CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE SANTA CATARINA – CEFET-SC

CURSO TÉCNICO TÊXTIL EM MALHARIA E CONFECÇÃO

GRANDEZAS FÍSICAS E SUAS UNIDADES

Prof. Fernando H. Milanese, Dr. Eng.

Araranguá, 2008

INTRODUÇÃO

A palavra “física” vem do grego *physiké*, que significa natureza. No seu sentido mais amplo, o estudo da Física deveria compreender os fenômenos naturais e assim ocorreu no início da história da ciência. Porém, com o passar dos anos, ela foi dividida em vários ramos, como biologia, química, etc. Atualmente, a Física estuda principalmente o movimento dos corpos e suas causas (mecânica), o calor (termologia), o som (acústica), a luz (óptica), a eletricidade (eletrologia), a estrutura do átomo, a radioatividade, a teoria da relatividade, etc. (física moderna).

Estes conteúdos são estudados no ensino médio. A Física a ser estudada no curso técnico consiste de uma revisão geral das grandezas físicas e suas unidades de medida, bem como entender acoplamentos mecânicos encontrados na área têxtil. Ao final da disciplina, os estudantes terão desenvolvido as seguintes <u>competências</u>:

- Conhecer e interpretar o significado físico de grandezas físicas pertinentes à área têxtil;
- Interpretar contas de consumo de água e de consumo de energia elétrica;
- Conhecer os tipos de acoplamento e determinar o diâmetro de polias e engrenagens.

Para adquirir as competências acima, é necessário que os alunos tenham as seguintes <u>habilidades</u>:

- Transformar unidades usando o método que julgar mais adequado;
- Interpretar fisicamente e efetuar cálculos envolvendo as grandezas físicas de comprimento, superfície, volume, densidade (linear, superficial e volumétrica), vazão, pressão, potência e energia elétrica, empuxo, velocidade angular, freqüência, período, velocidade tangencial, aceleração e força centrípeta.

O objetivo da disciplina de Física do Curso Técnico Têxtil em Malharia e Confecção é desenvolver nos estudantes as habilidades descritas acima. Para tal, serão revistos os conceitos já vistos pelos estudantes nas disciplinas de Física do ensino médio. Em seguida serão trabalhados de forma mais intensiva os detalhes para desenvolver as competências necessárias e assim permitir a continuidade do curso.

GRANDEZA FÍSICA

Grandeza física é tudo aquilo que envolve medidas, ou seja, que pode ser medida. Medir significa comparar *quantitativamente* uma grandeza física com uma <u>unidade</u> através de uma <u>escala</u> pré-definida. Em outras palavras, medir uma grandeza física é compará-la com outra grandeza de mesma espécie, que é a unidade de medida. Verifica-se, então, quantas vezes a unidade está contida na grandeza que está sendo medida. Nas medições, as grandezas sempre devem vir acompanhadas de unidades.

Por exemplo, o comprimento de uma corda pode ser medida em metros. Quando de diz que um determinado pedaço de corda tem 3 m de coprimento, significa dizer que esta corda pode ser dividida em 3 pedaços de 1 metro, onde 1 metro é a unidade. Por outro lado, este mesmo pedaço de corda pode ser dividido em 300 pedaços de 1 centímetro, onde 1 centímetro também é uma unidade. Em ambos os casos, a grandeza física é a mesma:

“comprimento da corda”, embora as unidades sejam distintas. Outros exemplos de grandezas físicas: massa, temperatura, velocidade, etc.

POTÊNCIAS DE DEZ, NOTAÇÃO CIENTÍFICA E ORDENS DE GRANDEZA

Na natureza, algumas grandezas são muito *maiores* que a unidade empregada. Por exemplo, o diâmetro da terra é de aproximadamente 10.000.000 metros. Por outro lado, outras grandezas são muito *menores* que a unidade, como por exemplo o raio de uma bactéria comum, que é de aproximadamente 0,000001 metros. Nestes casos, escrever algarismos com muitos algarismos zero é inconveniente, podendo inclusive levar a erros. Emprega-se então a notação com potências de dez, também conhecida como notação científica. A vantagem do uso desta notação é substituir o número de zeros da grandeza por 10 elevado ao um expoente igual ao número de zeros. Por exemplo:

- Diâmetro da terra: 10.000.000 m = 10^7 m
- Diâmetro da bactéria: 0,000001 m = 10^{-6} m

No primeiro exemplo, o expoente 7 é igual ao número de zeros que aparece no número que define o valor do diâmetro da terra. No segundo exemplo o expoente 6 também é o número de zeros que define o valor da grandeza “diâmetro da bactéria”, porém o expoente é negativo, o que significa que é menor que a unidade. Outros exemplos:

$10^1=10$

$10^2=100$

$10^3=1000$

$10^{-1} = 0,1$

$10^{-2} = 0,01$

$10^{-3} = 0,001$

$3 \times 10^1 = 3 \times 10 = 30$

$1,2 \times 10^4 = 1,2 \times 10.000 = 12.000$

$2 \times 10^{-1} = 2 \times 0,1 = 0,2$

$4,53 \times 10^{-2} = 4,53 \times 0,01 = 0,0453$

Observação: O número que multiplica a potência de dez deve estar preferencialmente entre 1 e 10. Exemplo:

34×10^3 (evitar!!!)

$34 \times 10^3 = 3,4 \times 10^4$ (preferível)

No exemplo acima, o **expoente** de dez passou de 3 para 4 (**aumentou em 1**) porque na transformação de 34,0 para 3,4 a vírgula se deslocou **uma casa para a esquerda**. Outro exemplo:

$302{,}61 \times 10^{-6}$ (evitar!!!)

$302{,}61 \times 10^{-6} = 3{,}0261 \times 10^{-4}$ (preferível)

No exemplo acima, a vírgula de deslocou **duas casas para a esquerda** e o **expoente** de dez **aumentou em 2**.

Por outro lado, quando a vírgula se **desloca para a direita**, o **expoente** de dez **diminui** na mesma quantidade de casas decimais deslocadas. Exemplos:

$0{,}489 \times 10^{4}$ (evitar) = $4{,}89 \times 10^{3}$ (preferível)

$0{,}489 \times 10^{-3}$ (evitar) = $4{,}89 \times 10^{-4}$ (preferível)

Exercícios de fixação

1. Passe os seguintes números para notação científica (potência de dez):

exemplo: $50.000 = 5 \times 10^{4}$

a) 200.000

b) 329

c) 18.932,490

d) 0,32

e) 0,000571

f) 0,02

2. Passe para a notação normal as seguintes notações científicas:

exemplo: $2{,}5 \times 10^{3} = 2.500$

a) $22{,}4 \times 10^{6}$

b) $5{,}7 \times 10^{2}$

c) 3×10^{-4}

d) $4{,}32 \times 10^{-3}$

e) 2×10^{-5}

3. Reescreva as notações científicas abaixo numa forma mais adequada (número que multiplica a potência de dez entre 1 e 10):

exemplo: $15,8 \times 10^{-5} = 1,58 \times 10^{-4}$

a) $6785,3 \times 10^{3}$

b) $0,283 \times 10^{4}$

c) $0,0003 \times 10^{-4}$

d) $0,0234 \times 10^{5}$

e) $5867,23 \times 10^{-5}$

Operações com potências de dez

Multiplicação

Para multiplicar números em notação científica (potência de dez), basta **somar** os **expoentes** de dez e multiplicar os números que aparecem na frente das potências normalmente. Exemplos:

$(3 \times 10^{-2}) \times (4 \times 10^{-3}) = (3 \times 4) \times (10^{-2-3}) = 12 \times 10^{-5} = 1,2 \times 10^{-4}$

$(3,2 \times 10^{2}) \times (2 \times 10^{3}) = (3,2 \times 2) \times (10^{2+3}) = 6,4 \times 10^{5}$

$(2 \times 10^{-5}) \times (4 \times 10^{3}) = (2 \times 4) \times (10^{-5+3}) = 8 \times 10^{-2}$

Divisão

Para dividir números em notação científica (potência de dez), basta **diminuir** os **expoentes** e dividir os números que aparecem na frente das potências normalmente. Exemplos:

$(3 \times 10^{-2}) \div (4 \times 10^{-3}) = (3 \div 4) \times (10^{-2-(-3)}) = 0,75 \times 10^{1} = 7,5$

$(3,2 \times 10^{2}) \div (2 \times 10^{3}) = (3,2 \div 2) \times (10^{2-3}) = 1,6 \times 10^{-1}$

$(2 \times 10^{-5}) \div (4 \times 10^{3}) = (2 \div 4) \times (10^{-5-3}) = 0,5 \times 10^{-8} = 5 \times 10^{-9}$

Soma e Subtração

Para somar ou subtrair números com notação científica (potência de dez), os **expoentes devem ser iguais**. Portanto, o primeiro passo é transformar os dois números para potências de dez com o mesmo expoente. Assim, os números podem ser somados ou subtraídos normalmente. Exemplos:

$10^{-2} + 10^{-3} = 1 \times 10^{-2} + 1 \times 10^{-3} = 10 \times 10^{-3} + 1 \times 10^{-3} = 11 \times 10^{-3} = 1,1 \times 10^{-2}$

$2,37 \times 10^{4} - 1,1 \times 10^{3} = 23,7 \times 10^{3} – 1,1 \times 10^{3} = 22,6 \times 10^{3} = 2,26 \times 10^{4}$

$2 + 3 \times 10^{-6} = 2 + 0,000003 = 2,000003$

Exercícios de fixação

4. Faça as seguintes operações em notação científica (potência de dez):

a) $3 \times 10^{-2} + 5{,}4 \times 10^{-1}$

b) $8{,}3 \times 10^{3} + 5{,}1 \times 10^{6}$

c) $3 \times 10^{-2} \times 5{,}4 \times 10^{-1}$

d) $3 \times 10^{4} \times (-5{,}4 \times 10^{-1})$

e) $1{,}2 \times 10^{-2} - 5 \times 10^{-1}$

f) $7 \times 10^{-5} \div 3{,}5 \times 10^{3}$

g) $3 \times 10^{4} \div 4 \times 10^{-1}$

h) $10^{-2} \times 3{,}1416 \times 10^{3}$

ORDENS DE GRANDEZA

A ordem de grandeza de uma grandeza física é a potência de dez que mais se aproxima do valor da grandeza. Por exemplo, foi dito anteriormente que o diâmetro aproximado da terra é de 10^{7} metros. Na verdade, um valor mais real para o diâmetro da terra é de $1{,}3 \times 10^{7}$ metros. Neste caso, diz se que a ordem de grandeza do diâmetro da terra é de 10^{7} metros. Outros exemplos:

- Altura média de uma pessoa adulta: 1,70 metros = $1{,}7 \times 10^{0}$ (ordem de grandeza de 10^{0} metros).
- Altura média de um edifício de 10 andares: 30 metros = 3×10^{1} (ordem de grandeza de 10^{1} metros).
- Velocidade média de um avião comercial de grande porte: 1000 km/h (quilômetros por hora) = 1×10^{3} km/h (ordem de grandeza 10^{3} km/h).
- Velocidade média de um automóvel de passeio em rodovias de pista dupla: 110 km/h = $1{,}1 \times 10^{2}$ km/h (ordem de grandeza 10^{2} km/h).
- Velocidade da luz no vácuo 300.000.000 m/s (metros por segundo) = 3×10^{8} m/s (ordem de grandeza 10^{8} m/s).
- Potência média do motor de um automóvel de 1.000 cilindradas: 60 CV (cavalos-vapor) = 6×10^{1} (ordem de grandeza de 10^{1} CV).

- Potência aproximada do motor de um carro de Formula-1: 1000 cv = 10^3 cv (ordem de grandeza de 10^3 cv).
- Distância equivalente a 1 ano-luz: 9,46 x 10^{15} metros (ordem de grandeza de 10^{15} metros)
- Raio de um átomo de hidrogênio: 5 x 10^{-11} metros (ordem de grandeza de 10^{-11} metros)

<u>Exercícios de fixação</u>

5. Pesquise a ordem de grandeza das seguintes grandezas físicas:

a) Diâmetro médio de um dedo da mão em metros.

b) Potência elétrica em watt [W] de uma lâmpada do tipo incandescente.

c) Velocidade do som no ar em m/s.

d) Massa média de um adulto em quilogramas.

e) Massa média de um automóvel de passeio em quilogramas.

f) Massa de um caminhão de transporte rodoviário carregado em quilogramas.

g) Espessura de uma folha de papel em metros.

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

Conforme já mencionado, toda grandeza física pode ser medida e para se fazer um medição é necessário que se estabeleça uma **unidade**. Por exemplo, a unidade de comprimento oficial no Brasil é o metro, cujo símbolo é “m”. Existem outras unidades de medida de comprimento, como a polegada, a milha, a jarda, etc. que são utilizadas principalmente nos E. U. A. Devido à grande influência econômica dos E.U.A. sobre os demais países, a polegada acaba sendo também utilizada em países como o Brasil. No entanto, o sistema de unidades oficial do Brasil e da grande maioria dos demais países do mundo é o Sistema Internacional de Unidades – SI. A Tab. 1 mostra as **sete unidades fundamentais do SI**, além da grandeza e o símbolo correspondentes. Observe a maneira correta de escrever o nome da unidade e o símbolo. Por exemplo, o símbolo correto de metro é “m” e não “M”, “mts”, etc. como comumente encontramos no cotidiano.

Tabela 1 – Unidades fundamentais do SI

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente elétrica	ampère	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de matéria	mol	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

A partir destas sete unidades fundamentais, várias outras unidades podem ser derivadas. A Tab. 2 apresenta as unidades derivadas mais comuns e que serão utilizadas no curso e na vida profissional técnica. A última coluna mostra como a grandeza é definida a partir das grandezas fundamentais. Como pode-se perceber na coluna “Forma analítica”, todas as unidades derivadas podem ser escritas a partir das unidades fundamentais. Novamente, observe nesta tabela a grafia correta de cada unidade e seus respectivos símbolos.

Tabela 2 – Unidades derivadas do SI

Grandeza	Unidade	Símbolo	Forma analítica	Definição
Área superficial	metro quadrado	m^2	m^2	m^2
Volume sólido	metro cúbico	m^3	m^3	m^3
Velocidade	metro por segundo	m/s	m/s	m/s
Aceleração	metro por segundo quadrado	m/s^2	m/s^2	m/s^2
Vazão	metro cúbico por segundo	m^3/s	m^3/s	m^3/s
Densidade volumétrica	quilograma por metro cúbico	$kg/\ m^3$	$kg/\ m^3$	$kg/\ m^3$
Ângulo plano	radiano	rad	1	m/m
Freqüência	hertz	Hz	1/s	1/s
Força	newton	N	$kg{\cdot}m/s^2$	$kg{\cdot}m/s^2$
Pressão	pascal	Pa	$kg/(m{\cdot}s^2)$	N/m^2
Energia	joule	J	$kg{\cdot}m^2/s^2$	$N{\cdot}m$
Potência	watt	W	$kg{\cdot}m^2/s^3$	J/s
Carga elétrica	coulomb	C	$A{\cdot}s$	$A{\cdot}s$
Tensão elétrica	volt	V	$kg{\cdot}m^2/(s^3{\cdot}A)$	W/A
Resistência elétrica	ohm	Ω	$kg{\cdot}m^2/(s^3{\cdot}A^2)$	V/A
Capacitância	farad	F	$A^2{\cdot}s^2{\cdot}s^2/(kg{\cdot}m^2)$	$A{\cdot}s/V$
Temperatura em Celsius	grau Celsius	°C	---	K-273,2

Múltiplos e submúltiplos do SI

Alternativamente à notação científica, quando a grandeza física é muito maior ou muito menor que a unidade, é comum utilizar-se os múltiplos e submúltiplos das unidades. A Tab. 3 apresenta a correspondência entre a notação científica e os múltiplos e submúltiplos do SI. Cada múltiplo/submúltiplo do SI tem um símbolo correspondente, que deve ser escrito na frente do símbolo da unidade. Por exemplo, o símbolo k (quilo) corresponde a 10^3. Assim, dizer que uma certa distância é de 120 km, corresponde a dizer que esta distância é igual 120 x 10^3 m, ou 1,2 x 10^5 m.

Tabela 3 – Múltiplos e submúltiplos das unidades do SI

10^n	Prefixo	Símbolo	Escala curta	Equivalente decimal
10^{24}	yotta	Y	Septilhão	1 000 000 000 000 000 000 000 000
10^{21}	zetta	Z	Sextilhão	1 000 000 000 000 000 000 000
10^{18}	exa	E	Quintilhão	1 000 000 000 000 000 000
10^{15}	peta	P	Quadrilhão	1 000 000 000 000 000
10^{12}	tera	T	Trilhão	1 000 000 000 000
10^{9}	giga	G	Bilhão	1 000 000 000
10^{6}	mega	M	Milhão	1 000 000
10^{3}	quilo	k	Milhar	1 000
10^{2}	hecto	h	Centena	100
10^{1}	deca	da	Dezena	10
10^{0}	*nenhum*	*nenhum*	Unidade	1
10^{-1}	deci	d	Décimo	0,1
10^{-2}	centi	c	Centésimo	0,01
10^{-3}	mili	m	Milésimo	0,001
10^{-6}	micro	µ (*)	Milionésimo	0,000 001
10^{-9}	nano	n	Bilionésimo	0,000 000 001
10^{-12}	pico	p	Trilionésimo	0,000 000 000 001
10^{-15}	femto	f	Quadrilionésimo	0,000 000 000 000 001
10^{-18}	atto	a	Quintilionésimo	0,000 000 000 000 000 001
10^{-21}	zepto	z	Sextilionésimo	0,000 000 000 000 000 000 001
10^{-24}	yocto	y	Septilionésimo	0,000 000 000 000 000 000 000 001

* Pode ser escrito como 'u' se o 'µ' não estiver disponível, como em '10uF'

TRANSFORMAÇÃO DE UNIDADES

Conforme já mencionado, o sistema de unidades oficial do Brasil é o SI. Infelizmente, é bastante comum a utilização de outros sistemas de unidades, como o Inglês, onde a unidade de comprimento é a polegada. Outras unidades bastante utilizadas na prática são o quilograma-força (símbolo kgf) para força, o cavalo vapor (símbolo CV) e "*horse-power*" (símbolo HP) para potência, a atmosfera (símbolo atm) e o bar (símbolo bar) para pressão, entre muitos outros. Muitas vezes, é necessário transformar estas unidades para as do SI. Isto pode ser feito de diversas maneiras, como:

- Substituição de múltiplos/submúltiplos
- Tabelas,
- Regra de três simples

Substituição de múltiplos/submúltiplos

O método da substituição de múltiplos e submúltiplos **só pode ser usado** para unidades do **SI**. Para transformar múltiplos e submúltiplos de unidades basta escrever em notação em potência de dez e rearranjar para o múltiplo ou submúltiplo desejado. Exemplos:

- Potência de um motor elétrico: 8 kW = 8×10^3 W.

- Diâmetro de uma broca específica: 10 mm = 10×10^{-3} m = 10^{-2} m = 1 cm.

- Comprimento de um campo de futebol em km:
  $$100 \text{ m} = 100 \times (10^{-3} \times 10^3 \text{ m}) = 10^2 \times 10^{-3} \text{ km} = 10^{-1} \text{ km} = 0{,}1 \text{ km}.$$

- Área de um campo de futebol em km^2:
  $$700 \text{ m}^2 = 700 \times (10^{-3} \text{ km})^2 = 7 \times 10^2 \times 10^{-6} \text{ km}^2 = 7 \times 10^{-4} \text{ km}^2.$$

Exercícios de fixação

7. Converta os seguintes múltiplos/submúltiplos do SI.

a) 1 cm em metros

b) 5 m em milímetros

c) 7500 W em kW

d) 101.325 pascal em kPa

e) 1 µm em mm

f) 2,5 GW em kW

Método da tabela

O método da tabela é usado para transformar unidades de sistemas diferentes. A Tab. 4 apresenta na coluna do meio os fatores que devem ser multiplicados à unidade da primeira coluna para se obter a unidade da última coluna. Por exemplo para se transformar polegada (primeira coluna) para metro (última coluna), deve-se multiplicar por 0,0254 (1 pol x 0,00254 = 0,0254 m = 2,54 cm = 25,4 mm). Outros exemplos:

- 5 ft em pol: 5 x 12 " = 60"
- 1 mi em km: 1 x 1.609 m = 1.609 m $\cong$ 1,6 km
- 20 psi em kPa: 20 x 6.899 Pa = 137.980 Pa $\cong$ 138 kPa
- 7.000 BTU/h em kW: 7.000 x 0,293 = 2.051 W $\cong$ 2 kW

Tabela 4 – Correspondência entre unidades do SI e outras unidades.

Unidade (símbolo)	Multiplicar por	Unidade (símbolo)
polegada (pol, inch, “)	0,0254	metro (m)
pé (ft)	12	polegada (pol, “)
milha terrestre (mi)	1.609	metro (m)
milha náutica (n.mi)	1.853	metro (m)
litro (l)	10^{-3}	metro cúbico (m^3)
galão dos E.U.A	3,785	litro (l)
galão da Inglaterra	4,54	litro (l)
quilograma-força (kgf)	aceleração da gravidade (9,81)	newton (N)
libra-massa (lb)	0,454	quilograma (kg)
tonelada (t)	1.000	quilograma (kg)
libra-força (lbf)	0,454 x gravidade (9,81) = 4,45	newton (N)
atmosfera (atm)	101.325	pascal (Pa)
libra-força por polegada quadrada (psi, lbf/pol^2)	6.899	pascal (Pa)
quilograma-força por centímetro quadrado (kgf/cm^2)	gravidade (9,81) x 10^4	pascal (Pa)
bar (bar)	10^5	pascal (Pa)
caloria (cal)	4,186	joule (J)
unidade térmica inglesa (BTU)	1.055	joule (J)
watt-hora (W.h)	3.600	joule (J)
Cavalo-vapor (CV)	736	watt (W)
Horse-power (HP)	746	watt (W)
BTU por hora (BTU/h)	0,293	watt (W)
tonelada de refrigeração (TR)	12.000	BTU/h
hora (h)	3.600	segundo (s)

Para se fazer a transformação inversa, ou seja transformar as unidades da última coluna para as da primeira coluna, basta dividir pelo valor da coluna do meio. Por exemplo, para transformar 5 metros cúbicos (última coluna) em litros (primeira coluna), deve-se dividir por 10^{-3} (coluna do meio), ou seja:

$$\frac{5}{10^{-3}} = 5.10^{3} \ \ell \ \text{ ou } 5.000 \ \ell$$

Outros exemplos:

- 2 kW em HP: 2.10^3 W = $\frac{2.10^3}{746}$ = 2,68 HP

- 800 kPa em atm: 800.10^3 = $\frac{800.10^3}{101{,}3.10^3} \cong$ 7,9 atm

Exercícios de fixação

8. Converta as seguintes medidas utilizando o método da tabela:

a) 8 bar em kPa

b) 2.000 kcal em joule

c) 80 kW.h em J

d) 18.000 BTU/h em TR

e) 101,3 kPa em psi

f) 70 kg em lb

g) 1 atm em bar

h) 1 mi em pol

i) 1 CV em HP

Regra de três simples

O método da regra de três simples é usado para transformar tanto unidades de sistemas diferentes quanto unidades do SI. Basta saber a correspondência entre as unidades inicial e final. Por exemplo, para se transformar 3 polegadas em metro, deve-se saber de antemão que 1 pol corresponde a 0,0254 m (coluna do meio da Tab. 4). Nesta caso temos a seguinte relação de proporção:

1 pol = 0,0254 m
3 pol = X m

Efetuando a multiplicação cruzada temos: 1 . X = 3 . 0,0254.

Portanto: X = 0,0762 m

Suponha agora que queremos converter este valor para centímetros. Devemos saber de antemão que 1 centímetro é igual a 10^{-2} metros (Tab. 3). Podemos então escrever a seguinte proporção:

$$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$X \text{ cm} = 0{,}0762 \text{ m}$$

Efetuando a multiplicação cruzada temos: $1 \cdot 0{,}0762 = X \cdot 10^{-2}$.

Isolando X na equação acima temos: $X = \dfrac{0{,}0762}{10^{-2}} = 0{,}0762.10^{2} = 7{,}62$ cm.

Outros exemplos:

- 5 ft em pol:

1 ft = 12 "

5 ft = X"

1 . X = 5 . 12

X = 60"

- 2 kW em HP:

1 HP = 746 W

X HP = 2.10^3 W

1. $2.10^3 = X \cdot 746$

$X = \dfrac{2.10^3}{746}$ = 2,68 HP

Exercícios de fixação

9. Converta as seguintes medidas utilizando o método da regra de três simples:

a) 8 bar em kPa

b) 2.000 kcal em joule

c) 80 kW.h em J

d) 18.000 BTU/h em TR

e) 101,3 kPa em psi

f) 70 kg em lb

g) 1 atm em bar

h) 1 mi em pol

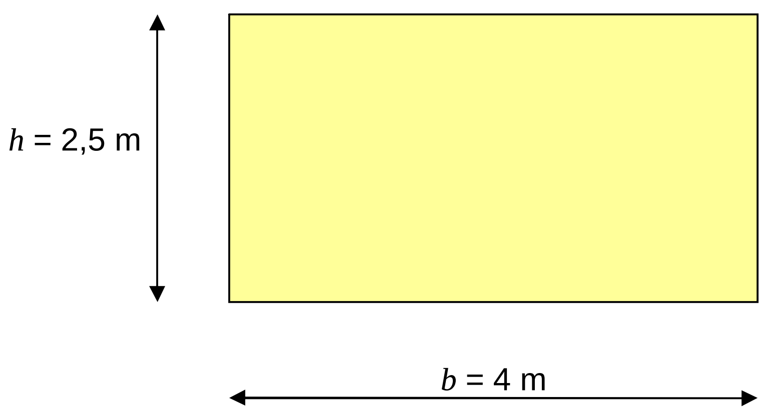
i) 1 CV em HP

OBTENÇÃO DE UNIDADES PELO CONCEITO FÍSICO DAS GRANDEZAS

Conforme já pode ser visto até agora, existe uma grande quantidade de unidades com as quais o profissional pode se deparar em sua vida. No entanto, sabemos da importância de se dominar o conhecimento das unidades das grandezas físicas. Para evitar termos que “decorar” todas estas unidades, é possível deduzir a unidade de uma certa grandeza a partir do conhecimento do seu conceito físico. Estudaremos aqui como obter a unidade a partir da fórmula das seguintes grandezas físicas: superfície, volume, densidade (linear, superficial e volumétrica), vazão, pressão, potência elétrica e energia elétrica.

Superfície

Suponhamos que você deseja trocar o piso cerâmico do banheiro de sua casa. O banheiro tem forma de retângulo e mede 2,5 metros de largura por 4 metros de comprimento. Se você for a uma loja de material de construção para comprar o piso desejado, o vendedor vai perguntar qual a área **em metros quadrados** de piso você deseja comprar. Para obter esta informação, você multiplica as duas dimensões do chão do banheiro, ou seja: 2,5 m x 4 m = 2,5 x 4 x m x m = 10 m^2. O símbolo m^2 apareceu porque sabemos da matemática que: X . X = X^2. Desta forma, se lembrarmos que a medida de superfície é sempre o **produto de duas dimensões de comprimento**, a unidade de superfície será a **unidade de comprimento ao quadrado**. A Fig. 1 apresenta isso de forma resumida.



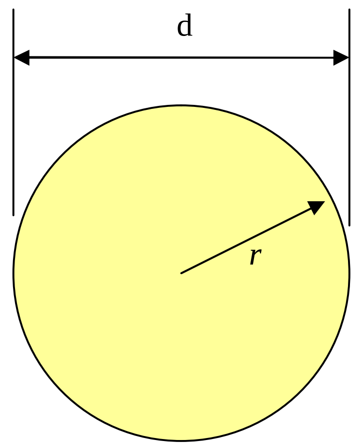
$$\boldsymbol{S = b \,.\, h}$$

S = 4 m . 2,5 m

S = 10 m^2

Figura 1 – Área da superfície de um retângulo

É importante observar que mesmo quando a área não tem forma de retângulo, a unidade de superfície será sempre a unidade de comprimento ao quadrado. Por exemplo, a área superficial de um círculo de raio “r” e diâmetro “d” (ver Fig. 2), pode ser calculado com as seguintes fórmulas:



$$S = \pi . r^2$$

ou

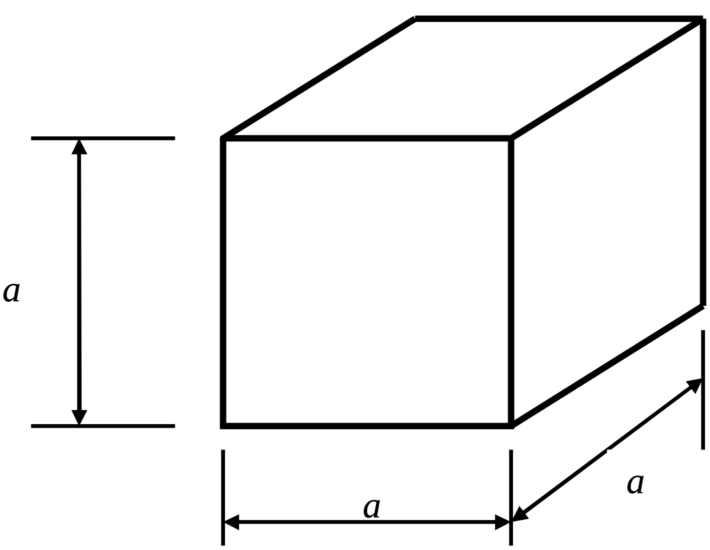
$$S = \frac{\pi . d^2}{4}$$

Figura 2 – Área da superfície de um círculo

Tanto "r" como "d" são medidos em [m], e ambos estão elevados ao quadrado nas fórmulas. Logo, a medida da **área superficial** "S" de um círculo terá unidade **[m^2]**. O mesmo raciocínio vale para qualquer outro formato de superfície.

Volume

De maneira semelhante à superfície, o volume é calculado a partir da multiplicação de dimensões de comprimento. Da matemática, sabemos que o volume de um cubo, por exemplo, é a medida do lado "a" elevado à potência 3 (ver Fig. 3). Logo, a **unidade de volume** é igual à unidade de comprimento elevada à potência 3 ou seja, **[m^3]**, **[cm^3]**, etc.



$$V = a^3$$

Figura 3 – Volume de um cubo

Semelhante ao que acontece com a área superfícial, o volume terá sempre unidades de comprimento ao cubo (potência 3), independentemente do formato. Ex. esfera, paralelepípedos, cones, etc.

Densidades linear, superficial e volumétrica

É muito comum na prática nos depararmos com situações onde uma grandeza física por si própria não significa nada. Elas têm um significado muito maior quando analisadas a sua **densidade** ao longo de uma linha, de uma superfície ou de um volume. A razão entre a grandeza e o comprimento da linha, da superfície ou do volume é chamada densidade linear, superficial e volumétrica, respectivamente.

Densidade linear

Para entender o que significa densidade linear, considere a seguinte pergunta-exemplo:

Qual é a massa [kg] de um fio de cobre com 5 mm de diâmetro?

A resposta é na verdade outra pergunta: qual o comprimento deste fio?? Portanto, a "massa de um fio de cobre de 5 mm de diâmetro" não é uma grandeza física, apesar de sabermos que massa é uma grandeza física. Em casos como esse é comum tratarmos com a **densidade linear**. Se a pergunta for: qual a densidade linear de um fio de cobre com 5 mm de diâmetro? A resposta é exata: 0,1 kg/m. Isto significa que cada metro deste fio tem uma massa de 0,1 kg.

De uma maneira geral, a densidade linear é definida pela seguinte equação:

$$d_l = \frac{m}{l}$$

onde d_l = densidade linear [kg/m]
m = massa [kg]
l = comprimento [m]

A **unidade de densidade linear** é a **unidade de massa** dividida pela **unidade de comprimento**. Como a unidade de massa no SI é [kg] e a de comprimento é [m], a unidade de densidade linear no SI é [kg/m]. No entanto, outras unidades são usuais, como [g /m], [g /cm], [lb/ft], etc.

Exemplos:

a) Num certo rolo de fio de costura tem uma massa de 500 g e 2.000 m de comprimento. Calcular a densidade linear deste fio.

Solução:

A fórmula da densidade linear é: $d_l = \frac{m}{l}$

A massa é m= 500 g *e o comprimento é* l =2.000 m*. Logo:* $d_l = \frac{m}{l} = \frac{500g}{2.000m} = 0{,}25\ g/m$

Resposta: A densidade linear é de 0,25 g/m. Isto significa que a cada metro de fio, a massa é de 0,25 g.

b) Sabendo que a densidade linear de um certo tubo de cobre é de 3,58 kg/m, pergunta-se qual a massa de 3,5 m deste tubo.

Solução:

A fórmula da densidade linear é: $d_l = \frac{m}{l}$

O comprimento é l = 3,5 m *e a densidade linear é* d_l = 3,58 kg/m*. Logo:* $3{,}58 = \frac{m}{3{,}5}$

Isolando a massa "m*" nesta equação, tem-se:* $m = 3{,}58.3{,}5 = 12{,}53kg$ *.*

Resposta: A massa é de 12,53 kg.

Densidade superficial

Para entender o conceito de densidade superficial, considere o seguinte exemplo. Suponha que uma mulher de 55 kg queira caminhar sobre um terreno arenoso. *Será que o terreno é capaz de suportar o peso desta mulher sem ceder?*

A resposta irá depender de qual o tipo de sapato que a mulher está calçando. Se for um com salto fino, obviamente ele vai afundar. Por outro lado, se for uma sapatilha de solado chato, provavelmente não haverá problemas. Mas observe que nos dois casos o peso da mulher é o mesmo, no entanto, o resultado é diferente. Isto ocorre porque a área do salto fino é menor que a área do solado da sapatilha. Disto concluímos que o peso da mulher por si próprio não é o fator determinante. Neste caso, o que importa é a **densidade superficial**, que é a massa da mulher dividida pela área da superfície da sola do sapato. No caso do salto fino a densidade superficial é muito maior que no caso do solado plano. Por isso, o salto fino irá afundar.

Em termos matemáticos, a densidade superficial é dada pela seguinte equação:

$$d_s = \frac{m}{S}$$

onde d_S = densidade superficial [kg/m^2]

m = massa [kg]

S = área da superfície [m^2]

A **unidade de densidade superficial** é a **unidade de massa** dividida pela **unidade de superfície**. Como a unidade de massa no SI é [kg] e a de superfície é [m^2], a unidade de densidade superficial no SI é [kg/m^2]. No entanto, outras unidades são usuais, como [g /cm^2], [lb/pol^2], etc.

<u>Exemplo:</u> A densidade superficial de uma determinada chapa metálica é de 24,8 kg/m^2. Sabendo-se que esta chapa é vendida em tiras de 1 m de largura e pretende-se comprar 1,5 m desta tira, qual a massa de chapa a ser comprada?

Solução:

A fórmula da densidade superficial é: $d_s = \dfrac{m}{S}$

A densidade superficial é d_S = 24,8 kg/m^2 *e a área de um retângulo (formato da chapa) é dada por:*

$$S = b\ .\ h = 1\ .\ 1{,}5 = 1{,}5\ m^2$$

Logo: $24{,}8 = \dfrac{m}{1{,}5} \quad \rightarrow \quad m = 24{,}8\,.\,1{,}5 = 37{,}2\ kg$

Resposta: A massa de chapa é de 37,2 kg.

Densidade volumétrica

Novamente, para entender o conceito de densidade volumétrica, vamos considerar um exemplo prático. Tente responde a seguinte pergunta: Qual a massa da água?

A resposta depende da quantidade de água considarada, um copo de 300 ml, um balde de 15 litros, uma caixa d'água de 1.000 litros, etc... Observe que, mais uma vez a massa por si própria, apesar de ser uma grandeza física, não responde ao questionamento. Agora, se a pergunta for sobre a **densidade volumétrica** da água, ou seja, a sua massa dividida pelo volume que ela ocupa, a reposta é única: 1.000 kg/m^3. Ou seja, a densidade volumétrica, muitas vezes chamada apenas densidade, é o parâmetro que realmente importa, especialmente quando estamos lidando com líquidos.

A definição de densidade volumétrica é dada pela seguinte equação:

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

onde d_V = densidade volumétrica [kg/m^3]
m = massa [kg]
V = volume [m^3]

A **unidade de densidade volumétrica** é a **unidade de massa** dividida pela **unidade de volume**. Como a unidade de massa no SI é [kg] e a de comprimento é [m^3], a unidade de densidade volumétrica no SI é [kg/m^3]. No entanto, outras unidades são usuais, como [g /cm^3], [lb/pol^3], etc.

Exemplo: Qual a massa de água contida num copo de 300 ml ?

Solução:

A fórmula da densidade volumétrica é: $d_V = \dfrac{m}{V}$

A densidade volumétrica da água, conforme já mencionada, é $d_V =$ 1.000 kg/m^3 *e o volume do copo é* 300 ml. *Observe que as unidades são incompatíveis: densidade tem "m^3" e volume tem "ml ". Para podermos incluir estes dados na fórmula da densidade, é necessário transformar o volume também para m^3. Neste caso, tem-se:*

300 ml = 300 . 10^{-3} l = 0,3 l = 0,3 . 10^{-3} m^3 = 3. 10^{-4} m^3

Logo: $1.000 = \dfrac{m}{3.10^{-4}} \quad \rightarrow \quad m = 3.10^{-4}\,.10^{3} = 3.10^{-1} = 0{,}3kg$

Resposta: A massa de água é de 0,3 kg ou 300 g.

Exercícios de fixação

10. Uma determinada lona pesa 45 kg e tem dimensões 5 x 8 m. Qual a densidade superficial desta lona?

11. Uma determinada laje de concreto é capaz de suportar uma densidade superficial de 500 kg/m^2. Uma determinada máquina pesa 350 kg e tem dimensões 1,2 m de comprimento por 54 cm de largura. Deseja-se saber se a laje é capaz de suportar esta máquina.

12. A densidade do óleo de cozinha é de aproximadamente 900 kg/m^3. Qual a massa contida numa lata de 900 ml deste óleo.

13. A densidade do alumínio é de 2.700 kg/m^3. Um determinado cubo de alumínio tem uma massa de 90 g. Qual o tamanho deste cubo em cm?

14. No rótulo do rolo de um fio tem a informação de que a densidade linear do fio é de 2,3 g/m. Deseja-se saber quantos metros de fio tem no rolo. Para isto, mede-se a massa do rolo através de uma balança e o resultado é 12,3 kg. Quantos metros de fio tem no rolo?

15. Os cilindros metálicos (tarugos) são vendidos por metro. Considere um tarugo de aço que custa R$ 6,10 por metro. Tem-se R$ 14,50 para comprar um tarugo. Qual o tamanho máximo do tarugo que pode ser comprado? *Dica: o preço dado em R$/m pode ser encarado com a densidade linear.*

16. O preço da gasolina é de R$ 2,50 por litro. Sabendo que a densidade da gasolina é de 800 kg/m^3 pergunta-se quantos quilogramas de gasolina dá para comprar com R$ 22.000,00.

Vazão

Considere uma tubulação de água conectada a uma caixa d'água. Suponha que a caixa tenha um volume interno de 1 m^3 e que a tubulação demora 1 h para encher a caixa d'água. Neste caso diz-se que a vazão da tubulação é de 1 metro cúbico por hora, ou seja

$1m^3/h$. A vazão é definida como sendo o volume (V) de fluido transportado dividido pelo tempo (t) necessário para transportar o fluido, ou seja:

$$Q = \frac{V}{t}$$

A **unidade de vazão** é a **unidade de volume** dividida pela **unidade de tempo**. Como a unidade de volume no SI é [m^3] e a de tempo é [s] (segundo), a unidade de vazão no SI é [m^3/s]. No entanto, outras unidades são usuais, como [l /s], [l /min], etc.

Exercícios de fixação

17. A conta de consumo mensal de água de uma certa indústria mostra 23 m^3. Sabendo que a indústria trabalha 8 horas por dia, qual a vazão média de água que passa pela tubulação que enche a caixa d'água?

18. Quanto tempo demora uma tubulação com uma vazão de 0,5 l /min para encher uma caixa d'água com dimensões de 1 x 1 x 1 m?

Pressão

Considere uma seringa com água dentro conforme a Fig. 4. Se o êmbolo for pressionado com uma certa força, a razão entre esta força e a área do êmbolo é a chamada **pressão** da água dentro da seringa. Matematicamente, a pressão é definida como sendo:

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

onde: P = pressão [Pa]

F = força [N]

A = área [m^2]

A **unidade de pressão** é a **unidade de força** dividida pela **unidade de área**. Como a unidade de força no SI é [N] e a de área é [m^2], a unidade de vazão no SI é [N/m^2], que também é conhecida como [Pa] (Pascal). No entanto, outras unidades são usuais, como [kgf/mm^2], [lbf/pol^2], [bar], etc.

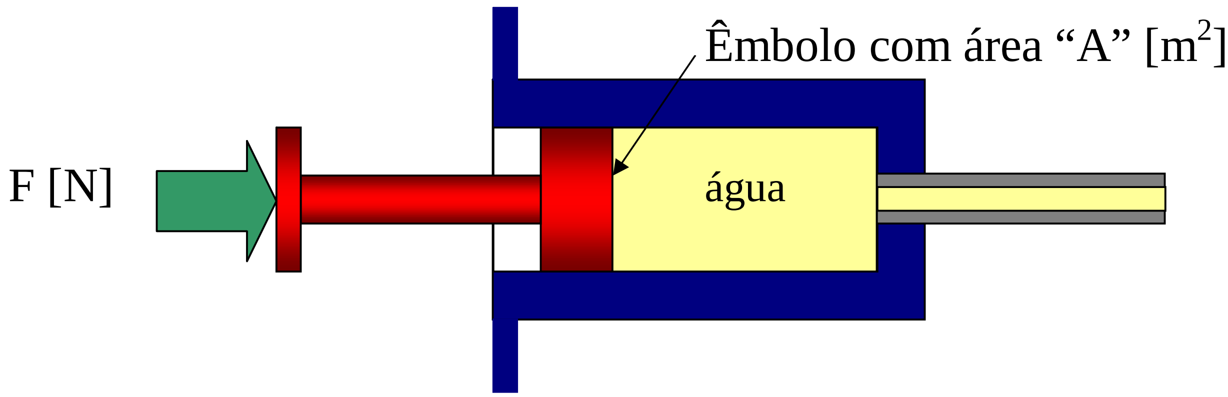
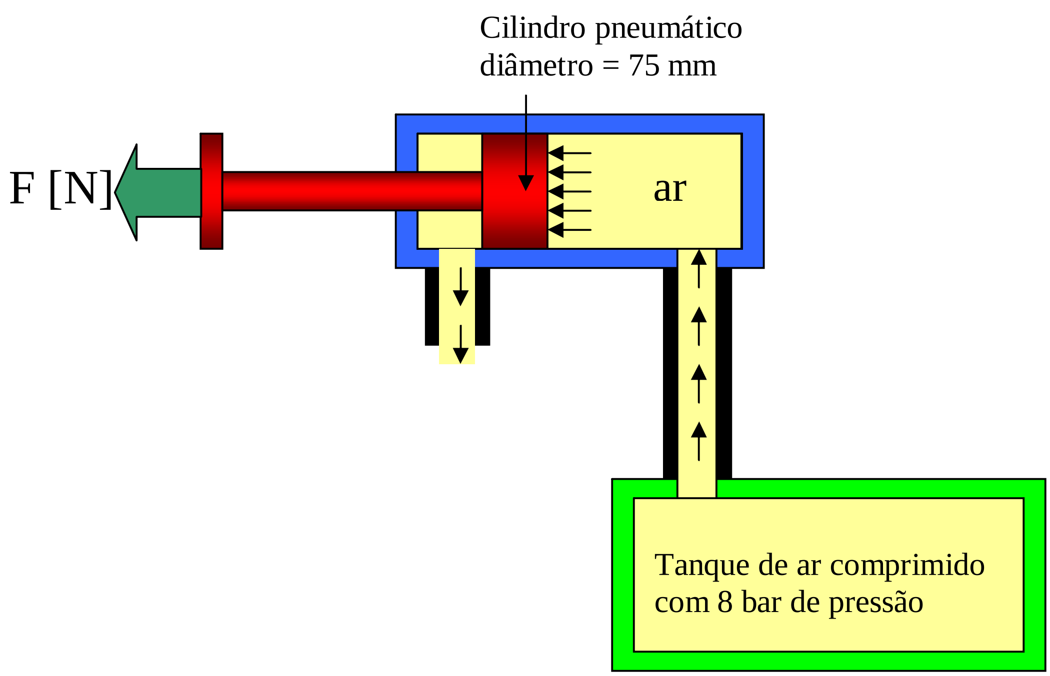


Figura 4 – Seringa com água

Exercícios de fixação

19. A pressão dentro de um tanque de ar comprimido é de 8 bar. O ar comprimido é usado para movimentar um cilindro pneumático (ver figura abaixo) que tem 75mm de diâmetro. Qual a força que este cilindro é capaz de fazer?



20. Qual é o diâmetro que um cilindro hidráulico deve ter para levantar uma massa de 2.000 kg operando a uma pressão de 280 p.s.i.?

Teorema de Pascal

O Teorema de Pascal diz que quando provocamos um acréscimo de pressão dentro de um líquido homogêneo, este aumento de pressão se propaga em todas as direções e atinge todos os pontos do líquido. Este teorema é o princípio de funcionamento de equipamentos bastante comuns do nosso dia-a-dia, como a prensa e o macaco hidráulicos. Para ilustrar este princípio, considere a Fig. 7, onde dois tanques com áreas A_1 e A_2 estão conectados entre si. Em cada tanque tem um pistão, semelhante ao da seringa discutida anteriormente. A área A_1 é bem menor do que a área A_2. Se exercermos uma força F_1 no pistão que tem área A_1, a pressão no pistão 1 será:

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

Já a pressão no pistão 2 será:

$$P_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

Mas como, pelo Teorema de Pascal, a pressão no pistão 1 deve ser igual à pressão no pistão 2, tem-se:

$$P_1 = P_2$$

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

Isolando a força do pistão 2 (F_2), temos:

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

Mas como A_2 é muito maior que A_1, temos que F_2 é muito maior que F_1. Como isso tem-se um dispositivo que multiplica a força aplicada.

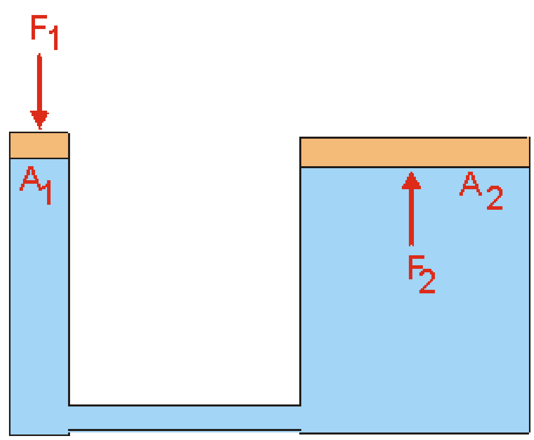


Figura 7 – Princípio de Pascal

<u>Exemplo:</u> Considere um dispositivo como o da Figura 7 com o pistão 1 de 75 mm de diâmetro e o pistão 2 com 150 mm de diâmetro. O pistão 2 levanta um peso cuja massa é de 150 kg. Qual a força necessária no pistão 1 para levantar o peso?

Solução:

As áreas dos dois pistões são:

$$A_1 = \frac{\pi . d_1^2}{4} = \frac{3{,}1416.(0{,}075)^2}{4} = 0{,}00442\, m^2$$

$$A_2 = \frac{\pi . d_2^2}{4} = \frac{3{,}1416.(0{,}15)^2}{4} = 0{,}01767\, m^2$$

A força no pistão 2 é calculada pela equação: $F_2 = m.g$, onde $\boldsymbol{m}$ é a massa *[kg] e* $\boldsymbol{g}$*=10 m/s*^{2} *é a aceleração da gravidade. Logo:* F_2*=150.10 = 1500 N*

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

$$\frac{F_1}{0{,}00442} = \frac{1500}{0{,}01767}$$

$\boldsymbol{F_1}$*= 375 N*

Logo, para levar uma massa cujo peso é de 1500 N, são necessários apenas 375 N.

Empuxo

Todo corpo imerso dentro de um fluido recebe do mesmo uma força, chamada empuxo, contrária à força da gravidade. Por exemplo, um peixe dentro d'água recebe da água uma força de empuxo. Se o empuxo for maior que o peso, o peixe irá flutuar na superfície, se o empuxo for menor que o peso, o peso irá afundar cada vez mais e se o peso e o empuxo forem iguais, o peixe está em equilíbrio com a água. O mesmo acontece com submarinos e balões de gás e ar quente. O empuxo é uma força que tem módulo igual ao peso do fluido deslocado. Ou seja, no caso do peixe, o empuxo da água sobre o peixe é igual ao peso da água que estaria ocupando o espaço do peixe caso ele não estivesse lá. Isso pode ser escrito da seguinte forma:

$$E = d_v V\, g$$

Onde: E = empuxo [N]

d_v = densidade volumétrica do fluido [kg/m^3]

V = volume do corpo submerso no fluido [m^3]

g = 10 m/s^2 (aceleração da gravidade)

Exemplo: Um submarino tem um volume de 3000 m^3. Qual o empuxo da água salgada (densidade de 1100 kg/m3) sobre o submarino? Qual a massa em toneladas do submarino?

Solução:
O empuxo é calculado com:

$$E = d_v V\, g = 1100.3000.10 = 33000000N = 3{,}3.10^7\, N$$

A massa do submarino é calculada sabendo que o empuxo deve ser igual ao peso do submarino e o peso é a massa multiplicada pela gravidade:

$$E = P$$

$$E = m.g$$

$$3{,}3.10^7 = m.10$$

$$m = 3{,}3.10^6\, kg = 3300\ \ ton$$

Exercício de fixação

21. Um cubo tem 1 m de lado e 900 kg me massa. Pergunta-se se este cubo irá flutuar, afundar ou manter-se em equilíbrio na água pura.

22. Um padre de 60 kg quer voar amarrado em balões de Hélio de 0,3 m^3 de volume cada balão. Vazios, os balões têm uma massa de 10 kg. Sabendo que a densidade do ar é 1,2 kg/m^3 e a densidade do Hélio é 0,95 kg/m^3, pergunta-se quantos balões são necessários para que o padre flutue no ar sem cair.

Potência elétrica

Considere uma lâmpada elétrica ligada a uma bateria, conforme a figura abaixo. Em um dos dois fios que conectam a bateria à lâmpada, existe um amperímetro, que é um instrumento que mede a corrente elétrica. A corrente elétrica representa o fluxo de elétrons que circulam pelo circuito elétrico. A unidade da corrente elétrica é o ampère [A], conforme a Tab. 1. A **potência elétrica** é a **tensão** da bateria **multiplicada** pela **corrente elétrica**, ou seja:

$$P = U.I$$

onde: P = potência [W]

U = tensão [V]

I = corrente [A]

A unidade da potência no sistema internacional é watt [W], conforme mostrado na Tab. 2. No exemplo da figura abaixo, a potência da lâmpada é: 12 V . 5 A = 60 W.

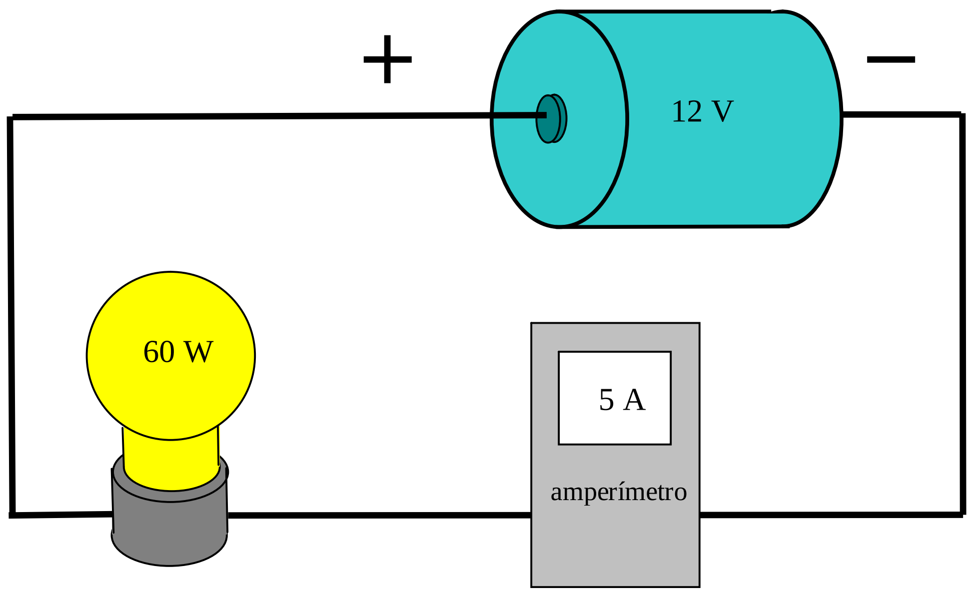


Figura 5 – Circuito elétrico de uma lâmpada

Energia elétrica

A energia elétrica é uma das diversas formas que a energia pode se manifestar. De uma forma geral, Energia é a capacidade de realizar trabalho. A energia elétrica pode ser transformada em movimento, calor ou luz. No exemplo da Fig. 6 acima, a energia está armazenada na bateria. Quando o circuito é ligado, os elétrons vão transportar consigo a energia elétrica armazenada na bateria, atravessar o amperímetro, que indica a intensidade do fluxo de elétrons que passam por ele e chegar até a lâmpada. Na lâmpada os elétrons liberam a energia na forma de luz e calor. Da lâmpada, os elétrons continuam a percorrer o circuito de volta para a bateria.

Considere agora que no lugar da lâmpada, temos uma máquina acionada por um motor elétrico, conforme a Fig. 7. Neste caso, a energia armazenada na bateria é transportada pelos elétrons até o motor, que transforma a energia elétrica (contida nos elétrons) em movimento do motor, além de calor (aquecimento do motor).

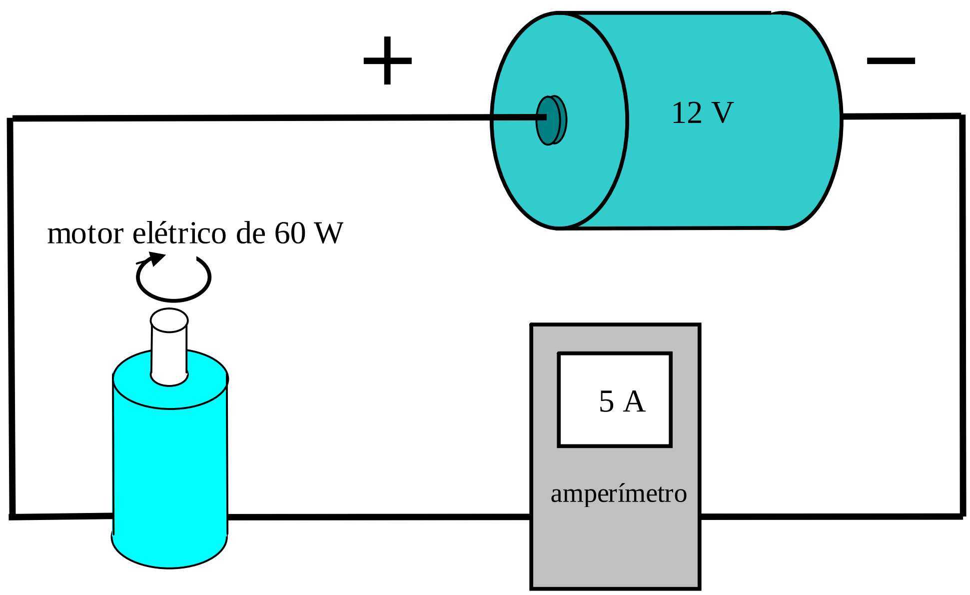


Figura 6 – Circuito elétrico de um motor monofásico

Em ambos os casos, a **energia** elétrica gasta tanto pela lâmpada (Fig. 5) quanto pelo motor elétrico, é dado pelo **produto** da **potência** pelo **tempo** que o equipamento fica ligado, ou seja:

$$E = P.\Delta t$$

onde: E = energia [J]

P = potência [W]

Δt = intervalo de tempo [s]

A unidade de energia é a unidade de potência multiplicada pela unidade de tempo. No SI é [W.s] = [J], que é o joule. No entanto, a unidade mais usual para energia elétrica utiliza a unidade de tempo em horas, ou seja, [W.h]. Esta é a unidade utilizada pelas companhias que fornecem eletricidade para uso doméstico.

Exemplo: Sabendo que a tensão da rede é de 220V, calcule a corrente elétrica e a energia consumida por uma lâmpada incandescente de 100W funcionando 24 horas por dia durante um mês de 30 dias.

Solução:

A corrente é calculada pela equação: $P = U.I$

A tensão é U=220V e a potência é P=100 W. Logo, a corrente (I) é:

$100 = 220.I$

I=0,45 A

A energia consumida é dada equação: $E = P.\Delta t$

A potência é P=100 W e o tempo é Δt = 24 x 30 = 720 horas.

Logo, $E = 100.720 = 72000\,W.h = 72\,kW.h$

Exemplo: No problema anterior, sabendo que o custo da eletricidade é de R$ 0,30/kW.h, calcule quantos reais serão necessários para manter a lâmpada acesa?.

Solução:

Regra de três simples: *R$ 0,30 = 1 kW.h*

R$ X=? = 72 kW.h

X= 72 .0,30 = R$ 21,60

O custo para manter uma lâmpada de 100 W acesa 24 horas por dia durante 30 dias é de R$ 21,60.

Exercícios de fixação

22. Uma certa indústria funciona 8 horas por dia e 22 dias por mês. A tabela abaixo apresenta a lista de equipamentos elétricos da indústria. Sabendo que o custo da energia é de R$ 0,30/kW.h, calcule o gasto mensal de energia elétrica desta indústria.

Quantidade	Equipamento	Potência unitária
28	lâmpada fluorescente	10 W
12	Máquina A	750 W
5	Máquina B	5 kW
6	Máquina C	5 CV
1	computador	110 W

23. Ainda considerando a tabela acima, imagine um certo produto que necessite de 12 horas de trabalho para ficar pronto. Nestas 12 horas ele irá utilizar as máquinas na seguinte proporção:

No. de horas	Equipamento
7	1 máquina A
4	1 máquina B
1	2 máquinas C

Calcule o custo de energia necessário para tal produto.

24. Uma certa pilha de 1,5 V contém a inscrição “corrente máxima: 800 mA”. Qual a potência máxima desta pilha?

25. Quanto custa por mês (30 dias) a energia consumida pelos seguintes equipamentos elétricos:

- Geladeira (60 W) ligada 24 horas por dia
- Chuveiro elétrico (5000 W) ligado 1,5 horas por dia
- Ferro de passar roupa (3000 W) ligado 40 minutos por dia
- Lâmpada fluorescente (10 W) ligada 12 horas por dia
- Ar-condicionado (1200 W) ligado 8 horas por dia

Acoplamento de polias e engrenagens

Praticamente toda máquina ou equipamento mecânico é acionado por um motor elétrico, semelhante ao da Fig. 6. Porém os motores elétricos empregados na maioria das máquinas giram em rotações fixas, como por exemplo, 1800 e 3600 r.p.m. (rotações por minuto). Assim, se esses motores fossem acoplados diretamente às máquinas, as rotações seriam muito altas e inadequadas para a maioria dos casos. Assim, é necessário que haja uma **redução** no número de rotações do eixo da máquina. A redução de rotação pode ser alcançada através de acoplamentos de engrenagens e correias (cintas).

Imagine duas rodas em contato e de diâmetro diferentes, conforme a Fig. 7. Como o diâmetro da roda 1 é menor que o da roda 2, enquanto a roda 2 dá uma volta, a roda 1 dá mais que uma volta. Quanto menor o diâmetro da roda 1 em comparação com a roda 2, maior é o número de voltas da roda 1 para cada volta da roda 2. A relação entre as rotações e os diâmetros das duas rodas é dada pela seguinte equação:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Onde: D_1 = diâmetro da roda 1 [m, cm, mm, pol...]

D_2 = diâmetro da roda 2 [m, cm, mm, pol...]

N_1 =rotação da roda 1 [r.p.m.]

N_2 =rotação da roda 2 [r.p.m.]

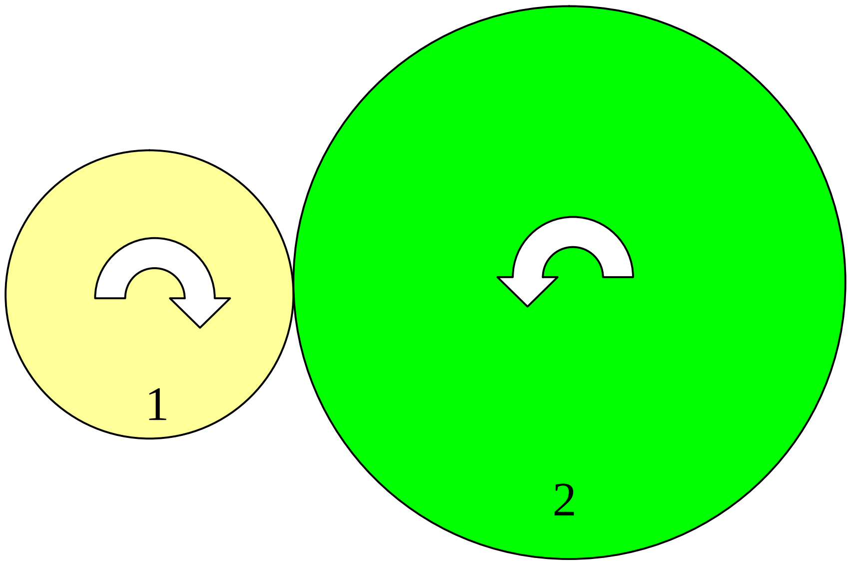


Figura 7 – Acoplamento de engrenagens

Ao invés de trabalhar-se com o diâmetro das rodas, no caso de engrenagens pode-se trabalhar como número de dentes. Neste caso tem-se:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Onde:

Z_1 =número de dentes da roda 1

Z_2 =número de dentes da roda 2

N_1 =rotação da roda 1 [r.p.m.]

N_2 =rotação da roda 2 [r.p.m.]

Conforme pode-se perceber pela Fig. 7, no **contato** entre rodas e engrenagens, o **sentido do movimento de rotação** é **invertido**, ou seja, se a roda 1 gira no sentido horário, a roda 2 gira no sentido anti-horário, e vice-versa. Uma outra opção para o acoplamento entre eixos é o uso de polias e **correias**, conforme mostrado na Fig. 8. Neste caso, o **sentido de rotação** é mantido **igual**, ou seja, as duas polias giram no mesmo sentido. A relação entre os diâmetros e as rotações das duas polias é igual ao das engrenagens, ou seja, a equação é a mesma apresentada anteriormente.

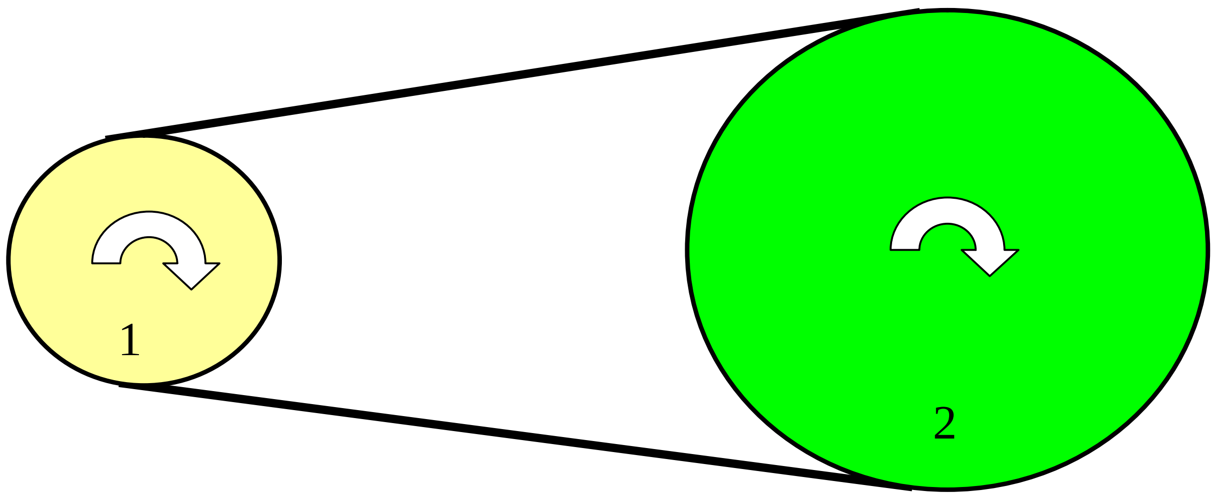


Figura 8 – Acoplamento de polias por correia

O terceiro caso possível de acoplamento é quando as rodas estão montadas sobre um mesmo eixo (**eixo comum**). A Fig. 9 mostra este tipo de acoplamento. Neste caso, tanto as rotações quanto os sentidos das rotações são as mesmas para as duas rodas, ou seja:

$$N_1 = N_2$$

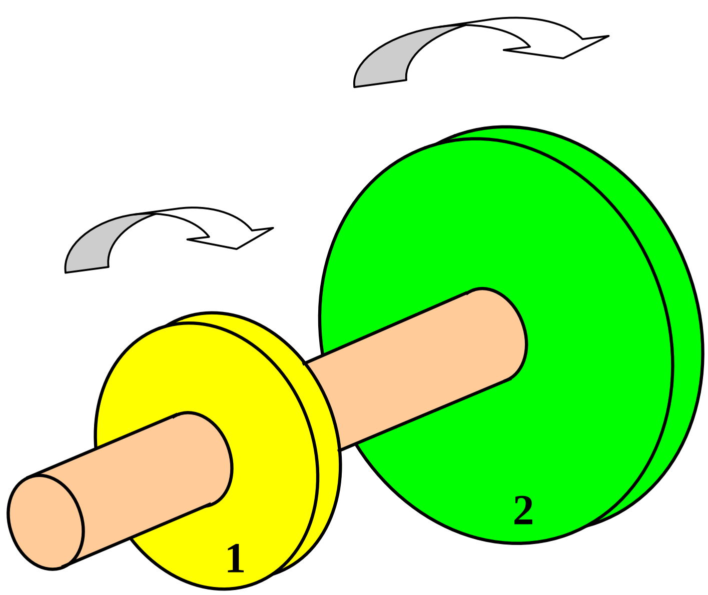


Figura 9 – Acoplamento de rodas por eixo comum

Exercícios de fixação

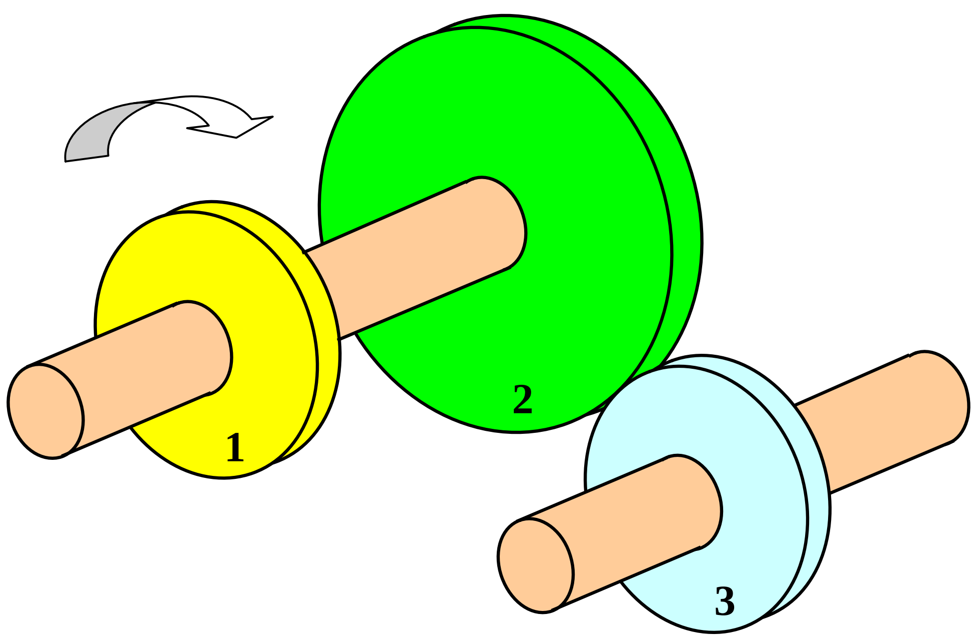
25. Uma engrenagem de 18 dentes está fixa na ponta do eixo de um motor que gira a 3600 r.p.m.. Esta engrenagem está acoplada a uma outra engrenagem de 48 dentes. Calcule a rotação da engrenagem maior.

26. Se o diâmetro da engrenagem menor do problema anterior é de 46 mm, qual o diâmetro da engrenagem maior?

27. Um sistema de transmissão por correias tem uma polia de 450 mm girando a 30 r.p.m. e uma polia de 45 mm. Qual a rotação da polia menor?

28. No desenho abaixo, determine a rotação e o sentido de giro da roda 3. Dados:

- Diâmetro da roda 1: 40 mm
- Diâmetro da roda 2: 180 mm
- Diâmetro da roda 3: 50 mm
- Rotação da roda 1: 1800 r.p.m.



29. No desenho abaixo, determine a rotação e o sentido de giro da roda 4. Dados:

- Número de dentes da roda 1: 64
- Número de dentes da roda 2: 26
- Número de dentes da roda 3: 64
- Número de dentes da roda 4: 26
- Rotação da roda 1: 3600 r.p.m.