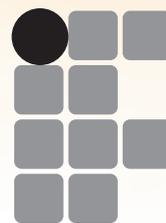




Física I

Adriano Willian da Silva
Angela Maria dos Santos
Ezequiel Burkarter



INSTITUTO FEDERAL
PARANÁ
Educação a Distância

Curitiba-PR
2011

Presidência da República Federativa do Brasil
Ministério da Educação
Secretaria de Educação a Distância

© INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA – PARANÁ –
EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Este Caderno foi elaborado pelo Instituto Federal do Paraná para o Sistema Escola
Técnica Aberta do Brasil – e-Tec Brasil.

Prof. Irineu Mario Colombo
Reitor

Profª. Mara Chistina Vilas Boas
Chefe de Gabinete

Prof. Ezequiel Westphal
Pró-Reitoria de Ensino - PROENS

Prof. Gilmar José Ferreira dos Santos
Pró-Reitoria de Administração - PROAD

Prof. Paulo Tetuo Yamamoto
**Pró-Reitoria de Extensão, Pesquisa e Inovação -
PROEPI**

Profª. Neide Alves
**Pró-Reitoria de Gestão de Pessoas e Assuntos
Estudantis - PROGEPE**

Prof. Carlos Alberto de Ávila
**Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento
Institucional - PROPLADI**

Prof. José Carlos Ciccarino
Diretor Geral de Educação a Distância

Prof. Ricardo Herrera
**Diretor de Planejamento e Administração EaD -
IFPR**

Profª Mércia Freire Rocha Cordeiro Machado
**Diretora de Ensino, Pesquisa e Extensão EaD -
IFPR**

Profª Cristina Maria Ayroza
**Coordenadora Pedagógica de Educação a
Distância**

Prof. Otávio Bezerra Sampaio
Profª. Marisela García Hernández
Profª. Adnilra Selma Moreira da Silva Sandeski
Prof. Helton Pacheco
Coordenadores do Curso

Izabel Regina Bastos
Patrícia Machado
Assistência Pedagógica

Profª Ester dos Santos Oliveira
Prof. Jaime Machado Valente dos Santos
Revisão Editorial

Profª. Rosangela de Oliveira
Análise Didática Metodológica - PROEJA

Flávia Terezinha Vianna da Silva
Eduardo Artigas Antoniacomi
Diagramação

e-Tec/MEC
Projeto Gráfico

**Catologação na fonte pela Biblioteca do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia - Paraná**



Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,

Bem-vindo ao e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional pública de ensino, a Escola Técnica Aberta do Brasil, instituída pelo Decreto nº 6.301, de 12 de dezembro 2007, com o objetivo de democratizar o acesso ao ensino técnico público, na modalidade a distância. O programa é resultado de uma parceria entre o Ministério da Educação, por meio das Secretarias de Educação a Distância (SEED) e de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), as universidades e escolas técnicas estaduais e federais.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

O e-Tec Brasil leva os cursos técnicos a locais distantes das instituições de ensino e para a periferia das grandes cidades, incentivando os jovens a concluir o ensino médio. Os cursos são ofertados pelas instituições públicas de ensino e o atendimento ao estudante é realizado em escolas-polo integrantes das redes públicas municipais e estaduais.

O Ministério da Educação, as instituições públicas de ensino técnico, seus servidores técnicos e professores acreditam que uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!

Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação
Janeiro de 2010

Nosso contato
etecbrasil@mec.gov.br



Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



Atenção: indica pontos de maior relevância no texto.



Saiba mais: oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



Glossário: indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



Mídias integradas: sempre que se desejar que os estudantes desenvolvam atividades empregando diferentes mídias: vídeos, filmes, jornais, ambiente AVEA e outras.



Atividades de aprendizagem: apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.



Sumário

Aula 1 – Por que usamos determinadas medidas?	
O que é o tempo, a massa, o comprimento?	
Tudo que nos rodeia depende de uma medida.	13
1.1 Introdução	13
1.2 Medidas	13
1.3 Comprimento	15
1.4 Massa	16
1.5 Tempo	16
1.6 Unidades Fundamentais e o Sistema Internacional de Unidades (S.I.)	17
Aula 2 – Centímetros, Quilômetros, milímetros?	
Por que são diferentes?	
A vantagem de reconhecer os números e suas representações	21
2.1 Prefixos e notação científica	21
2.2 Ordem de grandeza	23
2.3 Unidades derivadas	24
Aula 3 – De que fatores depende a velocidade de um corpo?	27
3.1 O movimento	27
3.2 Distância Percorrida e Deslocamento	27
3.3 Velocidade	29
Aula 4 – Aceleração: Por que a diferença entre pisar no acelerador ou no freio é apenas uma questão de sinal?	33
4.1 Variação da Velocidade	33
4.2 Calculando a Aceleração	33
Aula 5 – O que é uma força? É possível que um objeto esteja em movimento sempre esteja sendo aplicada uma força sobre ele?	37
5.1 Primeira Lei de Newton: Princípio da Inércia	37
5.2 Quando surgiu a Primeira Lei	37
5.3 Inércia	38

Aula 6 – Um consolo: Sabia que ao acertar uma martelada em seu dedo, você está revidando com uma dedada no martelo?	41
6.1 Terceira Lei de Newton	41
6.2 Caracterizando a terceira lei	42
Aula 7 – Qual é o efeito da aplicação de uma força sobre um corpo?	45
7.1 Segunda Lei de Newton	45
7.2 Equacionando a Segunda Lei	45
7.3 Aplicações da Segunda Lei	46
Aula 8 – Por que quando um carro faz uma curva temos que nos segurar pra não cairmos na água? Por que nossos calçados gastam?	51
8.1 Força Centrípeta	51
8.2 Força Tangencial	52
8.3 Forças de Atrito	52
8.4 Coeficiente de Atrito	53
Aula 9 – Por que uma faca afiada corta melhor do que uma sem fio?	57
9.1 Fluidos	57
9.2 Pressão	57
9.3 Pressão e Profundidade	59
9.4 Tensão Superficial	60
Aula 10 – Por que é mais fácil boiar na água salgada do que na água doce?	63
10.1 Densidade	63
10.2 Densidade e Flutuação	65
Aula 11 – O ar pesa mais no pé ou no alto de uma montanha?	69
11.1 Pressão Atmosférica	69
11.2 Primeira Medida da Pressão Atmosférica	69
11.3 Aplicações dos Resultados de Torricelli	70
11.4 Voltando à Pressão Atmosférica	73

Aula 12 – Como a pressão pode ajudar a verificar se uma parede está nivelada?	75
12.1 Pressão Manométrica	75
12.2 Vasos Comunicantes	77
Aula 13 – Por que a nossa força é multiplicada em um macaco hidráulico?	81
13.1 Variação de Pressão em Vasos Comunicantes	81
13.2 Princípio de Pascal e a Multiplicação de Uma Força	82
13.3 Algumas Aplicações do Princípio de Pascal	83
Aula 14 – Por que os objetos parecem pesar menos na água?	87
14.1 Diferença de Peso na Água	87
14.2 Princípio de Arquimedes	88
14.3 Relação Entre a Densidade do Fluido e o Empuxo	89
14.4 Equilíbrio de Um Navio	90
Aula 15 – Por que os canos de água nas residências são mais finos que os canos do sistema de abastecimento de água da cidade?	93
15.1 Movimento de Fluidos	93
15.2 Escoamento	93
15.3 Vazão e Equação da Continuidade	95
Aula 16 – Como funciona um Spray?	99
16.1 Equação de Bernoulli	99
16.2 Aplicações da Equação de Bernoulli	100
16.3 Escoamento Viscoso	101
Aula 17 – Você trabalha...uma máquina trabalha... fisicamente, o que é trabalho?	105
17.1 Introdução	105
17.2 Representação Matemática	107
17.3 Trabalho de Força Variável	108
Aula 18 – Um motor potente faz um barco mais veloz em menos tempo. Você sabe a definição de potência?	111
18.1 Introdução	111
18.2 Potência	111
18.3 O quilowattthora	113

Aula 19 – Você sabia que tudo ao nosso redor é transformado?	
Energia, o que significa?	117
19.1 Energia Cinética.....	117
19.2 Energia Potencial Gravitacional.....	119
19.3 Energia Potencial Elástica.....	120
Aula 20 – “ Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.” (Lavoiser)	125
20.1 Introdução.....	125
20.2 Energia Mecânica.....	125
Referências.....	131
Atividades autoinstrutivas.....	137
Currículo dos professores-autores.....	155

Palavra dos professores-autores

A Física é tida por muitas pessoas como uma ciência de muito difícil compreensão. Baseiam-se no fato de que a linguagem utilizada por ela é a matemática e é fundamentada no raciocínio abstrato. No entanto, ao nos depararmos com a história do Homem percebemos que ao longo de sua existência na face da Terra, diversas questões permearam o pensamento humano que levaram ao nascimento da Física.

Algumas questões estão ligadas ao comportamento de fenômenos naturais como as fases da Lua, da origem das marés ou dos ciclos de chuva. Outras questões tratavam de temas do tipo: como é possível levarmos água para irrigar uma plantação? Como deslocar uma enorme pedra para construção de uma casa? Como diminuir o tempo de viagem de um vilarejo a outro? A resposta para estas questões nos leva a um fenômeno muito importante, o movimento!

De maneira geral o estudo dos movimentos levou ao estabelecimento de campos do conhecimento físico, que hoje chamamos de ramos da Física. Neste livro abordaremos alguns desses conhecimentos, tendo sempre como ponto de partida o conceito de movimento. Assim, estudaremos a existência do movimento e suas causas.

Neste momento você deve estar se perguntando, e a matemática? E o raciocínio abstrato? Nossa expectativa, na produção deste livro, foi discutir os conceitos físicos de maneira a que você, estudante, possa visualizar a Física no seu dia a dia, conhecendo as formulações matemáticas, mas sem, no entanto, se preocupar demasiadamente com elas. O propósito é que você reconheça que a Física esta presente no seu cotidiano e é muito mais que uma ciência que traz em suas deduções formais a lógica matemática. A Física será, então, apresentada como uma ciência ligada ao conhecimento prático e que leva a mais questionamentos, visto que, como toda a ciência, a Física está em constante aperfeiçoamento.

Muitas perguntas que o homem fazia lá na antiguidade ainda estão sem respostas e algumas respostas foram revistas ao longo da história. Por isso, estudar Física é uma constante viagem no rumo de descobertas. Convidamos você a participar dessa descoberta, seja um descobridor também!

Aula 1 – Por que usamos determinadas medidas? O que é o tempo, a massa, o comprimento? Tudo que nos rodeia depende de uma medida.

Nesta aula e na próxima serão discutidas a importância do reconhecimento de grandezas físicas com suas unidades e algumas grandezas físicas mais utilizadas no cotidiano. O principal objetivo desta aula é colocá-los em contato com diversas grandezas e suas unidades e mostrar que na maioria das situações do nosso meio, sempre estamos em contato com a ciência física e não percebemos.

1.1 Introdução

Alguma vez você já se perguntou, por exemplo, por que se coloca gelo sobre os tambores onde se colocam os pescados para que eles resfriem, ou então, por que um gargarejo com água morna e sal pode aliviar uma dor de garganta? Pois bem, estas questões podem ser respondidas quando conhecemos um pouco da ciência física que começaremos a discutir nesta aula.

Para que a Física seja compreendida como uma ciência, e principalmente como uma ferramenta importante para responder questões que aparecem todos os dias, em quaisquer circunstâncias, é preciso, antes de mais nada, conhecer o significado de medida e algumas grandezas importantes que aparecerão no decorrer deste curso.

1.2 Medidas

Quando uma pessoa vai ao médico e precisa tomar algum remédio, a receita prescreve algumas medidas, por exemplo, 5ml de xarope de 6 em 6 horas. Neste exemplo, são utilizadas duas medidas. **5ml** ou 5 mililitros que representa uma **medida de volume** e também **6 em 6 horas** que representa uma **medida de tempo**.

E por que é importante reconhecer as medidas?

Imagine que você é cultivador de camarões, um dia, após colher muitos dos camarões cultivados para vendê-los, você os coloca em sacas de 5kg. Caso você venda uma saca com 50.000g você estará tendo lucro ou preju-

ízo? É para compreender este tipo de comércio e muitas outras situações do dia a dia é que se precisa entender o que são medidas e como se deve trabalhar com elas.



Figura 1.1: Balança de medida

Fonte: ©Kraska/shutterstock

Com a vinda de muitas indústrias para o Brasil, passou-se, na década de 1930, por um período de criação de muitos Institutos que cuidavam de medidas. Nessa época também surgiram regulamentações e leis relacionadas a metrologia (estudo das medidas), mostrando o quanto reconhecer e trabalhar com medidas é de grande importância.

Não apenas no Brasil, mas em todo o mundo, é necessário reconhecer unidades de medida para que efetivamente haja comunicação. Assim, medida representa uma quantificação de qualquer grandeza que necessita ser mensurada (medida). Isto é, existe medida de área, de volume, de tempo, de massa, de peso, de intensidade sonora, entre outras. São estas medidas, suas unidades e a importância de conhecê-las, que estudaremos nesta primeira aula.

Para que todas as pessoas envolvidas em um determinado procedimento de medida possam se entender, é importante que as unidades das grandezas medidas sejam padronizadas, isto quer dizer que quando for falado, por exemplo, de quantidade de café vendido, seja compreendido que se vende por saca, deve-se saber quanto, em massa de café, existe dentro desta saca, ou seja, é importante saber se as sacas são de 100kg, 500kg ou de 1 tonelada.

Tanto dentro do mercado industrial quanto dentro de institutos científicos, é imprescindível a padronização e o conhecimento das unidades de grandezas. Para isso, muitos Institutos de Pesquisa como o INMETRO, IPEN, entre

outros, surgiram no Brasil, para garantir que as medidas indicadas em muitos equipamentos sejam respeitadas. Que o comprador não seja enganado e que o contribuinte não pague mais por medidas não respeitadas.

Entre outras responsabilidades, os Institutos de metrologia devem certificar determinados equipamentos, como por exemplo, lombadas eletrônicas que verificam velocidade máxima de veículos em grandes cidades, brinquedos infantis para que peças pequenas não se desprendam e causem algum mal aos que os estão utilizando, enfim, devem certificar qualidade de equipamentos.



Veja também...

<http://www.inmetro.gov.br/inmetro/>

Este site traz curiosidades, histórico e muita informação sobre o Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO

1.3 Comprimento

A unidade de comprimento, metro (m), surgiu no século XVII como sendo uma parte muito pequena da distância existente entre a linha do Equador da Terra e o Pólo Norte. Por praticidade, esta definição teve que ser modificada e o metro passou a ser definido como a distância existente entre dois pontos feitos em uma barra feita de um material químico denominado platina-irídio.

Com o avanço da tecnologia este padrão deixou de ser utilizado e em 1960 o metro passou a ser medido através de um padrão atômico, isso é, uma medida muito pequena, relacionada ao tamanho de um átomo. Este padrão foi baseado no comprimento de onda da luz.

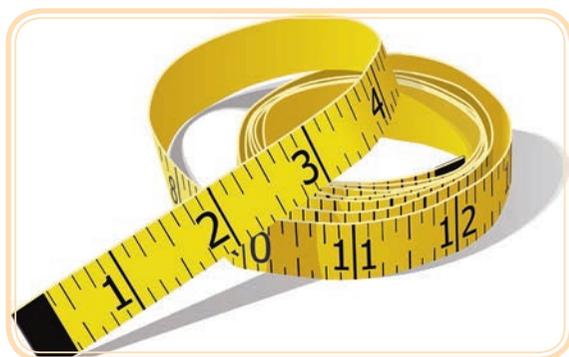


Figura 1.2: Uma forma de medida

Fonte: ©Bill Fehr/shutterstock

Mas o que é comprimento de onda da luz? Mais para frente, neste curso, será discutido detalhadamente este assunto, por enquanto, é importante apenas saber que a luz que vemos se comporta como uma onda, isso mesmo, uma onda, daquelas que é vista na água de um lago, por exemplo. Esta onda possui muitas características, entre elas, o comprimento de onda, que nada mais é, do que a distância entre duas cristas da onda.

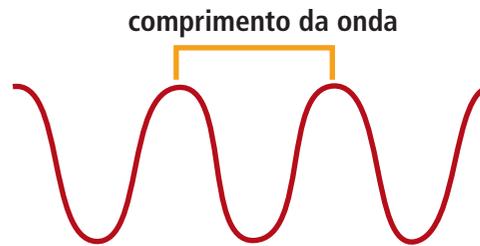


Figura 1.3: Representação de uma onda
Fonte: Acervo da autor

Novamente, em 1983, novas exigências quanto à precisão da medida foram necessárias e a partir de então, o metro padrão passou a ser a velocidade da luz. De acordo com a 17ª Conferência Geral de Pesos e Medidas: **“O metro é a distância percorrida pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de 1/299792458 segundos.”**

Assim, o que medimos hoje como um metro, é padronizado da forma definida acima e desta maneira, todas as pessoas sabem a definição de um metro, podendo através dessa definição, criar várias instrumentos de medidas, como réguas, fitas métricas, paquímetros, trenas, entre outros.

1.4 Massa

Da mesma forma que o comprimento, massa também é uma grandeza padronizada, afinal, como seria possível saber quanto é 500g de queijo se não conhecêssemos a quantidade massa?

O padrão 1kg de massa, é feito de um cilindro feito de uma liga (mistura de materiais) dos elementos químicos platina e irídio. Este cilindro é utilizado como padrão de medida e fica guardado no Bureau Internacional de Pesos e Medidas, em Paris, na França.

Para que todo o mundo reconheça o padrão de 1kg, cópias desse cilindro são feitas e encaminhadas para todas as partes do mundo.

1.5 Tempo

A grandeza tempo também tem seu padrão que foi mudando com a necessidade e melhoria tecnológica. Primeiramente, a rotação da Terra foi utilizada como padrão de tempo. Depois, surgiu o relógio de pêndulo e hoje, o padrão de tempo é um relógio de césio (elemento químico). Ele funciona baseado na frequência característica do isótopo do elemento químico césio-133.



Figura 1.4: Relógio, uma medida de tempo

Fonte: ©Valeriy Lebedev/shutterstock

A definição de tempo que hoje é conhecida mundialmente é a seguinte: “Um segundo é o tempo que a luz emitida pelo átomo de césio-133 leva para completar 9192631770 vibrações.” Isso significa que ao emitir luz, o átomo de césio vibra, e vibra de forma tão rápida que, em um segundo, faz quase dez milhões de vibrações.

Através dessa definição pode-se perceber que a unidade fundamental de tempo é o segundo. Isto significa que apesar de outras unidades de tempo serem conhecidas, como hora ou minuto, no sistema internacional de unidades o tempo é caracterizado com a unidade segundo (s).

1.6 Unidades Fundamentais e o Sistema Internacional de Unidades (S.I.)

Apesar do que foi discutido anteriormente, massa, comprimento e tempo não são as únicas grandezas existentes, além disso, segundo, quilograma e metro não são as únicas unidades conhecidas para que medidas possam ser feitas.

Quando se fala em comprimento, outras unidades como pés, jarda, centímetro, quilômetro, entre outras, são também conhecidas. No entanto, para que mundialmente seja falada a “mesma língua”, determinou-se o Sistema Internacional de Unidades (S.I.). Neste sistema, as unidades de cada grandeza são definidas. Isso não significa que outras unidades não possam ser utilizadas, mas faz com que quando as unidades estejam no S.I. as unidades derivadas sejam mais corretamente conhecidas e as medidas mais facilmente percebidas.

Portanto, o S.I. é um sistema que determina unidades específicas para cada grandeza relacionada. Por exemplo, pode-se medir o comprimento de uma rua em quilômetro (km), em centímetros (cm), em polegadas (pol), entre outros, no entanto, se se usa o S.I., necessariamente esta medida será feita em metros (m).

Estudando Física, muitas vezes se depara com algumas unidades fundamentais. Além das que vimos anteriormente, segue abaixo uma tabela que indica outras grandezas físicas e suas unidades no S.I. que serão utilizadas no decorrer do curso e também no nosso cotidiano.

Tabela 1.1: Algumas grandezas físicas e suas respectivas unidades no sistema internacional

Grandeza	Unidade no S.I.	Símbolo
Tempo	segundo	s
Massa	quilograma	kg
Comprimento	metro	m
Força	newton	N
Velocidade	Metro por segundo	m/s
Energia	joule	J
Temperatura	kelvin	K
Corrente elétrica	ampere	A
Potência	watt	W
Diferença de potencial	volt	V

Resumo

Nesta aula você estudou sobre algumas grandezas físicas e suas unidades. Estudou também a relação entre a importância de conhecê-las e a comunicação entre as pessoas. Ficou sabendo que toda grandeza física possui um padrão determinado e que este padrão serve de base para o comércio, a indústria e demais ramos da economia e da ciência.



Atividades de aprendizagem

1. Pesquise em livros, sites, com amigos e responda: Quantos quilos tem uma arroba? Uma saca de arroz, em média, tem quantos quilogramas?

2. Olhe a **tabela 1.1**, existe alguma grandeza física que você conhece mas não consta na tabela? Caso exista, procure a unidade desta grandeza no sistema internacional e também outras unidades pelas quais ela é representada.

3. Complete:

- a) Os Institutos de _____ devem certificar determinados equipamentos de medida.
- b) O _____ é a unidade de massa no Sistema Internacional de Unidades.
- c) Uma hora é representada igualmente por _____ segundos.

Anotações

Aula 2 – Centímetros, Quilômetros, milímetros?

Por que são diferentes?

A vantagem de reconhecer os números e suas representações

Nesta aula, em continuação a anterior, você verá que algumas medidas podem ser analisadas apenas por sua ordem de grandeza e não necessariamente por seu valor real, reconhecerá também como representar um grande número de forma mais simplificada, além de reconhecer várias medidas e relacioná-las ao sistema internacional de unidades. O principal objetivo desta aula é que você reconheça medidas, saiba utilizá-las e perceba quando e de que forma cada prefixo pode ser utilizado.

2.1 Prefixos e notação científica

Na aula anterior foi discutida a padronização de algumas grandezas físicas. Aqui serão estudadas grandezas derivadas, ou seja, aquelas que surgem de duas ou mais grandezas e também os valores intermediários de cada unidade, isto é, você verificará a relação existente entre um centímetro (cm) e um metro (m), por exemplo.

Você viu, na aula passada, que no S.I. a unidade de massa é o quilograma (kg), a unidade de tempo é o segundo e a unidade de comprimento é o metro. No entanto, você já deve ter ouvido falar em distância entre duas cidades como sendo medida em quilômetros (km), assim como, muito provavelmente já ouviu falar que certa pessoa levou 2 horas para concluir uma tarefa. Portanto, muitas medidas, além de terem suas unidades em um sistema que seja mais padronizado, elas podem também ser representadas por outras unidades.

Estas unidades ou são relacionadas com as unidades do S.I. por algum valor ou são representadas por algum prefixo, isso é, antes da unidade padrão existe uma palavra que indica o valor numérico que deve ser aplicado a unidade para você conhecer seu valor real. Talvez por esta explicação você não consiga compreender de fato o que é um prefixo, portanto, abaixo serão apresentados alguns exemplos que devem tornar a compreensão mais fácil.

EXEMPLO 1: Quanto mede 20 centímetros de fio no S.I.?

Você verificou, anteriormente, que comprimento, no sistema internacional de unidades, é representado pela unidade metro, assim, precisa-se relacionar o centímetro com o metro.

Centi é um prefixo que vem de centésimo, significa que o centímetro é a centésima parte do metro, ou seja, **1cm = 0,01m** que pode também ser representado, da seguinte forma, chamada de notação científica: **0,01m = 10^{-2} m**. Perceba que o expoente, ou número ao qual o 10 é elevado, representa exatamente a quantidade de dezenas que são multiplicadas ou divididas por uma unidade.

Para visualizar melhor e compreender a situação, segue outro exemplo:

20cm = 0,20m = 20/100m = $20 \cdot 10^{-2}$ m, ou seja, como o 20 estava dividido por 100, já que 20 cm representa 20 centésimos do metro, para fazer a notação exponencial você precisa multiplicar por 10^{-2} para garantir que os números sejam os mesmos. Através do mesmo raciocínio, mas de forma inversa, você pode escrever quanto vale 0,01cm em metro?

Alguns prefixos importantes e a quantidade que eles representam, seguem na tabela abaixo:

Tabela 2.1: Prefixos e a quantidade que representam

Prefixo	Valor	Notação Científica correspondente
Centi (c)	0,01	10^{-2}
Mili (m)	0,001	10^{-3}
Micro (μ)	0,000001	10^{-6}
Pico (p)	0,000000001	10^{-9}
Deca (da)	10	10^1
Quilo (k)	1000	10^3
Mega (M)	1000000	10^6
Giga (G)	1000000000	10^9

EXEMPLO 2: E a unidade de tempo? Qual a relação entre a hora e o segundo?

Você já deve ter percebido, em um relógio de ponteiros, que a cada pequeno deslocamento de um minuto do ponteiro de minutos, o ponteiro dos segundos percorre uma volta completa. Assim, fica fácil perceber que 1 minuto

corresponde a 60 segundos e da mesma forma, 1 hora corresponde a 60 minutos, portanto, em valores matemáticos tem-se:

$$1 \text{ hora} = 60 \text{ minutos} = 60 \cdot 60 \text{ segundos} = 3600 \text{ segundos}$$

EXEMPLO 3: E 100g de amendoim, quanto representa na unidade padrão internacional?

Da mesma forma que foi vista quando falado sobre comprimento, aqui também os prefixos serão usados. Para facilitar a compreensão, verifique a tabela a seguir.

Tabela 2.2: Mudança de prefixos

quilograma (kg)	hectograma (hg)	decagrama (dag)	grama (g)	decigrama (dg)	centigrama (cg)	miligrama (mg)
1	0	0	0	0	0	0
			1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1			

Você consegue perceber que $1 \text{ kg} = 10 \text{ hg} = 100 \text{ dag} = 1000 \text{ g} = 10000 \text{ dg} = 100000 \text{ cg} = 1000000 \text{ mg}$, ou da mesma forma $1 \text{ kg} = 10^1 \text{ hg} = 10^2 \text{ dag} = 10^3 \text{ g} = 10^4 \text{ dg} = 10^5 \text{ cg} = 10^6 \text{ mg}$?

Assim, respondendo a pergunta inicial, quanto vale 100g em kg? Perceba, pela última linha da tabela que **1g equivale a 0,001kg ou 10^{-3} kg** , assim, fazendo da mesma maneira, você deve perceber que **100g = 0,1 kg = 10^{-1} kg** .

2.2 Ordem de grandeza

Enquanto você trabalha com medidas como 1kg de arroz ou 1000 kg de aço, algumas pessoas fazem medidas de massa da Terra, ou massa da Lua, ou então raio de um átomo, que para o cotidiano da maioria das pessoas são medidas muito grandes ou muito pequenas.

Para estas medidas, muitas vezes, é importante apenas que você estime seu valor, não necessariamente conhecendo seu valor real, mas apenas definindo sua ordem de grandeza. E o que é a ordem de grandeza? De forma generalizada, é a potência de dez mais próxima do valor de um número, portanto, sabendo que a distância entre a Terra e a Lua é de $3,8 \cdot 10^8 \text{ m}$, a

ordem de grandeza da distância entre a Terra e a Lua é 10^8 ou 100.000.000. Isso mostra que saber se o valor real é 3,8; 3,9 ou 5 não faz muita diferença, frente a enorme distância entre o planeta e seu satélite.

Perceba que se o tamanho dos planetas influenciar na medida, então é importante usar valores reais. A ordem de grandeza serve, muitas vezes, apenas para fazermos algumas estimativas.

2.3 Unidades derivadas

Até agora você analisou grandezas como comprimento, tempo e massa. Mas, com certeza, já ouviu falar em peso, velocidade, aceleração, energia. Todas estas grandezas e muitas outras, são grandezas físicas que possui unidades derivadas, isso significa que elas derivam de alguma grandeza fundamental que tem apenas uma unidade.

Por exemplo, a velocidade é uma grandeza física cuja unidade no S.I. é m/s, ou seja, ela é derivada de comprimento e tempo. Já a unidade newton (N) é a que representa, no S.I. a grandeza física força, no entanto, newton é um nome específico dado a multiplicação de unidades $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$. Portanto, como você pode perceber, força deriva também de grandezas como massa, comprimento e tempo.

O fato de, na maioria das vezes, se utilizar o sistema internacional de unidades (S.I.) além do que já foi explicado anteriormente, serve também para que quando unidades derivadas sejam utilizadas, possa-se usar as unidades específicas, sem que uma grande confusão de valores seja feita. Isto é, se você necessita encontrar a força que deve aplicar em um automóvel para que ele saia do lugar e usa a massa em grama ao invés de quilograma e no final, indica que a força está em newton, vai fazer força e não conseguirá movimentar o carro, afinal, seus cálculos foram errados devido a mudança de unidade.

Esse fato pode ser um grande problema quando se faz cálculos para, por exemplo, construções de máquinas, imóveis, pontes, entre outras. Por isso, usar o S.I. é sempre mais recomendável.

Resumo

A partir do que foi estudado nesta aula você deve ser capaz de estimar a ordem de grandeza de várias medidas, além de saber representar um número em forma de notação científica. A partir do que hoje foi estudado você também saberá transformar unidades de grandeza em grandezas do sistema internacional de unidades (S.I.).

Aula 3 – De que fatores depende a velocidade de um corpo?

Nesta aula vamos iniciar um estudo a respeito do movimento. O objetivo principal é entendermos o significado das grandezas que servem para definir se um corpo está ou não em movimento. Veremos que medidas de distâncias e de tempo podem ser úteis para verificar o quão rapidamente um corpo se desloca.

3.1 O movimento

Com já vimos, a física se preocupa em estudar os fenômenos da natureza. Um dos fenômenos mais comuns é o movimento. O movimento dos corpos é perceptível todos os dias, por exemplo: vemos o Sol e a Lua nascendo e se pondo todos os dias, percebemos o movimento das nuvens no céu, o movimento do ar e o movimento das pessoas e automóveis todos os dias.

O fato de um corpo estar em movimento ou repouso depende do sistema de referências adotado. Se o sistema de referências é a Terra, o Sol é quem está em movimento, caso contrário, se o referencial é o Sol, quem se movimenta é a Terra.

A ideia de referencial em Física é extremamente importante, sem este conceito é impossível determinar se um corpo está em repouso ou movimento.

3.2 Distância Percorrida e Deslocamento

Se um corpo está em movimento em relação a um sistema de referências, a sua posição muda no decorrer do tempo em relação a este sistema. Ao conjunto das sucessivas posições descritas por este corpo dá-se o nome de distância percorrida (D). Na realidade esta linha formada pelos pontos que indicam as posições do corpo é conhecida como trajetória.

Exemplo 1: Considere uma motocicleta que se move desde o prédio A até à casa B, segundo a trajetória representada na figura. Se o prédio A é o ponto zero da trajetória, a casa B é o ponto 50km desta trajetória.

A distância percorrida corresponde, portanto, a medida do trajeto desenvolvido pelo corpo em relação a um determinado sistema de referências.

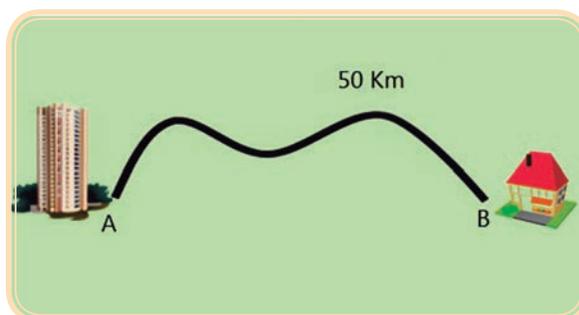


Figura 3.1: Distância percorrida

Fonte: <http://www.aulas-fisica-quimica.com>

Enquanto a distância percorrida só pode ter valor nulo ou positivo, o deslocamento de um corpo pode ter valor negativo. Isto ocorre porque o deslocamento é uma grandeza física relacionada a diferença em linha reta entre a posição final e a posição inicial de um corpo. Portanto, não depende da trajetória, mas apenas das posições ocupadas pelo corpo nos instantes inicial e final.

Retornemos ao exemplo anterior, o ponto de partida do motociclista é o ponto A e o ponto de chegada é o ponto B. O deslocamento (d) efetuado pelo corpo é a medida em linha reta da diferença entre estes dois pontos.

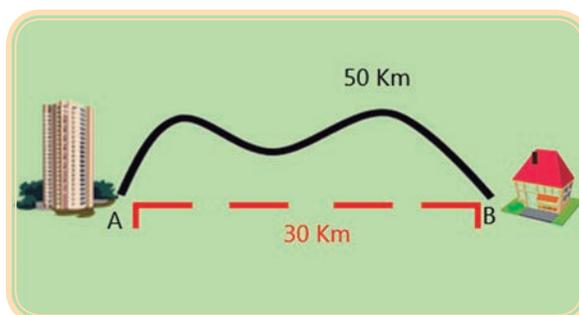


Figura 3.2: Deslocamento

Fonte: <http://www.aulas-fisica-quimica.com>

Assim, e observando a figura, apesar do motociclista ter percorrido uma distância de 50Km, o seu deslocamento é apenas de 30Km.

Observe que para determinar o deslocamento de um corpo, não precisamos saber qual a trajetória do corpo, nem precisamos saber por onde o corpo passou, é importante saber apenas da onde partiu e aonde chegou. No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida para deslocamento e distância percorrida é o metro (m).

Se chamarmos a posição final de X_f e a posição inicial de X_i , o deslocamento de um corpo ΔX é dado por :

$$\Delta X = X_f - X_i$$

3.3 Velocidade

Voltemos ao exemplo do motociclista: Se o motociclista parte às 8 horas da manhã de uma cidade que está situada a 30km de uma rodovia. Às 10 horas da manhã ele chega ao seu destino, uma cidade situada a 150km de onde tinha partido. De posse dessas informações, podemos calcular a velocidade média do motociclista. Mas, o que significa este valor, uma vez que ao longo do movimento a velocidade do motociclista pode aumentar ou diminuir?

O valor da velocidade média nos fornece a rapidez com que o motociclista deve movimentar-se durante todo o trajeto para que chegue ao seu destino no tempo determinado. Neste caso, o valor indica a velocidade ideal, uma vez que com freadas e ultrapassagens, a velocidade do motociclista varia, ocorrendo portanto momentos de diminuição e aumento da velocidade ao longo do movimento.

A **velocidade escalar média** é definida como a razão da variação da posição do móvel pela variação do tempo gasto para percorrer o trajeto. Matematicamente temos:

$$V_m = \Delta S / \Delta t$$

Sendo que :

- ΔS é a variação da posição do móvel: $\Delta S = S_f - S_i$
- Δt é a variação do tempo: $\Delta t = t_f - t_i$

A unidade de medida da velocidade média no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o m/s (metro por segundo). Como a unidade usual para medir velocidade média é o quilômetro por hora (Km/h), podemos converter as unidades usando o fator 3,6.

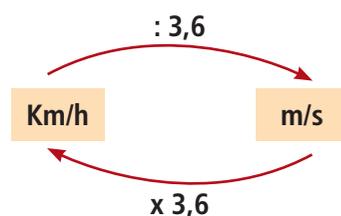


Figura 3.3: Conversão de unidade de velocidade
Fonte: Acervo do autor

E o que é a velocidade escalar instantânea?

A velocidade escalar instantânea é a velocidade em determinado instante. Para determinar a velocidade instantânea devemos considerar um intervalo de tempo muito pequeno, tendendo a zero, dessa forma, conseguimos saber com que rapidez um corpo muda de posição num certo instante de tempo.

Resumo

Nesta aula você estudou uma forma de determinar se um objeto está ou não em movimento, a cinemática escalar. No contexto da cinemática escalar conhecendo a distância percorrida e o tempo utilizado para este deslocamento é possível determinar a velocidade.



Atividades de aprendizagem

1. Uma pessoa ao cair de uma escada, vê o chão se aproximando do seu rosto. É correto dizer que o chão se movimentou em direção ao rosto da pessoa? Justifique sua resposta.

2. Analisando o exemplo do motociclista, determine a distância percorrida pelo motociclista considerando o movimento de ida do prédio A até a casa B e o posterior retorno ao prédio A.

Aula 4 – Aceleração: Por que a diferença entre pisar no acelerador ou no freio é apenas uma questão de sinal?

Nesta aula estudaremos uma grandeza associada à variação da velocidade, trata-se da aceleração. Vamos entender que os atos de frear ou de acelerar um carro, por exemplo, são diferenciados por um sinal, mas a ideia é a mesma: variar a velocidade.

4.1 Variação da Velocidade

Na aula anterior, estudamos o movimento retilíneo uniforme que é caracterizado pelo fato do móvel realizar uma trajetória retilínea e sua velocidade permanecer constante durante todo o movimento.

Mas, como sabemos a maioria dos movimentos não ocorrem com velocidade constante. Ou seja, durante o movimento de um carro ou de uma pessoa, a velocidade varia no decorrer do tempo. A esta variação da velocidade de um móvel no decorrer do tempo dá-se o nome de aceleração.

Portanto, quando um movimento apresenta variação da sua velocidade, ao longo do tempo, o movimento é um movimento variado, isto é, apresenta aceleração. Os movimentos que apresentam um aumento da velocidade no decorrer do tempo são chamados de movimentos acelerados. Enquanto que os movimentos que apresentam uma diminuição da velocidade no decorrer do tempo são chamados de movimentos retardados.

4.2 Calculando a Aceleração

A aceleração média de um ponto material ou corpo em movimento pode ser calculada pela equação:

$$a_m = \Delta V / \Delta t$$

Onde a_m é a aceleração média, ΔV é a variação da velocidade e Δt é a variação do tempo.

Note que a unidade da aceleração é o m/s^2 (metro por segundo ao quadrado), pois a variação é dada em metros por segundo e o intervalo de tempo é dado em segundos.

A aceleração média está relacionada a um intervalo de tempo Δt , enquanto que a aceleração instantânea está ligada a um instante de tempo t . Dessa forma, a aceleração instantânea fornece o valor da aceleração num instante de tempo determinado enquanto que a aceleração média não necessariamente indica a aceleração real de um móvel num determinado instante de tempo.

Exemplo 1:

1. Um carro de fórmula Indy partindo do repouso atinge a velocidade de 100m/s em 10s. Qual será a aceleração média deste móvel nos 10s?

Vamos primeiro observar uma tabela que descreve a velocidade do móvel nos 10s de movimento:

Tabela 4.1: Velocidade do móvel em função do tempo

Tempo (s)	Velocidade (m/s)
0	0
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50
6	60
7	70
8	80
9	90
10	100

Observando a tabela notamos que a velocidade do carro aumenta de 10m/s em 10m/s a cada segundo. Este valor indica a aceleração do carro e pode ser encontrado utilizando a seguinte equação:

$$a_m = 100\text{m/s} / 10\text{s}$$

$$a_m = 10\text{m/s}^2$$

Agora, faça você: Um móvel tem velocidade de 72Km/h. Após 10s sua velocidade muda para 54km/h. Calcule sua aceleração escalar média em m/s^2 . (Dica- Lembre-se que para transformar a velocidade de km/h em m/s utiliza-se o fator 3,6).

Os movimentos em que a velocidade aumenta em módulo no decorrer do tempo são chamados de movimentos acelerados. Isto significa que a velocidade e aceleração tem o mesmo sinal. Os movimentos em que a velocidade diminui em módulo no decorrer do tempo são chamados de movimentos retardados, ou seja, a velocidade e a aceleração têm sentidos contrários.

Tanto o ato de pisar no acelerador do carro quanto o ato de pisa no freio estão ligados à manifestação de uma aceleração. Quando pisamos no acelerador o carro possui aceleração no mesmo sentido da velocidade. Por outro lado, quando pisamos no freio, o carro está sofrendo uma aceleração contrária à velocidade.

Resumo

Nesta você foi apresentado ao conceito de aceleração, que está relacionado à variação da velocidade. Percebemos que frear ou acelerar um carro são eventos que se diferem pelo sentido da aceleração.

Atividades de aprendizagem



1. Para um movimento acelerado, a variação da velocidade é positiva ou negativa? E para um movimento retardado?

2. O que significa a grandeza metro por segundo ao quadrado?

Aula 5 – O que é uma força? É possível que um objeto esteja em movimento sempre esteja sendo aplicada uma força sobre ele?

Os conceitos que estudamos nas aulas anteriores serviram para identificarmos a manifestação de um movimento, mas não falamos sobre as causas dos movimentos. Nesta aula iniciaremos uma série de estudos sobre as causas do aparecimento de aceleração. Trata-se do estudo da força, que será encaminhado por meio das Leis de Newton.

5.1 Primeira Lei de Newton: Princípio da Inércia

As três leis de Newton constituem os três pilares fundamentais do estudo dos movimentos dos corpos que se movimentam com velocidades desprezíveis em relação à luz, ou seja velocidade que podemos atingir no cotidiano andando a pé, de carro ou de barco.

Leia e reflita sobre as seguintes situações do cotidiano:

- Quando estamos dentro de um carro, e este contorna uma curva, nosso corpo tende a permanecer se movimentando na mesma direção a que estava submetido antes da curva, por isso nos sentimos “jogados” para o lado contrário à curva.
- Quando estamos em um carro em movimento e este freia repentinamente, nos sentimos como se fôssemos atirados para frente, isto ocorrer porque nosso corpo tende a continuar em movimento.

A explicação para estas ocorrências é dada pela primeira lei de Newton, também conhecida como lei da Inércia. De acordo com esta lei: “Um corpo em repouso tende a permanecer em repouso, e um corpo em movimento tende a permanecer em movimento.”

5.2 Quando surgiu a Primeira Lei

Vamos voltar um pouquinho no tempo e compreender como essa lei foi elaborada e enunciada.

Durante séculos o estudo do movimento e suas causas tornou-se o tema central da Física, até então conhecida como Filosofia Natural. Porém, foi apenas na época de Galileu Galilei (1554-1642) e Isaac Newton (1642-1727) que este estudo teve um grande progresso.

O inglês Isaac Newton, nascido no natal do ano da morte de Galileu, foi o principal responsável pela sistematização dos conhecimentos a respeito da força. Aparentemente, Newton desenvolveu seu trabalho tendo como uma de suas bases os estudos realizados por Galileu. Em 1686 ele publicou o livro *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis* e enunciou a essência das três leis, que regem os movimentos dos corpos.

Antes de Galileu e de Newton, a maioria dos pensadores acreditava que um corpo em movimento encontrar-se-ia num estado forçado, enquanto que o repouso seria o seu estado natural. A experiência diária parece confirmar essa afirmativa.

Quando depositamos um livro sobre uma mesa é fácil constatar seu estado natural de repouso. Se colocarmos o livro em movimento, dando-lhe apenas um rápido empurrão, notamos que ele não irá se mover indefinidamente: o livro deslizará sobre a mesa até parar. Ou seja, é fácil observar que cessada a força de empurrão da mão, o livro retorna ao seu estado natural de repouso. Logo, para que o livro mantenha-se em movimento retilíneo uniforme (com velocidade constante) é necessária a ação contínua de uma força de empurrão.

Galileu, contudo, foi contra essa ideia de o movimento ser um estado necessariamente forçado, argumentando que o livro, por exemplo, só interrompeu seu deslizamento (vindo a parar) em razão da existência de atrito com a mesa. Isto é, se lançássemos o livro sobre uma mesa menos áspera, haveria menos resistência ao seu deslizamento. Portanto, se o seu lançamento ocorresse sobre uma mesa perfeitamente polida, livre de atritos, o livro manter-se-ia em movimento retilíneo com velocidade constante indefinidamente, sem a necessidade de estar sendo continuamente empurrado.

5.3 Inércia

Em virtude das observações discutidas a pouco, Galileu concluiu ser uma tendência natural dos corpos, a manutenção de seu estado de repouso ou de seu estado de movimento retilíneo uniforme, dando aos corpos uma propriedade denominada *inércia*.

De acordo com Galileu, todo corpo em repouso tende a permanecer em repouso e todo corpo em movimento tende a permanecer em movimento retilíneo uniforme (em linha reta e com velocidade constante). No exemplo anteriormente citado de uma pessoa em pé no interior de um ônibus, quando o ônibus arranca, o passageiro por inércia tende a permanecer em repouso em relação ao solo terrestre (**Figura 5.1-a**) e quando o ônibus freia, a tendência da pessoa é continuar em movimento, por isso é impulsionada para frente (**Figura 5.1-b**).

a)



b)



Figura 5.1: Exemplo de manifestação da Inércia

Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br>

Por isso, é muito importante usar o cinto de segurança nos automóveis, pois ele tem a função de proteger o passageiro da inércia de seu movimento, no caso de uma freada brusca ou de uma colisão.

O princípio da Inércia ou primeira Lei de Newton pode ser enunciado da seguinte forma: *“Todo corpo continua no estado de repouso ou de movimento retilíneo, a menos que seja obrigado a mudá-lo por forças a ele aplicadas”* (Tradução do Principia).

Logo, podemos esquematizar o princípio da inércia assim:

$$\mathbf{F}_R = 0 \rightarrow \text{velocidade constante} \rightarrow \text{MRU}$$

Como já estudamos, nas diversas situações que iremos analisar precisamos de um sistema de referências, em geral usamos um sistema de referências inercial. Um sistema de referência inercial é aquele relativo ao qual um corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, quando nenhuma força ou resultante de forças atue sobre ele.

Normalmente, adota-se como sistema de referência inercial todo sistema de referência em repouso ou em translação retilínea e uniforme em relação às estrelas fixas, que são estrelas que aparentam manter fixas suas posições no céu após muitos séculos de observações astronômicas.

Para a grande parte dos problemas de Dinâmica, envolvendo movimentos de curta duração na superfície terrestre, podemos considerar um sistema de referência fixo na superfície da Terra como inercial. Muito embora, a Terra não seja um perfeito referencial inercial por causa da sua rotação e translação curvilínea. Em todas as situações anteriormente descritas, o sistema de referências é inercial, portanto, estão sendo analisados em relação ao solo terrestre.

Resumo

Nesta aula você estudou a Primeira Lei de Newton e suas consequências. Esta lei indica que se um objeto está em repouso ou em movimento com velocidade constante é por que todas as forças que atuam sobre ele estão anuladas.



Atividades de aprendizagem

1. De acordo com essa lei, é possível concluir então que um corpo só altera seu estado de inércia, se alguém, ou alguma coisa aplicar nele uma força resultante diferente de zero?

2. Um barco acelerando ou freando constitui um referencial inercial? Justifique sua resposta.

Aula 6 – Um consolo: Sabia que ao acertar uma martelada em seu dedo, você está revidando com uma *dedada* no martelo?

Nesta aula vamos analisar o efeito da atuação de forças quando dois corpos estão encostados, trata-se da Terceira Lei de Newton. A ideia é contemplar a manifestação de um princípio físico que quase virou ditado popular: *a toda ação temos uma reação*.

6.1 Terceira Lei de Newton

A primeira lei de Newton, como vimos, afirma que um objeto pode manter seu estado de movimento se o conjunto das forças que atua sobre ele for nulo. Acontece que a aplicação de uma força está relacionada à existência de dois corpos que podem estar ou não em contato. Afinal, força é o resultado da interação entre dois corpos, um que aplica e outro que recebe esta força.

Em um seriado exibido na televisão dois garotos lembravam uma briga entre eles. Depois de tanto conversarem amistosamente começaram a discutir:

- *Você lembra daquele soco que te dei no nariz?*
- *Que soco?*
- *Aquele que eu te dei e fiz, até, sair sangue do seu nariz!*
- *Ah... Aquele... Mas não foi você que me deu um soco no nariz, mas foi eu quem deu uma narigada na sua mão!*

Se você respondeu que os dois garotos estavam certos, acertou. Se você respondeu que apenas o primeiro estava certo, o objetivo desta aula é explicar por que os dois estavam corretos.

Em seus estudos, Isaac Newton percebeu que a toda força aplicada sobre um corpo, este correspondia aplicando sobre o primeiro uma outra força, chamada por ele de reação. Essa lei, também conhecida como lei da ação e reação, é hoje chamada de terceira lei de Newton. O enunciado da terceira lei diz que: *A toda ação corresponde uma reação, de mesmo módulo, mesma direção e de sentidos opostos*.

Observe a seguinte gravura:

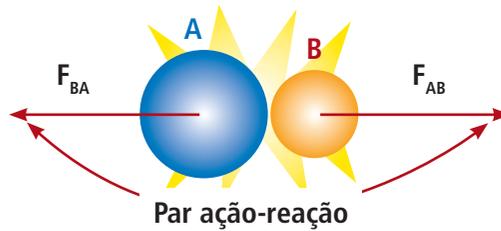


Figura 6.1: Ação e reação

Fonte: Adaptado de www.portalsaofrancisco.com.br

Nesta figura (**Figura 6.1**) temos o choque entre duas bolinhas de tamanhos diferentes. Quando elas se colidem, ambas exercem forças uma sobre a outra, e após o choque cada uma segue seu caminho. Como as forças são grandezas vetoriais, tanto a força F_{BA} quanto a força F_{AB} possuem mesmo módulo, mesma direção, porém sentidos contrários (bolinha A dirige-se à esquerda e a bolinha B, à direita).

A uma ação sempre se opõe uma reação igual, ou seja, as ações de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e se dirigem a partes contrárias. Sempre que dois corpos quaisquer A e B interagem, as forças exercidas são mútuas. Tanto A exerce força em B, como B exerce força em A.

6.2 Caracterizando a terceira lei

Analise as situações abaixo:



Figura 6.2: Ação e reação no ato de empurrar uma mala

Fonte: <http://cepa.if.usp.br>

Primeira Situação: Na figura, o rapaz empurra o carrinho e este se move. Como vimos, o carrinho também empurra o rapaz. Explique então, por que o rapaz não está se movimentando? As forças não têm a mesma intensidade?

Segunda Situação: Um nadador para se deslocar para frente empurra a água para trás, e, esta por sua vez, o empurra para frente. Por que neste caso, diferente do anterior, ele consegue se movimentar?

Sabemos que força é fruto da interação, ou seja, uma força atuante em um corpo representa a ação que este corpo recebe de outro corpo. Newton percebeu que toda ação estava associada a uma reação, de forma que, numa interação, enquanto o primeiro corpo exerce força sobre o outro, também o segundo exerce força sobre o primeiro. Assim, em toda interação teríamos o nascimento de um par de forças: o *par ação-reação*.

Quando consideramos a terceira lei de Newton, não podemos esquecer que as forças de ação e reação:

- estão associadas a uma única interação, ou seja, correspondem às forças trocadas entre apenas dois corpos;
- têm sempre a mesma natureza (ambas de contato ou ambas de campo), logo, possuem o mesmo nome (o nome da interação);
- atuam sempre em corpos diferentes, logo, não se equilibram.

Observe nas figuras abaixo os seguintes pares ação-reação de algumas interações:

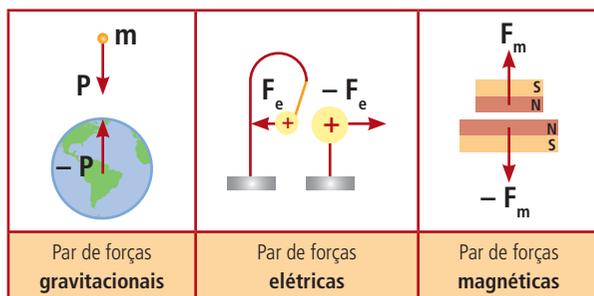


Figura 6.3: Par ação e reação

Fonte: Adaptado de www.portalsaofrancisco.com.br

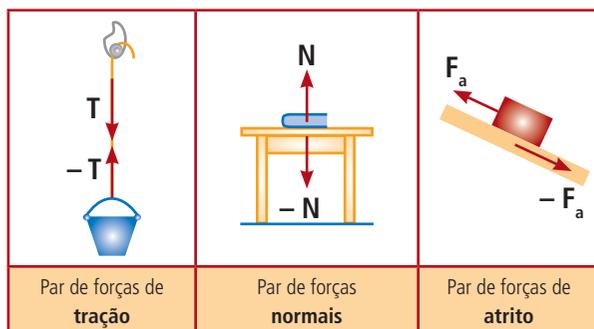


Figura 6.4: Par ação e reação

Fonte: Adaptado de www.portalsaofrancisco.com.br

Observando todos estes sistemas que constituem ação e reação você pode voltar à questão que abriu esta aula. De fato você acerta o martelo com a mesma força que o acerta, o problema é que o martelo não sente dor!

Resumo

Nesta aula você aprendeu que quando dois corpos se tocam a interação entre eles pode se explicada por meio da Terceira Lei de Newton. Por meio desta lei estudamos o comportamento das forças que dois corpos trocam quando estão em contato. Quando um martelo bate em um prego, por exemplo, a força feita pelo martelo é igual e contrária à força feita pelo prego sobre o martelo.



Atividades de aprendizagem

1. Qual dos dois garotos mencionados no início estava certo?

2. O que acontece com um bloco que está em repouso sobre a superfície de uma mesa no planeta Terra. O bloco atrai a Terra e a Terra atrai o bloco? Por que ambos não se movem?

Aula 7 – Qual é o efeito da aplicação de uma força sobre um corpo?

Nessa aula vamos estudar o efeito mais simples da aplicação de uma força sobre um corpo: a aceleração. Veremos que um movimento com velocidade variável é causado pela manifestação de uma força. Nossos estudos serão encaminhados pela Segunda Lei de Newton.

7.1 Segunda Lei de Newton

O princípio da inércia afirma que um corpo só pode sair de seu estado de repouso ou de movimento retilíneo com velocidade constante se sobre ele atuar uma força resultante que não seja nula. Portanto, se alguma força resultante diferente de zero atuar em um corpo, este entra em movimento com velocidade variável.

Como já vimos, se a velocidade de um corpo varia no decorrer do tempo, isto significa que ele tem aceleração. Por exemplo, se quisermos acelerar um corpo desde o repouso até 36Km/h em um intervalo de tempo de 30s, devemos aplicar uma força sobre ele que permita esta aceleração. A intensidade desta depende também da massa do corpo.

Intuitivamente sabemos que se este corpo for um carro, é evidente que a força necessária será muito menor do que se fosse um caminhão. Logo, quanto maior a massa do corpo, maior deverá ser o valor da força necessária para que ele alcance uma determinada aceleração. A relação matemática entre a força aplicada a um corpo e a aceleração a que ele fica sujeito foi obtida por Isaac Newton e constitui a segunda lei de Newton ou princípio fundamental da dinâmica.

7.2 Equacionando a Segunda Lei

Se diante a questão proposta a pouco você respondeu diretamente proporcionais é porque já chegou à conclusão que para uma dada força resultante externa F , quanto maior a massa m do corpo tanto menor será a aceleração a adquirida. Em termos matemáticos:

$$F = m a$$

Esta equação introduz a noção de grandeza vetorial. Uma grandeza vetorial é definida pela intensidade, direção e sentido. Portanto, a aceleração adquirida pelo corpo está na mesma direção e sentido da aplicação da força.

No Sistema Internacional de Unidades (S.I.) a unidade de força é o newton (N):

$$1 \text{ N} = 1 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}^2.$$

Por definição, o newton é a força que produz uma aceleração 1 m/s^2 de quando aplicada em uma massa de 1 Kg .

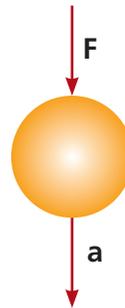


Figura 7.1: Segunda Lei de Newton
Fonte: Acervo do autor

7.3 Aplicações da Segunda Lei

A segunda lei de Newton explica o porquê dos objetos ficarem presos à superfície da Terra. Todos os corpos próximos a superfície da Terra estão sujeitos a uma aceleração que é a aceleração gravitacional sempre dirigida para o centro da Terra, logo temos que sobre todos os corpos atua uma força dirigida para o centro da Terra denominada peso. A aceleração gravitacional próximo a superfície da Terra é de aproximadamente $9,8 \text{m/s}^2$.

Podemos encontrar os objetos sobre rampas inclinadas em relação ao solo, neste caso devemos tomar alguns cuidados ao analisar esta situação. Primeiramente devemos considerar que os objetos quando apoiados em uma superfície estão sujeitos a uma força de contato chamada de força normal de contato (N). Esta força recebe este nome pois faz um ângulo de 90° entre a superfície o corpo e é responsável por impedir o movimento do corpo em direção ao centro da Terra, pois em geral equilibra a força peso, com exceção quando há inclinação entre a superfície e o solo, como vemos na figura abaixo:

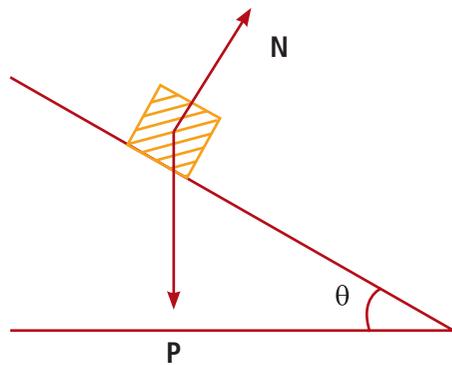


Figura 7.2: Plano Inclinado

Fonte: Adaptado em www.portalsaofrancisco.com.br

Se considerarmos que existe um ângulo α entre a superfície da rampa e o solo, então a força peso pode ser decomposta em componentes nas direções paralela (x) e perpendicular (y) a rampa. Observe a figura abaixo.

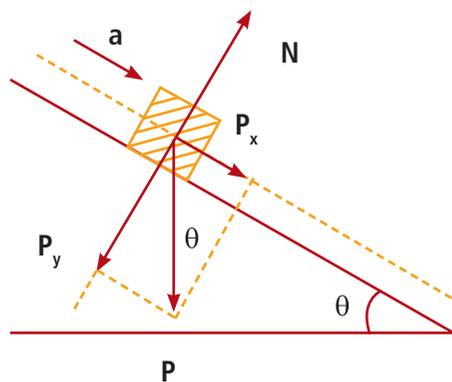


Figura 7.3: Componentes da força peso

Fonte: Adaptado de www.portalsaofrancisco.com.br

Portanto, a aceleração adquirida pelo corpo sobre a rampa no movimento decorre apenas da componente do peso na direção paralela a rampa (P_x). Ou seja,

$$P_x = m a$$

A componente do peso na direção perpendicular a rampa (P_y) equilibra a força normal de contato (N) e garante o equilíbrio nesta direção.

A análise da situação exemplificada no estudo do movimento do corpo na rampa, nos leva a seguinte conclusão:

$$a = g \text{ sen}\theta,$$

isto é "a aceleração com que o bloco desce o plano inclinado independe da sua massa m ".

Por sua vez, a força normal de contato pode ser calculada por :

$$N = mg \cos \theta .$$

Resumo

Nesta aula você estudou a Segunda Lei de Newton. A força aplicada sobre um corpo é diretamente proporcional à sua massa e à aceleração que se manifesta no movimento deste corpo. A força, assim como a aceleração é uma grandeza vetorial, resultado que permite o uso de medidas de um triângulo retângulo para o estudo de forças que atuam em movimentos inclinados.



Atividades de aprendizagem

1. Se a aceleração adquirida por um corpo após a aplicação de uma força é tanto maior quanto maior for a força aplicada. Essas grandezas são direta ou inversamente proporcionais?

2. Na figura abaixo (7.4), determine a direção e o sentido da força e da aceleração da bolinha.

3. Na medida em que o ângulo α para um plano inclinado for aumentando, o que acontece com o valor da aceleração adquirida pelo corpo: aumenta ou diminui? Para qual valor a aceleração é máxima?

4. Calcule a força necessária para fazer o cilindro da figura a seguir se movimentar rampa acima com uma velocidade constante. Considere que o peso do cilindro é de 6 N.

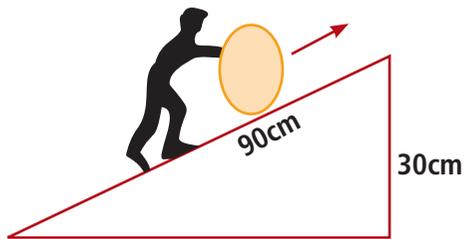


Figura 7.4: Cilindro elevado ao longo de uma rampa.

Fonte: Adaptado de www.portalsaofrancisco.com.br

Aula 8 – Por que quando um barco faz uma curva temos que nos segurar pra não cairmos na água? Por que nossos calçados gastam?

Nesta aula vamos estudar algumas aplicações da Segunda Lei de Newton. Iniciaremos estudando a força centrípeta, que é responsável pelos movimentos com trajetória circular. Também estudaremos a força de atrito, que tipicamente se opõe ao movimento e produz aquecimento e desgaste nos materiais.

8.1 Força Centrípeta

Toda vez que um objeto realiza um movimento circular, ele sofre uma aceleração que é a responsável pela mudança da direção do movimento, e recebe o nome de aceleração centrípeta.

Lembre-se que a primeira Lei de Newton afirma que se sobre um corpo a resultante das forças que atuam sobre ele for nula, ele estará em repouso ou Movimento Retilíneo Uniforme. O movimento circular ocorre mediante a aplicação de uma força, a força centrípeta (F_c). Sem a atuação dessa força, um corpo não poderia executar um movimento circular.

A força centrípeta é calculada por:

$$F_c = m \cdot (v^2/R)$$

sendo:

m	massa do objeto
v	velocidade do objeto
R	raio da trajetória descrita pelo objeto

A força centrípeta é a resultante das forças que agem sobre o corpo, com direção perpendicular à trajetória.

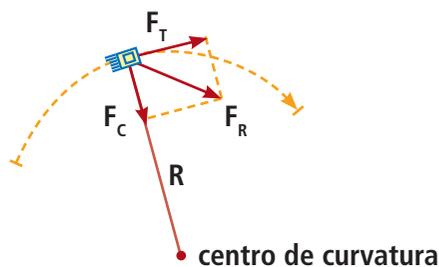


Figura 8.1: Força centrípeta e suas componentes.
 F_t é a força tangencial

Fonte: Adaptado de www.portalsaofrancisco.com.br

8.2 Força Tangencial

A força tangencial está relacionada à variação do valor da velocidade no decorrer do tempo.

Enquanto a força centrípeta é a responsável pela manutenção de um movimento circular, a força tangencial está relacionada à mudança no valor da velocidade de um corpo ao descrever uma trajetória qualquer.

A força centrípeta é a responsável, dentre outras coisas, pelo movimento de uma pedra amarrada a um barbante, que fazemos girar sobre a cabeça; por um carro fazer uma curva em uma estrada; pelos planetas girarem em torno do Sol; e pelos elétrons se movimentarem ao redor do núcleo de um átomo.

Em geral, a força centrípeta resulta da existência de outra força. Por exemplo, no caso do movimento dos planetas em torno do Sol, ela resulta da ação da força gravitacional entre o Sol e os planetas.

Quando estamos em algum meio de transporte, como um barco, por exemplo, e este faz uma curva, a inércia de nosso corpo faz com mantenhamos o movimento na direção tangente à curva. Isto se deve ao fato de que a força centrípeta está atuando no veículo e não nos passageiros, que precisam se segurar firme.

8.3 Forças de Atrito

Todas as superfícies existentes no planeta Terra, até mesmo as mais polidas são extremamente rugosas na escala microscópica. Esta rugosidade muitas vezes impede o movimento de uma superfície sobre a outra. De maneira geral os efeitos da força de atrito são o aquecimento e o desgaste dos materiais que são atritados.

A força de atrito depende de dois fatores: o coeficiente de atrito entre as superfícies (μ) e a força normal de contato (N) entre elas. A força normal de contato é a reação da força que o corpo exerce sobre o plano e depende basicamente do peso do corpo e da inclinação do plano. As **Figuras 8.2 e 8.3** ilustram a força normal em duas situações.

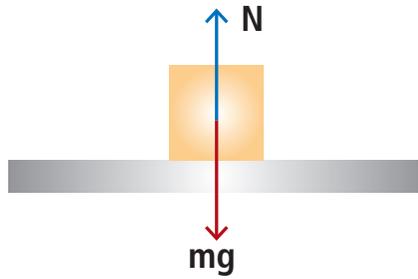


Figura 8.2: Plano horizontal: Se o corpo está em equilíbrio na direção vertical, temos que $N = mg$.

Fonte: Adaptado de www.portalsaofrancisco.com.br



Figura 8.3: Plano Inclinado. Neste caso, $N = mg \cdot \cos\theta$

Fonte: Adaptado de www.portalsaofrancisco.com.br

8.4 Coeficiente de Atrito

A força de atrito (F_a) que atua em um corpo é escrita como:

$$F_a = \mu \cdot N$$

A constante de proporcionalidade μ é um número adimensional chamado de coeficiente de atrito. O valor do coeficiente de atrito depende da interação entre as superfícies e têm valores diferentes para quando o corpo está em repouso (coeficiente estático μ_s) ou movimento (coeficiente cinético μ_k). Os coeficientes estático e cinético são independentes da área da superfície de contato.

Quando o corpo está em repouso ele recebe o nome de coeficiente de atrito estático e quando há movimento, coeficiente de atrito cinético. O coeficiente de atrito estático sempre tem valor maior que o coeficiente de atrito cinético.

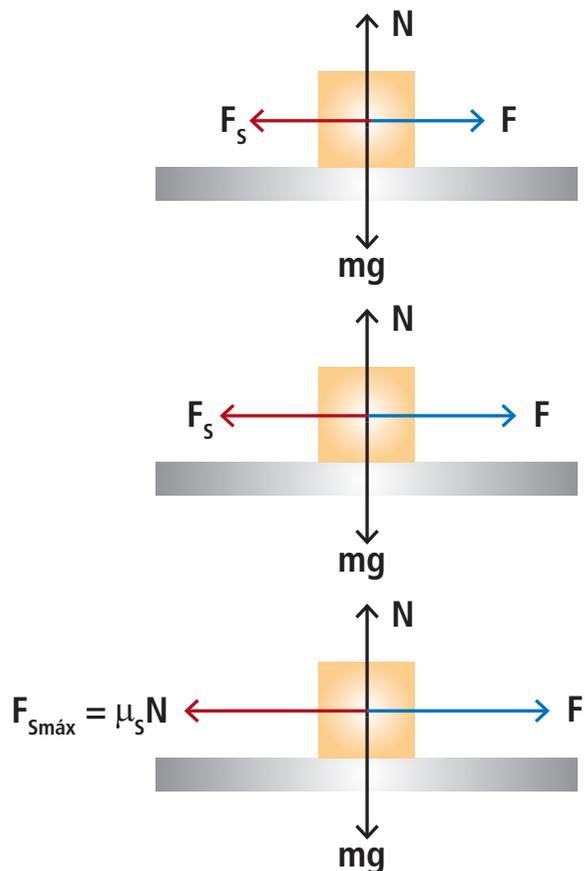


Figura 8.4: Força de atrito
 Fonte: Adaptado de www.portalsaofrancisco.com.br

Como ilustra a **Figura 8.5**, a força **F** aplicada sobre o bloco aumenta gradualmente, porém o bloco permanece em repouso. Como a aceleração é zero a força aplicada é igual e oposta à força de atrito **F_s**:

$$F = F_s$$

A máxima força de atrito corresponde ao instante em que o bloco está a ponto de deslizar:

$$F_{s\text{Max}} = \mu_s N$$

A constante de proporcionalidade μ_s é denominada coeficiente de atrito estático. Os coeficientes estático e cinético dependem das condições de preparação e da natureza das duas superfícies e são quase independentes da área da superfície de contato. A **Tabela 8.1** mostra alguns exemplos de coeficientes de atrito estático e cinético entre algumas superfícies.

Tabela 8.1: Coeficientes de atrito estático μ_s e cinético μ_k entre duas superfícies

Superfícies em contato	μ_s	μ_k
Cobre sobre aço	0.53	0.36
Aço sobre aço	0.74	0.57
Alumínio sobre aço	0.61	0.47
Borracha sobre concreto	1.0	0.8
Madeira sobre madeira	0.25-0.5	0.2
Madeira encerada sobre neve úmida	0.14	0.1
Teflon sobre teflon	0.04	0.04
Articulações sinoviais em humanos	0.01	0.003

Fonte: Serway R. A.. *Física*. Editorial McGraw-Hill. (1992).

Resumo

Nesta aula estudamos duas aplicações da segunda lei de Newton: a força centrípeta e a força de atrito. Aprendemos que a força centrípeta atua sempre na direção do centro da curva que o objeto percorre. Como a força centrípeta atua no veículo, os passageiros precisam se segurar, pois seu corpo tende a manter uma trajetória retilínea, devido à sua inércia. Também estudamos a força de atrito, que atua no contato entre superfícies. Esta força depende da rugosidade e do material de uma superfície. É devido à força de atrito que ocorre o aquecimento e o desgaste de superfícies que são atritadas.

Atividades de aprendizagem

- Pesquise e responda: Qual força, a centrípeta ou tangencial, é responsável pelo início do giro das pás de um ventilador?



Aula 9 – Por que uma faca afiada corta melhor do que uma sem fio?

Esta aula iniciará uma série de estudos a respeito de situações que envolvem fluidos (líquidos ou gases) em repouso, trata-se da *Hidrodinâmica*. Hoje você aprenderá sobre alguns conceitos úteis no estudo do equilíbrio de corpos quando colocados sobre a água. O tema central será o conceito de pressão que, veremos, representa uma distribuição de forças sobre superfícies.

9.1 Fluidos

Os conceitos que estudaremos nesta aula e nas próximas são aplicados em estudos do movimento ou equilíbrio de líquidos ou gases. Estes dois tipos de materiais pertencem a uma classe de materiais chamada de *fluidos*. Todo material que escoar (ou escorre), como a água numa cachoeira, pode ser considerado um fluido. Outro exemplo de fluido é a brisa que sopra do mar, pois é composta pelo ar que escoar na direção do continente.

Uma das áreas da Física que estuda as propriedades dos fluidos é a Hidrostática, onde são estudadas situações ligadas ao chamado *equilíbrio estático* de fluidos (condição em que está em repouso). A *Hidrostática* estuda, por exemplo, em que condições um barco pode flutuar sobre a água. Outra área de estudos dos fluidos em Física é a *Hidrodinâmica*, que estuda o movimento de fluidos. A Hidrodinâmica trata, por exemplo, do estudo do movimento de água no interior de canos em um sistema de irrigação de uma plantação.

Um dos fatores utilizados para estudar o equilíbrio ou ainda o escoamento de um fluido é a pressão. Por isso vamos estudar este conceito e algumas de suas manifestações.

9.2 Pressão

Você já andou de bicicleta na areia da praia? Se sua resposta é sim, deve ter percebido que os pneus afundam na areia. Qual seria a solução? Uma possibilidade seria o uso de pneus mais largos. Mas por quê? Vamos pensar em outra situação e ver se encontramos a resposta. Se você tiver que cortar um pedaço de carne, vai usar uma faca afiada ou uma faca sem afiar? Qual é a diferença da faca afiada para aquela não afiada? Mas qual é a relação entre o fio da faca e largura dos pneus da bicicleta?



Figura 9.1: Qual é a diferença entre o pneu largo e o fino quando se trafega pela areia? Por que a faca afiada corta melhor?

Fonte: Adaptado de www.osmotoqueiros.com.br/?cat=187 e acervo do autor

Note, em ambos os casos há uma diferença entre as áreas de contato. No caso da bicicleta, quanto mais largo for o pneu, menos ele afunda na areia. No caso da carne, o fio da faca afiada é bem mais fino que o fio da faca sem afiar.

O ponto comum entre os dois eventos é então a área de contato (A), pois as forças envolvidas nestes eventos não mudam: o peso do ciclista é sempre o mesmo e a força que você usaria para cortar a carne também. O fato é que quanto menor a área de contato mais fácil afundar ou cortar.

Esta influência da área de contato está ligada a uma grandeza chamada *Pressão*, que é definida como a razão entre a força aplicada e a área onde esta força é aplicada. Esta definição é matematicamente escrita na equação a seguir:

$$P = F/A$$

Como você viu anteriormente, a unidade de medida de força é o Newton (N) e a unidade de medida de área é o metro quadrado (m^2), por isso, a unidade de medida de pressão deve ser Newton por metro quadrado (N/m^2). Para facilitar a leitura das medidas de pressão esta unidade recebeu um nome, o *pascal*. Por isso, no Sistema Internacional (SI) a unidade de pressão é o pascal (Pa), sendo:

$$1N/m^2 = 1Pa$$

Exemplo 1:

Considere um bloco de concreto de massa 100Kg, cujas faces possuem áreas de $2m^2$ e $4m^2$. Qual das faces exerce maior pressão sobre o chão?

Como a massa do bloco é de 1000Kg podemos calcular o seu peso usando $g = 10\text{m/s}^2$ e fazendo:

$$\text{Peso} = 100 \times 10 = 1000\text{N}.$$

Vamos chamar a face de 2m^2 de face 1 e calcularemos a pressão P_1 exercida por esta face:

$$P_1 = 1000 \text{ N} / 2\text{m}^2 = 500\text{Pa}.$$

Adotando o mesmo procedimento calculamos a pressão P_2 da outra face:

$$P_2 = 1000 \text{ N} / 4\text{m}^2 = 250 \text{ Pa}.$$

Pelos nossos cálculos percebemos que a face de maior área (4m^2) exerce menor pressão.

9.3 Pressão e Profundidade

Como ilustrou o exemplo, a pressão de um bloco sobre o chão depende da área da face que está em contato com o chão. Note, por outro lado, que se massa do bloco aumentar, seu peso aumenta, e, portanto, a pressão também aumenta. Agora observe a **Figura 9.2** onde uma garrafa com café é perfurada em dois pontos de alturas distintas. Você pode repetir este experimento em casa (o uso do café na fotografia da **Figura 9.2** se deu apenas para uma melhora no contraste, o leitor pode verificar o mesmo resultando usando água).



Figura 9.2: O alcance diferente para água que sai de furos de alturas diferentes

Fonte: Acervo do autor

Por que a água que sai do furo de baixo tem um alcance maior?

Note na **Figura 9.2**, que o furo de baixo está debaixo de uma coluna de água mais alta. Uma coluna de água mais alta terá também um peso maior. Portanto, a pressão na parte de baixo do recipiente é maior do que na parte de cima, por isso a água é lançada a uma distância maior.

Apesar de simples, esta experiência retrata o que ocorre no fundo dos oceanos, onde a pressão é maior do que na superfície. Quanto maior a profundidade do oceano maior será a pressão. Por isso há regiões no fundo do mar onde o homem só pode chegar usando trajes ou veículos especiais, do contrário seria esmagado devido ao aumento da pressão.

Também existem peixes que se adaptaram à sobrevivência em águas mais profundas (alguns quilômetros de profundidade) e suportam pressões maiores, é caso, por exemplo, do Peixe-Caixão (**Figura 9.4a**). Estes mesmos peixes podem morrer se criados em águas de baixa profundidade. Da mesma forma, peixes de águas rasas (alguns metros de profundidade), como a Tilapia (**Figura 9.4b**) não sobreviverão em águas mais profundas, por que seu sistema respiratório é adaptado para as pressões menores das regiões superficiais.



Figura 9.3: Foto da capa do DVD do filme “Homens de Honra”

Fonte: http://novasmente.blogspot.com/2009_07_01_archive.html.

Assista ao filme “Homens de Honra” (foto da capa do DVD na **Figura 9.3**) retrata a história de Carl Brashear, o primeiro negro a se tornar chefe de mergulho da marinha dos Estados Unidos da América. Preste atenção nos trajes de mergulho, feitos para suportar as elevadas pressões no fundo do mar.

a)



b)



Figura 9.4: a) Peixe-Caixão – águas profundas.

Fonte: <http://blog.clickgratis.com.br>

b) Tilapia – águas rasas.

Fonte: <http://www.comopesca.org>

9.4 Tensão Superficial

Os líquidos em geral possuem em sua superfície uma concentração de moléculas que acabam formando algo como uma película, como se os líquidos fossem envolvidos por uma embalagem plástica. Esta espécie de película constitui na verdade uma rede de forças que atuam na superfície dos líquidos, chamada *tensão superficial*.

Observe na **Figura 9.5** o inseto que caminha sobre a água. Normalmente o inseto afundaria, mas devido à tensão superficial, o peso do inseto apenas deforma a superfície da água e pode caminha sobre ela. Tal é a importância da tensão superficial que muitos dos insetos que caminham sobre a água, acabam se tornando alimento para os peixes.



Figura 9.5: O inseto não afunda devido à tensão superficial

Fonte: <http://biocienciasnaescola.blogspot.com>

Quando alguém mergulha na água recomenda-se que não pule de barriga (ou de peito), pois o efeito pode ser bem dolorido. Para mergulhar você deve romper a tensão superficial (lembre-se ela é como uma camada de plástico sobre a água), e isso se faz aumentando a pressão exercida por seu corpo.



Figura 9.6: Salto com a ponta dos dedos na direção da água.

Fonte: www.sxc.hu

O ato de pular na água com os braços esticados e juntos na direção da água (como ilustra a **Figura 9.6**) faz com que seu peso esteja concentrado na ponta dos dedos. Como a área da ponta dos dedos é pequena a pressão exercida é grande e o mergulho não é dolorido. É como se suas mãos abrissem a água para você entrar. O formato dos barcos, **Figura 9.7**, também favorece o rompimento da tensão superficial, pois a parte da frente é mais fina, o que facilita a locomoção.



Figura 9.7: A parte da frente do barco possui menor área para facilitar a navegação.

Fonte: www.sxc.hu

Resumo

Nesta aula iniciamos o estudo da hidrostática e da hidrodinâmica, áreas da Física dedicadas ao estudo de fluidos, que são materiais que podem escoar como o ar e a água. A primeira grandeza foi apresentada foi a pressão, que é dada pelo quociente entre a força aplicada e a área onde esta força é aplicada. A unidade de medida de pressão no SI é o pascal. Também aprendemos que os líquidos possuem em sua superfície uma rede de forças chamada de tensão superficial. A tensão superficial é percebida como uma película que envolve os líquidos.



Atividades de aprendizagem

- Observe a **Figura 9.8**, a seguir, e responda: qual deve ser a melhor posição para que uma pessoa consiga boiar na água? Se uma pessoa ficar de braços e pernas fechadas consegue boiar facilmente?



Figura 9.8: É mais fácil boiar com braços e pernas esticados

Fonte: ©Sergey Chirkov/Shutterstock

Aula 10 – Por que é mais fácil boiar na água salgada do que na água doce?

Na aula anterior você foi apresentado ao conceito de pressão, muito importante no estudo de fenômenos ligados ao comportamento de fluidos. Como vimos, a pressão está ligada à distribuição de uma força ao longo de uma área. Sendo menor quando a área é maior. Nesta aula vamos estudar outro conceito muito útil no estudo dos fluidos, a *densidade* de um material. Veremos que a densidade está associada à possibilidade de um material afundar ou não na água.

10.1 Densidade

Você já deve ter observado que materiais diferentes, mesmo tendo os mesmos tamanhos, possuem massas diferentes. Por exemplo, uma caixa de isopor comparada com uma caixa de vidro (**Figura 10.1**). Embora tenham os mesmos tamanhos, a de vidro tem massa maior. Há, portanto, uma relação entre a massa do objeto e o material do qual ele é feito. Qual será essa relação?



Figura 10.1: Por que a caixa de vidro é mais pesada?

Fonte: www.aquaricamp.com.br e www.grzero.com.br

Podemos ainda pensar em outra situação, para discutir este assunto: por que a rolha utilizada em uma vara de pescaria não pode ser feita de Chumbo? Você deve dizer: “ah, simples, é por que o chumbo afundaria”. Mas, por que o Chumbo afundaria? Pela mesma razão que a caixa de vidro é mais massiva que a de plástico, a *densidade* dos materiais.

A densidade (d) de um material é definida como a razão entre sua massa (m) e seu volume (V), como é mostrado na equação a seguir:

$$d = m / V.$$

A unidade no Sistema Internacional para a densidade é o quilogramas por metro cúbico (kg/m^3). Voltemos ao caso das caixas! Embora ambas tenham o mesmo volume, o vidro tem uma densidade maior do que o isopor, por isso sua massa será maior.

A densidade é uma propriedade associada a cada material, é como se fosse sua identificação. A **Tabela 10.1** mostrada a seguir apresenta a densidade de alguns materiais.

Tabela 10.1: Densidade de alguns materiais

Materiais	Densidade (kg/m^3)
Alumínio	$2,7 \times 10^3$
Cimento	$2,9 \times 10^3$
Chumbo	$11,3 \times 10^3$
Cobre	$8,93 \times 10^3$
Isopor	$0,1 \times 10^{-3}$
Madeira	$0,7 \times 10^3$
Vidro	$2,6 \times 10^3$
Água Doce	1×10^3
Água Salgada	$1,025 \times 10^3$
Gasolina	$0,68 \times 10^3$

Fonte: WHITE, F. M.: *Mecânica dos Fluidos*. Rio de Janeiro, McGraw-Hill, 10, 2005.

Exemplo 1: Se o volume de uma placa utilizada para fazer uma caixa for de 10^{-3} m^3 , qual será a massa desta placa se: a) for feita de vidro? b) for feita de isopor? c) for feita de madeira?

Para resolver este exemplo precisamos isolar a massa (m) na equação que define a densidade, o que nos dará:

$$m = d \times V.$$

Usando esta expressão podemos calcular a massa em cada caso utilizando os valores apresentados na tabela para os materiais indicados no enunciado:

- a)** Vidro ($d = 2,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$): $m = 2,6 \times 10^3 \times 10^{-3} = 2,6 \text{ Kg} = 2600\text{g}$.
- b)** Isopor ($d = 0,1 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$): $m = 0,1 \times 10^{-3} \times 10^{-3} = 0,1 \text{ Kg} = 100\text{g}$.
- c)** Madeira ($d = 0,7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$): $m = 0,7 \times 10^3 \times 10^{-3} = 0,7 \text{ Kg} = 700\text{g}$.

Note que como o isopor é o material de menor densidade, a massa da placa de isopor será a menor.

10.2 Densidade e Flutuação

Como vimos na introdução esta aula, a densidade está relacionada com o fato de um material afundar ou não na água. Para estudarmos esse fato observe na **Figura 10.2a** o ovo que é colocado em um copo com água doce. Note o ovo vai ao fundo do copo. Por quê?

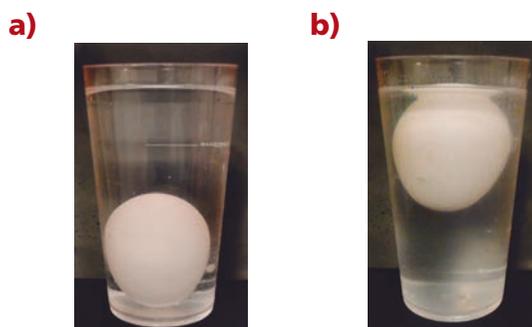


Figura 10.2: a) Ovo colocado na água doce; b) ovo colocado na água com sal

Fonte: Acervo do autor

Vamos agora analisar a situação em que adicionamos sal à água. Ao colocarmos o mesmo ovo na água percebemos que este flutua, **Figura 10.2b**. O que houve? Note que o ovo continua o mesmo, mas a água não. Se medirmos a massa da água antes e depois de se adicionar sal perceberemos que esta aumentou, enquanto que o volume permaneceu o mesmo. Que propriedade da água foi alterada?

De fato a propriedade que se modificou foi a densidade, pois o volume permaneceu o mesmo, mas a massa do fluido aumentou (confira a definição de densidade). Assim, um aumento na densidade da água é a causa de o ovo flutuar.

O resultado deste experimento pode ser considerado de maneira mais geral, um material vai flutuar sobre a água sempre que sua densidade for menor que a densidade da água. É o caso da rolha utilizada em uma vara de pescar, como é feita de materiais menos densos que a água, como o isopor, ela vai flutuar.

Outro exemplo de manifestação da densidade se dá com os peixes, pois podem ajustar seus volumes mediante a variação da quantidade de oxigênio e de nitrogênio armazenados em suas bexigas natatórias. Variando este volume podem variar a sua densidade, o que lhes permite subir mais próximos à superfície da água ou descer mais ao fundo poupando sua energia durante estes deslocamentos.

Resumo

Nesta aula estudamos o conceito de densidade que é a razão entre a massa e o volume de um material. A densidade serve como parâmetro de identificação de um material. Sabendo-se o volume e a densidade um objeto é possível obter a sua massa. O comportamento da densidade ajuda a compreender que um objeto flutua em um líquido quando sua densidade for menor que a do fluido.



Atividades de aprendizagem

1. O uso de tabelas que apresentam a densidade de materiais permite o estabelecimento de uma forma alternativa de medida da massa de um material. Como podemos medir a massa de água contida em uma jarra utilizando o conceito de densidade?

2. Por que é mais fácil boiar na água do mar do que na água de um rio?

3. Uma amostra de óleo com massa de 2000Kg tem volume de $0,25\text{m}^3$. Esta amostra de óleo afundaria na água ou não? Explique.

Aula 11 – O ar pesa mais no pé ou no alto de uma montanha?

Nesta aula vamos estudar o comportamento da pressão devido à camada de ar que nos cerca, a pressão atmosférica. Como se trata de mais uma aula sobre pressão abordaremos o uso de algumas unidades de medida de pressão e algumas aplicações do conceito de pressão em alguns equipamentos como compressores e bombas de vácuo.

11.1 Pressão Atmosférica

O ambiente onde vivemos aqui na Terra é totalmente envolvido por uma massa de ar composta por oxigênio, nitrogênio, vapor d'água, além de outros compostos. Esta combinação de gases permite a nossa existência. Este ambiente, ilustrado na **Figura 11.1**, é chamado de *atmosfera*. Acima da atmosfera existem outras camadas com outras composições, mas estas outras camadas não serão discutidas nesta aula.

Como o ar tem massa podemos supor que seu peso (que é uma força) exerce pressão sobre tudo que habita a atmosfera, trata-se da *pressão atmosférica*. Mas será que esta pressão é a mesma em todos os lugares?

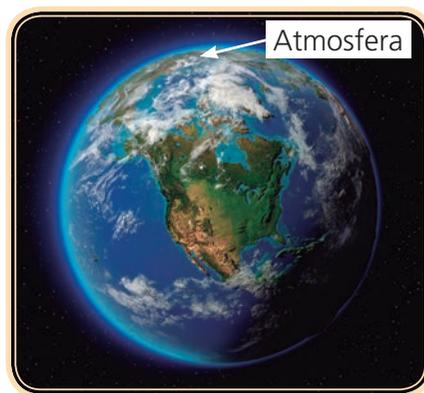


Figura 11.1: Ilustração da atmosfera
Fonte: <http://aprendendocomovoinho.blogspot.com>

11.2 Primeira Medida da Pressão Atmosférica

Por volta de 1646, o físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647) realizou um experimento com o objetivo de medir a pressão atmosférica. Torricelli encheu de mercúrio (Hg) um fino tubo de vidro com um metro de comprimento, como ilustra a **Figura 11.2**, e realizou o experimento que consistiu na primeira medida da pressão atmosférica.

Torricelli inverteu o tubo e o mergulhou em um recipiente que também continha mercúrio (Hg). Após este processo verificou-se que a coluna de mercúrio (Hg) descia até permanecer com a altura de 76 cm, como ilustra a mesma Figura 11.2. O sistema construído por Torricelli é, muitas vezes, chamado de *Barômetro de Torricelli*, e os instrumentos de medida de pressão atmosférica são, devido a este fato, chamados de *Barômetros*.

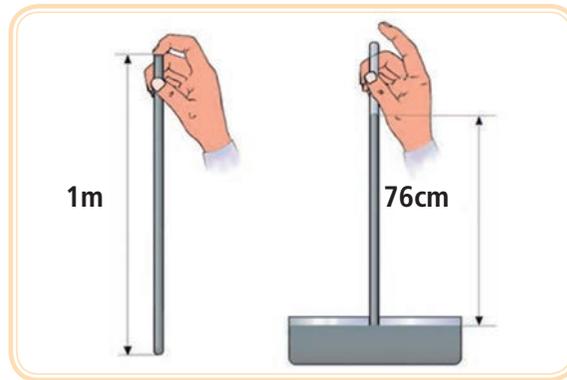


Figura 11.2: Ilustração do barômetro de Torricelli

Fonte: <http://izpicanha.blogspot.com>

De acordo com a Primeira Lei de Newton, quando o sistema entra em equilíbrio a pressão atmosférica (P_{atm}) sobre o mercúrio do recipiente é igual à pressão exercida pelo peso da coluna de mercúrio do tubo.

11.3 Aplicações dos Resultados de Torricelli

A experiência, realizada por Torricelli, levou a dois resultados muito importantes. O primeiro resultado foi a existência do vácuo no topo da coluna de mercúrio (no interior do tubo). Na época de Torricelli a existência do vácuo era negada por muitos estudiosos.

A ideia de vácuo está associada a um ambiente ou recipiente no qual não há matéria. Contudo, para efeitos práticos o vácuo é definido como um ambiente onde a pressão é menor do que a pressão atmosférica. Hoje o vácuo é produzido por equipamentos chamados de *Bombas de Vácuo* (Figura 11.3b), que extraem ar do interior de um recipiente.

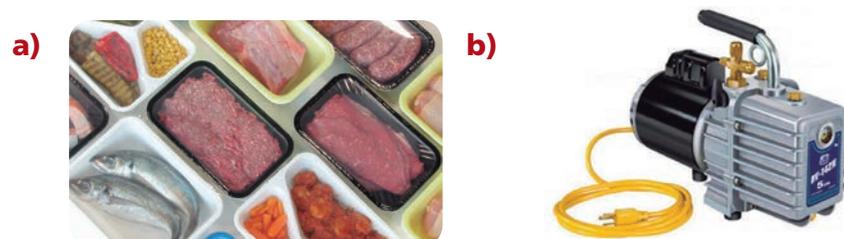


Figura 11.3: a) Alimentos embalados a vácuo. b) Bomba de Vácuo

Fonte: www.tecnopack.pt e <http://images.quebarato.com.br>

Muitas de alimentos como carnes frescas, são embalados em recipientes de vácuo. Este procedimento é adotado, para facilitar a compactação durante o armazenamento e para evitar contaminação devido a bactérias presentes no ar. A tecnologia das embalagens a vácuo melhora o padrão de conservação de alimentos por meio da diminuição do contato com oxigênio, que favorece o desenvolvimento de micróbios. As peças de carne a vácuo podem então ficar mais tempo nas gôndolas dos supermercados (**Figura 11.3a**).

Existem objetos que são construídos para que a pressão em seu interior seja maior que a pressão atmosférica. É o caso dos botijões de gás de cozinha, **Figura 11.4**. Como a pressão no interior destes recipientes é maior que a pressão atmosférica, quando ligado a um fogão o gás escoo até o local onde a chama é produzida. O escoamento é controlado por uma válvula, e qualquer abertura descontrolada pode causar vazamentos, o que é percebido pelo cheiro característico.

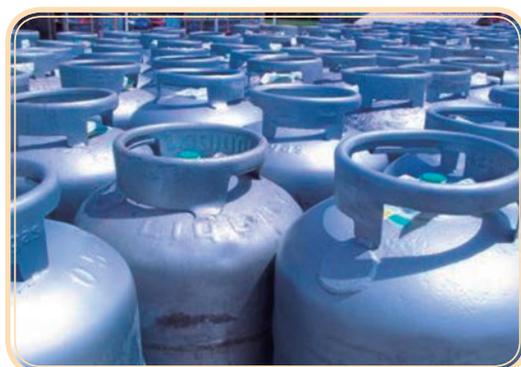


Figura 11.4: Botijões de gás.

Fonte: <http://blogdoanax.blogspot.com>

Outro resultado da experiência de Torricelli foi a possibilidade de medida da pressão por meio da altura da coluna de um fluido. Como a coluna de mercúrio foi de 76cm, definiu-se por meio dela o valor da pressão atmosférica ao nível do mar. Muitas vezes a pressão atmosférica é medida em centímetros de mercúrio ou em atmosferas (atm). A pressão atmosférica vale 1atm ao nível do mar, o que equivale à pressão de uma coluna de 76cm de mercúrio. Podemos relacionar estas duas unidades ao pascal, que é a unidade do SI, por meio das seguintes igualdades:

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Exemplo 1: Se a pressão no interior de um botijão de gás de cozinha é de 248 cmHg qual será o valor desta pressão em pascal e em atmosfera.

A conversão de unidades neste caso pode ser feito por meio de uma regra de três. Primeiro faremos a conversão para o valor em atmosferas.

$$1 \text{ atm} \rightarrow 76 \text{ cmHg}$$

$$P \text{ atm} \rightarrow 248 \text{ cmHg}$$

Multiplicando em diagonal temos:

$$1 \times 248 = P \times 76$$

$$P = 248 / 76$$

$$P = 3,26 \text{ atm}$$

Adotando o mesmo procedimento na conversão para o pascal fazemos:

$$1 \text{ atm} \rightarrow 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$3,26 \text{ atm} \rightarrow P \text{ Pa}$$

$$1,01 \times 10^5 \times 3,26 = P$$

$$P = 3,29 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Por meio destas conversões percebemos que a pressão no interior de um botijão de gás é cerca de 3 vezes maior que a pressão atmosférica ao nível do mar. Este resultado mostra a necessidade de bastante cuidado na prevenção de vazamentos de gás, pois devido à esta diferença de pressão qualquer abertura na mangueira, falha na válvula ou mesmo uma boca do fogão defeituosa pode levar a um vazamento, que pode causar um acidente.



Figura 11.5: Compressor de ar

Fonte: www.distrelero.com.br

Em algumas atividades como oficinas de pintura automotiva e borracharias são utilizados equipamentos que aumentam a pressão do ar, para produzir posteriormente um jato de ar comprimido. Estes equipamentos são os *compressores de ar*, **Figura 11.5**, que, ao contrário da bomba de vácuo, sugam o ar da atmosfera e o comprimem em um recipiente. O ar comprimido proveniente de compressores pode ser utilizado em pistolas de pintura ou em bombas para encher uma boia.

Algumas bombas d'água também se utilizam do aumento da pressão, como ilustra a **Figura 11.6**. Neste caso, o motor da bomba aumenta a pressão no fundo de um poço artesiano, fazendo com que a água suba pela tubulação a uma região de maior altitude.

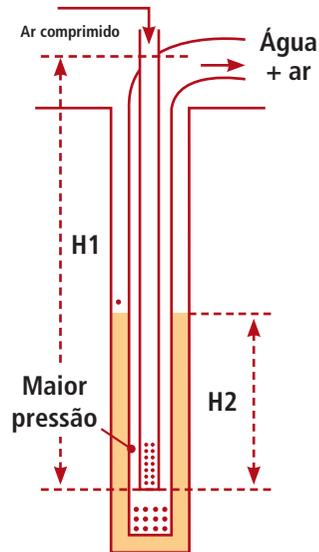


Figura 11.6: Esquema de uma bomba d'água
 Fonte: Adaptado de www.mspc.eng.br

11.4 Voltando à Pressão Atmosférica

Outro físico, o francês Blaise Pascal (1623-1662), realizou em 1648 experiências que mostraram que o peso do ar atmosférico é maior na base de uma montanha do que no topo desta. Na verdade, Pascal repetiu a experiência de Torricelli no alto de uma montanha e verificou que a pressão é menor a medida que a altitude aumenta. Os resultados de Pascal estão em acordo com a ideia de que a espessura da atmosfera é menor em altitudes maiores, como ilustra a **Figura 11.7**.



Figura 11.7: Diferença da altura da coluna de ar entre o nível do mar e uma montanha
 Fonte: Adaptada de www.prof2000.pt

Estudos realizados tomando como base os conceitos de pressão e de densidade mostraram que o ar atmosférico vai ficando cada vez menos denso a medida que a altitude aumenta, ou seja, em maiores altitudes há menos ar para respirar. Costuma-se dizer que em maiores altitudes o ar é *mais rarefeito*, o que significa que a pressão atmosférica e a menor densidade do ar são menores.

Resumo

Nesta você foi estudou que o efeito do peso da camada de ar que nos cerca também exerce pressão, a pressão atmosférica. Também estudou que a pressão atmosférica diminui a medida que a altitude aumenta. Também aprendemos que a experiência de Torricelli teve consequências importantes como a confirmação da existência do vácuo e o estabelecimento de uma forma de medida da pressão atmosférica.



Atividades de aprendizagem

1. Por que ao abrir uma lata de óleo de cozinha costuma-se fazer dois furos?

2. Por que ao descer uma serra temos a sensação de que os ouvidos estão trancando?

Aula 12 – Como a pressão pode ajudar a verificar se uma parede está nivelada?

Nesta aula continuaremos a analisar os resultados obtidos por meio do experimento Torricelli. Nosso objetivo será associar os conceitos de pressão e densidade para entender um pouco melhor o comportamento da pressão a medida que a profundidade aumenta. Abordaremos ainda mais algumas manifestações desse conceito, particularmente a respeito dos vasos comunicantes.

12.1 Pressão Manométrica

A experiência de Torricelli, vista aula anterior, confirma que a pressão aumenta a medida que a profundidade no interior de um líquido aumenta. De fato quanto mais profundo for um oceano, por exemplo, maior será a coluna de água, e maior será a pressão. Contudo outra pergunta pode ser feita ainda: o que aconteceria se ao invés de mercúrio, Torricelli tivesse usado água? A resposta desta questão está ligada ao conceito de densidade.

O que se observa é que a diminuição da densidade é acompanhada por uma diminuição na pressão, por isso, há uma relação entre densidade e pressão.

Para encontrar esta relação, vamos analisar a coluna de fluido ilustrada na **Figura 12.1**, esta porção pode ser um volume de água em uma jarra.

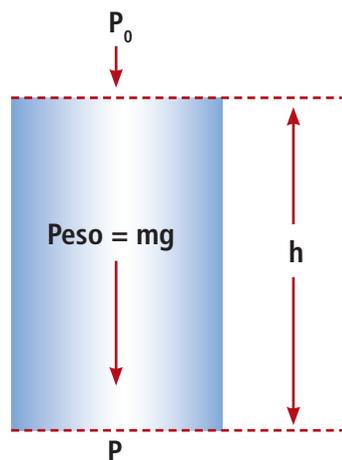


Figura 12.1: Coluna de fluido usada para equacionar a pressão em função da densidade

Fonte: Acervo do autor

A diferença entre a pressão na base (P) e a pressão no topo (P_0) dessa porção de líquido, é dada por:

$$P - P_0 = dgh$$

Sendo g a aceleração da gravidade, d a densidade do líquido e h a altura da coluna de líquido. Este é conhecida como *Lei de Stevin*, em homenagem ao engenheiro holandês Simon Stevin (1548-1620) que foi um dos pioneiros no estudo da relação entre pressão e profundidade de um líquido.

A Lei de Stevin é utilizada em algumas aplicações como forma de medir pressões desconhecidas. Em alguns instrumentos, os *manômetros*, a diferença $P - P_0$ é chamada de pressão manométrica (P_{man}). A pressão medida nos pneus de um carro, por exemplo, é a pressão manométrica, que representa a diferença entre a pressão no interior do pneu e a pressão atmosférica.

Na da coluna de líquido da **Figura 12.1** a pressão absoluta (P) será:

$$P = P_0 + dgh$$

O termo P_0 representa a pressão atmosférica que atua sobre a coluna de líquido, enquanto que o termo dgh representa a pressão exercida pelo próprio fluido sobre sua base. Dois resultados são consequência desta expressão:

- Quanto mais denso for o fluido maior será a pressão exercida por ele.
- Quanto maior a coluna desse fluido, maior será a pressão exercida por ele total.

Exemplo 1: Qual será a pressão exercida pela água de uma jarra, cuja coluna tem 10cm (0,1m) de altura? Considere que a jarra está em uma casa localizada ao nível do mar.

Para resolver este problema consideraremos $g = 10\text{m/s}^2$ e utilizaremos os valores da densidade da água e da pressão ao nível do mar ($P_0 = 1\text{atm}$) apresentados na aula anterior, ou seja:

$$1 \text{ atm} \rightarrow 101000 \text{ x } 10^5 \text{ Pa}$$

$$d_{\text{Água Doce}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Utilizando a equação:

$$P = P_0 + dgh$$

temos:

$$P = P_0 + (1000).(10).(0,1) = P_0 + 1 \times 10^3$$

$$P = 101000 + 1000 = 102000 \text{ Pa} = 1,02 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Note que a pressão absoluta foi obtida somando-se a pressão atmosférica no local, com a pressão da coluna de líquido. É importante lembrar que se a água na jarra fosse a água do mar, o valor desta pressão aumentaria, pois a densidade da água do mar é maior: $d_{\text{Água do mar}} = 1,025 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. O valor da pressão absoluta devida à água do mar neste exemplo seria: $P = 102025 \text{ Pa}$. Para exercitar o uso da equação para o cálculo da pressão, obtenha este valor.

12.2 Vasos Comunicantes

Se compararmos diferentes recipientes que contenham o mesmo líquido, as diferenças de pressão serão devidas às diferenças de altura nas colunas de líquido. Este fato pode ser ilustrado pelo comportamento dos chamados *vasos comunicantes*, como o ilustrado na **Figura 12.2**. As áreas e as formas dos recipientes não precisam ser iguais, como mostra a figura, mas suas bases são interligadas por um canal. Para uma mesma altura a pressão será a mesma.

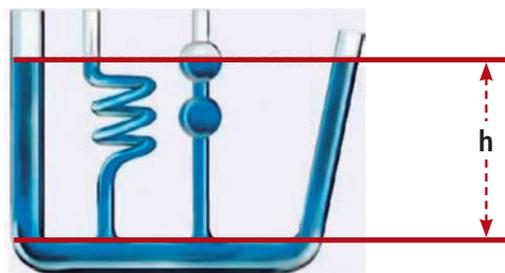


Figura 12.2: Vasos comunicantes

Fonte: <http://radikfisc.blogspot.com>

Muitas situações envolvem esse comportamento dos vasos comunicantes. O nivelamento do líquido em uma mangueira transparente é utilizado por pedreiros para nivelar uma parede, como ilustra a **Figura 12.3**. Os níveis de água na mangueira se equivalem quando estão à mesma altura, ou à mesma pressão, por isso se tornam uma referência para ver se dois pontos de uma mesma parede estão à mesma altura (nivelada).

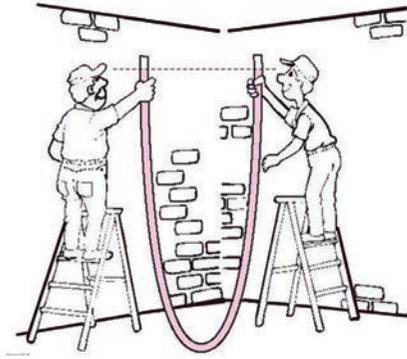


Figura 12.3: Nivelamento de uma parede com vasos comunicantes, a mangueira.

Fonte: www.automacaoindustrial.com

As caixas d'água ficam em posições mais elevadas justamente para garantir a saída da água pela torneira. Se a caixa d'água ficasse na mesma altura da torneira não haveria diferença de pressão suficiente para que a água escoasse. A água sai da torneira por que age como se fosse equilibrar a pressão neste ponto com a pressão na caixa d'água.

Quando se fura um poço (comum ou artesiano) é estabelecida uma configuração parecida com um vaso comunicante, **Figura 12.4**. O lençol de água subterrâneo (que muitas vezes é chamado de *aquífero* ou *lençol freático*) comporta-se como o canal entre os vasos. Assim como a água em um vaso comunicante, a água do poço sobe até certo nível para equilibrar a pressão.

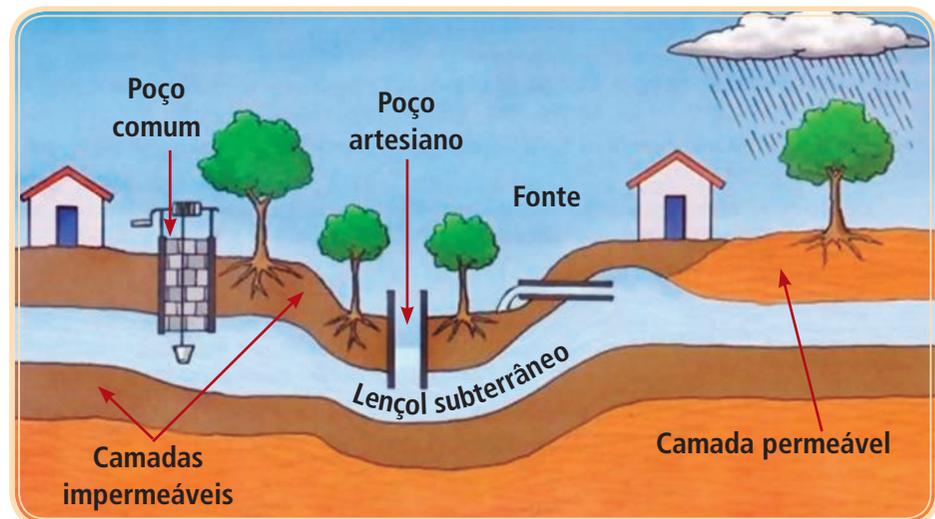


Figura 12.4: Os poços comuns e os poços artesanais têm um comportamento semelhante ao de vasos comunicantes.

Fonte: <http://cidaderiodejaneiro.olx.com.br>

Na próxima aula falaremos sobre outras aplicações do conceito de pressão, particularmente respeito de como podemos obter vantagens mecânicas de situações que envolvem equilíbrio de pressão em fluidos.

Resumo

Nesta aula você estudou que a densidade de um fluido também interfere no comportamento da pressão. A altura da coluna de fluido pode ser utilizada para a realização de medidas de pressão. O comportamento da pressão de fluidos em vasos comunicantes oferece algumas vantagens em nosso cotidiano.

Atividades de aprendizagem



- Se você dirige, é bastante possível que seu carro já tenha ficado sem combustível longe de um posto. Para colocar combustível em seu carro você deve ter usado uma mangueira para levar o combustível de um galão até o tanque. A lei de Stevin pode ser aplicado nesta situação? Explique.

Anotações

Aula 13 – Por que a nossa força é multiplicada em um macaco hidráulico?

Nesta aula vamos estudar mais um efeito associado a condições de equilíbrio de fluidos. Veremos que o equilíbrio de pressões pode levar à construção de equipamentos que oferecem comodidade em várias situações. Estudaremos especificamente a importância da pressão em equipamentos hidráulicos, mediante a aplicação da Primeira Lei de Newton e do Princípio de Pascal.

13.1 Variação de Pressão em Vasos Comunicantes

Na aula anterior estudamos os vasos comunicantes, uma configuração de recipientes onde independentemente da forma ou da área dos recipientes, a pressão de um fluido será a mesma em uma dada altura. Agora vamos analisar o que ocorre quando há uma variação de pressão em um dos vasos.

Na **Figura 13.1**, mostrada a seguir, temos um sistema de vasos comunicantes no qual foram adicionados pistões aos vasos. O que deve ocorrer com o pistão da direita (2) se uma força F para baixo for aplicada no pistão da esquerda (1)? Você deve ter respondido que o pistão da direita sobe. Mas por que isso ocorre?

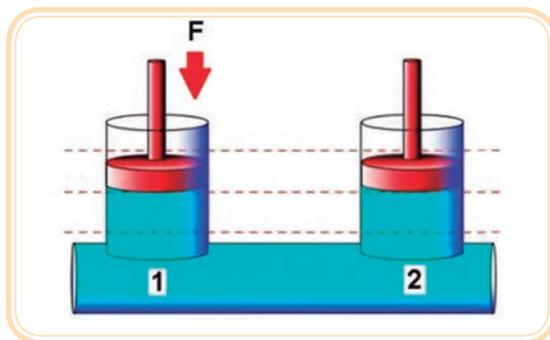


Figura 13.1: Vasos comunicantes com pistões

Fonte: <http://blog.gmveurolift.es>

Este tipo de comportamento também foi estudado por Blaise Pascal (1623-1662). A conclusão dos estudos de Pascal foi que uma variação de pressão DP produzida em qualquer ponto de um líquido se transmitirá a todos os pontos desse mesmo líquido, por isso o pistão da direita sobe. Esta conclusão é conhecida como o *Princípio de Pascal*. Vamos então analisar os efeitos desta variação de pressão.

13.2 Princípio de Pascal e a Multiplicação de Uma Força

Os vasos mostrados na **Figura 13.1** possuem a mesma área (A) e a aplicação da força F no pistão da esquerda causará um aumento na pressão (ΔP). Este fato pode ser equacionado a partir da definição de pressão vista na primeira aula desta série:

$$\Delta P = F/A$$

As áreas A_1 e A_2 dos vasos são iguais, a aplicação da força F no vaso 1, o da esquerda, produzirá um aumento de pressão ΔP igual a:

$$\Delta P = F/A_1$$

De acordo com o princípio de Pascal este aumento de pressão será transmitido a todo o líquido, por isso o vaso 2, o da direita sofrerá o mesmo aumento de pressão. Como resultado do aumento de pressão, o pistão será empurrado para cima pelo líquido com a mesma força F , que será dada por:

$$F = \Delta P \times A_2,$$

pois as áreas são iguais.

Você deve estar se perguntando: *foi aplicada uma força de um lado e o outro lado subiu fazendo a mesma força para cima, e daí?* De fato, como as áreas são iguais o efeito não chama tanto a atenção, mas e se as áreas forem diferentes? A figura mostrada a seguir retrata esta situação.



Figura 13.2: Vasos comunicantes com áreas diferentes.

Fonte: www.infoescola.com

A variação de pressão em cada vaso será mesma e pode ser escrita como:

$$\Delta P_1 = F_1/A_1$$
$$\Delta P_2 = F_2/A_2$$

De acordo com o Princípio de Pascal a variação de pressão será a mesma nos dois vasos, assim temos:

$$F_1/A_1 = F_2/A_2$$

A equação precedente indica que havendo uma diferença entre as áreas A_1 e A_2 , haverá uma diferença igual entre as forças.

Exemplo 1: Se uma força F_1 de 10N for aplicada no pistão 1 da Figura 13.2, cuja área é de 1m^2 , com que força o pistão 2, de área 3m^2 , será empurrado para cima?

Para resolver esta questão vamos utilizar relação entre forças e áreas obtidas a partir do Princípio de Pascal:

$$F_1/A_1 = F_2/A_2$$

Como conhecemos F_1 , A_1 e A_2 podemos substituir estes valores na equação:

$$10 \text{ N} / 1 \text{ m}^2 = F_2 / 3 \text{ m}^2$$

Isolando F_2 teremos:

$$F_2 = 30 \text{ N}$$

O exemplo resolvido mostra que um aumento de 3 vezes na área causou um aumento de três vezes na força, isso mostra que o Princípio de Pascal pode ser utilizado em equipamentos destinados à multiplicação de forças. De fato, o uso deste tipo de equipamento é bastante comum.

13.3 Algumas Aplicações do Princípio de Pascal

Os chamados macacos ou elevadores hidráulicos, utilizados para erguer carros, barcos ou outras estruturas, são vasos comunicantes cheios de óleo. Como um dos vasos é mais fino, uma força aplicada neste vaso será multiplicada pelo segundo vaso, de área maior. O Princípio de Pascal também está presente nas prensas hidráulicas, **Figura 13.3**, onde a força de um homem pode ser multiplicada a ponto de esmagar um pedaço de metal.



Figura 13.3: Prensa hidráulica

Fonte: www.solostocks.com.br

O sistema de freios de um automóvel também manifesta o Princípio de Pascal. Quando o motorista pisa no pedal de freio ocorre um aumento na pressão do fluido de freio. Esta variação de pressão é transmitida aos cilindros de freio pelo fluido. A força resultante atrita as pastilhas contra o disco (no caso dos freios a disco), ou as sapatas contra o tambor (no caso do freio a tambor, **Figura 13.4**).

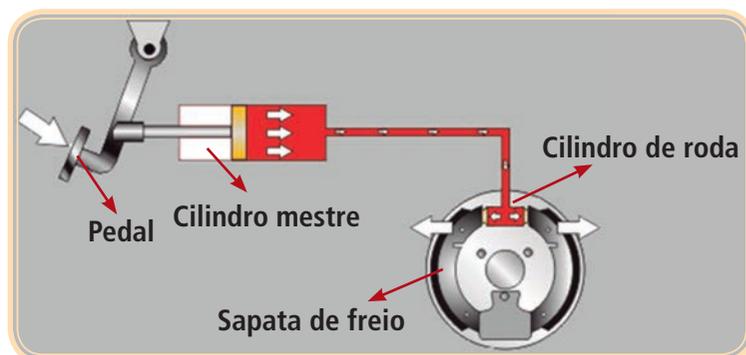


Figura 13.4: Sistema de freios de um automóvel.

Fonte: www.webmecauto.com.br

Resumo

Nesta aula estudamos o efeito da variação da pressão no interior de um sistema de vasos comunicantes. De acordo com o Princípio de Pascal, uma variação de pressão ocorrida em uma parte de um fluido é transmitida a todo o volume deste fluido. Com base neste princípio, é possível construir equipamentos multiplicadores de força.

Atividades de aprendizagem



1. Toda vez que um mecânico faz manutenção nos freios de um automóvel, após colocar o fluido de freio ele realiza um procedimento costumeiramente chamado de *sangria dos freios*. Por que o mecânico realiza este procedimento?

Anotações

Aula 14 – Por que os objetos parecem pesar menos na água?

Nesta aula você vai estudar mais um efeito da variação da pressão com profundidade de um fluido, o empuxo. Este conceito, que será apresentado com base no princípio de Arquimedes, está ligado à condição de equilíbrio de um objeto que flutua sobre a água.

14.1 Diferença de Peso na Água

Você já teve a sensação de que um objeto, ou mesmo você, pesa menos na água? Esta sensação não é uma ilusão, mas tem fundamento no comportamento da pressão no interior de um fluido.



Figura 14.1: Os objetos parecem ficar mais leves debaixo da água

Fonte: Adaptado de <http://educar.sc.usp.br>

O fato de você perceber que um objeto pesa menos na água se deve ao fato de que a água exerce uma força dirigida para cima chamada de *Empuxo*. Como foi discutido nas aulas anteriores, a pressão aumenta com a profundidade e quando um objeto está mergulhado em um fluido sofre a ação desta variação de pressão. A **Figura 14.2** ilustra a situação em que um objeto esférico é mergulhado em um líquido. A parte de baixo do objeto está sujeita a uma pressão maior.

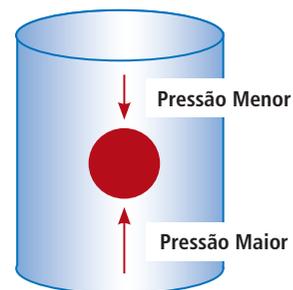


Figura 14.2: A pressão no fundo do recipiente é maior

Fonte: Acervo do autor

Devido a esta diferença de pressão manifesta-se uma força resultante para cima. Esta força resultante é o empuxo e seu valor representa o quanto o peso do objeto diminui no líquido.

O empuxo é a força que faz um objeto flutuar sobre um líquido.

14.2 Princípio de Arquimedes

Conta-se que o filósofo grego Arquimedes (282-212 AC) descobriu tomando banho em uma banheira um princípio associado ao estudo do equilíbrio de corpos em fluidos. De acordo com este princípio o valor do empuxo é igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo colocado neste.

Quando um objeto é colocado em um recipiente que contém um líquido, observa-se que certa porção do líquido é deslocada. O valor do empuxo corresponde ao valor do peso desta porção de líquido deslocado. Quanto maior o volume de líquido deslocado, maior será o empuxo.

Quando uma boia de uma vara de pesca (**Figura 14.3**) flutua, por que uma parte desta boia (geralmente a parte branca) fica imersa na água?



Figura 14.3: Boia para vara de pesca.

Fonte: ©sellingpix/shutterstock

Para discutir esta questão vamos determinar com base no conceito de empuxo, algumas condições para que um corpo possa flutuar em um líquido:

- **Primeira:** Se o valor do empuxo for menor que o peso do objeto, este afunda. Um exemplo desta condição é o caso do chumbinho colocado em uma vara de pesca. Justamente por seu peso ser maior que o empuxo produzido pela água, o chumbinho é amarrado perto do anzol, assim ambos afundam.
- **Segunda:** Se o valor do empuxo é maior que o peso do objeto, este flutua. Se um pequeno pedaço de madeira cai na água vai flutuar, por que o peso do líquido deslocado é maior que o peso deste pedaço de madeira. É por isso que os barcos e os navios, **Figura 14.4**, possuem uma grande

área de contato com a água. Estas embarcações deslocam uma grande quantidade de água, de tal forma que seu peso é equilibrado pelo peso do líquido deslocado.

- **Terceira:** Se o valor do empuxo for igual ao peso do objeto, este permanece em repouso na posição em que for deixado seja esta posição ao fundo ou na superfície do líquido. Muitos peixes permanecem em repouso justamente por que variam seu peso enchendo ou esvaziando suas bexigas natatórias.



Figura 14.4: Os navios deslocam uma grande quantidade de água, por isso não afundam.

Fonte: www.lockheedmartin.com

14.3 Relação Entre a Densidade do Fluido e o Empuxo

Como foi dito anteriormente, o valor do empuxo corresponde ao valor do peso do líquido deslocado, vamos então equacionar o empuxo. O peso de qualquer corpo, inclusive um líquido, é dado por:

$$\text{Peso} = m.g,$$

onde g é a aceleração da gravidade e m é a massa do objeto.

Como estudamos na Aula 10 o valor da massa de um líquido pode ser escrito como função da densidade (d), por meio da seguinte equação:

$$m = d.V,$$

onde V é o volume do líquido.

Com base nas definições de peso e de densidade podemos escrever o empuxo E como sendo:

$$E = d \cdot g \cdot V.$$

Com esta expressão podemos calcular o quando o peso de um objeto diminui quando colocado na água por exemplo. Esta expressão permite que possamos explicar o porquê de uma parte do objeto ficar imersa e outra parte ficar fora da água, como é o caso da boia de uma vara de pesca.

Exemplo 1: Uma boia de vara de pesca tem densidade 500Kg/m^3 . Que fração do volume desta boia fica imersa, quando esta flutua na água doce (densidade = 1000Kg/m^3)?

Como a boia flutua temos uma condição de equilíbrio, portanto o empuxo é igual ao peso da boia. Temos então:

$$\text{Peso da Boia} = E = d_{\text{água}} \times g \times V_{\text{liq deslocado}}^*$$

Para calcularmos a fração do volume da boia que fica imersa basta dividir a densidade da boia pela densidade da água:

$$d_{\text{boia}}/d_{\text{água}} = 500 / 1000 = 1/2.$$

Portanto $1/2$ (ou metade) da boia fica imersa.

14.4 Equilíbrio de Um Navio

Você já deve ter percebido que quando adiciona-se uma carga em um barco (em uma pescaria por exemplo) ele oscila lateralmente, as vezes até como uma gangorra. A melhor forma de reestabelecer o equilíbrio é redistribuir peso da carga, evitando que o barco tombe. O motivo deste procedimento é que o equilíbrio de uma embarcação não resulta apenas da igualdade entre o peso e o empuxo, mas também do alinhamento entre estas forças.

O equilíbrio do barco é estabelecido quando as linhas de ação do peso do barco (incluindo a carga) e do empuxo são iguais. A **Figura 14.5** ilustra as linhas de ação do peso do navio e do empuxo da água. Repare nas setas pretas. Na **Figura 14.5a** o peso do navio e o empuxo estão alinhados, por isso o navio está em equilíbrio e não oscila. Na **Figura 14.5b** o peso e o empuxo

não estão alinhados, e o navio tende a oscilar e até a virar. A situação ilustrada na **Figura 14.5b** pode ocorrer quando, por exemplo, um pequeno barco pesqueiro ergue uma rede com uma grande quantidade de peixes.

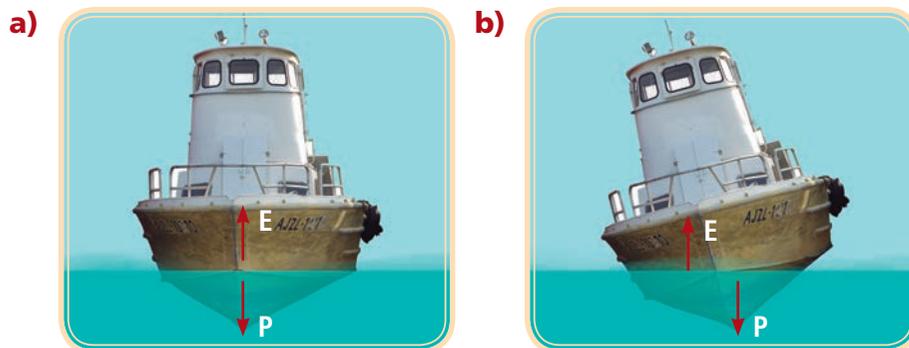


Figura 14.5: Análise do equilíbrio de um barco

Fonte: Adaptado de: www.if.ufrgs.br e www.sxc.hu

Em geral, para melhorar as condições de equilíbrio de uma embarcação, costuma-se concentrar o máximo possível do peso da carga na parte mais baixa do casco. Outra medida é o uso de *lastros*, os quais, especialmente quando um barco está vazio, ajuda alinhar o peso com o empuxo.

Resumo

Nesta aula você estudou sobre o empuxo, uma força causada pelo aumento da pressão de um líquido com a profundidade. O empuxo faz com que o peso dos objetos seja menor num líquido. De acordo com o Princípio de Arquimedes, o valor do empuxo é igual ao peso do líquido deslocado por um objeto que é colocado neste líquido. Quando mais líquido é deslocado maior é o empuxo, e, portanto, mais facilmente o objeto flutua neste fluido.

Atividades de aprendizagem

- Se a boia do exercício resolvido for colocada na água do mar ($d = 1025 \text{ Kg/m}^3$), a fração imersa aumenta ou diminui?



Aula 15 – Por que os canos de água nas residências são mais finos que os canos do sistema de abastecimento de água da cidade?

Nas últimas aulas estudamos propriedades associadas ao comportamento de fluidos em repouso, foi o que chamamos de hidrostática. Nesta aula vamos discutir alguns temas ligados ao comportamento de fluidos quando se movimentam, uma área da Física chamada de *Hidrodinâmica*. Vamos estudar algumas propriedades e características que interferem no movimento de fluidos e na interação destes com superfícies.

15.1 Movimento de Fluidos

No início desta aula é importante lembrarmos que o termo fluido se aplica a materiais que podem escoar. Assim, os temas a serem estudados aqui se aplicam a gases e a líquidos.

O estudo do movimento de fluidos é realizado por uma área da Física chamada *Hidrodinâmica*. Esta área se dedica ao estudo da pressão e da velocidade de fluidos em escoamento. A hidrodinâmica tem aplicações que vão desde projetos de construção de aviões, hélices para motores de barcos, cascos de barcos, desenho de carros e até o formato de boias para varas de pescaria.

15.2 Escoamento

A palavra *escoar* pode ser definida como sinônimo de *escorrer* e é aplicada ao movimento de fluidos em superfícies, como uma gota que escorre em uma folha ou como o movimento da água no interior de um cano. A hidrodinâmica tenta entender como e por que ocorrem escoamentos.

Ao se movimentarem, os fluidos podem desenvolver movimentos suaves como as águas de um rio calmo, ou movimentos agitados como na correnteza de um rio que desce uma serra. Neste sentido, a hidrodinâmica estuda estes diferentes tipos de escoamento e os classifica da seguinte forma:

Escoamento Estacionário: Este tipo de escoamento pode ser entendido como aquele que se manifesta no leito de rio bastante calmo. Se uma folha cai na água de um rio de correnteza suave, é possível verificar que esta folha desenvolve um movimento retilíneo uniforme em relação às margens, pois

sua velocidade é constante e sua trajetória é retilínea. O escoamento estacionário é ilustrado na **Figura 15.1**, onde temos uma vista lateral de uma cano, pelo qual a água escoar.

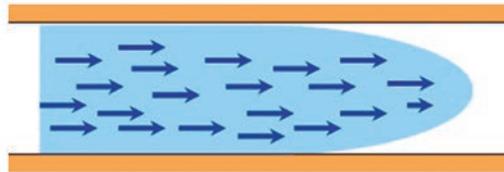


Figura 15.1: Escoamento estacionário.

Fonte: Acervo do autor.

Escoamento Turbulento: O escoamento turbulento se dá quando o fluido passa por algum obstáculo, como uma pedra, ou tem mudanças na direção de seu movimento, como o que ocorre quando a água desce um cachoeira. Nestas circunstâncias temos a formação de bolhas, espumas ou redemoinhos. Outro exemplo de movimento turbulento é o vapor que sobe de uma chaleira que está a ferver. No caso do escoamento turbulento a velocidade de deslocamento do fluido tem diferentes direções e valores em cada instante, como ilustram as flechas na Figura 15.2.

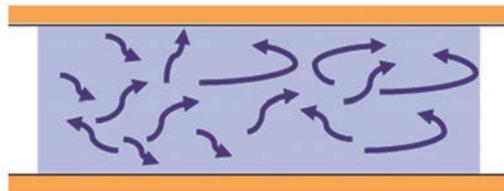


Figura 15.2: Escoamento turbulento

Fonte: Acervo do autor.

Para analisar o comportamento desses tipos de escoamento em algumas aplicações, os físicos e engenheiros utilizam-se de figuras como as *linhas de corrente*, que servem para ilustrar o movimento de fluidos em torno dos objetos. A **Figura 15.3** ilustra as linhas de corrente utilizadas para estudar o atrito do ar no movimento de um carro. Quando uma linha permanece reta, significa que o escoamento é estacionário (ponto B na figura), quando não é reta, tem-se um escoamento turbulento (ponto A).

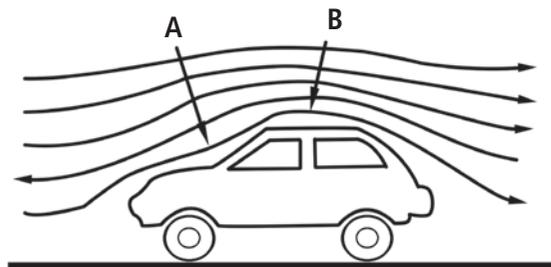
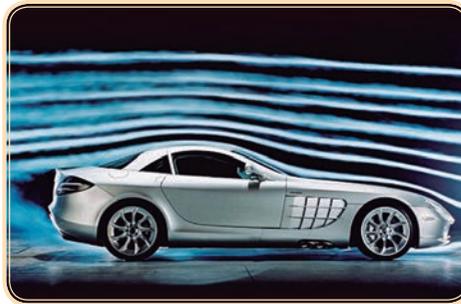


Figura 15.3: Linhas de corrente em um automóvel

Fonte: Adaptado de www.scielo.br.

Durante a fase de projeto, aviões, carros, barcos e até motocicletas, são testados nos chamados *túneis de vento*. Os túneis de vento, como o ilustrado na **Figura 15.4**, são salas dotadas de potentes ventiladores produzem um intenso movimento do ar em torno dos veículos, permitindo que as linhas de corrente possam ser observadas. Este tipo de experimento serve para estudar a o efeito da resistência do ar no movimento destes veículos. Tal é a importância destes estudos que receberam um nome especial: a *aerodinâmica*.



15.4: Automóvel em um túnel de vento

Fonte: <http://imagensdafisica.blogspot.com>

15.3 Vazão e Equação da Continuidade

Em muitas situações de cunho prático é necessário saber o quanto de líquido vai passar por uma tubulação. Um exemplo disso é o sistema de encanamento de sua casa. Os canos não são tão grossos porque a quantidade de água que passa por eles é só pra atender a sua casa. Por outro lado, quando é instalada uma tubulação para o abastecimento de uma cidade, o tamanho e o material dos canos são diferentes.

Dentre os fatores que ajudam a determinar as características dos canos a serem utilizados dois dos mais importantes são o volume e a velocidade de escoamento do líquido. Estes dois fatores são definidos pela *vazão*, que está relacionada à quantidade de fluido que passa por um cano a cada segundo. A vazão (I) é medida em metros cúbicos por segundo (m^3/s). Podemos equacionar a vazão (I) de duas formas diferentes. A primeira delas é a seguinte:

$$I = A \cdot v$$

onde A é a área da tubulação e v é a velocidade do fluido. Por isso, quanto maior a área de um cano, maior é a vazão que ele suporta. Outra forma de equacionar a vazão é a seguinte:

$$I = V/\Delta t$$

onde V é o volume de fluido que escoar e Δt é o tempo necessário a este escoamento. Vamos entender o uso desta equação por meio do exemplo a seguir.

Exemplo: Para encher uma caixa d'água de 100 litros usando uma mangueira, demora-se 4 minutos. Qual é a vazão da mangueira neste caso?

Para encontrar a vazão neste caso podemos utilizar a segunda equação para o cálculo da vazão, pois temos o volume e o tempo:

$$I = 100 / 4 = 25 \text{ litros/min}$$

A mangueira tem uma vazão de 25 litros por minuto. Podemos escrever este resultado em m^3/s utilizando uma regra de três:

$$1 \text{ litro/min} \rightarrow 0,000017 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$25 \text{ litros/min} \rightarrow I$$

Multiplicando em diagonal temos:

$$I = 25 \times 0,000017$$

$$I = 0,00042 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por este exemplo percebemos que o conhecimento da vazão de uma mangueira ou de uma bomba d'água pode ajudar na previsão do tempo de esgotamento de um tanque por exemplo. Outra informação dada pelo exercício é que em algumas situações práticas o uso da unidade m^3/s pode levar a valores ruins de serem lidos ou escritos, razão pela qual muitos equipamentos trazem a vazão escrita em litros/min. ou litros/hora.

A escrita da vazão como o produto entre a velocidade de escoamento e a área de um cano, serve também para entendermos o porquê da água de um rio parecer ficar mais rápida quando passa por baixo de uma ponte. O motivo é que quando a vazão é constante o produto $A \times v$ possui sempre o mesmo valor.

Se a área de um cano aumenta, a velocidade de escoamento diminui. Ou seja, a área do cano é inversamente proporcional à velocidade de escoamento.

As mangueiras possuem em sua saída um mecanismo que serve para regular a área de saída de água. Quando a área é maior a água sai com velocidade menor parecendo estar mais fraca. Quando regulamos a mangueira para

que a área fique menor, a água sai com maior velocidade, caso em muitas pessoas a utilizam para lavar alguns cantinhos de uma parede. Este comportamento da vazão é resumido em uma equação chamada *Equação da Continuidade*. A Figura 15.5 ilustra este resultado em um cano onde a área aumenta. Como a vazão é constante a velocidade do fluido diminuirá, temos:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

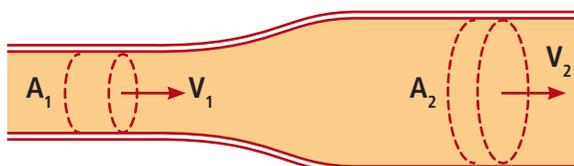


Figura 15.5: Ilustração de um fluido que obedece à equação da continuidade

Fonte: Adaptado de <http://www.ufsm.br/gef/Flulde08.htm>

Resumo

Nesta aula estudamos alguns temas ligados à hidrodinâmica, área da Física que estuda o movimento de fluidos. Foram definidos dois tipos de escoamento de fluidos. No escoamento estacionário o movimento do fluido tem sempre a mesma direção e sua velocidade é constante. O escoamento turbulento, por outro lado, é aquele em que a direção e a velocidade do escoamento sofrem variações, formando bolhas e redemoinhos. Uma das formas de se estudar o escoamento de um fluido é por meio da vazão. O conceito de vazão está ligado à quantidade de fluido que passa por uma tubulação num determinado tempo. Por exemplo, quando maior a vazão em um cano que alimenta uma caixa d'água, mais rapidamente ela será cheia.

Atividades de aprendizagem

1. Por que a água do rio fica mais veloz ao passar por baixo de uma ponte?



2. Por que ao nadarmos em um rio, nos cansamos menos quando nadamos a favor da correnteza.

Anotações

Aula 16 – Como funciona um *Spray*?

Nesta aula vamos estudar uma relação entre a vazão e a pressão de um fluido que escoar por um cano. Também vamos analisar alguns fenômenos que são consequência desta relação. Veremos que objetos de nosso uso cotidiano, como o *spray*, são manifestação de alguns fenômenos ligados à hidrodinâmica.

16.1 Equação de Bernoulli

Quando alguém faz uso de uma mangueira é comum colocar um dos dedos na saída da água. Geralmente, quem faz isso se justifica dizendo: “*coloco o dedo pra aumentar a pressão da água*”. Será que esta justificativa está correta?

Para discutir esta questão, vamos aplicar a equação da continuidade, estudada na aula passada, ao líquido que escoar no tubo **Figura 16.1**. Note que as áreas de entrada e saída do líquido são diferentes.

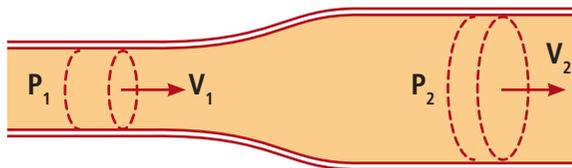


Figura 16.1: Líquido escoando por um tubo com área de entrada diferente da área de saída

Fonte: Adaptado de www.ufsm.br

Estudando a dinâmica de escoamento em dutos como este, em 1738 o físico suíço Daniel Bernoulli (1700-1782) estabeleceu uma relação mais geral para a equação da continuidade, mostrada na seguinte equação:

$$P_1 + \rho v_1^2/2 = P_2 + \rho v_2^2/2.$$

Esta equação indica que o escoamento de um fluido está ligado a uma combinação de fatores como a pressão, velocidade e a densidade deste fluido. A equação precedente é chamada de *equação de Bernoulli*. A equação de Bernoulli indica que um aumento na pressão implica numa diminuição da velocidade, um aumento na velocidade de escoamento implica numa diminuição da pressão. Este resultado parece ser um tanto estranho, contudo, não confunda o um aumento da velocidade de escoamento com aumento na pressão, pois esta confusão é muito comum.

Esta relação entre velocidade de escoamento e pressão tem sido estudada desde o século XXIII, de lá para cá muitas aplicações que comprovam seu funcionamento têm sido encontradas.

16.2 Aplicações da Equação de Bernoulli

Dentre vários pesquisadores da área da hidrostática destacaremos os resultados obtidos por dois. O italiano Giovanni Venturi (1746-1822) e o alemão Heinrich Magnus (1802-1870) desenvolveram, de maneira independente, vários estudos com base na equação de Bernoulli. Os resultados encontrados por eles tiveram consequências que vão desde o desenvolvimento dos sprays, dos carburadores de motores automotivos até o desenho de asas de avião e de velames para barcos.

As asas de um avião são construídas em um formato que faz com a velocidade do ar na sua parte superior é maior que parte inferior. Por conta disso, a pressão do ar é maior na parte inferior do que na parte superior. Esta diferença de pressão, ilustrada na **Figura 16.2**, faz com que se manifeste uma força resultante, responsável pela sustentação do avião em voo. Note que a parte da frente das asas é um pouco mais elevada que a parte traseira.

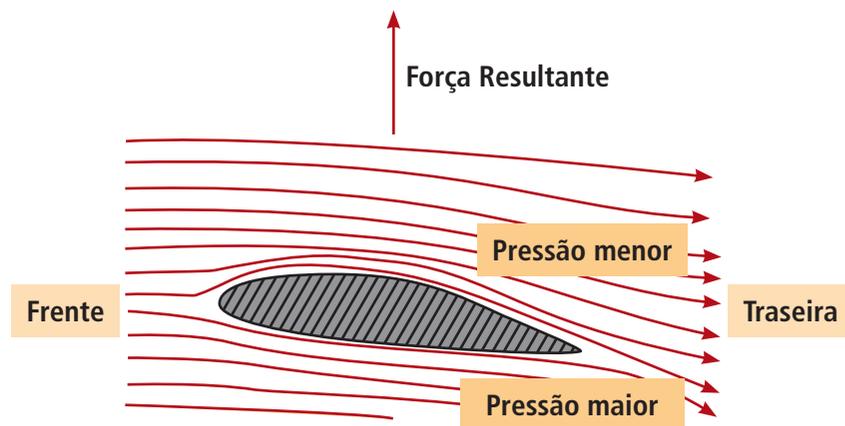


Figura 16.2: Linhas de corrente em uma asa de avião

Fonte: Adaptado de www.if.ufrj.br

A vela em um barco, ilustrado na **Figura 16.3**, tem um comportamento parecido com o da asa de um avião. O posicionamento da vela do barco é feito de tal maneira que a diferença de pressão entre seus lados resulte em forças que o empurram para frente, mesmo viajando na direção contrária ao vento.



Figura 16.3: As velas de um barco também têm seu funcionamento ligado à equação de Bernoulli

Fonte: ©Netfalls/shutterstock

Podemos também aplicar a equação de Bernoulli no estudo do funcionamento dos sprays. Na **Figura 16.4** temos a esquematização de um *spray*, semelhante ao de um desodorante ou ainda de uma pistola de pintura. A corrente de ar criada ao se apertar a pera passa pela abertura do tubo d. Este efeito aumenta a velocidade do ar e reduz a pressão. Gotículas do líquido do recipiente deslocam-se para esta região de menor pressão e misturam-se com o ar, sendo lançadas no ambiente.

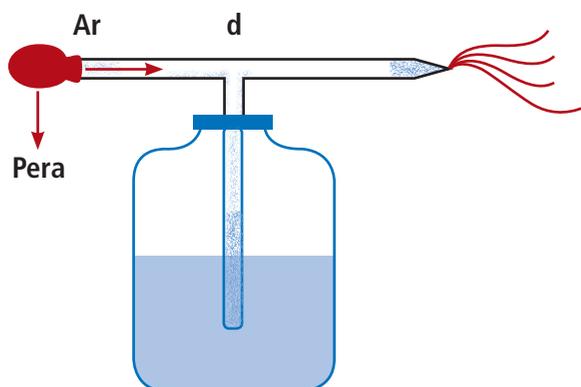


Figura 16.4: Esquema de funcionamento do spray

Fonte: Adaptado de www.tutorvista.com

No caso de uma pistola de pintura o aumento na velocidade do ar ocorre por que a pistola é ligada a um compressor. O jato de ar comprimido provoca uma diminuição de pressão tão grande que a tinta sobe e é lançada sobre a superfície a ser pintada.

A equação de Bernoulli também pode ser utilizada para interpretar a ocorrência de queda de pressão em pessoas que possuem veias entupidas. Quando há um acúmulo de gordura em uma artéria, a velocidade de escoamento do sangue aumenta, o que faz com que a pressão caia. Por isso, um dos sintomas associados a problema de entupimento de veias é a queda de pressão.

16.3 Escoamento Viscoso

Muitos fluidos, óleos de motor, sangue, shampoo, mel e até a água, não obedecem perfeitamente a equação de Bernoulli. Um dos motivos é uma propriedade dos fluidos chamada *viscosidade*. Ao observar o escoamento do mel (Figura 16.5a) e da água, por exemplo, você deve ter percebido que o mel escoava mais lentamente e gruda mais que a água. Isto deve ao fato de que a água possui uma viscosidade bem menor que a do mel.

Quando um fluido escoava em uma tubulação a viscosidade produz uma força de resistência ao movimento, tal qual uma força de atrito. Por causa da

viscosidade, a porção do fluido mais próxima à parede da tubulação possui velocidade menor do que a porção mais central. Costuma-se dizer que uma material mais viscoso é mais *grosso*, enquanto que um material menos viscoso é mais *fino*.

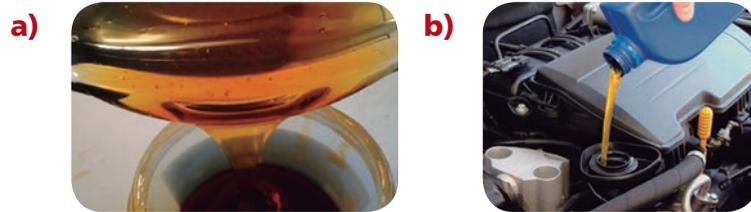


Figura 16.5: Dois fluidos mais viscosos que a água: a) mel b) óleo lubrificante para motor.

Fonte: Acervo do autor e http://neomgba.blogspot.com/2011_01_01_archive.html.

No caso do óleo lubrificante, **Figura 16.5b**, a viscosidade faz com que este mantenha-se por mais tempo entre as peças. Como o óleo fica por mais tempo entre as peças, atua como uma camada que diminui o atrito estas peças. As trocas de óleo periódicas ocorrem porque a viscosidade deste diminui devido às variações de temperatura que ocorrem no motor.

Resumo

Nesta aula você estudou a relação entre o comportamento da pressão e da velocidade de escoamento de um fluido. A equação de Bernoulli indica que quanto a pressão do fluido aumenta, sua velocidade de escoamento diminui. Quando a velocidade de escoamento diminui, a pressão diminui. Estes resultados levaram ao desenvolvimento de importante um conjunto de aplicações, que vão desde a construção de asas de aviões, velas para barcos, *sprays*, até a análise da pressão arterial. Os óleos lubrificantes utilizados em um motor possuem uma viscosidade elevada, o que faz com que escorram muito mais lentamente, permanecendo mais tempo entre as engrenagens do motor.



Atividades de aprendizagem

1. Para diminuir a pressão em um encanamento, um técnico optou por substituir o cano em um trecho. O técnico deve substituir o antigo cano por um mais grosso ou mais fino?

2. Observando os carros desenvolvidos atualmente vemos que seu desenho é diferente do desenho da asa de um avião. Os carros modernos possuem traseira alta e frente baixa. Qual é a razão disto?

Anotações

Aula 17 – Você trabalha...uma máquina trabalha...fisicamente, o que é trabalho?

Na aula de hoje, você estudará sobre os conceitos de trabalho. Muito provavelmente você já ouviu alguém falar sobre trabalho, no entanto, o conceito físico de trabalho tem uma característica bem própria. Hoje veremos trabalho do ponto de vista físico. O objetivo principal desta aula é que você reconheça e compreenda este conceito, sabendo usá-lo e analisá-lo no seu dia a dia.

“As máquinas podem ser definidas, classificadas e estudadas em sua evolução de acordo com qualquer critério que se deseje: força motriz, complexidade, utilização de princípios físicos, etc. Mas se é obrigado, ao início, a escolher entre dois modos de pensar diferentes. O primeiro é o ponto de vista do engenheiro, que enxerga a tecnologia, sobretudo em suas relações internas e tende a definir a máquina em relação a si mesma, como um fato técnico. O outro é o enfoque social, que vê a tecnologia em suas conexões com a humanidade e define a máquina em relação com o trabalho humano, e como um artefato social”.

(Harry Braverman – Trabalho e Capital Monopolista - Rio, Zahar Editores, 1977).

17.1 Introdução

Imagine que a bolinha amarela da figura abaixo esteja sendo puxada por duas forças em diferentes momentos, uma força representada pela seta vermelha e a outra força representada pela seta verde.

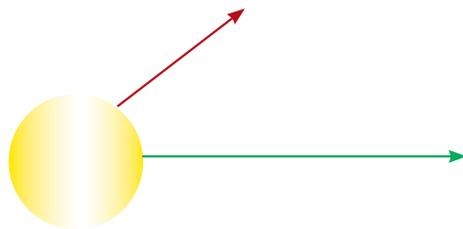


Figura 17.1: Representação esquemática de forças

Fonte: Acervo do autor

Analise primeiro a força que está sendo aplicada na bolinha pela seta verde. Se você perceber que a seta verde é um vetor, perceberá que o tamanho dela representa o valor numérico dessa força, portanto, comparando os dois vetores você poderá perceber que a força representada pela seta vermelha é menor que a força representada pela seta verde.

Quando esta bolinha se movimentar por uma determinada distância, diz-se que a bolinha realizou trabalho, isso é, uma força sendo aplicada nesta bolinha a fará se movimentar, saindo do ponto onde ela está e indo para outro ponto, causando um deslocamento na bolinha. Perceba que a força que você está analisando, puxa a bolinha apenas da esquerda para a direita, assim, essa bolinha se movimentará na mesma direção da força representada pelo vetor verde.

Agora analise o vetor vermelho. Em que direção esta força desloca a bolinha amarela? Lembre-se que quando um vetor está oblíquo é importante que você o decomponha na direção vertical e na direção horizontal, como mostra a figura abaixo. Isso deve ser feito porque quando se está analisando grandezas vetoriais, elas devem ser estudadas e tratadas de forma que sempre estejam em uma única direção, facilitando assim os cálculos que necessitarão ser feitos durante o estudo.

As duas bolinhas amarelas são representações do mesmo objeto, ou seja, é um único corpo que está sendo puxado por duas forças distintas, uma na vertical (para cima) e outra na horizontal (para o lado). No entanto, antes dessa representação, parece que apenas uma força puxa esta bolinha e esta força é representada pelo vetor em vermelho.

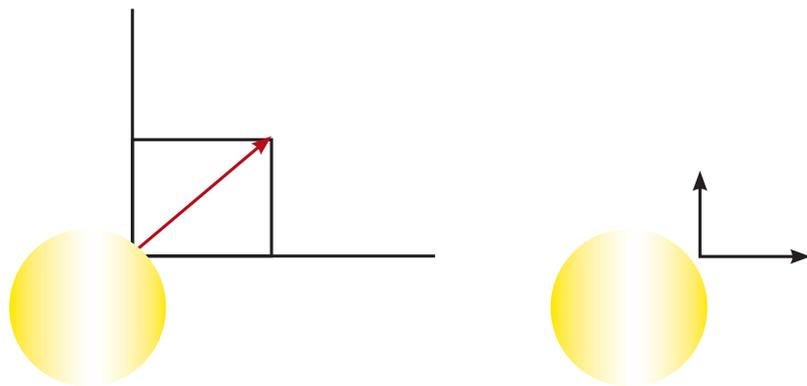


Figura 17.2: Decomposição de forças

Fonte: Acervo da autor

Perceba que o vetor vermelho, após ser decomposto, tem duas direções distintas, uma vertical, para cima e outra horizontal, para a direita. Representações estas, feitas na segunda bolinha da figura acima. São estas duas forças, agora, que puxam a bolinha amarela. Se a bolinha se deslocar na horizontal, então a força da vertical não realizará trabalho, no entanto, se a bolinha tiver seu deslocamento na vertical, então a força da horizontal é que não realizará trabalho.

Dessa forma você deve perceber que: **Só haverá trabalho realizado se o deslocamento acontecer na mesma direção da força, ou em ângulos que não tenham valores nulos quando considerados os cossenos destes ângulos.** Este deslocamento poderá ser no mesmo sentido da força, aí o trabalho será positivo ou poderá ser um deslocamento em sentido contrário, neste caso o trabalho será negativo.

17.2 Representação Matemática

Matematicamente o trabalho realizado por uma força constante é representado pela seguinte equação:

$$T = Fd$$

onde **T** representa o trabalho, **F** representa a força que está sendo aplicada ao objeto e **d** é o deslocamento que o objeto sofre. Ou de outra forma, já colocando a componente paralela ao deslocamento, sem a necessidade de decompor o vetor anteriormente,

$$T = Fd \cos \theta$$

Quando o objeto fizer um deslocamento horizontal, seu peso e a normal não realizarão trabalho já que são forças perpendiculares ao deslocamento do objeto.

O trabalho é uma grandeza escalar, isso significa que não é necessário indicar qual sua direção e seu sentido, mas apenas indicar seu valor numérico que a grandeza estará devidamente representada. Como toda grandeza física, o trabalho tem uma unidade, e como é possível perceber, uma unidade que a é a multiplicação da unidade de força pela unidade de deslocamento, ou seja, no S.I.,

$$N.m = J \text{ (joule)}$$

Escrever a unidade de trabalho como **N.m** não está errado, mas a multiplicação dessas duas unidades é chamada de **joule (J)** no S.I. Talvez você já tenha ouvido falar de outras unidades para esta grandeza física, mas a representada no S.I. é a mais comumente utilizada. Essa unidade foi batizada com este nome em homenagem a um grande físico britânico cujo nome era James Prescott Joule, que viveu entre 1818 e 1889 e estudou muito a respeito do calor.

17.3 Trabalho de Força Variável

Nem sempre se pode representar a grandeza trabalho como visto acima, isto acontece porque nem sempre a força que é aplicada em um objeto é constante durante todo o intervalo de tempo em que age sobre o objeto ou pode acontecer também de o deslocamento do objeto ser uma trajetória curva.

Quando isso acontece, a física se utiliza de alguns conceitos da matemática geométrica para auxiliar em alguns cálculos. Esse auxílio vem do conceito de área de figuras geométricas. Imagine, por exemplo, uma força que aumenta até um determinado valor e depois passe a diminuir até o valor inicial, essa força pode ser igual à representada no gráfico abaixo:

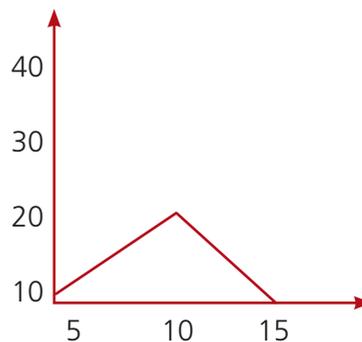


Figura 17.3: Gráfico de força variável

Fonte: Acervo da autor

É importante notar que a força varia de um valor 10N até o valor de 20N e volta para um valor nulo. Para este tipo de força o trabalho é calculado de outra forma. Quando a força é variável ou em trajetória curva, usa-se a área do gráfico para determinar o trabalho realizado pela força.

Pela figura acima, lembrando da área de um triângulo, temos:

$(\text{Área da base} \times \text{altura})/2$ ou, de outra forma, $(A \cdot h)/2$. Para estes casos, diremos que o trabalho realizado pela força variável é numericamente igual a área da figura, portanto, pelo gráfico, tem-se:

$A = 15\text{m}$; $h = 20\text{N}$ e o trabalho será, então, 150J.

Assim, toda vez que a força que atuar sobre um objeto for variável, o trabalho é encontrado pela área da figura que a força variável forma.

Exemplo: Imagine que você esteja carregando uma mala como na figura. Provavelmente vocêalaria que está fazendo força e realmente está e esta força está realizando um trabalho. Você consegue definir o valor deste trabalho supondo que a força seja de **5N**, que o ângulo entre o deslocamento e a força seja de **60°**, e que você desloque esta mala por 10m?



Figura 17.4: Exemplo do dia-a-dia sobre forças
Fonte: <http://necessarias.com>

Como visto acima $T = F \cdot d \cdot \cos$, portanto, $T = 5 \cdot 10 \cdot \cos 60^\circ$

$$T = 50 \cdot 0,5$$

$$T = 25 \text{ J}$$

Ou seja, a força de 5N que você está aplicando à mala para carregá-la faz um trabalho de 25J. E o que isso significa? Significa que uma quantidade de 25J de energia é transferida da força que você faz carregando a mala para a mala poder se deslocar.

Resumo

Na aula de hoje você foi apresentado a um conceito importante, o conceito de trabalho. É fundamental que você compreenda que trabalho está relacionado sempre a uma força e nunca a um objeto. Além disso, lembre-se que a unidade de trabalho no sistema internacional de unidades é o joule e que só existe trabalho realizado por uma força, caso ela não seja perpendicular ao deslocamento do objeto.



Atividades de aprendizagem

1. Um homem de 70kg sobe uma escada de 2m de altura. Qual o trabalho realizado pela força peso?

2. Se o mesmo homem da questão anterior puxasse uma caixa por 100m com uma força paralela ao deslocamento da caixa no valor de 20N, qual seria o trabalho realizado pela força com que o homem puxa a caixa?

3. Complete os espaços.

- a) Quando uma força _____ atua sobre um corpo, para encontrar o trabalho que esta força exerce é necessário calcular a área da figura que o gráfico representa.
- b) No S.I. a unidade de trabalho é _____.
- c) Fisicamente o conceito de _____ é a força aplicada em um determinado corpo vezes a distância que este mesmo corpo percorre.
- d) O trabalho será _____ quando a força e o deslocamento estiverem na mesma direção.

Aula 18 – Um motor potente faz um barco mais veloz em menos tempo. Você sabe a definição de potência?

Na aula de hoje você estudará sobre potência. Muito provavelmente você já ouviu alguém falar sobre a potência de determinado motor ou sobre a potência de uma máquina qualquer. O objetivo principal desta aula é que você reconheça e compreenda este conceito, sabendo avaliar quais são os motores mais potentes e sabendo também, dentro do seu dia a dia, compreender as relações existentes no mundo da ciência, da tecnologia e da sociedade.

18.1 Introdução

Certamente você já ouviu muitas vezes a palavra potência em seu cotidiano. Já viu uma lâmpada com esta indicação, pode também ter visto algum equipamento com a indicação de potência. Potência nada mais é do que quão rápido um objeto realiza um trabalho. Por exemplo, qual a potência de um motor de um automóvel? Depende do automóvel que você está pensando. No entanto, você provavelmente sabe responder esta questão, comparando dois carros. O carro que atinge uma mesma velocidade em menor tempo é o carro que possui motor mais potente, ou ainda, o carro que atinge maior velocidade em menor tempo, é o carro de maior potência.

18.2 Potência

Do que foi dito anteriormente é fácil perceber que matematicamente pode-se representar a grandeza física potência pela seguinte equação:

$$P_{ot} = T/\Delta t$$

onde P_{ot} representa a potência do objeto considerado, T o trabalho e Δt o intervalo de tempo gasto pelo objeto para realizar o trabalho considerado.

No S.I a potência também tem uma unidade de nome particular, perceba que a unidade de potência é dada pela razão entre a unidade de trabalho e a unidade de tempo, isto é,

$$J/s = W \text{ (watt)}$$



Olhe seus aparelhos elétricos em casa, verifique qual a potência de um rádio, por exemplo, depois compare com a potência de um chuveiro. Discuta com seus colegas os valores encontrados.

Com certeza você já ouviu falar em **cv (cavalo-vapor)** ou então em **hp (horse power)**. Estas duas unidades também são muito utilizadas para a grandeza potência. Elas tem um valor determinado quando comparadas a grandeza watt no S.I, isto é, **1 cv = 735,5 W** e **1hp = 745,7 W**. É muito comum utilizar múltiplos do watt, ou seja, kW, MW, GW, entre outros. Para lembrar este assunto releia a aula de número 2.

Lembre que potência é a rapidez de realização de trabalho! Os conceitos de trabalho e potência são muito importantes no seu cotidiano. Talvez você nunca tenha se perguntado quanto de potência dissipa quando levanta, quando caminha, quando carrega suas compras, no entanto, isso está acontecendo. Da mesma forma, os equipamentos elétricos e eletrônicos que você tem em casa, todos têm uma potência. A potência de um equipamento está diretamente relacionada com a energia que você gasta na sua casa, ou melhor, com o quanto você gasta em energia elétrica. Lembre-se disso e aprenda a economizar energia.

Todos os equipamentos elétricos quando ligados na tomada, mesmo que não estejam efetivamente funcionando, consomem energia elétrica porque seus componentes eletrônicos estão deixando passar corrente elétrica e este movimento de cargas gera um trabalho e este trabalho, num intervalo de tempo, gera potência e essa potência consome energia elétrica, portanto, para economizar energia é importante desligar os equipamentos elétricos, sem deixá-los em "*stand by*".

Quando um ser humano pratica um esporte, por exemplo, gasta, em média, 800W de potência. A potência além de ser um termo físico, é também utilizada em biologia, porque as células nervosas do organismo humano também são células elétricas e realizam trabalho.

Quando os músculos são mais requisitados do que o normal, eles são forçados a um trabalho extra para superar uma resistência ou carga. Este trabalho conduz a um aumento de força, pois o músculo se contrai e a síntese de proteínas musculares é estimulada.

(Noara Beltrami Brinck - O TREINAMENTO DE POTÊNCIA MUSCULAR DE MEMBROS INFERIORES E A POSSIBILIDADE DO AUMENTO DE SALTOS EM BAILARINOS CONTEMPORÂNEOS.)

18.3 O quilowatt-hora

A conta de luz que chega na sua casa traz como unidade de medida o quilowatt-hora, esta unidade, apesar de trazer o watt no seu nome, é uma unidade de energia e não de potência. Energia é um assunto que trataremos nas próximas aulas, no entanto, aqui é importante mostrar como as distribuidoras de energia fazem para calcular os gastos que cada lar ou empresa como energia elétrica.

Lembrando os prefixos estudados nas primeiras aulas, você deve recordar que quilo representa 10^3 ou 1000, portanto, quilowatt representa mil watt. Quando dizemos quilowatt-hora, estamos falando de uma grandeza **potência vezes tempo** e esta grandeza é a energia, ou matematicamente:

$$P_{ot} \cdot t = E$$

No entanto, esta unidade não está no Sistema Internacional de Unidades (S.I.), para que você transforme quilowatt-hora em joule, que é a unidade do S.I. de trabalho e energia precisa fazer a seguinte relação:

$$1 \text{ quilowatt} = 1000 \text{ W}$$

$$1 \text{ hora} = 3600 \text{ s}$$

Assim,

$$1 \text{ kWh} = 1.1000.3600 \text{ W.s}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6.10^6 \text{ W.s}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6.10^6 \text{ J}$$

Perceba, portanto, que a energia que você paga na sua conta de energia elétrica é calculada através da quantidade de potência que os equipamentos elétricos da sua casa consomem vezes o tempo que eles permanecem ligados, isto é, o tempo em que são utilizados.

Suponha, por exemplo, que os equipamentos elétricos da sua casa consumam, em um mês, 50kWh e que a taxa cobrada pela companhia de energia elétrica do seu município é de R\$0,48 cada kWh consumido, assim, ao fim do mês, você gastará o equivalente a R\$24,00 com a energia elétrica consumida pelos equipamentos que possui em sua casa.

Hoje em dia é muito comum, nos eletrodomésticos, encontrar uma descrição de quanto, em média, ele gasta de energia elétrica ao mês, assim, é fácil cuidar para economizar energia, tanto verificando nos eletrodomésticos como também, desligando eles quando não estão sendo utilizados.

Resumo

Na aula de hoje você foi apresentado a um conceito muito importante, o de potência. Lembre-se que a unidade de potência é o watt. É importante você saber que potência está relacionada com a velocidade em realizar trabalho, quanto mais veloz, mais potente. Leve este conhecimento para o seu dia-a-dia e perceba melhor a tecnologia que o cerca.



Atividades de aprendizagem

1. Qual a potência dissipada por um homem de 70kg ao subir uma escada de 2m de altura, em 35s?

2. Qual o carro mais potente, um volkswagen 1969 ou uma Ferrari Enzo 2003? Por quê?

3. Determine qual a potência despendida pelo trabalho da força que carrega uma mala quando o trajeto de 10m é feito em 5s.

4. Na sua casa existe uma torneira elétrica de potência 2500W que funciona por 15min por dia, durante sete dias na semana. Você quer saber se vale a pena manter esta torneira ou se é melhor colocar uma torneira simples. Para isso faz cálculos para determinar quanto gasta com esta torneira. Lembrando que a conta da energia elétrica é feita com base na potência do equipamento e no tempo que ele é utilizado, determine quanto esta torneira gasta de energia no fim de um mês.
5. (UFSCAR 2003) De acordo com publicação médica especializada, uma pessoa caminhando à velocidade constante de 3,2km/h numa pista plana horizontal consome, em média, 240kcal em uma hora. Adotando $1,0\text{kcal} = 4200\text{J}$, pode-se afirmar que a potência desenvolvida pelo organismo e a força motriz exercida pelo solo, por meio do atrito, sobre os pés dessa pessoa valem quanto, em média?

Anotações

Aula 19 – Você sabia que tudo ao nosso redor é transformado? Energia, o que significa?

Nesta aula será discutido o conceito de energia. O que é, como se transforma, que tipos diferentes existem. Será mostrado que energia não se cria e também nunca é perdida. Serão estudados alguns tipos de energia e alguns outros serão apenas mostrados, mas deixados para serem estudados em um outro momento, quando a eletricidade estiver em discussão.

Hoje você deverá ser capaz de compreender o que é energia, quais são as principais formas de energia, como elas se relacionam com a sua vida e com os objetos que estão ao seu redor. Conhecer a unidade de energia e saber relacioná-la com os conceitos de mecânica já vistos nas aulas anteriores.

19.1 Energia Cinética

A energia cinética é um tipo de energia envolvida em objetos que estão em movimento, ou seja, objetos que tem velocidade. Mas, antes de estudar energia cinética, é importante saber o que é **ENERGIA**.

Energia é um conceito difícil de definir, no entanto, tudo o que está ao seu redor é energia. De forma simples e resumida, energia é a capacidade que um objeto tem de realizar trabalho. O sol nos aquece através da energia solar, a comida ingerida por uma pessoa fornece energia para que ela possa se movimentar, estudar, pensar, isto é, realizar trabalho. A luz que ilumina sua casa, fornece energia, a água correndo em um rio, também tem energia, além de muitos outros exemplos.

A foto ao lado representa a água de um rio em sua foz, esta água quando represada pode fazer parte de uma usina hidrelétrica, neste tipo de usina a energia da água em movimento e em queda, faz com que turbinas se movimentem e gerem energia elétrica.

A partir desse exemplo, perceba que a energia da água é transformada em energia elétrica, portanto, é importante você notar que na natureza a energia apenas se transforma, nunca é perdida, nem pode ser criada do nada, ela simplesmente existe e se transforma.



Figura 19.1: Exemplo de transformação de energia

Fonte: Acervo do autor

Como falado anteriormente a energia é encontrada de várias formas. Neste momento será discutida a energia cinética. O termo cinético ou dinâmico está diretamente relacionado ao movimento de um objeto. Assim, qualquer objeto que possua massa e velocidade terá, necessariamente, uma energia cinética associada a este movimento.

Matematicamente falando, a energia cinética pode ser representada pela seguinte equação:

$$E_c = (m \cdot v^2)/2$$

onde **m** representa a massa do objeto considerado e **v** representa sua velocidade. Perceba que a energia cinética está relacionada com a velocidade ao quadrado, portanto, quanto maior a velocidade de um objeto, maior será sua energia cinética, mas não apenas de forma linear e sim crescerá com o quadrado da velocidade. Isso significa que se a velocidade for de 2m/s a energia cinética será de 4 vezes a massa.

A energia é uma grandeza física escalar, portanto, assim como no trabalho e na potência, ela estará bem caracterizada apenas com um valor numérico e sua unidade.

E qual a unidade de energia? Como comentado anteriormente, de forma simples, energia é a capacidade de realizar trabalho, portanto, a unidade de energia é a mesma unidade de trabalho, isto é, **joule (J)** quando se está utilizando o sistema internacional de unidades.

Um automóvel com velocidade de 80km/h possui mais energia cinética que um outro automóvel de mesmo modelo com velocidade de 60km/h e de onde vem esta energia? A energia que o automóvel possui quando em movimento, vem da energia da combustão do combustível que é utilizado em seu motor, essa energia química e também térmica é transformada em energia de movimento, ou energia mecânica.

A energia mecânica é um conjunto de duas principais formas de energia, a energia cinética que foi mostrada acima e a energia potencial que começará a ser discutida em seguida.

19.2 Energia Potencial Gravitacional

Quando um objeto qualquer está em movimento, como visto anteriormente, ele possui energia cinética. E dependendo da posição que ele ocupa, ele terá energia potencial gravitacional. A energia potencial é adquirida por um objeto qualquer quando este objeto é levantado a partir de um ponto considerado como referencial com relação à superfície da Terra.

Quando você ergue um objeto até uma certa altura, quanto mais alto ele estiver, maior será a energia potencial por ele armazenada. Por exemplo, se uma pedra é levantada por um guindaste até uma altura de 2m, ela terá uma determinada energia potencial, no entanto, se esta mesma pedra for levantada por uma altura de 20m a energia potencial por ela adquirida será dez vezes maior.

Observe a roda gigante ao lado. Uma pessoa que se encontra na parte inferior desta roda vai possuir uma energia potencial muito pequena, visto que a relação entre a altura do banco e o chão é pequena, portanto, caso aconteça algum acidente neste momento, a pessoa sofrerá pequenas ou nenhuma seqüela. No entanto, a pessoa que se encontra no banco exatamente no ponto mais alto, possui maior energia potencial gravitacional, visto que a altura em que ele se encontra, em relação ao chão, é bem maior. Neste caso, portanto, caso ocorra um acidente, a transferência de energia da pessoa do alto será maior, ocasionando assim maiores consequências na queda.



Figura 19.2: Roda gigante

Fonte: www.sxc.hu

Para facilitar a compreensão do que foi analisado acima, pode-se verificar que, matematicamente, a energia potencial gravitacional de um objeto é dada por:

$$E_{\text{pot}} = mgh$$

onde **m** representa a massa do objeto, **g** a aceleração gravitacional local e **h** a altura em que o objeto se encontra em relação ao referencial. Lembre-se sempre que para que a unidade da energia esteja no S.I., é importante também que todas as outras unidades estejam no mesmo sistema, portanto, massa deve estar em quilograma, aceleração gravitacional em metros por segundo ao quadrado e altura em metros, dessa forma, a energia será dado em joules.

Exemplo: Uma pessoa de 70kg sobe no alto de um prédio de 80m de altura. Quando está no topo do prédio, qual sua energia potencial gravitacional? Esta mesma pessoa leva consigo uma pedra de 1kg e a joga do alto do prédio. Supondo que não haja perda de energia, qual a velocidade com que a pedra atinge o solo?

A energia potencial gravitacional é relacionada com a aceleração gravitacional local que é 10m/s², assim, o valor da energia potencial da pessoa de 70kg é

$$E_{\text{pot}} = 70 \cdot 10 \cdot 80 = 56000 \text{ J} = 5,6 \cdot 10^4 \text{ J}$$

A energia potencial da pedra é $E_{\text{pot}} = 1 \cdot 10 \cdot 80 = 800 \text{ J} = 8 \cdot 10^2 \text{ J}$, como não há perda de energia toda a energia potencial gravitacional é convertida em energia cinética e, portanto,

$$E_{\text{pot}} = E_{\text{c}}, \text{ assim,} \\ 800 = (1 \cdot v^2)/2$$

e assim, a velocidade com que a pedra atinge o solo é $v = 40\text{m/s}$.

19.3 Energia Potencial Elástica

Uma outra forma de energia potencial é a potencial elástica, essa energia está relacionada a objetos que possuem o poder de se deformar quando uma força é aplicada sobre eles. Como exemplos de objetos que se deformam com a presença de uma força é possível citar a mola, uma bola de tênis, elásticos, entre outros.

A energia potencial elástica difere um pouco da energia potencial gravitacional porque ela está relacionada com a deformação do objeto e não com a altura em que ele se encontra, no entanto, a deformação do objeto também o caracteriza, como definido anteriormente, como a posição onde o objeto se encontra.

Observe a seguir. A mola superior encontra-se no seu estado de equilíbrio, ou seja, ela tem um determinado tamanho e ainda não existe uma força atuando sobre ela. Na mola inferior há uma deformação, visto que a mão está aplicando uma força sobre a mola e esta mesma mola está sendo esticada. Quando a mola está esticada, deixa de estar em seu estado de equilíbrio e portanto, existe a realização de trabalho e um armazenamento de energia, chamada de energia potencial elástica.

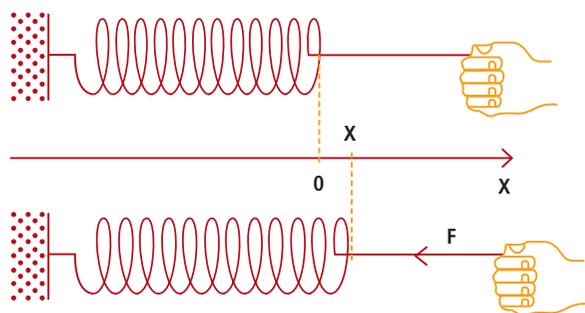


Figura 19.3: Exemplo de força elástica

Fonte: Acervo do autor

A força que a mola exerce para manter seu estado de equilíbrio, que é sempre contrária a força que é exercida sobre a mola é dada pela equação de Hooke, isto é:

$$F_{\text{elas}} = -Kx^2$$

onde o sinal negativo representa que a força elástica é sempre em sentido oposto à força que se aplica na mola, **k** é a constante elástica da mola que caracteriza o quanto uma mola é mole ou dura, ou seja, quanto é mais fácil ou difícil deformá-la (quanto maior o valor de k mais difícil deformar a mola) e **x** é a deformação que a mola sofre de acordo com a força que é aplicada nela. Para que a unidade de força seja o N (newton) é importante que a deformação esteja em metros e a constante da mola em N/m² (newton por metro quadrado).

Conhecendo a força elástica é possível, então, definir energia potencial elástica, através de uma equação matemática:

$$E_{\text{elas}} = (kx^2)/2$$

onde os elementos que formam a equação são os mesmos da equação de Hooke. Perceba que a energia que existe num objeto que sofre deformação depende tanto da característica do objeto, ou seja, da sua constante elástica, quanto da sua deformação.

Aula 20 – “ Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.” (Lavoaiser)

Nesta aula você vai descobrir o real significado da frase de abertura da aula. Nada é criado, tudo é transformado de um certo modo, em outra forma. A reciclagem de lixo é um grande exemplo disso. Transformamos matéria e também energia. Na aula passada você percebeu o que é energia e quais as principais características da energia relacionada à mecânica. Hoje você vai descobrir que um conjunto de energia gera outra forma de energia e que esta, por sua vez, é sempre transformada.

20.1 Introdução

Quando em um sistema em estudo, por exemplo, um carrinho sobre um trilho de uma montanha russa, não existe atrito ou qualquer outra forma de dissipação, dizemos que o sistema é conservativo. Ele é chamado de sistema conservativo porque as forças que atuam no sistema e realizam trabalho, são forças conservativas, isto é, não dependem da trajetória em que realizam o trabalho para que o trabalho realizado seja o mesmo.

Quando apenas forças conservativas atuam em um sistema, então temos o Princípio da Conservação da Energia, que nada mais é do que dizer que na natureza é energia é transformada e nunca perdida. No entanto, caso o sistema em estudo tenha alguma forma de dissipação, como atrito, por exemplo, não podemos falar em conservação da energia mecânica, mas de certa forma, também há uma transformação e não uma perda de energia.

20.2 Energia Mecânica

Como discutido na aula anterior, a energia mecânica de um corpo é a soma de todas as energias cinéticas e potenciais que este corpo possui.

Imagine que você esteja em uma montanha russa como a da foto ao lado. Suponha que não haja atrito entre o carrinho onde você está e os trilhos da montanha. Claro que, caso não existisse atrito entre as rodas e o trilho, os carrinhos teriam movimento infinito, mas como exemplo, devemos considerar situações ideais. Supondo então, a ausência de atrito, não há dissipação de energia, isto é, toda energia mecânica do sistema é conservada.



Figura 20.1: Montanha russa

Fonte: www.sxc.hu

Conservar energia mecânica significa que a soma de toda energia cinética e toda energia potencial se mantém constante, no entanto, não significa dizer que a energia cinética mantém o mesmo valor, o mesmo acontecendo com a energia potencial.

Quando não existem forças dissipativas envolvidas em um sistema, como a força de atrito, por exemplo, sempre haverá conservação da energia mecânica do sistema. As forças dissipativas fazem com que a energia seja transformada em calor e não exista forma de esta energia realizar trabalho. As forças que transformam energia em outra forma onde é possível a realização de trabalho são chamadas de forças conservativas.

Assim, sempre haverá conservação de energia mecânica se apenas forças conservativas estiverem envolvidas no sistema, isto é, a energia mecânica final será igual a energia mecânica inicial, lembrando que energia mecânica é a soma de todas as energias potenciais e cinéticas envolvidas no sistema.

Analise a **figura 20.1**. No ponto mais alto da montanha russa, que formas de energia existem? Se não houver atrito o que acontece com a velocidade do carrinho quando atinge o ponto mais baixo da trajetória?

Perceba que no ponto mais alto existe tanto energia potencial gravitacional quanto energia cinética, pois o carrinho está em movimento e possui uma altura em relação ao solo. Conforme o carrinho desce pelos trilhos, supondo não haver atrito entre carrinho e trilhos, a altura diminui, portanto a energia potencial gravitacional também diminui, se transformando em energia cinética. Como a massa do carrinho é constante, conforme a altura diminui, a velocidade do carrinho aumenta, visto que a energia potencial gravitacional se transforma em energia cinética.

Do que foi analisado acima, perceba que os valores da energia cinética e da energia potencial variam de ponto para ponto, no entanto, a energia mecânica permanece conservada. Para deixar mais claro o que foi discutido, veja o seguinte exemplo:

Exemplo 1: Seu sobrinho de três anos de idade quer brincar em um escorregador. Você o coloca na parte mais alta do brinquedo que tem, até o chão, uma altura de 4m. Antes de começar a descer pelo brinquedo, seu sobrinho está parado. Existe atrito entre as roupas de seu sobrinho e o brinquedo. Este atrito realiza trabalho de 80J. Determine qual a velocidade com que seu sobrinho chega ao ponto mais baixo do brinquedo, no solo, sabendo que ele tem 6kg.

Primeiro vamos analisar a questão em cada ponto, depois montamos o problema matematicamente. Primeiro você deve perceber que no ponto mais alto do brinquedo, quando a criança está parada, existe apenas energia potencial gravitacional. A partir do momento que a criança começa a descer, aumenta sua velocidade, portanto existe energia cinética e a altura da criança em relação ao solo, diminui, portanto, existe também diminuição da energia potencial gravitacional.

O exercício diz que existe atrito e este atrito, normalmente, é transformado em energia térmica e sonora, não podendo, desta forma, realizar trabalho, o que caracteriza um sistema dissipativo. No entanto, toda energia existente no início do movimento da criança deve ser transformada e não é possível a criação de energia durante o movimento, portanto, toda energia mecânica mais a energia dissipada na forma de atrito deve ser igual a energia existente no sistema, inicialmente.

Para passar o que foi analisado acima, em forma matemática, tem-se: no ponto mais alto da trajetória: $E_{\text{pot}} = mgh = 6 \cdot 10 \cdot 4 = 240 \text{ J}$ e $E_{\text{cin}} = 0$ porque a criança está parada. No ponto mais baixo da trajetória: $E_{\text{pot}} = 0$ porque a criança está no solo e $E_{\text{cin}} = (m \cdot v^2)/2$

A energia mecânica inicial, portanto, será: $240 + 0 = 240 \text{ J}$.

A energia mecânica final será: $240 - 80$ (energia dissipada pelo atrito) = 160 J .

Para então, definir a velocidade final da chegada do seu sobrinho ao solo, é necessário comparar a energia final do sistema, isto é,

$$mv^2/2 = 160$$

$$6 \cdot v^2/2 = 160$$

$$6 \cdot v^2 = 160 \cdot 2$$

$$v^2 = 320/6$$

$$v^2 = 53,3$$

ou seja, a velocidade com que seu sobrinho chega ao solo é $7,3 \text{ m/s}$, que é o valor da raiz quadrada de $53,3$.

Perceba que mesmo o sistema sendo dissipativo, a energia mecânica total do sistema é conservada, sendo dissipada somente uma parte da energia em forma de atrito. Caso o sistema fosse conservativo a energia mecânica inicial e final seria a mesma e portanto, a energia cinética final deveria ser comparada com a energia potencial gravitacional inicial.

O exemplo da página anterior foi uma forma bem simples de verificar a utilização do assunto estudado, no entanto, a conservação de energia é um assunto de fundamental importância para o desenvolvimento científico e tecnológico.

Para um satélite entrar em órbita, para um foguete poder sair da órbita da terra, para que navios naveguem em alto mar, entre outras situações, são necessários muitos estudos relacionados à conservação de energia. Além disso, para podermos descobrir o mundo ao nosso redor, é importante que saibamos investigá-lo e portanto, conhecer a física e saber interpretar seus fenômenos nos faz mais participantes das mudanças que ocorrem no mundo.

Resumo

Nesta aula você estudou um dos principais fundamentos da Física, o Princípio da Conservação da Energia. De acordo com este princípio, a natureza tem um comportamento tal que, nos mais variados processos que ocorrem, uma forma de energia sempre é transformada em outra.



Atividades de aprendizagem

1. Como você faria para determinar a velocidade de um carrinho no ponto mais baixo de uma montanha russa, sabendo que no ponto mais alto a energia cinética vale 800 J, a energia potencial 1000 J e a massa do carrinho vale 100kg?
2. Uma bola faz a trajetória indicada na figura abaixo. Em cada colisão no chão ela perde 20% da sua energia inicial. Discuta qual será a energia no ponto A, após duas colisões no chão. Explique o resultado.

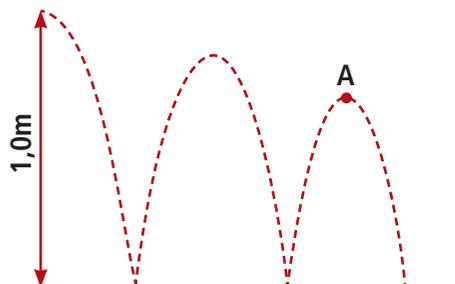


Figura 20.2: Trajetória de uma bola que cai
Fonte: Acervo do autor

Referências

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A.: **Física**. Primeira Edição, São Paulo, Editora Scipionde, 2008.

BUCHWEITZ, B.; AXT, R: **Questões de Física**. Primeira Edição, Porto Alegre, Sagra-Dc Lizzatto, 1996.

CARVALHO, R. P.: **Física do dia-a-dia**. Primeira Edição, Belo Horizonte, Editora Gutenberg, 2003.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.: **Física**. São Paulo, Cortez Editora, 1990.

Feynman, R. P., Leighton, R. B., Sands, M: **Lições da Física de Feynman – Edição Definitiva – Volumes I, II e III**. Rio de Janeiro, Ed. Bookman, 2008.

Gaspar, A.: **Física**. São Paulo, Ed. Atica, 2005.

GRIBBIN, J.: **História da Ciência, de 1543 ao Presente**. Primeira Edição, Lisboa, Publicações Europa América, 2005.

HALIDAY, D.; RESNICK, R.: **Fundamentos de Física**. Terceira Edição, Rio de Janeiro, LTC Editora, 1994.

TIPLER, P.: **Física – Volumes 1, 2 e 3**. Terceira Edição, Rio de Janeiro, LTC Editora, 1995.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S.: **Física**. Segunda Edição, São Paulo, Editora Atual, 2005.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO, CURITIBA: **Lições Curitibanas**. Prefeitura Municipal de Curitiba, 1994.

WHITE, F. M.: **Mecânica dos Fluidos**. Rio de Janeiro, McGrawHill, 2005.

Sítios consultados

www.inmetro.gov.br/inmetro/

www.infoescola.com

www.ipem.sp.gov.br

www.klickeducacao.com.br

www.coladaweb.com

www.fisicaevestibular.hpg.ig.com.br

www.mundoeducacao.com.br

<http://efisica.if.usp.br/mecanica/ensinomedio/>

www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20021/Angelisa/

Referências das imagens

Figura 1.1: Balança de medida

Fonte: ©Kraska/shutterstock

Figura 1.2: Uma forma de medida

Fonte: ©Bill Fehr/shutterstock

Figura 1.3: Representação de uma onda

Fonte: Acervo do autor

Figura 1.4: Relógio, uma medida de tempo

Fonte: ©Valeriy Lebedev/shutterstock

Figura 3.1: Distância percorrida

Fonte: http://www.aulas-fisica-quimica.com/9F_distancia_deslocamento.html

Figura 3.2: Deslocamento

Fonte: http://www.aulas-fisica-quimica.com/9F_distancia_deslocamento.html

Figura 3.3: Conversão de unidade de velocidade

Fonte: Acervo do autor

Figura 5.1: Exemplo de manifestação da Inércia

Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>

Figura 6.1: Ação e reação

Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>

Figura 6.2: Ação e reação no ato de empurrar uma mala

Fonte: <http://cepa.if.usp.br/e-fisica/imagens/mecanica/universitario/cap10/terceiralei10.gif>

Figura 6.3: Par ação e reação

Fonte: Adaptado de <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>

Figura 6.4: Par ação e reação

Fonte: Adaptado de <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>.

Figura 7.1: Segunda Lei de Newton

Fonte: Acervo do autor

Figura 7.2: Plano Inclinado

Fonte: Adaptado em www.portalsaofrancisco.com.br

Figura 7.3: Componentes da força peso

Fonte: Adaptado de www.portalsaofrancisco.com.br

Figura 7.4: Cilindro elevado ao longo de uma rampa.

Fonte: Adaptado de www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php.

Figura 8.1: Força centrípeta e suas componentes. F_t é a força tangencial.

Fonte: Adaptado de <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>.

Figura 8.2: Plano horizontal: Se o corpo está em equilíbrio na direção vertical, temos que $N = mg$.

Fonte: Adaptado de <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>.

Figura 8.3: Plano Inclinado. Neste caso, $N = mg \cdot \cos \theta$

Fonte: Adaptado de <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>

Figura 8.4: Força de atrito

Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>

Figura 9.1: Qual é a diferença entre o pneu largo e o fino quando se trafega pela areia? Por que a faca afiada corta melhor?

Fonte: Adaptação de <http://www.osmotoqueiros.com.br/?cat=187> e acervo do autor.

Figura 9.2: O alcance diferente para água que sai de furos de alturas diferentes
Fonte: Acervo do autor

Figura 9.3: Foto da capa do DVD do filme “Homens de Honra”
Fonte: http://novasmente.blogspot.com/2009_07_01_archive.html

Figura 9.4: a) Peixe-Caixaão – águas profundas. Fonte: <http://blog.clickgratis.com.br/dadol2/>;
b) Tilapia – águas rasas. Fonte: <http://www.comopescar.org/como-pescar/como-pescar-tilapia>.

Figura 9.5: O inseto não afunda devido à tensão superficial
Fonte: <http://negrijp.fotoblog.uol.com.br/images/photo20090911061236.jpg>

Figura 9.6: Salto com a ponta dos dedos na direção da água
Fonte: <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=664214>

Figura 9.7: A parte da frente do barco possui menor área para facilitar a navegação.
Fonte: <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1340109>

Figura 9.8: É mais fácil boiar com braços e pernas esticados
Fonte: ©Sergey Chirkov/Shutterstock

Figura 10.1: Por que a caixa de vidro é mais pesada?
Fonte: <http://www.aquaricamp.com.br/produtos/1556/aquario-vidro.jpg>
<http://www.grzero.com.br/wp-content/uploads/2011/06/296744.jpg>

Figura 10.2: a) Ovo colocado na água doce; b) ovo colocado na água com sal
Fonte: Acervo do autor

Figura 11.1: Ilustração da atmosfera
Fonte: <http://aprendendocomovinho.blogspot.com>

Figura 11.2: Ilustração do barômetro de Torricelli
Fonte: <http://izpicancha.blogspot.com/2009/11/experiencia-de-torricelli.html>

Figura 11.3: a) Alimentos embalados a vácuo. b) Bomba de Vácuo
Fonte: www.tecnopack.pt e <http://images.quebarato.com.br>

Figura 11.4: Botijões de gás
Fonte: http://blogdoanax.blogspot.com/2010_05_01_archive.html

Figura 11.5: Compressor de ar
Fonte: http://www.distrelero.com.br/uploads/img_produtos/108.jpg

Figura 11.6: Esquema de uma bomba d'água.
Fonte: adaptado de http://www.mspc.eng.br/flidetc/topdiv_agua_10.shtml.

Figura 11.7: Diferença da altura da coluna de ar entre o nível do mar e uma montanha
Fonte: Adaptada de <http://www.prof2000.pt/users/elisabethm/geo7/clima/elementosp.htm>

Figura 12.1: Coluna de fluido usada para equacionar a pressão em função da densidade
Fonte: Acervo do autor

Figura 12.2: Vasos comunicantes
Fonte: http://radikfisic.blogspot.com/2009_04_17_archive.html

Figura 12.3: Nivelamento de uma parede com vasos comunicantes, a mangueira.
Fonte: <http://www.automacaoindustrial.com/instrumentacao/pressao/introducao.php>.

Figura 12.4: Os poços comuns e os poços artesianos têm um comportamento semelhante ao de vasos comunicantes.
Fonte: <http://cidaderiodejaneiro.olx.com.br/perfuracao-manutencao-e-legalizacao-de-poco-artesiano-iid-69774412>.

Figura 13.1: Vasos comunicantes com pistões.
Fonte: <http://blog.gmveurolift.es/?p=325>.

Figura 13.2: Vasos comunicantes com áreas diferentes.
Fonte: Adaptado <http://www.infoescola.com/fisica/pressao-hidraulica-principio-de-pascal>

Figura 13.3: Prensa hidráulica.

Fonte: <http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/ferramentas/ferramentas-hidraulicas/prensa-hidraulica-30-tons-marcon-277610>.

Figura 13.4: Sistema de freios de um automóvel

Fonte: http://www.webmecauto.com.br/comofunciona/cf003_freio.asp

Figura 14.1: Os objetos parecem ficar mais leves debaixo da água.

Fonte: <http://educar.sc.usp.br/licenciatura/1999/empuxo/Empuxo-pg-02.htm>.

Figura 14.2: A pressão no fundo do recipiente é maior

Fonte: Acervo do autor

Figura 14.3: Boia para vara de pesca.

Fonte: ©sellingpix/shutterstock

Figura 14.4: Os navios deslocam uma grande quantidade de água, por isso não afundam.

Fonte: www.lockheedmartin.com

Figura 14.5: Análise do equilíbrio de um navio.

Fonte: Adaptado de : <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20021/Angelisa/porqueonavioflutua.html>. e <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=803632>.

Figura 15.1: Escoamento estacionário.

Fonte: Acervo do autor

Figura 15.2: Escoamento turbulento

Fonte: Acervo do autor

Figura 15.3: Linhas de corrente em um automóvel

Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172001000400009

Figura 15.4: Automóvel em um túnel de vento.

Fonte: <http://imagensdafisica.blogspot.com/2010/07/forca-de-resistencia-do-ar-alguns.html>

Figura 15.5: Ilustração de um fluido que obedece à equação da continuidade

Fonte: Adaptado de <http://www.ufsm.br/gef/Fluide08.htm>

Figura 16.1: Líquido escoando por um tubo com área de entrada diferente da área de saída

Fonte: Adaptado de <http://www.ufsm.br/gef/Fluide08.htm>

Figura 16.2: Linhas de corrente em uma asa de avião

Fonte: Adaptado de www.if.ufrj.br

Figura 16.3: As velas de um barco também têm seu funcionamento ligado à equação de Bernoulli

Fonte: ©Netfalls/shutterstock

Figura 16.4: Esquema de funcionamento do spray

Fonte: Adaptado de <http://www.tutorvista.com/content/physics/physics-iii/solids-and-fluids/bernoullis-theorem-application.php>.

Figura 16.5: Dois fluidos mais viscosos que a água: a) mel. b) óleo lubrificante para motor.

Fonte: Acervo do autor e http://neomgba.blogspot.com/2011_01_01_archive.html.

Figura 17.1: Representação esquemática de forças

Fonte: Acervo do autor

Figura 17.2: Decomposição de forças

Fonte: Acervo da autor

Figura 17.3: Gráfico de força variável

Fonte: Acervo da autor

Figura 17.4: Exemplo do dia-a-dia sobre forças.

Fonte: <http://necessarias.com/2010/03/vamos-fazer-as-malas>.

Figura 19.1: Exemplo de transformação de energia
Fonte: Acervo do autor

Figura 19.2: Roda gigante
Fonte: <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=56692>

Figura 19.3: Exemplo de força elástica
Fonte: Acervo do autor

Figura 20.1: Montanha russa
Fonte: <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1010609>

Figura 20.2: Trajetória de uma bola que cai
Fonte: Acervo do autor

Referências das tabelas

Tabela 1.1: Algumas grandezas físicas e suas respectivas unidades no sistema internacional.

Tabela 2.1: Prefixos e a quantidade que representam.

Tabela 2.2: Mudança de prefixos.

Tabela 4.1: Velocidade do móvel em função do tempo.

Tabela 8.1: Coeficientes de atrito estático μ_S e cinético μ_K entre duas superfícies. Fonte: Serway R. A.. Física. Editorial McGraw-Hill. (1992).

Tabela 10.1: Densidade de alguns materiais. Fonte: WHITE, F. M.: Mecânica dos Fluidos. Rio de Janeiro, McGrawHill, 10, 2005.



Atividades autoinstrutivas

1. A massa é uma grandeza física cuja unidade no sistema internacional de unidades (S.I.) é o:

- a) centímetro (cm).
- b) litro (l).
- c) quilograma (kg).
- d) grau.
- e) comprimento.

2. Em que época, no Brasil, surgiram as primeiras regulamentações relacionadas à metrologia?

- a) Nos anos 1980.
- b) Na década de 1990.
- c) Na década de 1930.
- d) No século XVIII.
- e) Nos anos 1970.

3. De acordo com a 17^a. Conferência Geral de Pesos e Medidas: “ O metro é a distância percorrida pela luz no vácuo durante um intervalo de:

- a) massa.
- b) comprimento.
- c) tempo.
- d) velocidade.
- e) aceleração.

4. Você foi ao mercado e comprou frutas e verduras e precisou pesá-las. Em um pacote de maçãs você viu indicado 0,467kg. Essa medida, em gramas, equivale a qual valor?

- a) 4,67g.
- b) 46,7g.
- c) 467g.
- d) 0,0467g.
- e) 0,00467g.

5. A distância entre o Sol e a Lua é de 384400000m. Em notação científica, como esta distância é representada?

- a) $3,8 \cdot 10^{-5}$ m.
- b) $3,8 \cdot 10^{-6}$ m.
- c) $3,8 \cdot 10^5$ m.
- d) $3,8 \cdot 10^6$ m.
- e) $3,8 \cdot 10^8$ m.

6. Assinalar verdadeiro ou falso e indique qual das alternativas a seguir relaciona a sequência CORRETA.

- I. Uma pessoa dormindo está em repouso absoluto.
- II. A Lua está em movimento em relação à Terra.
- III. A Terra está em movimento em relação ao Sol.
- IV. O Sol está em movimento em relação à Terra.
- V. Num universo com um único corpo, não teria sentido o conceito de repouso ou movimento
- VI. A trajetória de um jato, em relação ao ar que o cerca, fica demarcada pela fumaça.

- a) I (V), II (V), III (V), IV (V), V (V), VI (V).
- b) I (F), II (V), III (V), IV (V), V (V), VI (V).
- c) I (V), II (F), III (V), IV (F), V (V), VI (V).
- d) I (V), II (V), III (V), IV (F), V (F), VI (V).
- e) I (V), II (V), III (V), IV (V), V (F), VI (F).

7. Considere a seguinte situação. Um ônibus movendo-se numa estrada e duas pessoas, A sentada no ônibus e B parada na estrada. Ambas observam uma lâmpada fixa no teto do ônibus. A diz: “A lâmpada não se move em relação a mim, uma vez que a vejo sempre na mesma posição”. B diz: “A lâmpada está se movimentando, uma vez que ela está se afastando de mim”. Assinale a alternativa CORRETA.

- a) A está errada e B está certa.
- b) A está certa e B está errada.
- c) Ambas estão erradas.
- d) Cada uma, dentro do seu ponto de vista, está certa.
- e) Não é possível determinar qual delas está certa.

8. Uma pessoa sai de carro de uma cidade A, às 10h, e dirige-se para uma cidade B, distante 400km de A, lá chegando às 15h do mesmo dia. Durante a viagem, ela parou durante uma hora para almoço e abastecimento. Com base nessas informações, assinale certo ou errado.

- I. O tempo da viagem foi 4h.
- II. A distância percorrida pelo carro foi 400km.
- III. Em nenhum momento, o carro ultrapassou o limite de 100km/h.
- IV. A velocidade média da viagem foi 80km/h.
- V. É muito provável que em determinados trechos o carro tenha desenvolvido uma velocidade superior a 100km/h.

a) I (C), II (C), III (C), IV (C), V (C).

b) I (E), II (C), III (E), IV (C), V (C).

c) I (E), II (C), III (C), IV (E), V (C).

d) I (C), II (E), III (C), IV (E), V (E).

e) I (E), II (E), III (E), IV (C), V (C).

9. Um móvel sai do repouso e atinge a velocidade de 30 m/s em 10 s. A aceleração média do móvel é:

a) 3 m/s².

b) 2 m/s².

c) 1 m/s².

d) 0 m/s².

e) 6 m/s².

10. Uma motocicleta acelera a 4 m/s² durante 5 s. Se a motocicleta tinha velocidade de 1 m/s no instante inicial, a sua velocidade no instante 5 s é:

a) 20 m/s.

b) 18 m/s.

c) 21 m/s.

d) 10 m/s.

e) 1 m/s.

11. A respeito do conceito de inércia, assinale a afirmativa CORRETA:

- a) Não pode existir movimento perpétuo, sem a presença de uma força.
- b) Uma partícula pode ter movimento circular e uniforme por inércia.
- c) Um ponto material tende a manter sua aceleração por inércia.
- d) O único estado cinemático que pode ser mantido por inércia é o repouso.
- e) Uma força é usada para alterar o estado de movimento de um corpo e não para mantê-la.

12. O Princípio da Inércia afirma:

- a) Existem referenciais privilegiados em relação aos quais todo ponto material isolado tem velocidade vetorial constante.
- b) Todo ponto material isolado ou está em repouso ou em movimento retilíneo em relação a qualquer referencial inercial.
- c) Existem referenciais privilegiados em relação aos quais todo ponto material tem velocidade nula.
- d) Todo ponto material isolado ou está em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme em relação a qualquer referencial.
- e) Existem referenciais privilegiados em relação aos quais todo ponto material tem velocidade vetorial nula.

13. A primeira Lei de Newton afirma que, se a soma de todas as forças atuando sobre o corpo é zero, o mesmo ...

- a) terá um movimento variado.
- b) apresentará velocidade constante.
- c) apresentará velocidade constante em intensidade, mas sua direção pode ser alterada.
- d) será desacelerado.
- e) apresentará um movimento circular.

14. Qual das alternativas a seguir se relaciona ou é explicada pela 1ª lei da Dinâmica, também chamada lei da Inércia?

- a) Uma bola de tênis que, ao receber uma raquetada do Guga, atinge 214km/h.
- b) Num jogo de basquete, a bola ao ser empurrada pelo Oscar, bate no chão e retorna à sua mão.
- c) A Ferrari do Rubinho que, ao entrar numa curva em alta velocidade, derrapa e sai da pista pela tangente.
- d) Uma bola que, ao ser cabeceada pelo Rivaldo, muda de direção e sentido entra no gol.
- e) Um soco desferido pelo Popó atinge o seu adversário e o manda para o chão.

15. Todas as alternativas contêm um par de forças de ação e reação, exceto:

- a) a força com que a Terra atrai um tijolo e a força com que o tijolo atrai a Terra.
- b) a força que uma pessoa, andando, empurra o chão para trás e a força com que o chão empurra a pessoa para frente.
- c) a força com que um avião, empurra o ar para trás e a força com que o ar empurra o avião para frente.
- d) a força com que um cavalo, puxa uma carroça e a força com que o carroça puxa o cavalo.
- e) o peso de um corpo colocado sobre uma mesa horizontal e a força normal da mesa sobre ele.

16. Uma pedra de peso P gira em um plano vertical presa à extremidade de um barbante de tal maneira que este é mantido sempre esticado. Sendo F_c a resultante centrípeta na pedra e T , a tração exercida sobre ela pelo barbante e considerando desprezível o atrito com o ar, seria adequado afirmar que, no ponto mais alto da trajetória, atua(m) na pedra:

- a) as três forças P , T e F_c .
- b) apenas a força P .
- c) apenas as duas forças F_c e P .
- d) apenas as duas forças F_c e T .
- e) apenas as duas forças P e T .

17. Um carro de massa $1,0 \times 10^3$ kg com velocidade de 20m/s descreve no plano horizontal uma curva de raio 200m. A força centrípeta tem módulo, em newtons, de:

- a) $2,0 \times 10^3$.
- b) $1,0 \times 10^3$.
- c) $5,0 \times 10^2$.
- d) $2,0 \times 10^2$.
- e) $1,0 \times 10^2$.

18. Um caminhão transporta um bloco de massa m . O coeficiente de atrito estático entre o bloco e o caminhão é μ_s e a aceleração da gravidade local é g . Em pista reta e horizontal, a maior aceleração que o caminhão pode ter, para que o bloco não deslize, é:

- a) $\mu_s \cdot g$
- b) g / μ_s .
- c) μ_s / g .
- d) $\mu_s \cdot \mu \cdot g$.
- e) g / μ_s^2

19. Assinale a alternativa que aponta uma característica que só pode ser associada a um fluido:

- a) Não possui massa.
- b) Possui velocidade nula.
- c) Não ocupa um volume.
- d) Pode escorrer ou escoar.
- e) Possui formato definido.

20. A pressão de um gás no interior de um recipiente cúbico é de 6000Pa. Se cada face (parede) possui uma área de $0,04\text{m}^2$. Qual é o valor da força média exercida pelo gás sobre cada face do recipiente?

- a) 40N.
- b) 240N.
- c) 1200N.
- d) 2400N.
- e) 30000N.

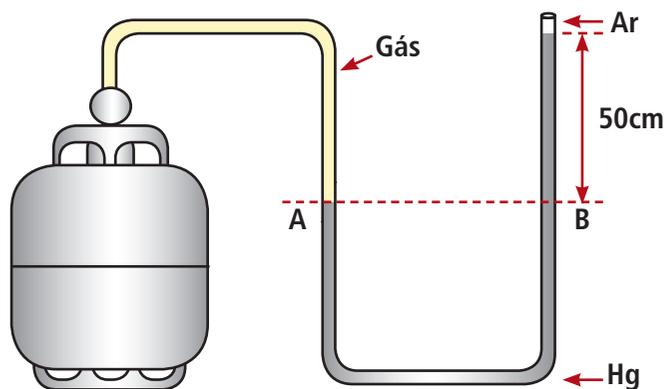
21. A boia de vara de pesca é feita de um material constituído essencialmente de isopor. O motivo do uso deste material é que:

- a) O isopor não exerce densidade sobre a água.
- b) O isopor não exerce pressão absoluta sobre a água.
- c) O isopor não exerce força gravitacional sobre a água.
- d) O isopor possui uma densidade maior que a da água
- e) O isopor possui uma densidade menor que a da água.

22. Qual dos fatores mostrados a seguir influencia de maneira mais direta na pressão atmosférica?

- a) A densidade da água doce.
- b) As fases da Lua e as marés.
- c) A densidade da água do mar.
- d) A velocidade do vento ao nível do mar.
- e) A altitude em relação ao nível do mar.

23. Como você estudou, um dos aparelhos usado para medir a pressão de um gás é denominado manômetro. Um tipo de manômetro muito utilizado consiste de um tubo em forma de U, contendo mercúrio, como ilustra a figura a seguir. Para a realização da medida da pressão de um gás no interior em um recipiente, adapta-se a extremidade do ramo menor do tubo ao reservatório e observa-se o desnível do mercúrio nos dois ramos do manômetro. Se a pressão atmosférica no local da medida for de 76cmHg, a pressão do gás no recipiente será:



Medida de pressão no recipiente mencionado no exercício 23.

Fonte: <http://soensino.com.br/foruns/viewtopic.php?f=13&t=13307>.

- a) 26 cmHg.
- b) 50 cmHg.
- c) 76 cmHg.
- d) 126 cmHg.
- e) Nenhuma das alternativas.

24. Com relação à aplicação da Lei de Stevin a uma coluna de líquido, é correto afirmar que:

- a) Quanto maior a profundidade da coluna de líquido, maior será a pressão.
- b) Quanto menos denso o fluido, maior será a pressão da coluna de líquido.
- c) Quanto maior a profundidade da coluna de líquido, menor será a pressão.
- d) Quanto mais pesado o líquido, menor será a pressão da coluna de líquido.
- e) Quanto maior a pressão atmosférica, menor a pressão da coluna de líquido.

25. O comportamento dos vasos comunicantes está ligado ao fato de que:

- a) a densidade do líquido sofre variações.
- b) em uma mesma altura a pressão é constante.
- c) a pressão não depende da altura da coluna líquida.
- d) a pressão atmosférica deve mudar de um vaso para outro.
- e) a aceleração da gravidade muda ao longo da coluna líquida.

26. O macaco hidráulico representado na figura a seguir possui áreas $A_1 = 20 \text{ cm}^2$ e $A_2 = 0,04 \text{ m}^2$. Qual é o peso máximo que o macaco pode levantar se a força F_1 , aplicada no vaso 1 for de 50 N?



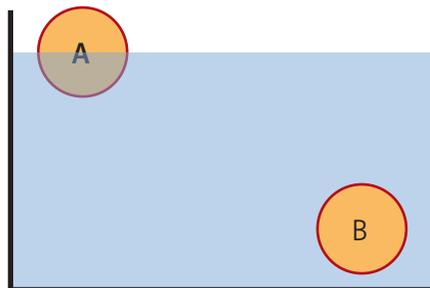
Macaco Hidráulico
Fonte: www.infoescola.com

- a) 10 N
- b) 100 N
- c) 100 Pa
- d) 1000 N
- e) 1000 Pa

27. O Princípio de Pascal está relacionado à variação de qual das seguintes grandezas:

- a) Massa
- b) Pressão
- c) Volume
- d) Densidade
- e) Temperatura

28. Duas esferas de volumes iguais e densidades d_A e d_B são colocadas em um recipiente que contém um líquido de densidade d . A esfera A flutua e a esfera B afunda, como ilustra a figura a seguir. Qual das relações entre as densidades é verdadeira?



Dois objetos de densidades diferentes colocados no interior de um líquido.

Fonte: Acervo do autor

- a) $d_B > d_A > d$.
- b) $d_A > d_B > d$.
- c) $d_B > d > d_A$.
- d) $d > d_B > d_A$.
- e) $d_A > d > d_B$.

29. Na figura a seguir um objeto esférico está mergulhado em um líquido. O empuxo atua fazendo com que o peso do objeto pareça ser menor no líquido. A origem do empuxo está no fato de que:

- a) o objeto tem massa e volume fixos.
- b) a pressão é a mesma em todo o objeto.
- c) a pressão é maior na parte de cima do objeto.
- d) a densidade do objeto varia com profundidade.
- e) a pressão é maior na parte de baixo do objeto.



Objeto mergulhado em um líquido.

Fonte: Acervo do autor

30. Considere o navio da figura a seguir que flutua em equilíbrio. Marque V para verdadeiro e F para falso, depois indique qual alternativa retrata a sequência CORRETA de verdadeiras e falsas.



Navio que flutua em equilíbrio

Fonte: ©ilFede/Shutterstock

- () Mesmo sendo construído com chapas de aço, a densidade média do navio é menor que a densidade da água.
- () O empuxo exercido sobre o navio é igual ao seu peso.
- () Um volume de água igual ao volume submerso do navio tem o mesmo peso que o navio.
- () O empuxo exercido sobre o navio é maior do que seu peso. Caso contrário, um pequeno acréscimo de carga provocaria o seu afundamento.

- () Um aumento na quantidade de carga do navio aumentará também o volume de água deslocado.
 - () Se um dano no navio permitir que a água penetre no seu interior, enchendo-o, ele afundará totalmente, porque, cheio de água, sua densidade média será maior que a densidade da água.
 - () Sendo o empuxo exercido sobre o navio igual ao seu peso, a densidade média do navio é igual à densidade da água.
- a) V, V, V, F, V, F, V.
 - b) V, V, V, F, V, V, V.
 - c) V, V, V, V, V, V, V.
 - d) V, V, F, V, F, V, F.
 - e) V, V, V, F, V, V, F.

31. Puxar a âncora de um barco é relativamente fácil enquanto ela está dentro da água, mas isso se torna mais difícil quando ela sai da água. Em relação a este fato, a afirmativa CORRETA é:

- a) A força necessária para içar a âncora dentro da água é igual à diferença entre seu peso e o empuxo que atua sobre ela.
- b) O empuxo da água sobre a âncora anula o seu peso.
- c) O empuxo da água sobre a âncora é maior do que seu peso.
- d) O material da âncora torna-se menos denso ao ser colocado na água.
- e) O peso da âncora é menor quando ela se encontra dentro da água.

32. Uma caixa d'água com volume de 150 litros recebe 10 litros de água por hora. Mantendo-se esta vazão o tempo necessário para encher completamente esta caixa é?

- a) 10 horas.
- b) 15 horas.
- c) 20 horas.
- d) 25 horas.
- e) 30 horas.

33. Ao bloquearmos parcialmente a saída de água de uma mangueira, se a vazão permanece constante é correto afirmar que:

- a) a área de escoamento e a velocidade de vazão diminuem.
- b) a área de escoamento diminui e o tempo de escoamento aumenta.
- c) a área de escoamento diminui e não se sabe nada sobre a velocidade.
- d) a área de escoamento diminui e a velocidade de escoamento aumenta.
- e) a área de escoamento diminui e a velocidade de escoamento não muda.

34. Com relação ao escoamento estacionário e o escoamento turbulento, marque V para verdadeiro ou F para falso. Depois indique qual alternativa retrata a sequência CORRETA de verdadeiras e falsas.

- No escoamento estacionário a velocidade tem sempre a mesma direção mas varia em valor.
 - No escoamento estacionário a velocidade é constante enquanto que no escoamento turbulento ela varia.
 - Um rio calmo, de correnteza suave, serve de modelo para ilustrar o escoamento estacionário.
 - O escoamento turbulento pode se manifestar em rios cheios de pedras e em cachoeiras.
 - Num escoamento turbulento a direção e o sentido da velocidade sofrem variações, o que pode ser observado pela manifestação de redemoinhos e bolhas.
 - O escoamento turbulento só se manifesta na saída de uma bomba d'água.
- a) F, V, F, V, V, F.
 - b) V, V, V, F, V, F.
 - c) V, V, V, V, F, F.
 - d) F, V, V, V, V, F.
 - e) F, F, V, V, V, F.

35. Quando uma pessoa toma refrigerante utilizando um canudo, o ato de ela sugar a bebida pelo canudo provoca:

- a) Uma queda na velocidade de propagação do ar no interior do canudo.
- b) Um aumento na velocidade de propagação do ar no interior do líquido.
- c) Um aumento na pressão do líquido na garrafa, fazendo com que este suba.
- d) Um aumento na velocidade de propagação do fluido, no caso, o refrigerante.
- e) Uma queda de pressão no interior do canudo, permitindo que o refrigerante suba.

36. A velocidade, a direção e o sentido do movimento de um barco a velas são, de acordo com a Equação de Bernoulli, determinadas pela:

- a) igualdade entre as pressões em lados diferentes da vela, controlada pela inclinação da vela.
- b) variação da pressão ao nível do mar, que é menor do que em regiões de maior altitude.
- c) elevação da pressão ao nível do mar, que é maior do que em regiões de maior altitude.
- d) força do vento, que menor nas velas do que no casco do barco, uma vez que este permanece submerso.
- e) diferença entre as pressões em lados diferentes da vela, controlada pela inclinação da vela em relação ao vento.

37. O que ocorreria se usássemos água como lubrificante em um motor?

- a) A água escorreria das regiões entre as peças, pois sua viscosidade é baixa.
- b) Não haveria nenhuma diferença, pois a água também é um fluido.
- c) A água faria o motor parar, pois sua viscosidade é muito alta.
- d) A água resfriaria o motor mantendo-o com uma temperatura constante.
- e) Não haveria nenhuma diferença, pois a viscosidade da água é alta.

38. Frequentemente ouvimos nos noticiários a informação de que a potência da usina hidrelétrica de Itaipu é de 12 milhões de quilowatts. Durante quanto tempo esta usina deve operar para realizar um trabalho de 240 bilhões de joules?

- a) 20 h.
- b) 20 min.
- c) 20 s.
- d) 200 s.
- e) 200 min.

39. Das grandezas abaixo, qual é uma grandeza escalar?

- a) Força.
- b) Peso.
- c) Velocidade.
- d) Trabalho.
- e) Aceleração.

40. A energia que está associada ao movimento de um objeto é a energia:

- a) elétrica.
- b) potencial.
- c) elástica.
- d) cinética.
- e) térmica.

41. Qual a velocidade de uma bola, ao atingir o solo, supondo que tenha caído do alto de um prédio de 80m de altura, num local onde a aceleração da gravidade é de 10m/s^2 ? Suponha que não exista resistência do ar.

- a) 20km/h.
- b) 40km/h.
- c) 20m/s.
- d) 40m/s.
- e) 10m/s.

42. Um trator aplica a uma carga de milho dentro de um caixote uma força de 1000N, sem, no entanto, conseguir movimentar o bloco. A roda do trator fica "patinando". Qual é o trabalho realizado pela força que o trator aplica?

- a) 1000J.
- b) 100J.
- c) zero.
- d) -100J.
- e) -1000J.

43. Qual o trabalho realizado por uma pedra de 500g que cai de uma altura de 10m?

- a) 50J.
- b) 500J.
- c) 0,5J.
- d) 5J.
- e) Zero.

44. O trabalho de uma força ser nulo, significa que:

- a) o deslocamento do corpo é nulo.
- b) a força paralela ao deslocamento é nula.
- c) a força é perpendicular ao deslocamento.
- d) o produto do deslocamento pela força paralela ao deslocamento é nulo.
- e) todas as alternativas anteriores estão corretas.

45. Quando uma pessoa levanta uma criança de 6kg a uma altura de 140cm, exercerá uma força que estará realizando um trabalho de:

- a) 840J.
- b) 84J.
- c) 8400J.
- d) Zero.
- e) -840J.

46. A energia cinética de um corpo depende:

- a) da altura de onde o corpo saiu.
- b) da aceleração que o corpo tem.
- c) do peso do corpo.
- d) da aceleração da gravidade.
- e) da velocidade do corpo.

47. A energia que se conserva quando se trata de um sistema conservativo é a energia:

- a) Cinética.
- b) Potencial.
- c) Elástica.
- d) Térmica.
- e) Mecânica.

48. Um corpo de 10kg de massa é deslocado de uma distância de 20m por uma força de 50N aplicada na direção do deslocamento. Sendo a força de atrito entre o corpo e a superfície igual a 30N, o trabalho realizado pela força resultante é:

- a) 800J.
- b) 300J.
- c) 200J.
- d) 400J.
- e) 500J.

49. Um ciclista desce uma ladeira. No instante em que está descendo, um forte vento contrário começa a soprar. Mesmo com o vento, ele consegue manter a velocidade, assim, é possível afirmar que:

- a) sua energia cinética está aumentando.
- b) sua energia cinética está diminuindo.
- c) sua energia potencial gravitacional está aumentando.
- d) sua energia elástica é constante.
- e) sua energia potencial gravitacional está diminuindo.

50. A energia mecânica de um sistema que tem energia cinética igual a 200J, está numa altura de 8m, tem massa de 2kg e não tem forças dissipativas, é:

- a) 380J.
- b) 160J.
- c) 200J.
- d) 360J.
- e) 216J.



Currículo dos professores-autores
