gravitacionalmente gira em torno dele numa órbita (trajectória) elíptica, sendo que um deles ocupa o foco da elipse". Quer dizer, Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, que ocupa um dos focos da elipse.




**2ª Lei de Kepler (Lei de áreas)**: "Um corpo ligado a outro gravitacionalmente, gira em torno dele descrevendo áreas iguais em tempos iguais. Quer dizer, O segmento que une o sol a um planeta descreve áreas iguais em intervalos de tempo iguais. $\frac{A_1}{\Delta t_1} = \frac{A_2}{\Delta t_1}$




Observa-se que os planetas próximos do Sol têm maior velocidade que os distanciados do Sol.

**3ª Lei de Kepler (Lei dos períodos)**: "O quadrado do período do movimento de um planeta em torno do Sol é igual ao cubo do semieixo maior da elipse. $T^2 = kr^3$ →

$$\boxed{\frac{T^2}{R^3} = \text{constante} = K'}$$

**Obs**. T = período (s), K = Constante de proporcionalidade depende da massa do Sol ($kgN^{-1}m^{-2}$),

r = semi-eixo maior (m).

$$k = \frac{4\pi}{G(M+m)}$$

Por esta lei, observa-se que os planetas situados longe do Sol demoram mais tempo em descrever a órbita.

**Exercícios**

**1**. De acordo com a Segunda Lei de Kepler, chamada de "Lei das Áreas", dentro do sistema planetário:

a) Alguns planetas se movimentam numa trajetória circular em torno dos outros.

b) Todos os planetas se movimentam numa trajetória elíptica em torno do sol.

c) A razão do raio da órbita dos planetas e do tempo é sempre constante.

d) O segmento que une o Sol aos planetas descreve no mesmo tempo diferentes áreas.

e) O segmento que une o Sol aos planetas descreve áreas iguais em tempos iguais.

**R**/Letra e: O segmento que une o sol aos planetas descreve áreas iguais em tempos iguais.

2. Qual foi a principal contribuição de Kepler na conceituação da "Lei das Órbitas" (Primeira Lei de Kepler)?

**R**/A maior contribuição de Kepler nos estudos sobre o movimento dos planetas foi de afirmar que eles realizavam uma trajetória elíptica em detrimento de uma trajetória circular. Para descrever suas leis, Kepler se baseou no heliocentrismo. Assim, segundo a teoria heliocêntrica, o sol está no centro do universo, enquanto no geocentrismo, a Terra que ocupa o centro do universo.

3. A Terceira Lei de Kepler, chamada de "Lei dos Períodos" postula que "*O quadrado do período de qualquer planeta em torno do Sol é proporcional ao cubo da distância média entre o planeta do Sol*".

Assim, quanto maior a distância média do Sol, maior será o período de translação do planeta. Feita essa observação, quantos meses aproximadamente, a Terra percorre uma área correspondente a ¼ da área total da elipse?

**R**/Antes de resolver o problema, devemos lembrar que o movimento de Translação da Terra é aquele que ela realiza em torno do sol, no período de 1 ano (12 meses ou 365 dias).
Assim, para resolver o problema acima basta aplicar a regra de três, donde:
1 volta – 12 meses
¼ volta – T
T = 12 . ¼
T = 3
**Resposta**: A Terra demora aproximadamente 3 meses para completar ¼ da área total da elipse.
4. A distância entre a Terra e o Sol é aproximadamente 150 milhões de quilómetros (1 UA). A distância média de Plutão ao Sol é aproximadamente 40 UA. Calcula a duração do ano em Plutão.

*Dados*

$r_1 = 150000000km = 1{,}5.10^{11}m$

$T_1 = 1UA$

$T_2 = 40UA$

$r_1 = ?$

*Fórmula*

$$T^2 = kr^3 \rightarrow \frac{T^2}{r^3} = C^{ste} = k$$

$$\frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{r_2^3}$$

$$r_2^3 = \frac{T_2^2 r_1^3}{T_1^3}$$

2. **Interacção gravitacional**

A **Gravitação universal** é a força de atracção que age entre todos os objectos por causa da sua massa.

A lei de gravitação universal foi divulgada por Sir Isaac Newton com base as leis da mecânica e as leis de Kepler. (Leis da mecanica: F = 0, F = ma, $F_A = - F_B$. Leis de Kepler: órbitas, $\frac{A_1}{\Delta t_1} = \frac{A_2}{\Delta t_2}$, $T^2 = kr^3$).

Matematicamente, escreve-se assim: $F = G\frac{M.m}{r^2}$

**Obs.**

F = força (N)

G = constante gravitacional. G = $6{,}67.10^{-11}Nm^2kg^{-2}$.

M, m = massa dos 2 corpos (kg).

r = raio (m)

**Força da gravidade ($F_g$)**: é a atracção física que um planeta exerce sobre os objetos próximos.

**Aceleração de gravidade (g)**: é a força que age sobre um corpo, correspondente ao seu próprio peso. Na Terra g = 9,8 m/s2, deduzido a partir da lei de gravitação universal.

Deduzindo o valor de g:

Pela lei de gravitação, tem-se $F = G\frac{M.m}{r^2}$

Aplicando a 2ª lei de Newton (F = ma) e considerando a = g, escreve-se:

$$mg = G\frac{M.m}{r^2} \Rightarrow g = \frac{GM}{r^2}$$

Substituindo, obtém-se $g = \frac{6{,}67x10^{-11}.5{,}98.10^{24}}{(6{,}37.10^6)^2} \approx 9{,}8 m/s^2$

**Nota**: **g** não depende da massa ou da altura dos corpos.

**3. Interacção Electromagnética. Lei de Coulomb.**

**Força electromagnética**: é a força que resulta da acção das atracções e repulsões eléctricas e magnéticas de corpos distantes entre si.

Na natureza existe 2 tipos de cargas: positiva e negativa.

Duas cargas eléctricas iguais se repelem e duas cargas eléctricas diferentes se atraem.

A força de atracção ou de repulsão de duas cargas eléctricas, que respectivamente se atraem ou se repelem é directamente proporcional ao produto dos valores absolutos das duas cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles.

$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{q_1 q_2}{r^2}$, Como $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon}$, então $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$, onde

F = Força de atracção ou de repulsão

k = constante de Coulomb ($N.m^2/C^2$). No vácuo $k = 9.10^9 N.m^2/C^2$)

q = carga

r = distância

ε = a permitividade do meio.

$\varepsilon_0$ = permitividade no vazio. $\varepsilon_0 = 8{,}854187817.10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$

A permitividade relativa ($\varepsilon_r$) = $\varepsilon / \varepsilon_0$

Exercícios

1. A massa do Júpiter é 318 maior que a da Terra e o raio 11 vezes maior. Que aceleração de gravida de possui?

R/ g = GM/r2 = $6,67.10^{-11}$.18. $5,98.10^{24}$/11.6,$37.10^{6}$ =

2. Que força de atracção gravítica existe entre duas laranjas de 100g cujos centros distam de 1m

**Fenómenos que envolvem campos electromagnéticos variáveis**

**A) Origem do magnetismo**

O magnetismo é conhecido há cerca desde 2500 anos atrás. Em uma região chamada Magnésia, na antiga Grécia (esta região hoje faz parte da Turquia), foi encontrada uma rocha com o poder de atrair pedaços de ferro. Os antigos gregos lhe deram o nome de **magnetita (um tipo de minério de ferro), atualmente é mais conhecida como pedra-ímã ou simplesmente ímã.**

**B) Conceitos.**

**1. A carga eléctrica** é uma propriedade física fundamental da matéria contida no electrão e no protão.

**Obs.**

Carga do electrão ($Q_e$) = $-1,6.10^{-19}$C;

Carga do protão ($Q_p$) =$1,6.10^{-19}$C

Carga do neutrão (Qn) = 0C

**2**. **Corrente eléctrica**: é o fluxo ordenado de partículas portadoras de cargas eléctricas.

**3**. **Campo eléctrico**: é o campo de forças provocado por cargas eléctricas (electrões, protões ou iões).

**4**. **Campo magnético**: é a região do espaço onde se fazem sentir as acções magnéticas de um íman ou de uma corrente

**5. Campo electromagnética**: é o campo composto por dois vectores campo, isto é, campo eléctrico e campo magnético.

A energia eléctrica que chega até as nossas casas é produto de transformações de outros tipos de energia.

Por exemplo, as centrais hidroelétricas a transformam a partir da energia potencial gravitacional da água, as centrais termoelétricas a partir da energia química dos combustíveis; as centrais nucleares a partir da energia nuclear e os geradores eléctricos a partir da energia mecânica do motor.

**Obs**. Todos estes processos de transformações de energia ocorrem por **indução magnética**, que é uma força magnética exercida sobre um corpo por unidade de carga eléctrica e de velocidade.

Matematicamente,

1. Se B é perpendicular com o vector normal. $F_{mag} = qv.B$ (F = força magnética, q = carga, v = velocidade e B = campo magnético ou indução magnética). F (em N), q (em C), v (em m/s), B (em **T**esla).

2. Se B forma um ângulo com a normal, $F_{mag} = qv.Bsen\alpha$

Exercícios

**1.** Um elétrão cruza um campo magnético perpendicularmente com velocidade igual à velocidade da luz (c = 300000000 m/s). Se o vector força tem a intensidade equivalente a 1N, qual é a intensidade do campo magnético?

Dados

$F = 1$ N, $q = 1{,}6.10^{-19}$C, $v = 300000000$m/s $= 3.10^{8}$m/s

Fórmula. $F = qvB \longrightarrow B = F/qv = 1/3.10^{8}.1{,}6.10^{-19}$

$B = 2{,}08.10^{10}$T

**2.** Em um campo magnético de intensidade $10^2$T, uma partícula com carga 0,0002C é lançada com velocidade 200000m/s, em uma direção que forma um ângulo de 30° com a direção do campo magnético, Qual a intensidade da força magnética que age sobre a partícula?

Dados. $B = 10^{2}$T, $q = 0{,}0002$C $= 2.10^{-4}$C, $v = 200000$m/s $= 2.10^{5}$m/s, sen30 =0,5

$F = Bqvsen\alpha = 10^{2}.2.10^{-4}.2.10^{5}.5.10^{-1} = 2.10^{3}$N = 2000N.

C) **Indução electromagnética**

**Indução:** A variação de um campo magnético externo produzindo tensão nos extremos da bobina.

**Auto-indução**: é o fenómeno através do qual um condutor produz indução electromagnética em si mesmo quando é percorrido por uma corrente varíavel.

**Indução mútua**: Se ao lado de um indutor (bobina) se encontrar um outro indutor e o campo magnético variável induzir neste último uma tensão alterna, há "indução mútua".

**Obs**. A indução mútua permite transferir energia sem contacto eléctrico, aproveitando o campo magnético, sempre que a tensão seja alterna. Neste caso, a energia eléctrica transforma-se em energia magnética e depois novamente em energia eléctrica na segunda bobina.

**Bobina:** é um componente elétrico construído por um fio enrolado em várias voltas. Mede-se em henry (H).

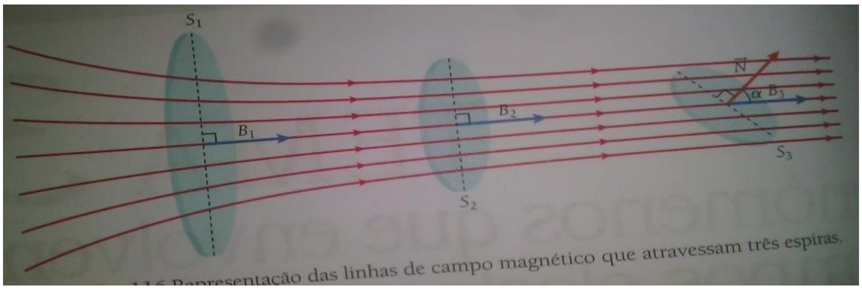
**Obs.**

- Para medir as bobinas da vida real, geralmente usa-se o milihenry (mH) e o microhenry (μH).
- O valor da bobina é a sua ***indutância***, que é uma propriedade de um circuito electrico que determina a f.e.m (força electromotriz) que é induzida num circuito por variação da corrente electrica.


Bobinas e seus símbolos

A bobina é atravessada facilmente pela corrente contínua. Corrente alternada de baixa frequência também tem facilidade para atravessar uma bobina, mas quanto maior é a frequência, maior é a dificuldade.

**Fluxo magnético:** Número total de linhas de força do circuito magnético que passa por uma secção transversal (área) tomada perpendicularmente à direcção das linhas de força.




Matematicamente escreve-se assim: $\phi = BS\cos\alpha$

$\Phi$ =fluxo (weber – Wb), B = campo magnético (Tesla – T), S = superfície ($m^2$). 1Wb = 1T x $1m^2$.

**Força electromotriz induzida (f.e.m)**: obtém-se pela lei de Faraday: «A f.e.m induzida num circuito é directamente proporcional a variação de velocidade do fluxo magnético». $\varepsilon_{ind} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

Obs. O sinal menos (-) é porque os efeitos da f.e.m tendem a opor-se a variação do fluxo ele lhe deu origem (Lei de Lenz).

**Transformador:** dispositivo destinado a transmitir energia eléctrica ou potência eléctrica de um circuito para outro, transformando tensões e/ou corrente num circuito eléctrico. Basicamente, um transformador é composto de duas bobinas (primária e sundária) isoladas eletricamente uma da outra, mas enroladas sobre o mesmo núcleo.

**Como funciona o transformador?** A fonte AC produz uma intensidade de corrente variável com o tempo na bobina primária dando origem a um fluxo magnético alternado no núcleo gerando uma f.e.m induzida em cada bobina e a f.e.m. induzida na bobina secundária dá Origem a uma corrente alterna que fornece energia eléctrica para o dispositivo que está ligado a esta bobina.

**Expressões matemáticas. Autoindução. Indução mútua e transformadores.**

1. **Autoindução**

   $\psi = LI$

Nota. $\Psi$ = fluxo magnético total (Wb), L = indutância do circuito (H), I = intensidade da corrente (A).

Se a bobina tem n espiras $\Psi = N\phi$, onde N é o número de espiras, $\phi$ é o fluo magnético e $\Psi$ é o fluxo magnético total

2. **Indutância** $L = \dfrac{\phi}{I}$

3. **Indução mútua**

Tendo 2 circuitos induzindo-se

$$\psi_1 = L_{12} I_2$$

$$\Psi_2 = L_{21} I_1 \Rightarrow \varepsilon_{12} = -L_{12}\frac{dI}{dt}$$

**Nota**. Todos os condutores têm uma certa induntância, mas é desprezivel, excepto se é uma bobina.

4. Funcionamento de transformadores

Num transformadores, há 2 circuitos: primário e secundário.

Circuito primário = bobina ligada a fonte de tensão (entrada).

Circuito secundário = bobina cujos terminais fornecem tensão transformada (saída).

A f.e.m induzida na bobina secundário dá energia electrica ao dispositivo ligado a bobina.

A f.e.m é a mesma nas duas bobinas, então $\dfrac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \dfrac{N_1}{N_2}$, onde N é nº de espiras.

Obs. $N_1/N_2$ é a razão apropriada entre as amplitudes (relação de transformação).

Os transformadores sendo aparelhos que transformam a tensão eléctrica aumentando-o ou diminuindo-a, tem-se,

Se $N_2>N_1$, então $U_2>U_1$; o transformador eleva a tensão.

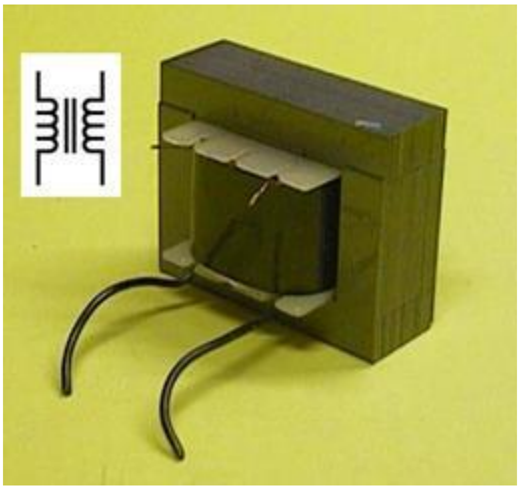
Se $N_2<N_1$, então $U_2<U_1$; o transformador baixa a tensão.

**Obs.** Nas centrais hidroelétricas existem transformadores que aumentam a tensão, liga-se a bobina primária ao gerador e a bobina secundária á linha de transmissão.

Nos locais de consumo eléctricos, os transformadores servem para baixar a tensão até que atinja valores convenientes para uso doméstico e industrial (110 ou 220 V).

São também usados como isoladores na linha telefônica, em modems e protegem o modem de eventuais sobretensões.

Eles também atuam como filtros de ruídos porque têm uma indutância.



Exemplos.

1. Um anel metálico de raio 4cm e de resistência $1.10^{-3}\Omega$ está mergulhado num campo magnético que aumenta de intensidade de 0,200T a 0.400T em $1.10^{-2}$s. Determina:
   a) A f.e.m. induzida no anel.
   b) Intensidade da corrente induzida no anel.

*Dados*

$r = 4cm = 0{,}04m = 4.10^{-2}m$

$R = 1.10^{-3}\Omega = 0{,}001\Omega$

$\Delta B = B_2 - B_1 = 0.400 - 0{,}200 = 0.200T$

$t = 1.10^{-2}s = 0{,}01s$

$Cos0 = 1$

$\varepsilon = ?$

$I = ?$

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\Phi = BS\cos\theta$$

$$S_{circoferencia} = \pi R^2$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$

2. Um transformador, no final de uma rede de transmissão reduz a tensão de 4400V para 220V. A potência de saída é de 10kW e o seu rendimento é 91%. A bobina primária do transformador tem 8000 espiras.
   a) Quantas espiras tem a bobina secundária?

b) Qual é a potência de entrada?

*Dados*

$\varepsilon_1 = 4400V$

$\varepsilon_2 = 220V$

$P_2 = 10kW$

$\text{Re}\,d = 91\%$

$N_1 = 8000 espiras$

$N_2 = ?$

$P_1 = ?$

*Fórmulas*

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$R_{(\%)} = \frac{P_2}{P_1}$$

*Solução*

$$\frac{4400}{220} = \frac{8000}{N_2} = 400 espiras$$

$$0{,}91 = \frac{10kW}{P_1} = 11kW$$

3. Um transformador possui 1000 espiras no primário e 220 espiras no secundário. Sendo a tensão no primário igual a 240V, determina:
   a) A tensão eficaz no secundário.
   b) As intensidades das correntes nos dois circuitos, se ao secundário se liga uma resistência de 8 ohm, sem autoindução.
   c) A razão de transformação

   *Dados*

   $N_1 = 1000$

   $N_2 = 220$

   $\varepsilon_1 = 240V$

   $R = 8\Omega$

   $\varepsilon_2 = ?$

   $I = ?$

   $\frac{N_2}{N_1} = ?$

   *Fórmulas*

   $$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

   $$I_1 = \frac{\varepsilon_1}{R}$$

   $$I_2 = \frac{\varepsilon_2}{R}$$

   $$\frac{N_2}{N_2} =$$

4. Uma bobina de 100 espiras e uma área transversal de $2.10^{-3}$ m2 está colocada num campo de $20.10^{-3}$T, de tal forma que as linhas do campo atravessam perpendicularmente, todas as espiras. Calcule a força eletromotriz induzida quando o módulo da indução magnética:
   a) Diminui para $10.10^{-3}$T
   b) Aumenta para $40.10^{-3}$T, em 0,01s.

| | |
|---|---|
| | *Formulas* |
| *Dados* | $\varepsilon_{ind} = -\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$ |
| $N = 100 aspiras$ | $\phi_c = BS\cos\theta$ |
| $S = 2.10^{-3} m^2$ | $\psi = N\Phi$ |
| $B = 20.10^{-3} T$ | $\Phi_1 = B_1 S\cos\theta$ |
| $\cos 0 = 1$ | $\Phi_2 = B_2 S\cos\theta$ |
| $\varepsilon = ?; B_1 = -10.10^{-3} T$ | $a)\varepsilon_1 = -\dfrac{\psi - \Phi_1}{\Delta t}$ |
| $\varepsilon = ?; B_2 = 40.10^{-3} T$ | $b)\varepsilon_2 = -\dfrac{\psi + \Phi_2}{\Delta t}$ |

*Solução*

$$\Phi_c = 20.10^{-3}.2.10^{-3}.1 = 40.10^{-6} Wb$$

$$\psi = 100.40.10^{-6} = 4000.10^{-6} = 4.10^{-3} Wb$$

$$\Phi_1 = -10.10^{-3} 2.10^{-3}.1 = -20.10^{-6} Wb$$

$$\Phi_2 = 40.10^{-3}.2.10^{-3}.1 = 80.10^{-6} Wb$$

$$a)\varepsilon_1 = -\frac{4.10^{-3} - 10.10^{-3}}{1} = -6.10^{-6} N$$

$$b)\varepsilon_2 - \frac{4.10^{-3} + 40.10^{-3}}{1.10^{-2}} = 440 N$$

**Intensidade eficaz de uma corrente alternada.**

É a intensidade que devia ter uma corrente estacionária para produzir na mesma resistência, a mesma energia térimica média que produz a corrente alternada.

$$I_{eficaz} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$$

**Diferênça de potencial ou tensão eficaz do circuito.**

É a tensão constante a que devia estar submetida uma resistência percorrida por uma corrente estacionária para produzir na mesma reistência a mesma energia térmica média que produz a corrente alternada.

$$U_{eficaz} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$$

**Circuitos em corrente alternada (AC)**

**a) Circuito AC puramente resistivo (circuito R).**

É constituido por um gerador de corrente alterna que fornece uma tensão aos terminais de uma resistência R.

Quando se fecha o circuito, a tensão entre os terminais da resistência origina instantaneamente uma corrente electrica no circuito.

No circuito R, $I = \frac{\varepsilon_{max}}{R} senwt$.

Num circuito R, a tensão nos terminais da resistência e a intensidade da corrente que a percorre estão em fase, quer dizer, atingem os valores máximos e mínimos nos mesmos instantes.

**b) Circuito AC puramente indutor (Circuito L)**

É constituído por um gerador de corrente alterna e por uma bobina (indutor) cuja indutância é L.

No circuito L, $I = -\frac{\varepsilon_{max}}{wL} \cos wt$; wL = $X_L$ (reactância indutiva – em Ω);

$U_{eficaz} = X_L . I_{eficaz}$; U (V), XL (Ω), I (A)

Num circuito L, a tensão e a intensidade estão desfasadas, quer dizer, quando a tensão é máxima, a intensidade da corrente é nula e vice-versa, pois há um atraso de $\frac{\pi}{2} rad$ ou 90º.

**c) Circuito puramente capacitivo (Circuito C)**

É constituído por um gerador de corrente alterna ligado a um condensador (um dispositivo que serve para armazenar carga eléctrica).

No circuito C, $I = C\varepsilon_{max} w \cos wt$, C = capacidade do condensador (em Farad).

Num circuito C, a intensidade da corrente e a ddp estão desfasadas com um avanço de $\frac{\pi}{2} rad$ ou 90º

**d) Circuito RLC**

É constituído por uma resistência, uma bobina e um condensador.

No circuito RLC, $U_{eficaz} = Z . I_{eficaz}$, Z = impedância (Ω);

O desfasamento da intensidade e tensão é $\cos \gamma = \frac{R}{Z}$

**1. Exercícios**

1. Um indutor de 40 mH foi ligado aos terminais de um gerador de corrente alterna com uma tensão máxima de 120V. Determina a reactância e a intensidade máxima para uma frequência de 60Hz.

*Dados*

$U_{\max} = 120V$

$L = 40mH = 0{,}040H$

$X_L = ?$

$I_{\max} = ?$

*Fórmulas*

$X_L = wL$

$W = 2\pi f$

$\Rightarrow X_L = 2\pi fL$

$I_{\max} = \frac{U_{\max}}{X_L}$

*Solução*

$X_L = 2 * 3{,}14 * 60 * 0{,}04 \approx 15{,}1\Omega$

$I_{\max} = \frac{120}{15{,}1} 7{,}95A$