

VANESSA DE OLIVEIRA PEREIRA DOS SANTOS

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS MOVIMENTOS

Uma abordagem a partir de atividades práticas



VANESSA DE OLIVEIRA PEREIRA DOS SANTOS

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS MOVIMENTOS

Uma abordagem a partir de atividades práticas



© 2023 – Forma Educacional Editora

www.formaeducacional.com.br

formaeducacional@gmail.com

Autora

Vanessa de Oliveira Pereira dos Santos

Editor Chefe: Jader Luís da Silveira

Editoração e Arte: Resiane Paula da Silveira

Capa: Freepik/Forma Educacional

Revisão: A autora

Conselho Editorial

Ma. Heloisa Alves Braga, Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, SEE-MG

Me. Ricardo Ferreira de Sousa, Universidade Federal do Tocantins, UFT

Me. Guilherme de Andrade Ruela, Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF

Esp. Ricael Spirandeli Rocha, Instituto Federal Minas Gerais, IFMG

Ma. Luana Ferreira dos Santos, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Ana Paula Cota Moreira, Fundação Comunitária Educacional e Cultural de João Monlevade, FUNCEC

Me. Camilla Mariane Menezes Souza, Universidade Federal do Paraná, UFPR

Ma. Jocilene dos Santos Pereira, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Tatiany Michelle Gonçalves da Silva, Secretaria de Estado do Distrito Federal, SEE-DF

Dra. Haiany Aparecida Ferreira, Universidade Federal de Lavras, UFLA

Me. Arthur Lima de Oliveira, Fundação Centro de Ciências e Educação Superior à Distância do Estado do RJ, CECIERJ

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S237i	Santos, Vanessa de Oliveira Pereira dos Introdução ao estudo dos movimentos - Uma abordagem a partir de atividades práticas / Vanessa de Oliveira Pereira dos Santos. – Formiga (MG): Forma Educacional Editora, 2023. 68 p. : il. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-85175-10-4 DOI: 10.5281/zenodo.8140879 1. Educação. 2. Proposta Didática. 3. Estudo dos Movimentos. 4. Práticas. I. Santos, Vanessa de Oliveira Pereira dos. II. Título. CDD: 371.302 81 CDU: 37
-------	---

Os artigos, seus conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam responsabilidade de seus autores.

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os fins comerciais.

Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Forma Educacional Editora
CNPJ: 35.335.163/0001-00
Telefone: +55 (37) 99855-6001
www.formaeducacional.com.br
formaeducacional@gmail.com
Formiga - MG
Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>

Acesse a obra originalmente publicada em:
<https://www.formaeducacional.com.br/2023/07/introducao-ao-estudo-dos-movimentos-uma.html>



**INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS MOVIMENTOS:
UMA ABORDAGEM A PARTIR DE ATIVIDADES PRÁTICAS**

VANESSA DE OLIVEIRA PEREIRA DOS SANTOS

Apresentação

Prezado Aluno

É com grande satisfação que aqui faço esta apresentação como o início de uma importante etapa do curso em que faço parte. Este curso é o Mestrado Profissional em Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física – Polo 12 - UFES.

Este material foi elaborado com base nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), proposta pelo Prof. Moreira, da UFRGS, cujo objetivo principal é orientar o desenvolvimento de unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa, de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental.

Uma premissa na elaboração de uma UEPS é a utilização de situações problemas do cotidiano dos alunos e é devido a isso que começamos nossos estudos com a realização de uma gincana. Ao longo de todo o material fazemos a discussão dos conteúdos com base na vivência do cotidiano dos alunos e principalmente com base na vivência de cada competição realizada durante a gincana.

Contudo este material tem intuito de auxiliá-lo no estudo de alguns conteúdos da Mecânica (parte da física que estuda os movimentos). Ele é estruturado em tópicos e interage com o aluno através de várias perguntas que são feitas ao longo de todo o material. Como todo o texto dialoga com o aprendiz, ele lhe permite expressar seu entendimento sobre o conteúdo abordado, constituindo-se de uma oportunidade para discussão e entendimento das concepções espontâneas sobre os conceitos envolvidos. Por isso é de grande importância que o aluno responda por escrito a cada questão e a sua participação em cada uma das aulas.

Conto com a colaboração de todos!

Se você parar de aprender, logo esquecerá o que sabe.

Pv. 19:27 (NTLH)

O seu passado pode ter muitas falhas, mas seu futuro está intacto! Hoje você tem uma nova oportunidade de escrever sua história. Você pode decidir por sucesso ou por fracasso, só depende de você. Suas atitudes hoje refletirão em sua vida amanhã... pense nisso!

Própria autora

Vanessa de Oliveira Pereira

Março de 2015

Sumário

Apresentação	1
Sumário	2
1- Introdução	3
2- Gincana	4
3- Introdução ao Estudo do Movimento	12
3.1 – Objetivos desta Seção	12
3.2 – Ponto material e Corpo Extenso.....	12
3.3 – O Movimento é Relativo.....	13
3.4 – Trajetória	14
3.5 – Conceito de Posição	16
3.6 – Velocidade Média e Velocidade Escalar Média.....	20
3.7 – Conceito de Aceleração	26
4- Introdução ao Conceito de Força	29
4.1 – Objetivos desta Seção	29
4.2 – Conceito de Força.....	30
4.3 – Tipos de Força.....	31
4.4 – Unidades de Força	33
4.5 – Caráter Vetorial da Força.....	34
4.6 – Somatório de Forças.....	37
5- Segunda Lei de Newton.....	40
5.1 – Objetivos desta Seção	40
5.2 – Estudo da 2ª lei de Newton – Princípio Fundamental da Dinâmica.....	40
6- Atrito e Primeira Lei de Newton.....	47
6.1 – Objetivos desta Seção	47
6.2 – Estudos da força de atrito, inércia e 1ª lei de Newton.....	47
7- Terceira Lei de Newton	54
7.1 – Objetivos desta Seção	54
7.2 – Estudo da 3ª lei de Newton – Lei da Ação e Reação	54
8- Forças Peso, Tração e Normal	58
8.1 – Objetivos desta Seção	58
8.2 – Atividade Revisional	58
8.3 – Força de Tração, força Peso e força Normal	59
9- Revisão	62
9.1 – Objetivos desta Seção	62

2- Gincana

Gincana “Dia de Newton”

A gincana proposta é constituída de atividades (competições) que nos fornecerão de base para a discussão de vários conceitos relacionados à Mecânica. Ao longo de todo trimestre utilizaremos um material que discutirá os conceitos físicos envolvidos em cada uma dessas atividades. Além de ser uma oportunidade de estudo diferenciada em que os alunos irão participar de brincadeiras e competições, sendo um momento de interagirmos fora do ambiente da sala de aula, esta gincana será a base de nossos estudos, pois, nossas discussões baseadas nas respostas dadas às perguntas que são feitas em cada atividade, por isso é necessária a participação de todos os alunos nesta gincana!

Os **objetivos** da gincana são:

- ✓ Incentivar a prática de atividades em grupo e de atividades realizadas fora do espaço formal da sala de aula.
- ✓ Instigar os alunos a pensarem sobre os conceitos relacionados à posição, referencial, partícula, ponto material, repouso, movimento, velocidade, aceleração, força, massa, força de atrito e leis de Newton.
- ✓ Utilizar a vivência de cada competição como exemplos em aulas posteriores para discussões e debates dos conceitos físicos envolvidos nas mesmas;
- ✓ Auxiliar na captação e no registro dos conhecimentos prévios dos alunos;

Para a realização da mesma, a turma deverá ser dividida em quatro grupos. Cada grupo receberá um questionário que será respondido ao longo da realização da gincana. Antes de cada atividade ser realizada, o professor deverá explicar aos grupos os procedimentos que serão realizados e estes irão responder no questionário às perguntas prévias desta atividade. Após a realização da mesma, os alunos irão novamente responder às perguntas (quando houver) no questionário.

Cada competição receberá as pontuações seguintes:

1. 10 pontos para o grupo que obtiver melhor desempenho na prova Física. As notas dos demais grupos serão calculadas através de proporção.
2. Os questionários serão avaliados recebendo uma das especificações seguintes: ótimo (10 pontos), bom (8 pontos), regular (6 pontos), insatisfatório (2 pontos).

Após o término de cada atividade os grupos terão 5 minutos para responder as perguntas. Após esse tempo deverão entregar à professora a(as) folha(s), referentes a competição, já respondidas. Não será dado tempo extra para responder as perguntas.

Ao final da gincana será contabilizada a pontuação dos grupos e o vencedor receberá um prêmio a ser definido pela escola.

Competição 1 – “Empurrão Diferente”

Deitado sobre um skate, próximo a uma parede, um aluno de cada grupo deverá empurrar esta parede com os pés de forma a tentar se distanciar dela. Essas distâncias entre o aluno e a parede deverão ser anotadas abaixo. A mesma atividade deverá ser realizada no pátio. O objetivo é instigar os alunos a pensarem sobre os conceitos de velocidade, aceleração, massa e atrito, e a vivenciarem situações referentes à 1ª e 3ª lei de Newton.

Distância na quadra: _____

Distância no pátio: _____

O vencedor será o grupo que alcançar a maior soma das distâncias anotadas acima.

1.1. Mesmo sendo o aluno quem empurra a parede, esta permanece estática (parada) e é o aluno quem se movimenta. Como você explica esse fato?

Devido a ação e reação a mesma força que este aluno aplica na parede a parede aplica sobre ele, porém a força de reação é aplicada em sentido contrário, ou seja, ele empurra a parede para a frente e esta o “empurra” para trás com uma força de mesma intensidade. Como a parede é fixa e rígida é necessária a aplicação de uma grande força para poder movê-la, já o aluno consegue se mover com esta força que é aplicada sobre ele.

1.2. Mesmo após não ter contato com a parede, o aluno continua se movimentando por algum tempo. Explique por que isso acontece?

Todo corpo que está em movimento tem a tendência de permanecer em movimento. Em nosso dia a dia os corpos param devido às forças de atrito que agem sobre eles.

1.3. O que faz o conjunto aluno-skate diminuir sua velocidade até parar?

As forças de atrito que agem sobre ele.

Competição 2 – “Puxando a Toalha”

Será colocada uma toalha de seda sobre uma mesa e em cima da toalha será colocada uma taça de plástico com água. O aluno deverá tirar a toalha debaixo da taça sem que a água seja derramada e sem tocar na taça. Inicialmente será colocada uma taça com 100 ml de água, após o aluno puxar esta toalha será anotada a quantidade de água que restou na taça, posteriormente serão adicionadas mais taças até que se complete o total de quatro taças, elevando assim o nível de dificuldade da competição. O grupo vencedor desta atividade será aquele que obtiver a maior quantidade de água somando-se todas as

etapas. O objetivo é instigar os alunos a pensarem sobre relações entre força, massa, atrito e velocidade e sobre a 1ª Lei de Newton.

Quantidade de taças sem derrubar: _____

2.1. Explique como e por que é possível tirar a toalha da mesa sem tocar na taça e sem derramar a água que está dentro dela?

De acordo com a 1ª lei de Newton, temos que “Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme, a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças impressas a ele”.

Os objetos que estavam sobre a mesa, estavam em repouso, ou seja, estavam parados, assim como a toalha. Porém quando você puxa a toalha com uma força maior do que a força de atrito estático dos objetos (a força necessária para que os objetos comecem a se mover) - não esquecendo que você tem que puxar a toalha muito rápido - você conseguirá puxar somente a toalha sem fazer com que os objetos que estão sobre ela caiam.

Competição 3 – “Corrida Puxada”

Nesta atividade, cada grupo deve disputar uma corrida do início ao centro da quadra de três maneiras diferentes, que será explicada abaixo. O grupo vencedor será aquele que obtiver menor soma dos tempos. O objetivo é instigar os alunos a pensarem sobre os conceitos de força, massa, aceleração e atrito.

1ª. Para cada grupo haverá um caixote com uma corda presa a este. Um aluno do grupo deverá ficar dentro do caixote e outro aluno deverá puxar este caixote através da corda. Marque o tempo para chegar ao centro da quadra e assinale o nível de dificuldade que você encontrou ao realizar essa tarefa.

Tempo: _____ Fácil Médio Difícil

2ª. Repetir a atividade anterior só que agora com dois alunos dentro do caixote. Marque o tempo para chegar ao centro da quadra e assinale o nível de dificuldade encontrada pelos alunos.

Tempo: _____ Fácil Médio Difícil

3ª. Repetir a atividade anterior só que agora um aluno dentro do caixote e dois alunos puxando-o. Marque o tempo para chegar ao centro da quadra e assinale o nível de dificuldade encontrada pelos alunos.

Tempo: _____ Fácil Médio Difícil

3.1. Por que é mais difícil puxar o caixote quando há dois alunos dentro deste?

Por que a massa total puxada pelo aluno aumenta, ou seja, somam-se as massas dos alunos com a massa do caixote.

3.2. Por que fica mais fácil puxar o caixote quando dois alunos o puxam juntos?

Por que as forças aplicadas por esses alunos se somam, aumentando assim a força resultante que age sobre o caixote.

Competição 4 – “Lançamento de Foguetes”

Para cada grupo serão disponibilizadas garrafas plásticas de formas e tamanhos variados, cartolina, cola e outros materiais. Cada grupo irá elaborar um “foguetes” que deverá ter como frente o fundo da garrafa. Deverá ser feito um furo na tampa da garrafa. Dentro da garrafa será colocada uma medida (tampa) de álcool e esta deverá ser chacoalhada para que todo o álcool dentro dela vaporize. Com a garrafa presa ao fio, deverá ser aproximado do furo na tampa um palito de fósforo em chamas. Nesta atividade teremos dois grupos vencedores: o que o foguete for mais longe e o que produzir um foguete esteticamente mais bonito (para este quesito serão utilizados as especificações ótimo - 10 pontos, bom - 8 pontos, regular - 6 pontos, insatisfatório - 2 pontos). O objetivo é instigar os alunos a pensarem sobre o conceito de ação e reação e sobre a influência do atrito.

Faremos também o experimento do foguete com uma bexiga cheia de ar. Nela será acoplado um canudo, e este será transpassado por um barbante. Quando soltarmos a bexiga esta irá se descolar para frente. Vencerá o grupo em que a bexiga percorrer maior distância.

Distância foguete a álcool: _____

Distância foguete com bexiga: _____

4.1. O que faz o foguete ir para frente?

Quando ocorre a combustão do gás que está dentro da garrafa, este se expande e tende a sair pelo furo que há na tampa, como este furo é pequeno a pressão dentro da garrafa é grande, logo a força que com que este gás é expelido para fora da garrafa também é grande. Usando o princípio da ação e reação vemos que a garrafa “empurra” o gás, que está dentro dela, para trás e esse gás “empurra” a garrafa para frente.

4.2. O que faz a bexiga ir para frente?

Quando a bexiga é solta ela se contrai empurrando o ar que está dentro dela para fora (trás), pelo princípio da ação e reação com a mesma força que ela “empurra” o ar para trás este ar a empurra para frente e é devido a isso que ela se desloca.

4.3. O que poderíamos fazer para os foguetes irem mais longe?

Uma forma de tentar fazer o foguete a álcool ir mais longe, utilizando a mesma quantidade de álcool, é reduzir os atritos existentes, melhorando sua aerodinâmica e também passando algum lubrificante entre o fio e o canudo. Podemos também tentar aumentar a quantidade de álcool que é colocada na garrafa, mas isso deve ser feito com muito cuidado, pois esta pode pegar fogo.

Para a bexiga ir mais longe podemos tentar diminuir os atritos existentes, melhorando sua aerodinâmica e também passando algum lubrificante entre o fio e o canudo.

Competição 5 – “Dança Escorregadia”

Será colocada uma lona no chão e sobre ela uma mistura de água e sabão. Um integrante de cada grupo deverá tentar dançar sobre a lona. O grupo vencedor será o que o aluno(a) dançar sem cair (critério 1) ou o que dançar melhor (critério 2). O objetivo é instigar os alunos a pensarem sobre os conceitos de somatório de forças e sobre atrito.

Resultado da dança	Nº de quedas / atribuição: ótimo - 10 pontos, bom - 8 pontos, regular - 6 pontos, insatisfatório - 2 pontos
Grupo 1	
Grupo 2	
Grupo 3	
Grupo 4	

5.1. Por que é difícil dançar sobre uma superfície escorregadia, como é no caso desta competição?

A diminuição de atrito é o que nos faz sentir esta dificuldade. Quando há atrito nós empurramos o chão para trás e este nos “empurra” para frente (ação e reação), por exemplo, mas quando não há atrito suficiente para que isto ocorra, nós não conseguimos nos movimentar sobre uma superfície.

Competição 6 – “Cabo de Guerra”

Primeira etapa da atividade: quatro alunos de cada grupo irão disputar o “Cabo de Guerra” no chão do pátio. As pontuações desta atividade serão contabilizadas como: 10 pontos para o primeiro lugar, 8 pontos para o segundo lugar, 6 pontos para o terceiro lugar e 4 pontos para o quarto lugar. O objetivo é instigar os alunos a pensarem sobre os conceitos de ação e reação.

Resultado do cabo de guerra:		Classificação:
Rodada 1	grupo 1 x grupo 2 - Vencedor:	1º Lugar (vencedor rodada 3) – Grupo:
Rodada 2	Grupo 3 x grupo 4 - Vencedor:	2º Lugar (2º lugar rodada 3) – Grupo:
Rodada 3	Grupo x grupo (vencedores rodadas 1 e 2)	3º Lugar (vencedor rodada 4) – Grupo:
Rodada 4	Grupo x grupo (2º lugar rodadas 1 e 2)	4º Lugar (2º lugar rodada 4) – Grupo:

6.1. Provavelmente foi difícil um grupo vencer o outro. Se esses alunos aplicam tanta força, por que é tão difícil puxar o outro grupo de alunos?

Tendo quatro alunos puxando para o mesmo lado corda essas forças se somam, porém como temos quatro alunos puxando esta corda para um lado e quatro alunos puxando esta corda para o outro lado essas forças resultantes de cada lado se subtraem, ou seja, a força que é aplicada por um grupo é “anulada (diminuída)” pela força aplicada pelo outro grupo.

Agora a disputa será realizada com dois alunos de um grupo e somente um aluno de outro grupo (dois contra um. Esta disputa será somente demonstrativa – não valerá pontos na gincana)

6.2. Por que é mais fácil dois alunos vencerem apenas um outro?

Quando dois alunos puxam a corda para o mesmo lado essas forças se somam, como há somente um aluno do outro lado este terá uma força menor que a soma das forças dos outros dois alunos.

Segunda etapa da atividade: será realizado novamente o “Cabo de Guerra”. Agora serão meninos contra meninas, mas desta vez os meninos ficarão na lona com sabão e as meninas no chão do pátio. (Esta disputa será somente demonstrativa – não valerá pontos na gincana)

6.3. Nesta situação, explique, com base nos conceitos de Física, porque o grupo das meninas é favorecido em relação ao dos meninos?

Quando os meninos estiverem sobre a lona estes sofrerão a diminuição do atrito. Para que eles consigam puxar a corda é necessário que eles empurrem o chão para frente (ação) e com a reação este chão os “empurra” para trás. Fazendo isso eles conseguem se impulsionar e puxar as meninas. Mas com a diminuição do atrito isto não é possível.

Competição 7 – “Quem vai mais Longe?”

Primeira etapa da atividade: Dois alunos sentados, um em cada skate (com os pés em cima do skate, não deverão ficar em contato com o chão), devem ficar um de frente para o outro. Uma linha deve ser desenhada no chão, de forma a marcar a posição central entre estes skates. Um aluno de cada vez deverá empurrar o skate do outro aluno, de forma a tentar afastá-lo de si. Anote abaixo a distância em que cada aluno para da marca central feita entre estes skates. O objetivo é instigar os alunos a pensarem sobre os conceitos de ação e reação, força, massa e atrito.

	Empurrão 1	Empurrão 2
Distância aluno 1		
Distância aluno 2		

Segunda etapa da atividade: A atividade deverá ser repetida, só que agora um aluno sentado em um skate deverá empurrar o outro skate com dois alunos sentados em cima deste (os dois grupos devem realizar a atividade). Anote novamente a distância entre os alunos e marca central.

	Empurrão 1	Empurrão 2
Distância grupo 1 ou 3		
Distância grupo 2 ou 4		

O vencedor será o grupo que alcançar a maior soma das distâncias alcançadas pelo seu “empurrão”, neste caso, as distâncias do empurrão 1 (grupo 1 ou 3) ou empurrão 2 (grupo 2 ou 4).

7.1. Porque os dois skates com alunos se movem se somente um deles que exerce força sobre o outro?

Devido a ação e reação. Quando um corpo A aplica uma força em um corpo B (ação), este (corpo A) sofre a ação da reação que é uma força de mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário, devido a isso ele se deslocou para trás.

Competição 8 – “Corrida de Velocidade”

No pátio da escola será determinado um percurso para a competição de velocidade. Um aluno de cada grupo fará o percurso o mais rápido que conseguir. No meio do percurso o aluno deverá parar, e escrever com letra legível em local determinado, uma frase que será ditada a ele neste momento. Outro aluno do grupo deverá marcar o tempo transcorrido em cada etapa desta competição. O grupo também deverá medir com uma trena a distância total percorrida. Com os dados da atividade em mãos este grupo deverá calcular corretamente o valor da velocidade média desenvolvida pelo aluno do seu grupo durante toda a prova. Os dados e os cálculos deverão estar anotados abaixo. Lembre-se de utilizar as unidades de medida. A pontuação será máxima para o grupo que fizer a melhor medida das distâncias (tolerância de 50 cm para o erro distância), para o cálculo da velocidade serão atribuídas as especificações ótimo (10 pontos), bom (8 pontos), regular (6 pontos), insatisfatório (2 pontos). O objetivo é instigar os alunos a pensarem sobre os conceitos de espaço, tempo e velocidade, posição e referencial.

A frase a ser escrita é: "**Se vi mais longe foi por estar de pé sobre ombros de gigantes.**" (Isaac Newton)

	Distância	Tempo
Percurso 1		
Anotação da frase	-----	
Percurso 2		

Calcule aqui a velocidade escalar média do percurso total.

3- Introdução ao Estudo do Movimento

3.1 – Objetivos desta Seção

Ao final desta seção, você deverá ser capaz de:

- ✓ Conceituar Ponto Material, Corpo Extenso, Referencial, Movimento, Repouso, Trajetória, Posição, Velocidade e Aceleração;
- ✓ Estabelecer corretamente as relações entre os conceitos aprendidos;
- ✓ Perceber a importância e a aplicação desses conceitos no dia a dia.

3.2 – Ponto material e Corpo Extenso.

Antes de iniciarmos nossos estudos, vamos falar um pouco sobre uma palavra que você escutará várias vezes ao longo de todo seu estudo sobre física, esta palavra é **“partícula ou ponto material”**. Muitas vezes, para simplificar nosso estudo chamaremos um corpo de partícula, quando as dimensões deste corpo forem desprezíveis (irrelevantes) em relação à situação de estudo. Veja o exemplo:

O motorista de um ônibus de 25 metros de comprimento transporta passageiros de uma cidade à outra percorrendo 420 quilômetros em 6 horas. Fazendo uma rápida conta, ele conclui que em média, percorre 70 quilômetros por hora. Será que, nesse cálculo o comprimento do ônibus foi relevante, ou seja, foi considerado?

Certamente não; esse comprimento deve nem sequer ter sido lembrado. Por isso este ônibus pode ser substituído por um ponto (partícula) que percorreu 420 quilômetros em 6 horas.

Agora suponha que o trajeto do ônibus se deu por uma pista simples, de mão dupla, aquela que tem somente uma pista em cada sentido, e que durante o percurso o motorista de um automóvel desejava ultrapassá-lo bem antes de atingir uma curva. Após ler **“VEÍCULO LONGO – COMPRIMENTO 25 m”** na traseira do ônibus achou prudente não fazê-lo.

Nesta decisão, as dimensões do ônibus foram relevantes. O motorista considerou seu comprimento e neste caso ele foi considerado como um **“corpo extenso”**.

Note que o mesmo corpo, neste caso o ônibus, pode ser considerado como uma partícula (dimensões desprezíveis) em um estudo e como corpo extenso (dimensões não desprezíveis) em outro estudo.

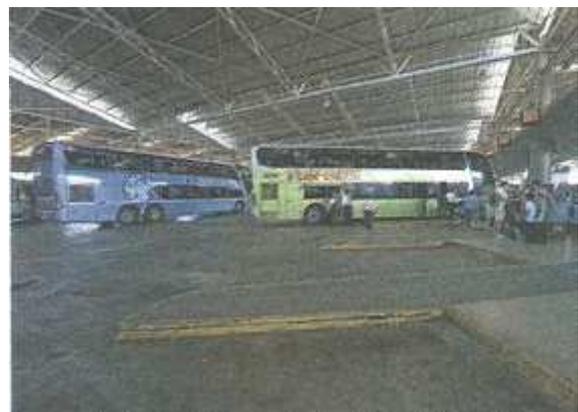


Fig. 3.1: Na estrada um ônibus pode ser considerado um ponto material; já na estação rodoviária é um corpo extenso. Fonte: Física Mecânica, editora FTD, 2ª edição, p. 31.

3.3 – O Movimento é Relativo

Para começarmos a estudar sobre movimento e repouso, vamos observar algumas situações. Observe a tirinha a seguir.



Fig. 3.2: Tirinha turma da Mônica. Fonte: <http://professorvitorleite.blogspot.com.br/2013/05/fisica.html>

Em todas as perguntas seguintes você terá dois espaços para resposta. Escreva sua primeira resposta no espaço que está do lado esquerdo. Caso seja necessário correção ou melhoramento da resposta você deverá utilizar o espaço do lado direito. Nunca apague a sua primeira resposta, ela é de grande importância em nosso estudo!

? Quando o Cascão diz que está parado e que quem está se andando é o skate ele está correto? Justifique.

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Quando ele diz que está parado é em relação ao skate. Em relação ao Cebolinha ele está em movimento junto com o skate.

Agora observe a figura a seguir.



Fig. 3.3: Pessoas em caixote. Fonte: própria autora

? Se você estivesse parado ao lado da quadra e fosse se referir a aluna 1 o que você diria, que ela está em repouso ou em movimento? E se a aluna 2 também fosse se referir a aluna 1, o que ela diria? Qual resposta estaria correta?

Escreva sua resposta aqui.

CONCEITO DE MOVIMENTO DE UM CORPO

O movimento de um corpo é um conceito relativo. Depende do ponto onde se encontra o observador.

Portanto, toda vez que desejarmos analisar o movimento de um corpo, precisamos determinar um ponto de observação para descrevê-lo. Por exemplo, na Figura 3.4, mostrada ao lado, as duas pessoas estão efetivamente se movendo. No entanto, como o conceito de movimento é relativo ao referencial escolhido, elas estão paradas entre si, ou seja, estão paradas uma em relação a outra. Voltando ao exemplo do caixote, uma possível escolha do ponto onde o observador estaria localizado é a quadra. Outra opção seria o próprio caixote em que as alunas 1 e 2 se encontram. Portanto, o que seria um Referencial?



Fig. 3.4: Pessoas andando em skate. Fonte: <http://henrisoncruz.tumblr.com/>

DEFINIÇÃO DE REFERENCIAL

O Referencial, para o estudo do movimento em **linha reta**, é a escolha de um **ponto** para se observar o movimento de um corpo. Deve-se escolher também qual será o **sentido** (positivo ou negativo) para o movimento ao longo desta linha reta.

Como o referencial pode ser escolhido pela pessoa que deseja analisar o movimento, uma premissa a ser seguida é escolher o que torne a observação do movimento o mais simples possível.

Agora que já conhecemos o conceito de referencial, responda a pergunta que segue:

? Um ônibus está andando com velocidade de 40 km/h. Cite um referencial em que um passageiro, sentado no banco do ônibus, esteja em movimento e um referencial em que ele esteja em repouso.

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.</p> <p>Um referencial em que ele está em movimento seria por exemplo em relação a um poste na estrada, ou a uma pessoa parada num ponto de ônibus. E um referencial em que ele está em repouso seria em relação outra pessoa sentada em um dos bancos ao seu lado.</p>
-----------------------------------	---

3.4 – Trajetória

Posso pedir a você que me conte sua trajetória escolar até aqui. Neste caso você me diria em quais escola estudou, as matérias que talvez tenha ficado retido e etc. Mas posso pedir também que me conte qual a trajetória que você percorre todos os dias para chegar na escola. Neste caso você provavelmente me diria se vem ônibus ou não, qual (is) ônibus, quanto tempo demora, por quais ruas passa e etc. Outro exemplo seria se vocês alunos, organizassem um churrasco na casa de um(a) colega. Para facilitar que cheguem a casa dele é coerente que se faça um mapa explicando como chegar ao local. Neste mapa estará indicado o trajeto que se deverá percorrer.

Observe o mapa mostrado na Figura 3.5 que indica onde fica a EEEM “Aristóbulo Barbosa Leão” em Laranjeiras. Veja que há várias possibilidades de caminhos para se chegar até ela. Cada um desses caminhos indica uma trajetória diferente que um aluno poderá percorrer. Sempre que estudarmos o movimento de um corpo iremos precisar saber qual a sua trajetória, pois através dela é que poderemos saber alguns dados deste movimento, como por exemplo, posição do corpo, distância percorrida, velocidade média, etc.

Observe na figura 3.6 outros exemplos de trajetória em nosso dia a dia.



Fig. 3.5: Mapa mostrando a escola “Aristóbulo Barbosa Leão”. Fonte: Google Maps

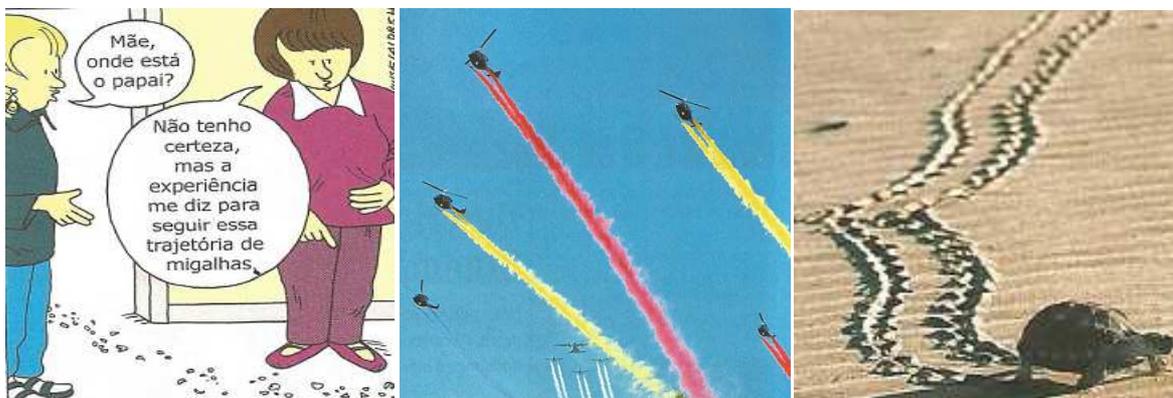


Fig. 3.6: Exemplos de trajetória. Fonte: Os Fundamentos da Física, editora Moderna, 9ª edição.

O que seria então o conceito de trajetória?

CONCEITO DE TRAJETÓRIA

A trajetória de uma partícula em movimento é a **linha** que ela descreve em relação a um referencial. Caso a partícula encontre-se em repouso, sua trajetória reduz-se a um ponto.

Vamos analisar agora outra situação. Suponha que durante nossa gincana um aluno fera em andar de skate jogue uma bolinha para o alto, tal como pode ser observado na Figura 3.7 abaixo:

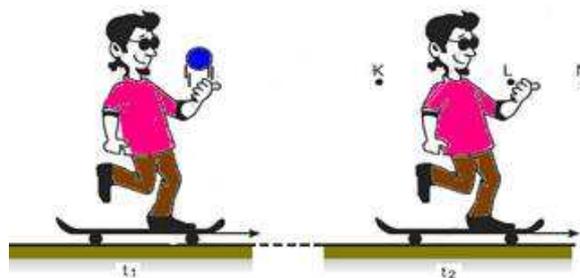


Fig. 3.7: Pessoa andando de skate. Fonte: <http://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/cinematica/conceitos-e-definicoes-movimento-e-reposo/exercicios-movimento-reposo/>



Se desprezarmos a influência do ar, em que ponto (K, L ou M) esta bolinha irá cair?

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Se desprezarmos a resistência do ar, esta bolinha cai no ponto L, pois ela possui a mesma velocidade horizontal que o aluno.

Para respondermos a essa pergunta basta pensarmos sobre o conceito de movimento. Já vimos que o movimento é relativo, logo em relação ao aluno no skate a bolinha está inicialmente parada. Quando ele a joga para o alto, o movimento horizontal dos dois continua o mesmo, ou seja, horizontalmente os dois se deslocam com mesma velocidade e um está em repouso (horizontal) em relação ao outro. **O movimento da bolinha em relação ao aluno no skate é somente o movimento vertical**, ou seja, a bolinha sobe e desce, caindo na mão do aluno que neste caso é o ponto L.

Pensando na trajetória da bolinha vemos que em relação ao aluno no skate esta trajetória é uma linha reta, ou seja, é como se este aluno estivesse parado e jogasse esta bolinha para o alto. Tente fazer isso quando estiver dentro de um ônibus ou carro quando as janelas estiverem fechadas (as janelas fechadas são para diminuir a influência do ar no movimento da bolinha). **Em relação a outro aluno que está sentado no pátio, simplesmente observando o movimento da bolinha, como será a trajetória desta vista por ele?**

Para respondermos corretamente essa questão temos novamente que analisar o movimento da bolinha. Perceba que em relação a uma pessoa sentada no pátio esta bolinha possui tanto movimento na horizontal, quanto movimento na vertical. Logo a trajetória dela será como a da figura a seguir.

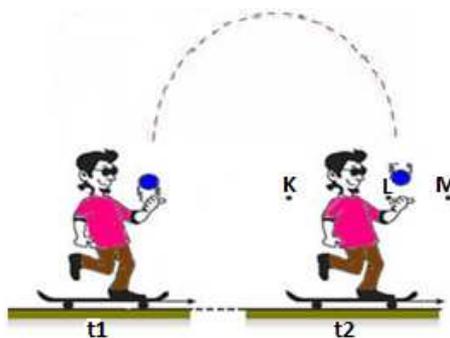


Fig. 3.8: Pessoa andando de skate. Fonte: [http://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/cinematica/conceitos-e-definicoes-movimento-e-repouso/exercicios-movimento-repouso/\(adaptada\)](http://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/cinematica/conceitos-e-definicoes-movimento-e-repouso/exercicios-movimento-repouso/(adaptada))

Observe que a trajetória de um objeto também depende do referencial adotado.

3.5 – Conceito de Posição

Com base nos conceitos de Referencial e Trajetória, podemos avançar um pouco mais na descrição do movimento de um corpo.

Quando um objeto está em movimento ele vai mudando sua localização à medida que o tempo vai passando. Como podemos fazer para identificarmos a posição desse corpo? O que é posição?

CONCEITO DE POSIÇÃO – ESCALAR

É a medida realizada para determinar a localização de um corpo em relação a um Referencial previamente escolhido.



Qual sua posição neste instante?

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.</p> <p>Depende do referencial.</p>
-----------------------------------	---

Para essa pergunta também teremos várias respostas totalmente diferentes, pois quando falamos em posição, primeiro devemos estabelecer um referencial ou um ponto de referência.

Quando realizamos a competição 8 (Corrida de Velocidade) em que calculamos a velocidade de um aluno, tivemos que medir algumas distâncias. Uma das medidas realizadas foi 20m do ponto inicial ao ponto em que o aluno parava para escrever a frase. Neste caso podemos dizer que o aluno estava na posição 20 metros em relação àquele referencial (início da competição). Mas esta posição pode variar se trabalharmos com outros referenciais diferentes.



USANDO O EXPERIMENTO COM O PROFESSOR

Experimento 1: Agora faremos um experimento para podermos responder a pergunta acima. Basta escolher um referencial e ver qual sua localização em relação a ele. Esta tarefa deve ser realizada em grupos de três alunos cada. Primeiro escolha uma carteira em que um dos integrantes do grupo está sentado, depois escolha três pontos como referencial, esses pontos podem ser o quadro, a porta os cantos da sala e etc. Faça as medidas das distâncias em relação a cada referencial e anote no espaço anterior em que perguntávamos a sua posição. Após cumprir essa tarefa faça um desenho (esquema) no espaço ao lado. Localize sua posição em sala de aula, os referenciais escolhidos e a distância medida em relação a cada um deles. Anote os valores na própria Figura.

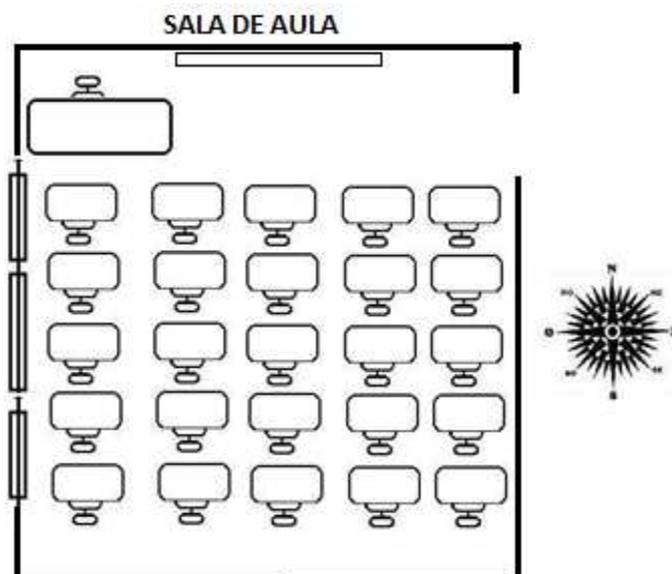


Fig. 3.9: Esquema da sala de aula. Fonte Própria autora.

Agora já podemos definir os conceitos de repouso e movimento. Quando podemos dizer que um corpo está em movimento ou em repouso em relação ao referencial adotado?

DEFINIÇÃO DE MOVIMENTO E REPOUSO

Um corpo está em **movimento** em relação a um referencial quando sua posição varia com o tempo em relação a esse referencial.

Um corpo está em **repouso** em relação a um referencial quando sua posição não varia com o tempo em relação a esse referencial.

Quando realizamos a competição 3 (Corrida Puxada) da gincana tínhamos dois alunos em um caixote que estava sendo puxado. Mesmo que este caixote estivesse em movimento, podíamos dizer que os alunos dentro dele estavam em repouso um em relação ao outro, pois a distância entre eles permanecia constante, mas também podíamos dizer que esses alunos estavam em movimento em relação a quem os observava em pé ao lado da quadra.



Cite outro exemplo em nossa gincana em que um corpo estava em repouso em relação a um referencial e em movimento em relação a outro referencial. Explique.

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Podemos citar como exemplo a situação em que tínhamos dois alunos em cima de um skate que estava em movimento. Estes alunos estavam em repouso um em relação ao outro, pois a distância entre eles não variava, mas estavam em movimento em relação a uma pessoa que estava sentada na quadra, observando a competição, pois neste caso a distância entre eles variava.



LISTA DE EXERCÍCIOS

- 1- Dê um exemplo, diferente do citado no texto, de um corpo que em determinada situação de estudo ele pode ser considerado como uma partícula e em outra situação ele deve ser considerado corpo extenso. (Explique esta situação)
- 2- (Curso de Física 2011) Dois carros, A e B, deslocam-se em uma estrada plana e reta, ambos no mesmo sentido. O carro A desenvolve uma velocidade 60 km/h e o B, um pouco mais á frente, desenvolve também a mesma velocidade. Com relação a essa situação responda:
 - a) A distância entre os carros A e B está variando?
 - b) Para um observador em A, o carro B está em repouso ou em movimento?
- 3- Um homem está parado no degrau de uma escada rolante em movimento. Assinale a alternativa correta.
 - a) O movimento do homem e da escada são diferentes.
 - b) Para um referencial no solo, o homem não está em movimento.
 - c) Para um referencial na escada, o homem está em movimento.
 - d) Para um referencial no solo, a escada não está em movimento.
 - e) O homem está em repouso em relação à escada.

- 4- Assinale a opção **incorreta**, supondo que, em certo instante, um automóvel aproxima-se de um paredão, como ilustra a Figura 3.10:

- o automóvel está em movimento em relação ao paredão.
- o paredão está em movimento em relação ao automóvel.
- o paredão está em repouso em relação ao solo.
- o motorista está em repouso em relação ao automóvel, mas em movimento em relação à superfície da Terra.
- o paredão está em repouso em relação ao automóvel.

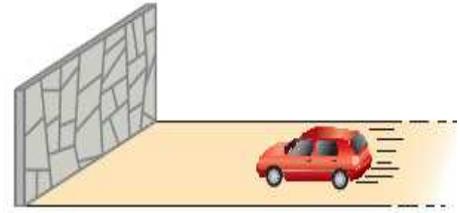


Fig. 3.10: Carro se deslocando. Fonte: Física Mecânica, editora FTD, 2ª edição, p.33.

- 5- (UFRJ) Observe a Figura 3.11 a seguir. Heloísa, sentada na poltrona de um ônibus, afirma que o passageiro sentado à sua frente não se move, ou seja, está em repouso. Ao mesmo tempo, Abelardo, sentado à margem da rodovia, vê o ônibus passar e afirma que o referido passageiro está em movimento.



Fig. 3.11: Pessoas em ônibus em movimento. Fonte: Física Mecânica, editora FTD, 2ª edição, p. 33.

De acordo com os conceitos de movimento e repouso usados em Mecânica, explique de que maneira devemos interpretar as afirmações de Heloísa e Abelardo para dizer que ambas estão corretas.

- 6- (Gualter 2013 – Adaptada) Assinale a opção correta, supondo que, em certo instante, um automóvel encontra-se no km 120 de uma rodovia. Logo, a posição nesse instante é igual a 120 km. Isso significa que:
- o automóvel já percorreu 120 km.
 - o automóvel está em movimento no referido instante, no sentido da trajetória.
 - o automóvel, nesse instante, está em repouso.
 - o automóvel encontra-se a 120 km do km 0, medidos ao longo da trajetória.
- 7- (UFMG) Júlia está andando de bicicleta, com velocidade constante, quando deixa cair uma moeda. Tomás está parado na rua e vê a moeda cair. Considere desprezível a resistência do ar. Assinale a alternativa em que melhor estão representadas as trajetórias da moeda, como observadas por Júlia e por Tomás.

- a) b) c) d)

3.6 – Velocidade Média e Velocidade Escalar Média

Na Figura 3.12 a seguir vemos alguns atletas disputando uma corrida de velocidade. Essas corridas incluem distâncias curtas (100 m, 200 m ou 400 m) e o objetivo de todas elas é, partindo de uma posição agachada nos blocos de partida, percorrer a distância definida o mais rápido possível.



Fig. 3.12: Corrida de atletismo. Fonte: <http://www.brasilecola.com/fisica/velocidade-escalar-media.htm>

Em nossa gincana também fizemos uma corrida de velocidade, porém de forma diferente da citada no texto anterior. Na competição 8 fizemos uma disputa entre os grupos, nesta prova cada grupo teve que medir a distância de um ponto inicial (largada) até outro ponto onde havia um quadro em que o aluno deveria parar para escrever a frase, ditada pela professora. Depois esses grupos tiveram que medir a distância de onde estava o quadro até a posição final (chegada). Observe a Figura 3.13 ao lado que demonstra o esquema realizado.



Fig. 3.13: Quadra de futsal. Fonte: <http://www.efdeportes.com/efd184/tiro-livre-direto-sem-barreira-em-futsal.htm> (adaptada).

Um aluno de cada grupo teve que correr da linha de partida até onde estava o quadro, anotar a frase ditada pela professora e depois correr novamente até a linha de chegada. Todos os tempos foram anotados.



Suponha um aluno 1 conseguiu completar a prova em 40 s e um aluno 2 a completou em 50 s. Qual deles foi o mais veloz? Explique.

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

O aluno 1 pois ele fez o mesmo percurso que o aluno 2 dois, porém em menos tempo.

Vamos compartilhar algumas respostas. Cada grupo deverá ler sua resposta e ao final faremos um momento para debate e considerações. Caso achar necessário, escreva suas observações sobre o debate no espaço abaixo.

Escreva suas observações aqui.

b) entre t_2 e t_3 temos: $d = 240 \text{ km}$ e $\Delta t = 2 \text{ h}$

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{240 \text{ km}}{2 \text{ h}} = 120,0 \text{ km/h}$$

Sua velocidade escalar média de t_2 a t_3 de $120,0 \text{ km/h}$.

c) entre t_1 e t_3 temos: $d = 480 \text{ km}$ e $\Delta t = 6 \text{ h}$

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{480 \text{ km}}{6 \text{ h}} = 80,0 \text{ km/h}$$

Sua velocidade escalar média de t_1 a t_3 é de $80,0 \text{ km/h}$.

Se no exercício resolvido anteriormente levássemos em conta a direção e o sentido do movimento, estaríamos nos referindo à velocidade média e não a velocidade escalar média.

CONCEITO DE VELOCIDADE MÉDIA

É a grandeza utilizada para informar a rapidez média com que um corpo se move, ou seja, é a medida da **mudança de posição** de um corpo com base em um dado referencial, durante certo **intervalo de tempo**. Matematicamente velocidade média é a razão entre deslocamento Δs e o intervalo de tempo Δt durante no qual esse deslocamento ocorre, assim pode ser expressa como:

$$vm = \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ ou } vm = \frac{s - s_0}{t - t_0}$$

Vejamos a diferença entre essas duas grandezas, resolvendo agora o exercício anterior para o cálculo da velocidade média.



EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R 3.2 – Um motociclista partiu do km 10 de uma rodovia às 8 horas da manhã (t_1) e chegou ao km 250 às 12 horas (t_2). Imediatamente, ele iniciou a viagem de volta, retornando ao km 10 às 14 horas (t_3). Calcule a **velocidade média** do motociclista entre os instantes:

a) t_1 e t_2 ;

b) t_2 e t_3 ;

c) t_1 e t_3 .

Resolução:

a) entre t_1 e t_2 temos: $\Delta s = s - s_0 = 250 - 10 \text{ km} = 240 \text{ km}$ e $\Delta t = 12 - 8 \text{ h} = 4 \text{ h}$

$$vm = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{240 \text{ km}}{4 \text{ h}} = 60,0 \text{ km/h}$$

Sua **velocidade média** de t_1 a t_2 é de $60,0 \text{ km/h}$.

b) entre t_2 e t_3 temos: $\Delta s = s - s_0 = 10 - 250 \text{ km} = -240 \text{ km}$ e $\Delta t = 14 - 12 \text{ h} = 2 \text{ h}$

$$vm = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{-240 \text{ km}}{2 \text{ h}} = -120,0 \text{ km/h}$$

Sua **velocidade média** de t_2 a t_3 é de $-120,0 \text{ km/h}$.

c) entre t_1 e t_3 temos: $\Delta s = s - s_0 = 10 - 10 \text{ km} = 0$ e $\Delta t = 14 - 8 \text{ h} = 6 \text{ h}$

$$vm = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{0 \text{ km}}{6 \text{ h}} = 0$$

Sua **velocidade média** de t_1 a t_3 é 0, ou seja, é nula entre esses intervalos de tempo.

Observe que há situações em que a velocidade média possui o mesmo valor que a velocidade escalar média, mas é necessário observar as diferenças entre essas duas grandezas. Como a definição de

velocidade escalar média *não inclui* a direção do movimento, ela não possui um sinal algébrico. Já a velocidade média pode ser positiva ou negativa, isso dependerá da direção e do sentido do movimento.

Para fixar melhor a diferença entre esses conceitos vejamos outro exercício resolvido como exemplo



EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R 3.3 – Um corredor está se movimentando em uma pista de atletismo com formato de círculo; o comprimento total deste circuito é de 2 Km. Ele parte do ponto $s = 0$, dá três voltas em 2 h, e para exatamente no mesmo ponto onde ele iniciou a corrida. Nestas condições, vamos calcular qual foi sua velocidade escalar média no percurso e qual foi a sua velocidade média.

Resolução:

De acordo com a definição de **velocidade escalar média**, basta você dividir a distância total percorrida pelo tempo total gasto.

$$d = 6 \text{ km (3 voltas) e } \Delta t = 2 \text{ h}$$

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{6 \text{ km}}{2 \text{ h}} = 3,0 \text{ km/h}$$

Sua velocidade escalar média foi de 3,0 km/h.

Já para o cálculo da **velocidade média** no percurso total precisamos subtrair a posição final da posição inicial e dividir esse resultado pelo tempo total gasto.

$$\Delta S = S - S_0 = 0 - 0 \text{ km} = 0$$

$$\Delta t = 2 \text{ h}$$

$$vm = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{0 \text{ km}}{2 \text{ h}} = 0$$

Sua **velocidade média** no percurso é 0, ou seja, é nula entre esses intervalos de tempo.

A velocidade média não leva em conta o quanto o corpo andou, mas onde ele iniciou seu movimento e onde ele parou, diferente da escalar média.

Voltando a nossa gincana, na competição 8 (Corrida de Velocidades) tivemos que calcular o valor da velocidade escalar média desenvolvida por um aluno do grupo que percorreu determinada distância. Vejamos um exemplo deste cálculo.

Suponha que nesta competição 8 os valores anotados por um grupo tenham sido os seguintes:

	Distância	Tempo
Percurso 1	25 m	8 s
Anotação da frase	Nula	10 s
Percurso 2	35 m	12 s

Vejamos como calculamos a velocidade escalar média do percurso total.

Os dados da questão são:

$d = 60 \text{ m}$ (o aluno percorreu 25 m e depois percorreu mais 35 m, no final do percurso ele havia percorrido a distância total de 60 m)

$t = 30 \text{ s}$ (o aluno chegou ao final da corrida no instante $30 \text{ s} = 8 + 10 + 12 \text{ s}$)

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{60}{30} = 2 \text{ m/s}$$

Repare que neste cálculo nós somamos o tempo em que o aluno ficou parado.

Agora, caso seu grupo tenha errado o cálculo da velocidade escalar média na competição, corrija-a no espaço abaixo.

Como você já deve ter percebido, utilizamos até aqui duas unidades de medida para a velocidade média que são o m/s e o km/h. Podemos utilizar também outras unidades como o cm/s, mm/s, entre outros. Os mais utilizados em nosso dia a dia são o m/s e o km/h. Se quisermos fazer uma conversão entre essas duas unidades basta utilizar os dados abaixo.

$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$ e $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$

Utilizando as diferentes unidades temos:

$$\frac{1 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{1 \text{ m}}{3,6 \text{ s}}$$

Portanto:

$$\frac{1 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{1 \text{ m}}{3,6 \text{ s}} \rightarrow 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Na prática para transformar km/h em m/s, divide-se o valor por 3,6 e para transformar m/s em km/h, multiplica-se por 3,6.

Exemplo: Transforme:

a) 36 km/h em m/s

Para transformar 36 km/h em m/s basta dividirmos 36 por 3,6, ou seja:

$$\frac{36 \text{ km}}{\text{h}} \rightarrow \frac{36}{3,6 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$$

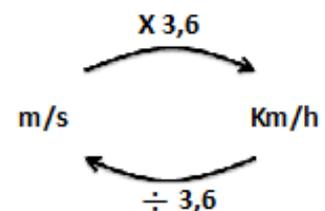
36 km/h equivalem a 10 m/s.

b) 20 m/s em km/h

Para transformar 20 m/s em km/h basta multiplicarmos 20 por 3,6, ou seja:

$$20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow 20 \times 3,6 = 72 \text{ km/h}$$

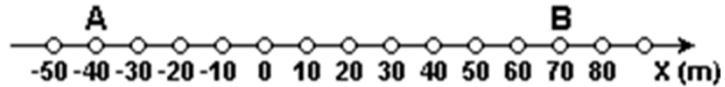
20 m/s equivalem a 72 km/h.





LISTA DE EXERCÍCIOS

- 1- (UFCE) Uma partícula desloca-se sobre uma reta na direção x . No instante $t_1 = 1,0$ s, a partícula encontra-se na posição A e no instante $t_2 = 6,0$ s encontra-se na posição B, como indicadas na figura a seguir. Determine a velocidade escalar média da partícula no intervalo de tempo entre os instantes t_1 e t_2 .



- 2- Quando o brasileiro Joaquim Cruz ganhou a medalha de ouro nas Olimpíadas de Los Angeles, ele percorreu 800 m em apenas 100 s. Neste caso qual foi a velocidade escalar média desenvolvida por esse atleta?
- 3- O velocímetro de um carro indica 72 km/h.
a) Exprese essa velocidade em m/s;
b) Calcule a distância percorrida por esse carro em 5 s.
- 4- Suponha que seu colega venha para escola caminhando, e que ele percorre 6,0 km em 20 minutos. Calcule a velocidade escalar média desenvolvida por ele durante este percurso, em m/s.
- 5- Uma pessoa andando normalmente, desenvolve uma velocidade escalar média da ordem de 1 m/s. Que distância, aproximadamente, essa pessoa percorrerá, andando durante 2 minutos?
- 6- Suponha que você vá de ônibus de Carapina a Itaparica (V.V.) e que faça o trajeto pela “Reta da Penha”. Esse percurso tem em média 24 km e em horário de pico o ônibus leva aproximadamente 1 h e 30 min na viagem. Calcule a velocidade escalar média desenvolvida por este ônibus durante este percurso.
- 7- Se no exercício anterior você fosse de carro e fora do horário de pico, percorreria o mesmo trajeto em cerca 30 min. Calcule a nova velocidade escalar média desenvolvida durante este percurso.
- 8- Uma bola de baseball é lançada com velocidade igual a 108 m/s, e leva 0,6 segundo para chegar ao rebatedor. Supondo que a bola se desloque com velocidade constante. Qual a distância entre o arremessador e o rebatedor?
- 9- Suponha que um aluno, durante a competição 8 de nossa gincana, passa no instante $t_1 = 10$ s por uma posição cujo espaço é $S_1 = 50$ m e no instante $t_2 = 20$ s pela posição de espaço $S_2 = 120$ m, como mostrado na Figura 3.15 a seguir. Determine a velocidade escalar média desenvolvida por este aluno no intervalo de t_1 a t_2 .

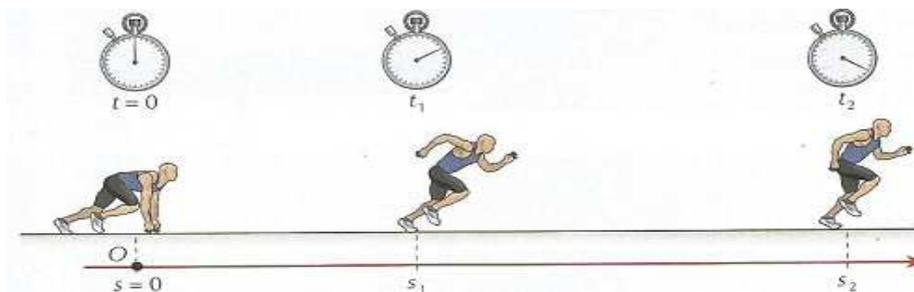


Fig. 3.15: Esboço de um atleta durante uma competição. Fonte: Física Mecânica, editora FTD, 2ª edição, p.42 (adaptada).

3.7 – Conceito de Aceleração

No site <http://mundoestranho.abril.com.br/materia/qual-foi-a-maior-velocidade-que-uma-pessoa-ja-alcancou> vemos um comentário sobre Usain Bolt campeão e recordista em três provas nos Jogos Olímpicos de Pequim. O texto intitulado “Qual foi a maior velocidade que uma pessoa já alcançou?” foi adaptado e é mostrado abaixo:

Usain Bolt precisou de 21 passos para atingir o limite de 43,9 km/h

Bolt arrancou em penúltimo, reagindo ao sinal de largada depois de 0,165 s - mas o tempo de reação representa apenas 1% da prova. Estudos sugerem que, com vento a favor e sem relaxar no final, Bolt seria 14 centésimos mais veloz, aumentando a distância para os rivais em 1,30 m.

0-50 metros: Bolt percorreu a primeira metade da prova em 5,6 s, mesmo tempo de testes do Vectra 2.0 com câmbio automático.

50-80 metros: Percorre com velocidade máxima: 43,9 km/h

80-100 metros: Bolt desacelera e comemora cruzando a linha a 40 km/h

Observamos ao nosso redor um mundo em movimento. Podemos notar os carros se locomovendo, as pessoas andando, um objeto caindo e mais uma série de exemplos que poderiam ser citados. O interessante é saber que uma boa parte dessas situações podem ser descritas e que - se o movimento de um objeto mantiver uma certa regularidade - poderemos saber o que ocorreu antes e o que vai acontecer depois.

O conhecimento do valor da velocidade com que um corpo se movimenta permite saber de antemão a posição em que um objeto estará daqui a alguns instantes. Esta é uma vantagem e o grande interesse no estudo da Mecânica: prever o movimento de um objeto, através da aplicação de conceitos básicos relacionados a ele.

No exemplo de Bolt vemos que sua velocidade aumenta enquanto ele percorre os primeiros 50 m, depois disso ele permanece com velocidade praticamente constante de 50-80 m e depois começa a desacelerar, ou seja, a diminuir sua velocidade de 80-100m.

Quando um corpo está aumentando sua velocidade a distância percorrida por ele a cada instante também aumenta. Veja o exemplo na Figura 3.16 a seguir.

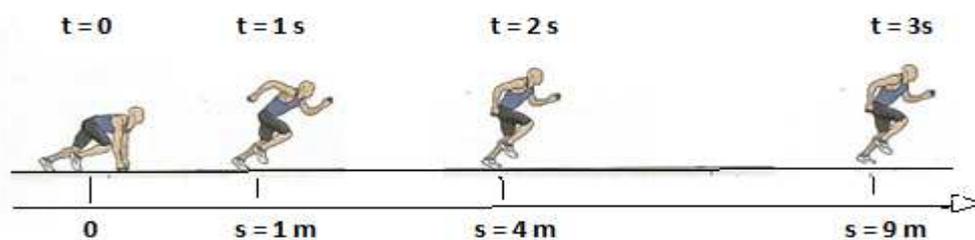


Fig. 3.16: Pessoa iniciando corrida. Fonte: Os Fundamentos da Física, editora Moderna, 9ª edição, p. 23 (adaptada)

Considerando o exemplo acima vemos que o atleta inicia o movimento, partindo de uma posição marcada como zero e inicialmente a sua velocidade é nula. Após iniciar o movimento, sua velocidade começa a aumentar. Isto é: no primeiro intervalo de tempo de 1s, ele percorre 1 m; passados mais 1s ele percorre 3 m; em 1s a mais ele percorre 5m, ou seja, a cada segundo que passa, ele percorre uma distância cada vez maior, o que significa que sua velocidade está mudando.

A medida de mudança de velocidade de um corpo em um determinado intervalo de tempo é chamada de **Aceleração** e podemos defini-la da seguinte maneira:

CONCEITO DE ACELERAÇÃO – ESCALAR

É a medida da **mudança da velocidade** de um corpo, em um dado referencial, durante certo **intervalo de tempo**. Matematicamente pode ser expressa:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Observe que para sabermos como aconteceu, ou como acontecerá determinado movimento precisamos saber qual sua aceleração, pois ela nos indica como a velocidade varia e esta nos indica como a posição de um corpo varia.

Com relação às unidades de medida de aceleração, note que elas são sempre quocientes de uma unidade de velocidade por uma de tempo. Portanto:

$$\text{unid}(a) = \frac{\text{unid}(v)}{\text{unid}(t)} = \frac{\frac{m}{s}}{s} = \frac{m}{s^2}$$

Concluimos, então, que a unidade de aceleração no SI é o metro por segundo ao quadrado (m/s^2).

Veja o exemplo do carro na Figura 3.17 seguir: se a aceleração de um carro é de $10m/s$ a cada segundo, ou seja, é de $10m/s^2$, isso significa que, em um segundo, a velocidade dele aumenta $10m/s$. Observe:

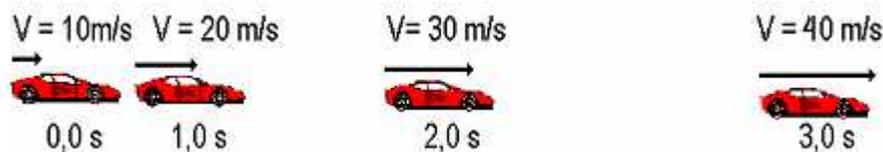


Fig. 3.17: Carro acelerando. Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=9570>

Agora vamos novamente pensar na competição 8 da gincana (Corrida de Velocidades). Observe a Figura 3.18 e pense que no instante t_0 o aluno esteja com velocidade nula e no instante $t_1 = 10$ s ele já esteja com velocidade de 5 m/s e que no instante $t_2 = 20$ s ele esteja com a mesma velocidade anterior, ou seja, 5 m/s.

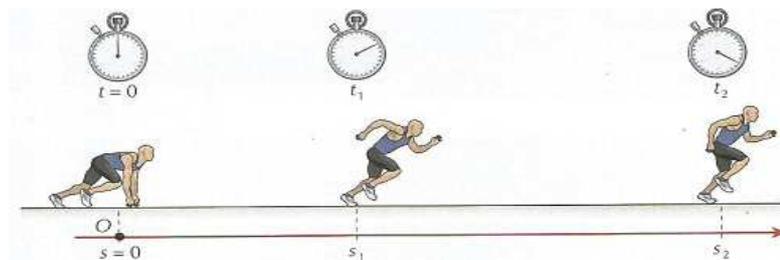


Fig. 3.18: Pessoa iniciando corrida. Fonte: *Os Fundamentos da Física*, editora Moderna, 9ª edição, p. 23.

Vamos calcular a aceleração desse aluno nesta competição, durante os intervalos de tempo de t_0 a t_1 , de t_1 a t_2 .

De t_0 a t_1 temos:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{5 - 0}{10 - 0} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ m/s}^2$$

Ou seja, de t_0 a t_1 o aluno aumentou sua velocidade, em média, de $0,5$ m/s a cada 1 s.

De t_1 a t_2 temos:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{5 - 5}{20 - 10} = \frac{0}{10} = 0 \text{ m/s}^2$$

Ou seja, de t_1 a t_2 o aluno não variou sua velocidade, pois sua aceleração foi nula.



EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R 3.4 - Um automóvel percorre uma estrada de modo que sua velocidade aumenta. Num determinado instante o velocímetro indica 54 km/h e, 2,0 segundos depois, 72 km/h. Vamos calcular aceleração escalar média entre esses dois instantes.

**Resolução:**

O intervalo de tempo é $\Delta t = 2,0 \text{ s}$

A variação da velocidade escalar entre esses dois instantes foi:

$$\Delta v = (72 \text{ km/h}) - (54 \text{ km/h}) \rightarrow \Delta v = 18 \text{ km/h}$$

Como o intervalo de tempo foi dado em segundos, fazemos a transformação:

$$\Delta v = 18 \text{ km/h} = \frac{18}{3,6} = 5,0 \text{ m/s}$$

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

Isso significa que, em média, a velocidade aumentou 2,5 m/s a cada segundo.



LISTA DE EXERCÍCIOS

- 1- O que significa dizer que um ciclista apresenta uma velocidade de 5 m/s?
- 2- O que significa dizer que um carro possui uma aceleração de 5 m/s²?
- 3- Qual a diferença entre velocidade e aceleração?
- 4- Durante uma corrida com carros, um dos competidores consegue atingir 90 km/h desde a largada em apenas 5 s. Qual a aceleração média descrita por ele?
- 5- Na situação mostrada ao lado observamos um móvel em uma trajetória retilínea. Foram registrados o tempo a velocidade do veículo em dois instantes de consulta ao velocímetro do mesmo. Determine a aceleração escalar média desenvolvida por este carro entre esses instantes.

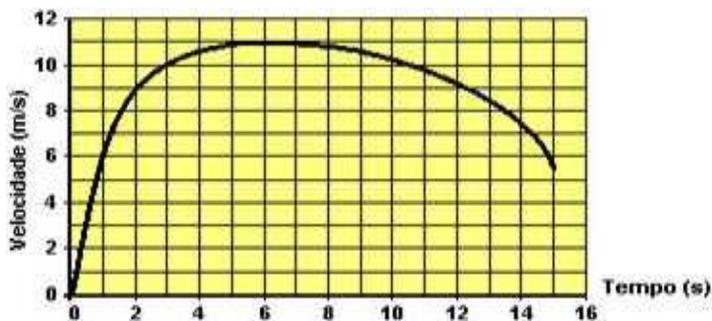


Isso significa que nesse intervalo de tempo o carro:

- a) Desloca-se com velocidade constante.
- b) Tem velocidade média de 50 km/h no trecho indicado.
- c) Tem velocidade média de 14,0 m/s.
- d) Tem uma aceleração média de 5,8 km/h/s.
- e) Tem uma aceleração média de 5,8 m/s²

(ENEM) O enunciado a seguir refere-se às questões 8 e 9.

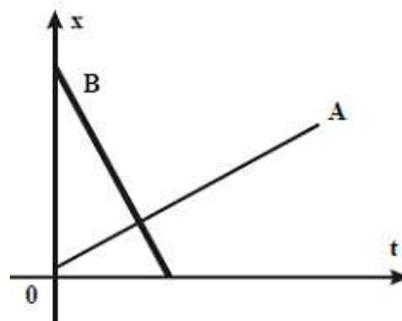
Em uma prova de 100 m rasos, o desempenho típico de um corredor padrão é representado pelo gráfico ao lado:



- 8- Baseado no gráfico, em que intervalo de tempo a velocidade do corredor é aproximadamente constante?
- Entre 0 e 1 segundo
 - Entre 1 e 5 segundos
 - Entre 5 e 8 segundos
 - Entre 8 e 11 segundos
 - Entre 12 e 15 segundos.
- 9- Em que intervalo de tempo o corredor apresenta aceleração máxima?
- Entre 0 e 1 segundo.
 - Entre 1 e 5 segundos.
 - Entre 5 e 8 segundos.
 - Entre 8 e 11 segundos.
 - Entre 9 e 15 segundos.
- 10- (UFJF-MG) Em um laboratório de Física, um pesquisador observou os movimentos de duas partículas e representou a variação da posição de cada uma delas no tempo de acordo com o gráfico abaixo.

A partir do gráfico, pode-se afirmar que:

- a partícula A está subindo e a partícula B está descendo.
- as duas partículas estão se deslocando no mesmo sentido com velocidades iguais.
- a partícula B é mais lenta que a partícula A e tem sentido oposto a esta.
- a partícula A é mais rápida que B e se desloca no mesmo sentido desta.
- a partícula B é mais rápida que A e tem sentido oposto a esta.



4- Introdução ao Conceito de Força

4.1 – Objetivos desta Seção

Ao final desta seção, você deverá ser capaz de:

- ✓ Conceituar força e somatório de forças;
- ✓ Conhecer o caráter vetorial da força e suas unidades de medida;
- ✓ Perceber a importância e a aplicação dos conceitos de força e somatório de forças no dia a dia.

4.2 – Conceito de Força

Todos nós sabemos que ao exercermos um esforço muscular para puxar ou empurrar um objeto, estamos lhe comunicando uma força. Isso pôde ser observado na competição 2 “puxando a toalha”, mostrada na Figura 4.1, e na competição 6 “cabo de guerra”, mostrada na Figura 4.2.



Fig. 4.1: *Competição 2 da gincana, em que o aluno deve puxar a toalha sem que a água nas taças seja derramada. Para que o aluno obtenha sucesso na realização desta prova ele deve puxar a toalha de forma abrupta e coordenada. Fonte: Própria autora.*



Fig. 4.2: *Em competições de Cabo de Guerra, é necessário que cada membro da equipe faça uma força no cabo (corda), também, de forma coordenada e simultânea, para puxar o conjunto (corda + adversários) e vencer a prova. Fonte: Própria autora*



Quando aplicamos uma força em um objeto o que acontece com ele? Explique e dê situações de seu dia a dia como exemplo.

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Ao aplicarmos uma força em um objeto, podemos provocar uma mudança em seu estado de movimento. Por exemplo, quando um carro quebra e uma pessoa vai empurrá-lo ela pode ou não conseguir fazer com que este se mova. Outra situação que pode ocorrer é a deformação do corpo. Se apertarmos uma garrafa plástica vazia podemos amassá-la, ou seja, deformá-la.

Vamos compartilhar algumas respostas. Cada grupo deverá ler sua resposta e ao final faremos um momento para debate e considerações. Caso achar necessário, escreva suas observações sobre o debate no espaço abaixo.

Escreva suas observações aqui.

Ao aplicarmos uma força em um objeto, podemos provocar uma mudança em seu movimento ou até mesmo deformação deste. Sendo assim, podemos estabelecer o conceito de Força da seguinte forma:

CONCEITO DE FORÇA – ESCALAR

É uma ação que pode mudar o estado de movimento de um corpo, ou seja, pode pará-lo ou colocá-lo em movimento. Pode também provocar a deformação de um corpo.

A partir deste entendimento do conceito de Força, observamos que sua aplicação pode provocar o movimento em um corpo ou, então, fazê-lo parar. Portanto, a aplicação de uma força está diretamente relacionada com as **causas** do movimento. Lembrando que os conceitos de *posição*, *velocidade* e *aceleração* estão diretamente relacionados com a **descrição** do movimento, então podemos concluir que existe uma relação entre todas estas grandezas. Na verdade, esta relação é expressa pelas Leis de Newton, assunto que iremos abordar mais adiante.



EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R 4.1 - Observe atentamente as Figuras 4.3 e 4.4 a seguir e indique a força que corresponde a cada uma das frases que se seguem:

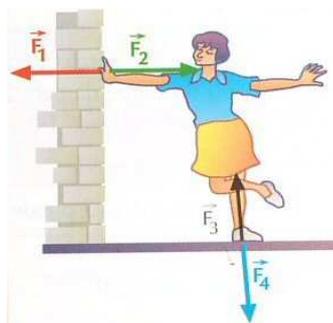


Fig. 4.3: Menina apoiada em uma parede.

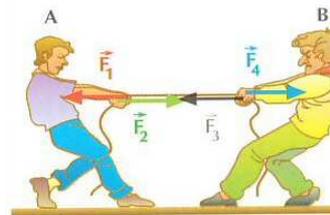


Fig. 4.4: homens puxando uma corda.

- A - Força exercida pela parede na mão da menina.
- B - Força exercida no solo pelo pé da menina.
- C - Força exercida pelo rapaz A no cordel.
- D - Força exercida pelo cordel na mão do rapaz B

Resolução:

- A - Força exercida pela parede na mão da menina é a força F_2
- B - Força exercida no solo pelo pé da menina é a força F_4
- C - Força exercida pelo rapaz A no cordel é a força F_1
- D - Força exercida pelo cordel na mão do rapaz B é a força F_3

4.3 – Tipos de Força

Através de diversas situações onde podemos detectar que uma força está sendo aplicada em um corpo, podemos identificar dois tipos de forças: as de contato e as de campo ou de ação à distância. As forças de contato, como o próprio nome já diz, são forças geradas pelo contato físico entre dois corpos.

Nas Figuras 4.5, 4.6 e 4.7 abaixo, vemos exemplos de forças de contato, observe cada uma delas.

Para puxar a toalha, a aluna precisa ter o contato físico com a mesma. Para puxar o caixote, o aluno puxa a corda exercendo contato físico com a mesma. Para se movimentar, o aluno que está em um skate empurra o chão, e para que isso ocorra também é necessário contato físico entre eles.

As situações mencionadas acima são apenas alguns exemplos de forças de contato que ocorreram na gincana. Observe que em nosso dia a dia podemos citar vários outros exemplos desse tipo de força.



Fig. 4.5: Aluna puxando a toalha sobre a mesa.

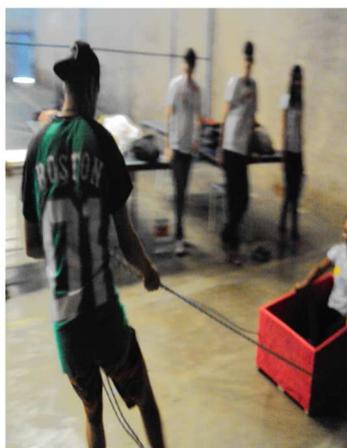


Fig. 4.6: Aluno puxando um caixote através de uma corda.



Fig. 4.7: Pessoa, em skate, empurrando o chão.



Cite pelo menos mais três situações, diferente das mencionadas acima, em que podemos perceber a ação de forças de contato.

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Para chutar uma bola precisamos ter o contato físico com ela; para segurar um objeto também precisamos ter contato físico com ele; para acariciar uma pessoa ou animal também precisamos ter contato físico com eles.

Vejamos a definição desse tipo de força.

FORÇAS DE CONTATO

São aquelas que aparecem quando existe o contato físico (superfícies) entre dois ou mais corpos.

Já sabemos o que é uma força de contato, então, o que seriam, forças de ação à distância? Antes de termos uma resposta para esta pergunta vamos fazer alguns experimentos.



USANDO O EXPERIMENTO COM O PROFESSOR

Experimento 2: Força magnética – Entre um ímã e um clipe de prender papel.

Amarre um clipe de prender papel em uma linha, e posicione o clipe distante do ímã. A seguir, vá aproximando lentamente o ímã do clipe, conforme ilustrado na Figura 4.8 ao lado, e observe o momento em que ambos se atraem.



Fig. 4.8: Força magnética entre um ímã e um clipe de prender papel

Experimento 3: Força de atração gravitacional

Pendure vários objetos no dinamômetro de mola e verifique o peso de cada um deles através da escala do mesmo.

Experimento 4: Pulga elétrica

Coloque pedacinhos picados de papel alumínio dentro de uma lata do tipo goiabada. Lacre bem essa lata com plástico filme, e em seguida atrite um pedaço de lã, os cabelos, ou até mesmo os dedos sobre o plástico filme. Observe o que acontece.



Nos três experimentos, observamos a aplicação de força sem contato entre os corpos. Como você explicaria isso?

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, corrija sua resposta aqui.

Essas forças são exemplos de forças de ação à distância. Elas agem através de um campo, seja ele magnético (experimento 2), gravitacional (experimento 3) ou elétrico (experimento 4).

Ao analisarmos cada uma dessas forças, percebemos que elas não são forças de contato, pois elas agem à distância. Portanto, podemos definir forças de ação à distância como sendo:

FORÇAS DE CAMPO OU, DE AÇÃO À DISTÂNCIA.

São aquelas que aparecem como resultado da interação entre dois ou mais corpos, sem a necessidade de haver contato entre eles.

Um dos exemplos mais marcantes onde esta ação ocorre é a força de atração que a Terra exerce sobre todos os corpos que estão em sua proximidade, incluindo nossos próprios corpos. Se uma pessoa estiver em cima de uma cadeira e esta for subitamente retirada, a pessoa cai. Isso ocorre pois a Terra está atraindo a pessoa para o seu centro, mesmo sem estar em contato com ela. Esta força de atração da Terra sobre os corpos é denominada **Força Peso**. Porém a intensidade do seu efeito depende da distância em que o corpo se encontra em relação à Terra.

Outros exemplos desse tipo de força são as forças elétrica e magnética. Estas são responsáveis pela coesão da matéria à nossa volta. A diferença entre a dureza do aço, a plasticidade da borracha e a maciez do algodão se deve à forma como essas forças agem no interior da matéria, agrupando os átomos e as moléculas. Talvez você não saiba que sua mão só não penetra no interior dessa apostila porque a superfície mais externa do seu corpo é repelida eletricamente pela superfície mais externa das folhas de papel. As forças elétrica e magnética têm a mesma natureza e ambas são causadas pela carga elétrica. Elas podem ser descritas conjuntamente e, nesse caso, recebem o nome de força eletromagnética.

4.4 – Unidades de Força

O instrumento utilizado para medir uma Força é chamado de Dinamômetro.

Você sabia que as balanças de molas, como certas balanças em farmácias, feiras livres ou açougues, são, na realidade, Dinamômetros?

Mas o que é um Dinamômetro? É um instrumento, conforme mostrado nas Figuras 4.9 e 4.10. Ele consiste em uma mola presa na vertical por sua extremidade superior, além disso, ele apresenta um gancho em

sua outra extremidade e uma escala de medida. Ao sofrer a ação de uma força, a mola se distende e o indicador preso à mesma permite a leitura da força através da escala estabelecida. Observe as figuras abaixo.

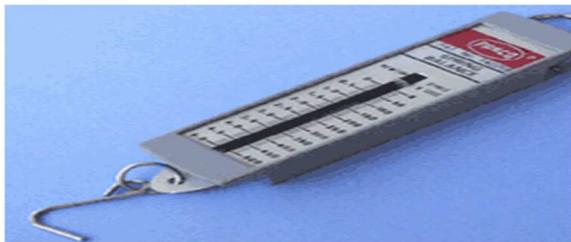


Fig. 4.9: Dinamômetro, aparelho utilizado para medir força. Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=19734>.



Fig. 4.10: Dinamômetro de mola. Fonte: http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.aspx?ID_OBJETO=108033&tipo=ob&cp=996633&cb=&n1=&n2=M%EF%BF%O

No caso da força, uma unidade de medida escolhida é o peso-padrão de um corpo ou quilograma-padrão, que se denomina 1 quilograma-força = 1 kgf. Portanto, quando você sobe em uma balança o que está sendo medido é o seu peso. Se uma balança indica, por exemplo, “80 quilos”, isto significa que seu peso é de 80 kgf, isto é, você é atraído pela Terra com uma força de 80 kgf. Outra unidade muito utilizada na medida de forças é o 1 Newton = 1 N.

$$1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$$

Portanto, a força de 1 N equivale, aproximadamente, ao peso de um pacote cuja a massa é de 100 gramas, ou $1 \text{ N} \approx 0,1 \text{ kgf}$.

Vamos agora estudar os tipos de forças. Para isso vamos realizar o experimento que segue.



USANDO O EXPERIMENTO COM O PROFESSOR

Experimento 5: Agora faremos um experimento para podermos verificar a força peso de alguns objetos. A turma se dividirá em 4 grupos. Cada grupo receberá um dinamômetro e 4 saquinhos com alguns objetos dentro. Cada saquinho será identificado com um número que irá variar de 1 a 16. Os grupos devem fazer a medida da força peso, em kgf e em Newton, de cada saquinho. Ao fim iremos fazer uma comparação com os valores previamente verificados e com os valores encontrados pelos alunos.

Número do saquinho	Peso em kgf	Peso em Newton

4.5 – Caráter Vetorial da Força

Vamos analisar um pouco mais os efeitos da aplicação de uma força em um corpo. Considere que você esteja aplicando uma força vertical de cima para baixo em uma mesa. O que acontece com a mesa? Em geral, nada! Aplique agora essa mesma força de baixo para cima. O que acontece? A mesa pode ser levantada. E, caso aplique essa mesma força horizontalmente, da esquerda para direita, ou vice-versa, a mesa poderá se deslocar para um lado e para outro.

Este exemplo simples mostra que uma força de mesma intensidade pode ou não provocar movimento em um corpo. Assim, para sabermos os reais efeitos da aplicação de uma força em um corpo, além de saber

sua **intensidade**, é necessário, ainda, informar a **direção** e o **sentido**. Com base no exemplo da mesa, cujo esquema está mostrado na Figura 4.11, situações possíveis de serem analisadas seriam:

- ✓ Uma força de 100 N (aproximadamente o peso de um corpo de massa 10 kg) aplicada verticalmente, de cima para baixo.
- ✓ Uma força de 100 N aplicada verticalmente, de baixo para cima.
- ✓ Uma força de 100 N aplicada horizontalmente, da direita para a esquerda.

Portanto, quando precisamos caracterizar completamente uma força, devemos informar a **intensidade** (100 N, no exemplo anterior).

Além disso, a **direção** (no exemplo anterior, pode ser vertical ou horizontal) e o **sentido** (de cima para baixo e, vice-versa, ou, da esquerda para a direita e, vice-versa, também com base no exemplo anterior).

Existe uma ferramenta matemática que nos permite representar, graficamente, essas informações de uma maneira muito simples e precisa que é o **vetor**. Sua representação geométrica consiste de uma flecha AB, onde seu comprimento representa o **módulo** da força. O ângulo que ela faz com uma linha horizontal (em geral, usamos o eixo x de um sistema coordenado cartesiano) representa a **direção**, e seu **sentido** é determinado pela seta na ponta da flecha, conforme ilustrado na Figura 4.12.

No exemplo da mesa, na Figura 4.11, o tamanho da flecha representa sua intensidade ou **módulo** de 100 N. A **direção** é vertical, pois forma um ângulo reto com o eixo horizontal. Já o **sentido** é de cima para baixo, conforme indicado pela ponta da seta.

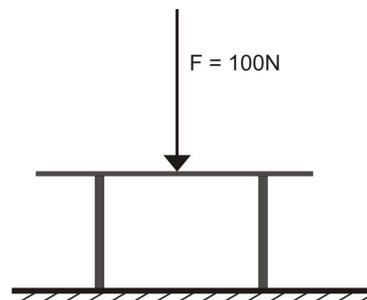


Fig. 4.11: Força de intensidade igual a 100 N, aplicada na direção vertical e no sentido de cima para baixo.

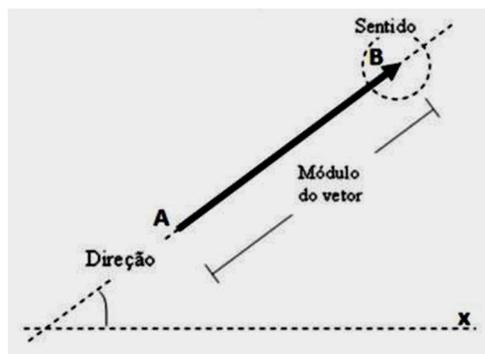


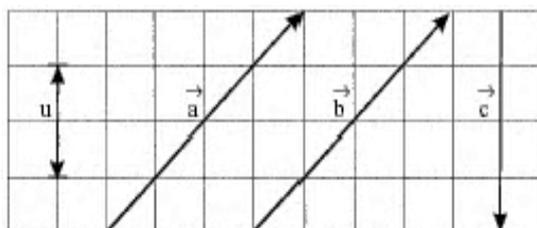
Fig. 4.12: Representação gráfica de um vetor.



EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R 4.2 (UNIFESP SP/2002 - Adaptada) Na figura abaixo estão representados os vetores \vec{a} , \vec{b} e \vec{c} . Sendo u a unidade de medida do módulo desses vetores, responda ao que se pede.

- a) Determine o módulo de cada um dos vetores.
- b) Determine a direção e o sentido de cada um dos vetores.
- c) Quais vetores apresentam o mesmo módulo, direção e sentido?



Resolução:

a) Podemos perceber que o módulo do vetor \vec{a} é igual ao do vetor \vec{b} , pois eles têm o mesmo comprimento:

O módulo desses vetores pode ser obtido aplicando o Teorema de Pitágoras ao triângulo de lados iguais a $4u$. Portanto, temos que: $a = b = \sqrt{(4u)^2 + (4u)^2} = \sqrt{32u^2} = 4u\sqrt{2}$.

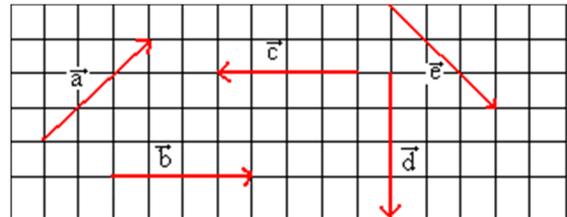
- b) Os vetores \vec{a} e \vec{b} também têm a mesma direção e sentido, ou seja, direção inclinada e sentido de baixo para cima. Já o vetor \vec{c} apresenta a direção vertical e o sentido de cima para baixo.
- c) Os vetores \vec{a} e \vec{b} são iguais, pois apresentam mesmo módulo, direção e sentido.



LISTA DE EXERCÍCIOS

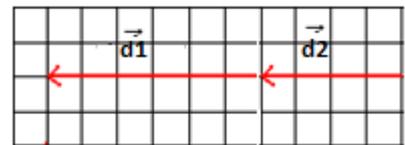
1- Observe os vetores ao lado e responda o que se pede.

- Quais vetores estão na mesma direção?
- Existem dois ou mais vetores iguais?
- Quais vetores são perpendiculares?



2- Na corrida de velocidades um aluno percorreu uma distância de 12 m, parou para escrever a frase a ele ditada, e logo depois percorreu mais 18,7 m chegando ao final da prova. O esquema abaixo mostra esses deslocamentos.

- Diga qual a intensidade, direção e sentido de cada vetor.
- Qual a intensidade do deslocamento total? Faça uma representação na própria figura indicando sua direção e sentido.



3- Na figura ao lado vemos um aluno puxando uma toalha. Qual a direção e o sentido do deslocamento dessa toalha considerando-a sobre a mesa?



4- Na figura ao lado vemos um aluno pronto para empurrar uma parede, de forma a se afastar o máximo possível dela. Nessa situação quais são a direção e o sentido da força que ele deve aplicar na parede e qual a direção e o sentido do seu deslocamento quando ele aplicar essa força?



A partir da discussão a respeito de forças, é possível observar com mais facilidade a diferença entre grandezas vetoriais e não vetoriais. As grandezas não vetoriais, também são chamadas de grandezas escalares. O tempo é um exemplo de uma grandeza escalar, pois não é necessário informar sua direção e sentido. O volume de um corpo também é uma grandeza escalar, pois fica totalmente definido quando informamos apenas seu valor numérico.

Assim, para diferenciar esses dois tipos de grandezas, vamos utilizar uma seta sobre a letra que representa uma grandeza vetorial.

- ✓ \vec{F} : lê-se vetor F , significando que para determinar esta grandeza é necessário informar **módulo**, **direção** e **sentido**.

Quando a letra aparecer sem a seta, representará apenas o **módulo** (intensidade) da grandeza.

- ✓ F : o módulo do vetor-força.
- ✓ t : o tempo, que é essencialmente uma grandeza escalar.
- ✓ V : o volume de um corpo, que também é essencialmente uma grandeza escalar.

4.6 – Somatório de Forças

Agora que já conhecemos os tipos de forças existentes, vamos retomar a análise da competição do cabo de guerra. Quando esta competição foi realizada, você teve que responder à pergunta **“Se esses alunos aplicam tanta força, por que é tão difícil puxar o outro grupo de alunos?”**.

Vamos novamente compartilhar algumas respostas. Cada grupo deverá ler sua resposta e ao final faremos um momento para debate e considerações. Caso achar necessário, escreva suas observações sobre o debate no espaço abaixo.

Escreva suas observações aqui.

Na Figura 4.13 abaixo vemos um exemplo de Cabo de Guerra. Quando as duas equipes possuem aproximadamente a mesma capacidade física, o resultado final pode ser um empate. Esquemáticamente, essa situação pode ser representada por uma força apontando para a direita e outra para a esquerda, resultando em um somatório de forças nulo. No entanto, se uma equipe for mais “forte” que a outra a soma poderá ser não nula.



Fig. 4.13: Disputa cabo de guerra. Fonte: http://ml.godinho.zip.net/arch2011-03-01_2011-03-31.html (adaptada)

Agora analise a Figura 4.14 a seguir, e escreva no espaço indicado o valor da força que o grupo da direita está exercendo, sabendo que nesta situação os grupos não conseguem mover o centro da corda.

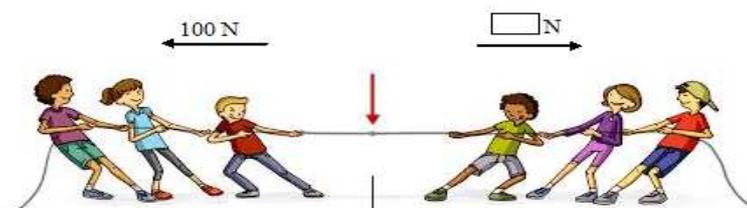


Fig. 4.14: Disputa cabo de guerra. Fonte: http://ml.godinho.zip.net/arch2011-03-01_2011-03-31.html (adaptada)

Vamos novamente compartilhar algumas respostas, sobre a pergunta feita acima, a respeito da força resultante. Cada grupo deverá ler sua resposta, ao final faremos um momento para debate e considerações. Caso achar necessário, escreva suas observações sobre o debate no espaço abaixo.

Escreva suas observações aqui.

Agora analise a Figura 4.15 ao lado e complete o espaço indicado, com um valor possível para a força que o grupo da direita deve exercer, sabendo que nesta situação eles conseguem deslocar o centro da corda também para a direita.



Fig. 4.15: Disputa cabo de guerra. Fonte: http://ml.godinho.zip.net/arch2011-03-01_2011-03-31.html (adaptada)

Discutimos acima algumas situações de forças, que atuam em um corpo, na mesma direção, porém em sentidos contrários. Agora vamos analisar situações em que as forças atuam na mesma direção e no mesmo sentido. Observe a Figura 4.16.



Fig. 4.16: Puxando caixote. Fonte: <http://danielsantos.org/2009/03/22/empurrando-caixas/> (adaptada)

Suponha que Evandro esteja aplicando uma força de 50 N, porém ainda assim não consiga mover o caixote. Com a ajuda de Rafael, aplicando também uma força de 50 N, eles conseguem juntos colocar esse caixote em movimento. Você, provavelmente já é capaz de explicar porque isso acontece. Então pense um pouquinho!

A força que Rafael e Evandro aplicam, para conseguir mover o caixote são forças que possuem mesma direção e sentido.

Com base nas discussões acima podemos escrever o conceito de somatório de forças que agem em um corpo.

SOMATÓRIO DE FORÇAS

De maneira geral, se várias forças \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{F}_3 etc. estiverem atuando em um corpo, elas deverão ser somadas vetorialmente, de maneira que possamos saber qual o resultado de todas elas atuando juntas.

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n$$

$\sum \vec{F}_{ext}$ é lido como “Somatório das forças externas”.

Agora que você já sabe o que é o somatório de forças e os efeitos que as forças podem provocar em um objeto responda a pergunta abaixo.



Quando um corpo está em repouso, podemos afirmar que não existem forças agindo sobre ele? Justifique sua resposta.

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.</p> <p>Não. Se o corpo está em repouso, podemos afirmar que a somatória de todas as forças que agem sobre ele é nula, mas não podemos afirmar que não há forças agindo sobre ele.</p>
-----------------------------------	--

Podemos então verificar, que quando há mais de uma força agindo em um corpo, devemos trabalhar com o somatório vetorial dessas forças. Quando as forças agirem na mesma direção e no mesmo sentido, teremos a soma algébrica delas, e se agirem na mesma direção, porém em sentidos contrários teremos a subtração das mesmas.

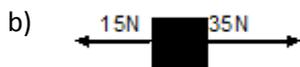
Em nossa proposta de estudos, vamos trabalhar apenas com soma de grandezas vetoriais que possuem a mesma direção, de modo que não devemos nos preocupar, pelo menos por enquanto, em como realizar operações com grandezas vetoriais em situações mais gerais de vetores que não possuam a mesma direção.

Percebemos que as operações com a Grandeza Vetorial Força podem ser utilizadas para qualquer outra grandeza vetorial seja ela Velocidade, Posição, Aceleração, e ainda outras que aprenderemos ao longo do curso de Física.



LISTA DE EXERCÍCIOS

- 1- Determine o somatório das forças que agem sobre o corpo em cada uma das situações abaixo:
 - a) Duas pessoas puxando um caixote, aplicando forças que atuam na mesma direção e sentido, assim como ocorreu na competição 3 da gincana. A primeira pessoa aplica uma força de 10 N e a segunda uma força de 15 N.
 - b) Dois alunos, na competição 6 da gincana, disputando cabo de guerra. Um puxa a corda para a direita com força de 120 N e a outra puxa a corda para a esquerda com uma força de 150 N.
- 2- Para cada caso abaixo calcule o somatório das forças que atuam sobre o corpo e indique sua direção e sentido.



5- Segunda Lei de Newton

5.1 – Objetivos desta Seção

Ao final desta seção, você deverá ser capaz de:

- ✓ Conceituar a 2ª lei de Newton;
- ✓ Perceber a importância e a aplicação dessa lei em nosso dia a dia;

5.2 – Estudo da 2ª lei de Newton – Princípio Fundamental da Dinâmica

Agora vamos analisar algumas situações ocorridas em nossa gincana, começando pela competição 4. Nela fizemos o lançamento dos foguetes a álcool e a ar. Durante esta competição os grupos tiveram que responder as seguintes perguntas: **“O que faz o foguete ir para frente?”**, **“O que faz a bexiga ir para frente?”** e **“O que poderíamos fazer para os foguetes irem mais longe?”**.

Vamos compartilhar as repostas dadas às perguntas acima. Cada grupo deverá ler sua resposta, ao final faremos um momento para debate e considerações. Caso achar necessário, escreva suas observações sobre o debate no espaço abaixo.

Escreva suas observações aqui.

Agora analisando melhor o movimento do foguete responda as perguntas que seguem.



Para o foguete se mover é necessário agir alguma força sobre ele? Se sim, diga que força é esta e como ela é aplicada.

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Sim. Esta força é a força de reação. No caso do foguete a álcool, quando ocorre a combustão do gás este é expelido para fora da garrafa a empurra para frente devido ao princípio da ação e reação. No caso da bexiga o ar que é expelido por ela a empurra para frente devido também ao princípio da ação e reação.



O que faz o foguete parar?

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

O foguete para devido às forças de atrito que são exercidas sobre ele.

Da análise dessas situações podemos concluir que para que haja mudança de movimento de um corpo é necessária a ação de um somatório de forças não nulo sobre ele.

Analisando agora a competição 7 (Quem vai mais longe?) vemos que um aluno, sentado em um skate, empurrava primeiramente outro aluno sentado em outro skate, media-se a distância percorrida por cada aluno. Posteriormente o mesmo aluno empurrava o outro skate só que desta vez com dois alunos e mediam-se novamente as distâncias percorridas por eles. Analisando esses dados verificamos que quando haviam dois alunos sentados no skate este percorria uma distância menor, ou seja, parava mais rapidamente.

 **Por que na competição 7 a distância percorrida pelo skate era menor quando haviam dois alunos sentados no mesmo?**

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.</p> <p>Como a massa do skate-alunos era maior a aceleração produzida pelo empurrão era menor, e devido a isso ele percorre uma distância menor. Também há o aumento do atrito, quando aumentados a massa do conjunto skate-alunos e isso também influencia nessa distância percorrida.</p>
-----------------------------------	---

Fazendo agora a análise da competição 3 (Corrida Puxada) observamos uma disputada entre alguns alunos que puxavam um caixote. As perguntas realizadas durante esta competição foram **“Por que é mais difícil puxar o caixote quando há dois alunos dentro deste?”** e **“Por que fica mais fácil puxar o caixote quando dois alunos o puxam juntos?”**

Vamos pensar e compartilhar as repostas dadas às perguntas acima. Cada grupo deverá ler sua resposta, ao final faremos um momento para debate e considerações. Caso achar necessário, escreva suas observações sobre o debate no espaço abaixo.

<p>Escreva suas observações aqui.</p>

Analisando as repostas da competição 3 sobre as dificuldades encontradas ao puxar o caixote com o outro aluno dentro e relacionando-as com o tempo para chegar ao centro da quadra, complete as frases abaixo, assinalando com “maior” ou “menor”.

Considerando a força constante, quanto maior a massa do caixote _____ o tempo gasto para chegar ao centro da quadra.

Considerando a massa constante, quanto maior a força _____ o tempo gasto para chegar ao centro da quadra.

Como já sabemos a velocidade escalar média de um corpo é a razão entre distância percorrida por ele e o intervalo de tempo gasto neste percurso, ou seja,

$$\text{velocidade escalar média} = \frac{\text{distância percorrida}}{\text{intervalo de tempo}} \quad \text{ou} \quad v = \frac{d}{\Delta t}$$

Mantendo o espaço percorrido constante, se diminuirmos o tempo, aumentamos a velocidade, e se aumentarmos o tempo, diminuimos a velocidade. É o que acontece nesta atividade, veja:

“Quanto maior a massa, maior o tempo, e isso significa que menor é a velocidade do caixote.”

“Quanto maior a força resultante agindo sobre o caixote, menor o tempo gasto, e maior é a velocidade deste.”

Se há variação de velocidade, há aceleração! Lembre-se que aceleração é a variação de velocidade sofrida por um corpo durante certo intervalo de tempo.

$$Aceleração\ média = \frac{\text{variação da velocidade}}{\text{intervalo de tempo}} \quad \text{ou} \quad a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Agora vamos fazer alguns experimentos para complementar nossos estudos.



USANDO O EXPERIMENTO COM O PROFESSOR

Experimento 6: Movimento de um bloco sendo arrastado numa mesa preso por um fio a um recipiente.

Este experimento, representado na Figura 5.1, nos possibilita investigar e entender o que acontece com o movimento de um corpo quando submetido a um conjunto de forças cuja soma seja diferente de zero.

- ✓ Considere um bloco de madeira ligado por um fio a um recipiente que permite adicionar esferas de aço.
- ✓ Faça uma marca sobre a mesa para determinar a posição inicial do bloco. Esta deve ser escolhida de modo que o outro recipiente fique a uns 40 cm do chão.

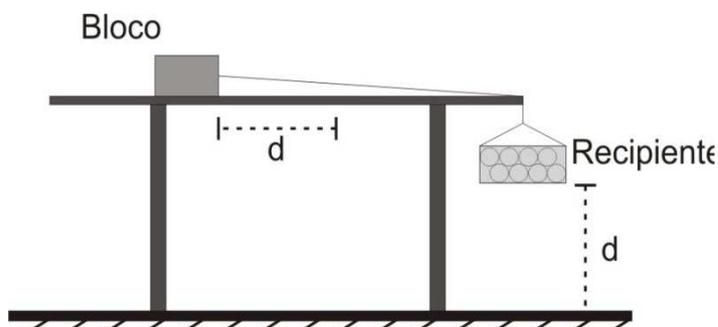


Fig. 5.1: Bloco em movimento arrastado por outro corpo (Recipiente).

- ✓ Em seguida, faça outra marca sobre a mesa para determinar o ponto que o recipiente chega ao chão. Estes dois pontos são importantes para determinar a distância em que o bloco será puxado pelo recipiente com as esferas.
- ✓ Antes de iniciar a realização do experimento, no espaço abaixo, represente todas as forças que estão atuando no bloco sobre a mesa. Para isso, pense na situação em que o bloco está no meio do caminho entre o ponto inicial e final.

<p>Faça o seu desenho aqui.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>Bloco</p> </div>	<p>Caso necessário, faça correção do seu desenho aqui.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div>
---	---

- ✓ Inclua duas esferas no recipiente, leve o bloco até a posição inicial e o abandone. Anote a posição final no desenho da Figura 5.2 representado abaixo.
- ✓ Inclua mais duas esferas no recipiente, leve o bloco até a posição inicial e o abandone. Anote a posição no desenho da Figura 5.2 abaixo.
- ✓ Inclua mais duas esferas no recipiente, leve o bloco até a posição inicial e o abandone. Anote a posição final.

- ✓ Inclua duas esferas no recipiente, leve o bloco até a posição inicial e o abandone. Anote a posição final.



Fig. 5.2: Bloco em movimento arrastado por outro corpo.

Vamos agora analisar os resultados encontrados.

1. A força que arrasta o bloco, exercida pelo recipiente com as esferas, só atua entre os pontos inicial e final marcados na mesa.
2. Quanto mais esferas incluirmos, mais distante é ponto de parada do bloco. No entanto, note que a partir do ponto final, a força que puxa o bloco deixa de atuar. A única força que permanece é a de resistência do bloco com a superfície da mesa (força de atrito), que é a responsável por fazê-lo parar.
3. Na verdade, com o aumento no número de esferas estamos aumentando o valor da soma de forças que atuam no bloco.



A partir destas observações, que relação existe entre a quantidade de esferas e a velocidade final do bloco?

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui. A velocidade com que o bloco chega ao ponto final é proporcional ao aumento do número de esferas. Mas, como inicialmente o bloco estava parado a velocidade do bloco era zero. Isso significa que, na verdade, a variação da velocidade vai aumentando à medida que vamos aumentando o número de esferas.
----------------------------	--

Vamos então representar qualitativamente os valores encontrados na tabela abaixo:

Situação	Quantidade de Esferas	Implica em uma Soma de Forças Horizontais	Corresponde a uma variação da Velocidade entre i e f, medida em função do tempo.	Resulta em uma distância percorrida de
1	2	$\sum \vec{F}_{ext1}$	$\Delta v_1/\Delta t$	Δx_1
2	4	$\sum \vec{F}_{ext2}$	$\Delta v_2/\Delta t$	Δx_2
3	6	$\sum \vec{F}_{ext3}$	$\Delta v_3/\Delta t$	Δx_3
4	8	$\sum \vec{F}_{ext4}$	$\Delta v_4/\Delta t$	Δx_4

As conclusões que podemos tirar são:

$$\text{Como: } \Delta x_4 > \Delta x_3 > \Delta x_2 > \Delta x_1 \quad \text{então: } \frac{\Delta v_4}{\Delta t} > \frac{\Delta v_3}{\Delta t} > \frac{\Delta v_2}{\Delta t} > \frac{\Delta v_1}{\Delta t}$$

Mas, como já estudamos, a variação da velocidade em função do tempo é definida como sendo a aceleração:

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

Portanto: $a_4 > a_3 > a_2 > a_1$



Baseado no experimento, que conclusão este resultado sugere, para a relação entre a Soma das Forças e a Aceleração?

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.</p> <p>Quando existe uma Soma de Forças ($\sum F_{ext}$) diferente de zero atuando em um corpo (como é o caso do bloco sobre a mesa) este está sujeito a uma Variação de Velocidade em função do Tempo. Isso equivale a dizer que ele terá uma Aceleração.</p> <p>Este resultado concorda com o encontrado anteriormente de que a Soma de Forças é proporcional à aceleração.</p>
-----------------------------------	---

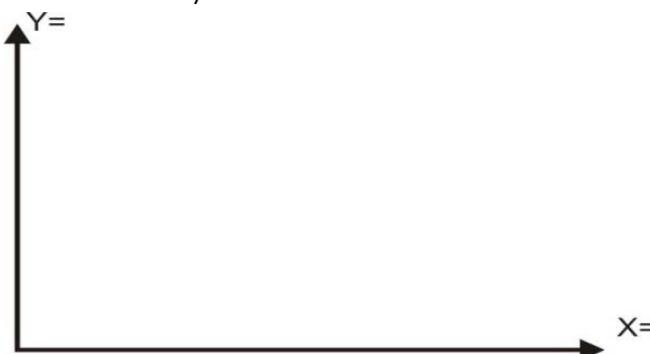
Novamente, podemos observar a relação entre a soma de forças e a aceleração. Ou seja:

$$\sum \vec{F}_{ext} \propto \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{ou ainda} \quad \sum \vec{F}_{ext} \propto a$$

Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) foi um filósofo grego que desenvolveu muitas teorias no campo da Física. Em relação ao movimento dos corpos ele dizia que para que um corpo se mantivesse em movimento, mesmo com velocidade constante, seria necessário ter forças atuando sobre ele. O que Newton encontrou afirma que se a soma de forças que atuam sobre um corpo for diferente de zero, então a velocidade dele estará variando (pode ser aumentando, se a soma apontar no mesmo sentido do movimento como no caso de um carro sendo acelerado, ou diminuindo se a soma apontar contrário ao movimento como no caso do acionamento dos freios de um carro).

Embora estes dados coletados a partir do experimento sejam qualitativos, eles nos permitem uma representação gráfica para observar a relação entre a **variação da Velocidade em função do Tempo (aceleração)** e a **Soma de Forças** que atuam no bloco.

No espaço ao lado, monte durante a aula um gráfico marcando no eixo vertical a Soma de Forças e no eixo horizontal a aceleração.



Mesmo que não tenhamos coletados valores precisos, é possível verificar em laboratório que a relação entre estas duas variáveis é uma reta.



Observando o gráfico, você saberia dizer que relação matemática existe entre estas duas variáveis?

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.</p> <p>Os resultados sugerem que existe uma relação linear entre estas duas variáveis. Ou seja, se a soma de forças que atuam em um corpo aumenta, então a aceleração aumenta e vice-versa.</p>
-----------------------------------	---

Então, olhando novamente para o gráfico, podemos calcular o **coeficiente angular da reta*** que reflete o quanto inclinado ela está em relação ao eixo horizontal. O resultado é:

$$m = \frac{\sum \vec{F}_{ext2} - \sum \vec{F}_{ext1}}{\vec{a}_2 - \vec{a}_1} \quad \text{ou} \quad m = \frac{\sum \vec{F}_{ext}}{\vec{a}}$$

* Denomina-se **coeficiente angular** ou **declividade** de uma reta r com equação $y = ax + b$, como sendo a **tangente da inclinação "a"**. Em problemas práticos, o coeficiente angular de uma reta pode ser interpretado como uma **razão** ou como uma **taxa de variação**, dependendo das unidades que são utilizadas nos eixos x e y . Se os eixos x e y apresentam as mesmas unidades, então o número que mede o coeficiente angular é adimensional e representa uma **razão**

Reescrevendo, temos:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$$

Matematicamente, o valor de “m” significa a inclinação da reta. E fisicamente, o que ele significa?

Antes de responder essa questão, vamos pensar em uma nova situação onde o bloco sobre a mesa seria substituído por outro de **maior massa**.

? Executando novamente todo o procedimento e fazendo-se o gráfico $\sum \vec{F}_{ext}$ em função da aceleração a adquirida, você saberia descrever a diferença para o gráfico obtido inicialmente?

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.</p> <p>O novo gráfico teria uma inclinação maior que o primeiro, indicando que a aceleração adquirida é menor do que a do bloco anterior.</p>
-----------------------------------	--

? Agora você seria capaz de responder qual o significado físico de “m”?

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.</p> <p>Se repetíssemos este experimento com um bloco de massa menor, a variação da velocidade seria menor e a inclinação seria menor, e vice versa para um bloco maior. Portanto, o valor de “m” significa a massa do corpo.</p>
-----------------------------------	--

A representação gráfica da $\sum \vec{F}_{ext}$ em função da aceleração \vec{a} adquirida por cada bloco está mostrada na Figura 5.3. O gráfico nos mostra que quanto maior é a inclinação da reta, maior é a massa do corpo. Outra maneira de fazer a leitura do gráfico é observando que quanto maior a massa do corpo, maior é o resultado da soma das forças que devemos fazer para provocar variação de velocidade.

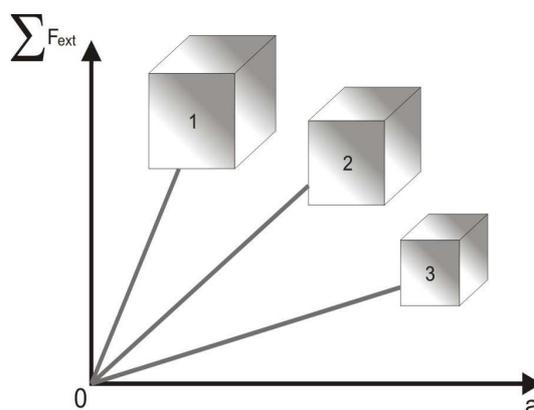


Fig. 5.3: A inclinação do gráfico $\sum \vec{F}_{ext} \times a$ representa a massa do corpo.

Podemos então concluir, que um somatório de forças não nulo provoca em um corpo uma determinada aceleração.

RELAÇÃO ENTRE SOMA DE FORÇAS E MOVIMENTO

Se a soma de forças que atuam em um corpo for diferente de zero, então velocidade deste corpo está variando em função do tempo. Matematicamente:

$$\sum \vec{F}_{ext} \propto \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Ou ainda, como a variação da velocidade em função do tempo é, por definição, a **aceleração** do corpo, podemos escrever que:

$$\sum \vec{F}_{ext} \propto \vec{a}$$

Do que foi discutido neste experimento, estamos em condições de estabelecer finalmente uma relação matemática entre a soma de forças não nula e movimento. Este foi um dos principais resultados dos estudos de Newton sobre o movimento e ficou conhecido como a **Segunda Lei de Newton**:

SEGUNDA LEI DE NEWTON

Se a soma de forças que atuam em um corpo de massa **m** for não nula, seu movimento será acelerado, cujo valor poderá ser calculado pela expressão:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$$

A segunda lei de Newton ou princípio fundamental da Dinâmica estabelece que a mudança de movimento de um corpo é proporcional à soma das forças que atuam sobre ele. Em outras palavras, falar em mudança de movimento significa se referir à aceleração; assim, se aplicarmos a mesma força em corpos diferentes, produziremos acelerações diferentes.

**LISTA DE EXERCÍCIOS**

- Se a força resultante que atua sobre um bloco que desliza é de algum modo triplicada, em quanto cresce a aceleração?
- O bloco da Figura 5.4 ao lado possui massa $m = 2,5 \text{ kg}$. Suponha que ele esteja submetido a duas forças horizontais de intensidades $F_1 = 100 \text{ N}$ e $F_2 = 75 \text{ N}$. Determine a aceleração adquirida por ele.

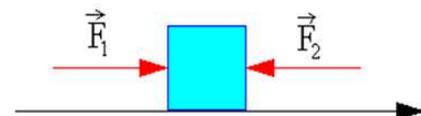


Fig. 5.4: Forças sendo aplicadas em um corpo

- Sobre uma partícula de massa $m = 20 \text{ kg}$ agem quatro forças como indica a Figura 5.5 ao lado. Determine:
 - a intensidade da resultante;
 - a aceleração adquirida pelo corpo;
 - A direção e o sentido do movimento da partícula.

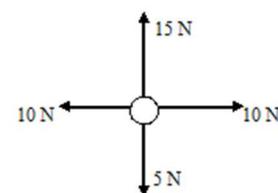


Fig. 5.5: Forças sendo aplicadas

- Caixotes de massas variadas encontram-se sobre uma mesa nivelada e desprovida de atrito como indica a Figura 5.6. Ordene-as em ordem decrescente quanto aos módulos
 - das forças resultantes sobre os caixotes.
 - das acelerações dos caixotes.

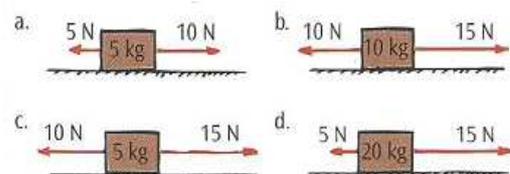


Fig. 5.6: Forças agindo em blocos. Fonte: Física Conceitual, 11ª edição, pág. 63.

6- Atrito e Primeira Lei de Newton

6.1 – Objetivos desta Seção

Ao final desta seção, você deverá ser capaz de:

- ✓ Conceituar força de atrito, Inércia e a 1ª lei de Newton;
- ✓ Estabelecer corretamente as relações entre esses conceitos;
- ✓ Perceber a importância e a aplicação desses conceitos no dia a dia.

6.2 – Estudos da força de atrito, inércia e 1ª lei de Newton

A competição 1 da gincana (Empurrão Diferente) consistia em um aluno deitar em um skate e empurrar uma parede com os pés para tentar afastar-se dela, como mostra a Figura 6.1.



Fig. 6.1: Aluno deitado em um skate. Fonte: própria autora.

O aluno que conseguiu ir mais longe venceu a prova. Duas das perguntas que você teve que responder foram: **“Mesmo após não ter contato com a parede este aluno continua se movimentando por algum tempo. Explique por que isso acontece?”** e **“O que faz o conjunto aluno-skate diminuir sua velocidade até parar?”**

Vamos compartilhar as repostas dadas às perguntas acima. Cada grupo deverá ler sua resposta, ao final faremos um momento para debate e considerações. Caso achar necessário, escreva suas observações sobre o debate no espaço abaixo.

Escreva suas observações aqui.

Em nosso dia a dia temos outras situações semelhantes a estas, vamos analisar alguns exemplos.

- ✓ Uma pessoa que ao andar de bicicleta para de pedalar e continua se movimentando por algum tempo.
- ✓ Um carro que também continua em movimento mesmo após o motorista parar de acelerar.

Na maioria das situações que ocorrem em nosso dia a dia desejamos fazer um esforço mínimo para que os corpos percorram determinada distância, como por exemplo, quando estamos em uma bicicleta. Ao ficarmos cansados, paramos um pouco de pedalar, porém queremos que esta continue se movimentando. Uma situação parecida com esta ocorre com o carro. Seria muito bom se simplesmente déssemos uma pedalada inicial e a bicicleta continuasse se movimentando, ou se acelerássemos um carro e ele também continuasse em movimento. Mas, não é isso o que observamos em nosso dia a dia.

Voltando ao exemplo inicial do skate, responda a pergunta que segue.



Como podemos fazer para que o skate percorra uma distância maior, fazendo inicialmente o mesmo esforço?

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Para aumentar essa distância precisamos diminuir os atritos. Uma das maneiras é manter as engrenagens sempre lubrificadas. Podemos também fazer este experimento em um piso mais liso.

Vamos novamente compartilhar algumas respostas. Cada grupo deverá ler sua resposta, e ao final faremos um momento para debate e considerações.

Vimos nessa atividade realizada na quadra e no pátio, que na quadra a distância percorrida pelo skate foi maior que a percorrida no pátio. Se essa atividade fosse realizada em um piso ainda mais áspero, seria mais difícil para o aluno se movimentar, ou seja, quanto mais lisa for uma superfície, maior é a distância percorrida por um corpo que desliza sobre ela. Portanto se a atividade do skate fosse realizada sobre a lona, a distância percorrida por este, provavelmente seria ainda maior do que a percorrida na quadra, logo dessas situações podemos depreender que quanto mais rugosa é uma superfície, mais difícil é para que um corpo se mantenha em movimento sobre ela e mais rápido este corpo para.

De acordo com a segunda lei de Newton sabemos que um corpo só irá variar sua velocidade se houver um somatório de forças não nulo agindo sobre ele, ou seja, se o somatório de forças que age em um corpo é nulo, este não varia a sua velocidade. Voltando a analisar a competição 1, se a velocidade do skate diminui à medida que ele se afasta da parede, podemos dizer então que há uma força responsável por isso. Mas que força é essa?

Essa força que depende da superfície de contato é chamada de **Força de atrito**. Mesmo quando as superfícies de um corpo parecem perfeitamente lisas, a nível microscópico, é possível observar algumas rugosidades e é devido a elas que se originam as forças de atrito.



USANDO A TECNOLOGIA COM O PROFESSOR...

Utilizando o *applet* mostrado na Figura 6.2 abaixo, faremos uma demonstração de um esquema para representar a movimentação das partículas constituintes de dois corpos ao serem atritados um contra o outro. No caso da figura são dois livros, um de Física e outro de Química (em inglês *Physics* e *Chemistry*).

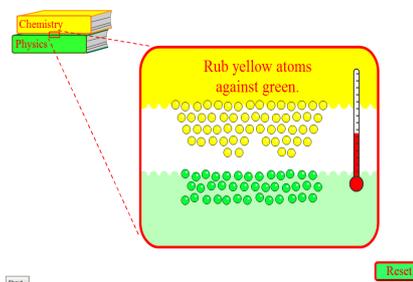


Figura 6.2: Animação que ilustra o que acontece com as moléculas da superfície ao atritarmos os dois objetos.

Como acessar?

Este *applet* pode ser acessado a partir do Link: http://phet.colorado.edu/sims/friction/friction_en.html

Obs: Para executar o *applet* é necessário que você tenha em seu computador o programa "JAVA".

As Figuras 6.3 e 6.4 são exemplos que mostram as rugosidades existentes nas superfícies.



Fig. 6.3: Rugosidades em superfícies. Fonte: http://www.psanticorrosao.com.br/jateamento_abrasivo.html (adaptada)

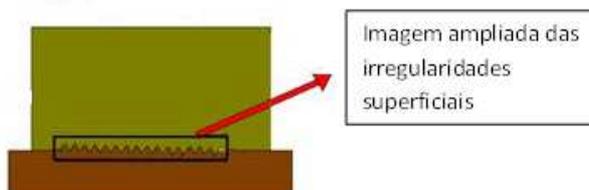


Fig. 6.4: Rugosidades em superfícies. Fonte: <http://fisicaevestibular.com.br/Dinamica11.htm> (adaptada)



USANDO O EXPERIMENTO COM O PROFESSOR

Experimento 7: Movimento de uma esfera quando a soma de forças tende a um valor nulo!

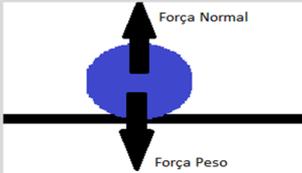
Este experimento permite observar o movimento de uma esfera em uma linha plana, quando abandonada de um plano inclinado. Permite também, analisar o que ocorre quando uma esfera é abandonada em repouso em plano horizontal.

A Figura 6.5 ao lado mostra um esquema da montagem experimental.



Fig. 6.5: Esfera se movimentando no plano inclinado.

- ✓ Apoie o trilho sobre uma mesa e certifique-se de que ele esteja totalmente nivelado. Isso pode ser feito utilizando-se um nível ou a própria esfera utilizada no experimento.
- ✓ Coloque a esfera em repouso sobre a parte plana do trilho. Represente todas as forças que estão atuando na esfera nessa posição. Explique o que você observou no espaço abaixo, diga também qual é o resultado da soma de forças que atuam na esfera.

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.</p> <p>A esfera não se movimenta. A soma de forças é nula.</p> 
-----------------------------------	--

- ✓ Continuando, vamos fazer uma marca ao longo do trilho (parte horizontal) e colocar um pedaço de lixa grossa a partir desta marca. Faça também uma segunda marca na parte inclinada do trilho e abandone a esfera neste ponto marcado.

- ✓ Repita este procedimento mais duas vezes, só que agora, colocando lixas menos ásperas. Por último, abandone a esfera sem nenhuma lixa. Descreva, no espaço abaixo, o resultado da realização desta sequência de movimentos.

Escreva sua resposta aqui.

? Descreva, detalhadamente, o que está acontecendo com a soma de forças atuando na esfera à medida que vamos trocando as lixas até a situação final sem nenhuma lixa?

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Na parte plana, as duas forças principais são a força peso, que aponta para baixo, e a de contato com o trilho, que aponta para cima (Força Normal). Assim, uma anula a outra. Existe também uma pequena força de atrito da esfera com o trilho.

No entanto, quando a esfera encontra a lixa grossa, passa a atuar uma força de resistência ao movimento, fazendo com que a soma de forças seja diferente de zero. Logo em seguida a esfera começa a diminuir o movimento até parar.

Com a lixa média, a força de resistência diminui e a esfera se move um pouco mais longe antes de parar. Com a lixa fina, ela se move ainda mais. Por fim, sem nenhuma lixa, ela percorre toda a extensão do trilho.

Ao trocar as lixas, a soma de forças, na parte plana, está cada vez mais se aproximando de zero. Consequentemente a esfera está se movendo para pontos cada vez mais distantes.

? Que relação você estabeleceria entre a soma de forças atuando na esfera e o movimento da esfera?

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Em um experimento de pensamento, se o trilho tivesse comprimento infinito e a resistência ao movimento da esfera fosse nula, ela se moveria indefinidamente! Este experimento não pode ser realizado na prática!

De todo modo, o que estamos fazendo é mostrar a tendência de ocorrência deste movimento indefinido!

Através dos exemplos das situações anteriores podemos observar que as rugosidades nas superfícies dos corpos causam o atrito entre elas. Quando diminuimos essas rugosidades, diminuimos também este atrito entre tais superfícies. É devido a isso que os corpos que deslizam sobre uma superfície, percorrem distâncias maiores quanto mais lisa ela for. Um exemplo disso é o skate que percorreu uma distância maior na quadra, pois esta é mais lisa (menos rugosa) que o pátio. Se não houvesse o atrito o skate continuaria em movimento, em linha reta, até que alguma força agisse sobre ele de forma a modificar sua velocidade.

Então podemos observar que é devido à força de atrito que o skate, bicicleta e carro diminuem sua velocidade até pararem, ou seja, se não houver atrito os corpos continuariam em movimento sem variar a sua velocidade.

Estes fenômenos que foram discutidos até agora são escritos por Newton da seguinte maneira:

LEI DA INÉRCIA OU 1ª LEI DE NEWTON

“Todo corpo tende a permanecer em repouso, ou em movimento em linha reta e com velocidade constante, a menos que seja obrigado a mudar seu estado de equilíbrio por meio de forças nele aplicadas”.

Podemos então dizer que inércia é a tendência dos corpos de permanecer em seu estado de equilíbrio, ou seja, se está em repouso (equilíbrio estático) o corpo tende a permanecer em repouso e se está em movimento (equilíbrio dinâmico) ele tende a permanecer em movimento em linha reta e com mesma velocidade.

Nas situações do skate, bicicleta e carro, que foram discutidas acima exemplos de aplicação dessa lei.



EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R 5.1 Suponha que haja um aluno em cima de um skate parado, se outro aluno empurrar rapidamente este skate o que acontecerá com este aluno?

Resolução:

Se ele não estiver segurando firme o skate ele provavelmente cairá, pois sabemos que ele somente entrará em movimento se agir sobre ele um somatório de forças não nulo (segunda lei de Newton).

R 5.2 Se um aluno estiver em um skate, como mostrado na Figura 6.6 abaixo, em movimento e este for rapidamente parado, o que acontecerá com este aluno?

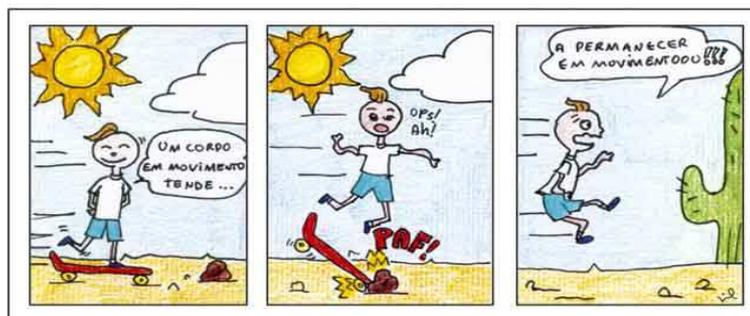


Fig. 6.6: Menino andando de skate. Fonte: http://www.cbpf.br/~caruso/tirinhas/tirinhas_menu/por_assunto/inercia.htm

Resolução:

Se ele não estiver segurando firme o skate ele provavelmente continuará se movendo e cairá mais à frente, pois sabemos que sua velocidade somente irá variar, de forma a pará-lo, se agir sobre ele um somatório de forças não nulo (segunda lei de Newton). A tirinha a seguir, Figura 6.6, mostra um exemplo dessa situação.

Nas situações apresentadas nos exercícios resolvidos acima tanto da competição quanto do aluno no skate, temos exemplos de um corpo em repouso que tende a permanecer em repouso e de corpo em movimento que tende a permanecer em movimento.

? Dê um exemplo de situações que ocorrem em seu dia a dia em que estes mesmos fenômenos são observados, ou seja, exemplos em que podemos perceber que corpos em movimento tendem a permanecer em movimento e que corpos em repouso tendem a permanecer em repouso.

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.</p> <p>Em um ônibus que é freado bruscamente os passageiros sentem-se como se fossem lançados para frente, pois tendem a permanecer em movimento. Se este ônibus é acelerado rapidamente a pessoa que estava parada sente-se como se fosse lançada para trás, pois tende a permanecer em repouso.</p>
-----------------------------------	--

Na competição 5 (Dança Escorregadia) você teve que responder à pergunta “Por que é difícil dançar sobre uma superfície escorregadia, como é no caso desta competição?” e na competição 6 (Cabo de Guerra) respondeu à pergunta “Por que é mais fácil para as meninas ganharem o cabo de guerra quando os meninos estão sobre a lona?”

? Analisando as atividades realizadas sobre a lona, diga por que o atrito é importante em nosso dia a dia.

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.</p> <p>Vimos nas atividades realizadas que sem o atrito não conseguimos nos movimentar sobre uma superfície.</p>
-----------------------------------	---



LISTA DE EXERCÍCIOS

- De acordo com o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), crianças de até 10 anos devem ocupar o banco traseiro do veículo e usar, individualmente, cinto de segurança ou sistema de retenção equivalente.

Explique a função do cinto de segurança de um carro, tendo em vista os resultados das Leis de Newton.



Fig. 6.7: Uso do cinto de segurança. Fonte: <http://sesi.webensino.com.br>

- Explique por que é possível um bloco permanecer em repouso em uma superfície inclinada como a da Figura 6.8.

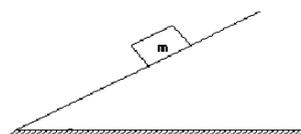


Fig. 6.8: Superfície inclinada. Fonte: <http://www.infoescola.com/fisica/forcas-no-plano-inclinado/exercicios/> (adaptada)

- 3- Observe a Figura 6.9 abaixo. Utilizando os conceitos físicos discutidos acima, explique o que aconteceu com o menino.



Fig. 6.9: Menino sendo puxado. Fonte: Fundamentos da física, 9ª edição, pág. 192

- 4- Observe a Figura 6.10 abaixo. Muitas pessoas realizam este movimento de vai e vem, para cima e para baixo, para retirar o restinho do ketchup no fundo do frasco. Mas qual a ligação entre este movimento e o princípio da Inércia? Explique



Fig. 6.10: Retirando ketchup do frasco. Fonte: <http://professorandrios.blogspot.com.br/2011/10/principio-da-inercia-primeira-lei-de.html>

- 5- Em um jogo de boliche no quintal de uma casa, como mostra a Figura 6.11 abaixo, a bola lançada no piso cimentado rola, rola e para antes de atingir o último pino. Havendo somente mais uma chance de tentar ganhar o jogo, o jogador resolve varrer o chão e lustrar a bola, e calcula que, se lançá-la com a mesma força de antes, na mesma trajetória, conseguirá atingir o último pino. Por que o movimento da bola cessa? Segundo a lei da Inércia, por que a bola para antes de atingir o último pino?

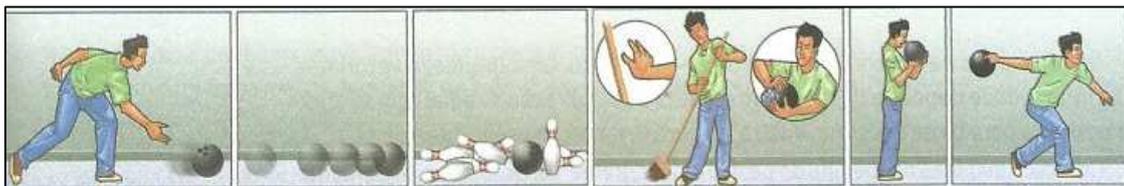


Fig. 6.11: Pessoa jogando boliche. Fonte: Conexões com a Física, 2ª edição, pág. 111.

- 6- Observe a tirinha abaixo.



Fig. 6.11: Zebra freando.

A que princípio físico ela se refere? Explique.

7- Terceira Lei de Newton

7.1 – Objetivos desta Seção

Ao final desta seção, você deverá ser capaz de:

- ✓ Conceituar 3ª lei de Newton
- ✓ Perceber a importância e a aplicação dessa lei em nosso dia a dia.

7.2 – Estudo da 3ª lei de Newton – Lei da Ação e Reação

Já vimos que de acordo com a 1ª lei de Newton um corpo que está em repouso tende a permanecer em repouso e para que ele entre em movimento é necessário que uma força resultante não nula aja sobre ele.

Na competição 1 (Empurrão Diferente) você teve que responder à seguinte pergunta: **“Mesmo sendo o aluno quem empurra a parede, esta permanece estática (parada) e é o aluno quem se movimenta. Como você explica esse fato?”**



Qual a força responsável por colocar este aluno em movimento?

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, corrija sua resposta aqui.</p> <p>O aluno exerceu uma força de ação na parede e esta exerceu uma força de reação sobre o aluno. Esta força de reação é responsável por colocá-lo em movimento.</p>
-----------------------------------	--

Vamos analisar agora a competição 7 (Quem vai mais Longe?).

Quando os alunos estavam sentados em skates diferentes e um desses alunos empurrou o outro para frente, este aluno que aplicou a força também se deslocou para trás, veja em seus dados sobre a competição as distâncias percorridas por eles.

Isso parece ser ainda mais curioso, pois somente um aluno exerceu força sobre o outro, mas os dois se moveram!



Se somente um aluno exerceu força sobre o outro, como pode os dois entrar em movimento?

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, corrija sua resposta aqui.</p> <p>A explicação é exatamente a mesma que na situação anterior: quando o aluno A aplica uma força no aluno B, o aluno B também aplica uma força no aluno A, em sentido contrário. Aí sim, podemos explicar o movimento dos dois alunos. Novamente observamos a existência da ação do aluno A sobre o B e a reação do B sobre o A.</p>
-----------------------------------	--

Antes de prosseguirmos, vamos novamente compartilhar algumas respostas, sobre as perguntas feitas acima. Cada grupo deverá ler sua resposta, ao final faremos um momento para debate e considerações.

Newton realizou observações em situações como essas da pergunta anterior, e verificou que resultados semelhantes são encontrados em quaisquer dois corpos que interagem entre si. Assim, esses resultados ficaram conhecidos como a Terceira Lei de Newton.

TERCEIRA LEI DE NEWTON

Se um corpo A exerce uma força sobre um corpo B, este exerce sobre A uma força de mesma intensidade e direção, mas de sentido contrário.

A Terceira Lei de Newton é útil para determinarmos todas as forças que estão atuando em um corpo, dado que toda força de ação deverá ter uma reação. Portanto, as forças atuam sempre aos pares, não existe ação sem reação. Essa foi uma das ideias fundamentais de Newton que ficou conhecida como a lei da Ação e Reação.

Agora podemos dizer o seguinte: o aluno que estava em cima do skate empurrou a parede pra frente realizando uma ação, e instantaneamente a parede realiza uma reação empurrando este aluno com mesma força, porém em sentido contrário. O mesmo pode ser observado na situação em que um aluno sentado no skate empurra o outro aluno também sentado em outro skate, os dois se movem, pois da mesma forma que ele empurra o outro skate (ação) ele também é empurrado (reação).

Na segunda etapa dessa competição um aluno, sentado em um skate, empurrou o outro skate só que com dois alunos sentados em cima dele. Como anotamos a distância entre esses alunos e a marca central, podemos verificar que, o skate que estava somente com um aluno se deslocou mais que o outro que estava com dois alunos.



Sabendo que a Ação e Reação possuem a mesma intensidade, explique por que o skate que tinha somente um aluno sentado sobre ele se deslocou mais que o outro skate que tinha dois alunos sentados sobre ele.

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, corrija sua resposta aqui.

Como os skates possuem massas diferentes, essas forças mesmos sendo iguais produzem acelerações diferentes obedecendo à equação $\vec{F}_r = m \cdot \vec{a}$.

Na competição 4 (Lançamento de Foguetes) as perguntas realizadas foram: **“O que faz o foguete ir para frente?”**, **“O que faz a bexiga ir para frente?”** e **“O que poderíamos fazer para os foguetes irem mais longe?”**.

Vamos compartilhar as repostas dadas às perguntas acima. Cada grupo deverá ler sua resposta, ao final faremos um momento para debate e considerações. Caso achar necessário, escreva suas observações sobre o debate no espaço abaixo e corrija aqui as suas respostas.

Escreva suas observações aqui.

Agora vamos analisar outra situação que ocorre em nosso dia a dia.

Quando andamos, precisamos do atrito com o solo para conseguir empurrar o chão, se não houver atrito nossos pés simplesmente deslizam e não conseguimos empurrá-lo.

Para conseguirmos nos movimentar precisamos que uma força não nula aja sobre nosso corpo e essa força é resultado da interação com o solo. Quando empurramos o solo para trás ele reage e nos empurra em direção oposta, ou seja, para frente.

Agora podemos analisar melhor as respostas dadas às perguntas “Por que é difícil dançar sobre uma superfície escorregadia?” (competição 5) e “Por que é mais fácil para as meninas ganharem o cabo de guerra quando os meninos estão sobre a lona?” (competição 6).

Vamos compartilhar as repostas dadas às perguntas acima. Cada grupo deverá ler sua resposta e ao final faremos um momento para debate e considerações.

Observação:

Mesmo que Ação e Reação tenham a mesma intensidade e sentidos opostos elas **Nunca se Anulam**, pois atuam em corpos diferentes!

Na Figura 7.1 abaixo Evandro empurra o caixote exercendo uma ação e a reação é o caixote empurrar o Evandro com mesma força porém, em sentido contrário. Mas então, como Evandro consegue se mover?



Fig. 7.1: Ação e Reação. Fonte: <http://danielsantos.org/2009/03/22/empurrando-caixas/> (adaptada)

Evandro se move devido à força que ele aplica no chão. Ele empurra o chão para trás (ação) e este o empurra para frente (reação), como mostra a Figura 7.2. Se a força que o chão aplica no Evandro é maior que a força que o caixote aplica nele, ele consegue se mover e mover o caixote, se essa força for menor ele não conseguirá se mover e também não conseguirá mover o caixote.



Fig. 7.2: Ação e Reação. Fonte: <http://danielsantos.org/2009/03/22/empurrando-caixas/> (adaptada)

? Nas situações a seguir desenhe o par de forças Ação e Reação.

--	--



LISTA DE EXERCÍCIOS

- 1- Explique por que as pessoas que andam de skate precisam fazer o movimento representado na , como na Figura 7.3 abaixo.



Fig. 7.3: Pessoa andando de skate. Fonte: <http://esporte.hsw.uol.com.br/skateboarding2.htm>

- 2- Observe a tirinha abaixo. Utilizando as Leis de Newton, explique o que aconteceu com o menino.

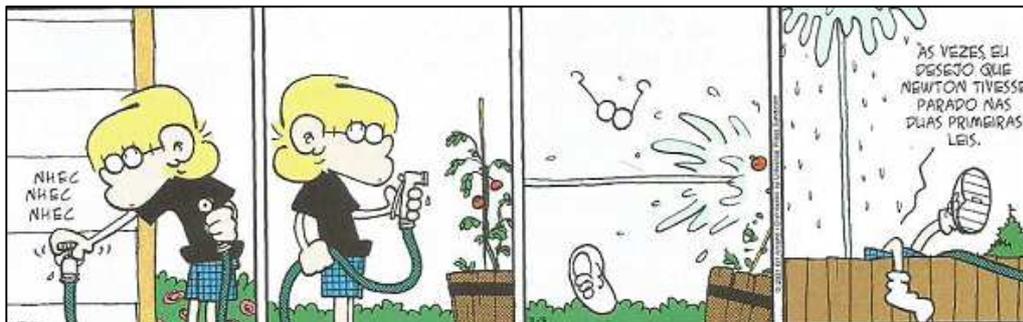


Fig. 7.4: Menino abrindo torneira. Fonte: *Os Fundamentos da Física*, 9ª edição, pág. 201.

- 3- Observe a tirinha abaixo. Quando a Mônica bate no Cebolinha com o Sansão (coelhinho) este também fica machucado. Explique por que isso acontece.



Fig. 7.5: Mônica batendo na Cebolinha. Fonte: http://www.chnf.br/~eduha/html/questoes/questoes_mileni.htm

- 4- Do ponto de vista da física, a sequência apresentada na tira abaixo contraria a 3ª lei de Newton. Explique por quê?



Fig. 7.6: Garfield. Fonte: *Conexões com a Física*, 2ª edição, pág. 123.

8- Forças Peso, Tração e Normal

8.1 – Objetivos desta Seção

Ao final desta seção, você deverá ser capaz de:

- ✓ Definir força Peso, força de Tração e força Normal;
- ✓ Verificar a aplicação dessas forças em nosso dia a dia;

8.2 – Atividade Revisional



MÃO NA MASSA...

Atividade em grupo.

Cada grupo deverá exemplificar duas situações, que envolvem as leis de Newton, e que ainda não foram abordadas neste material ou em sala de aula. Ao final, cada grupo irá expor seus exemplos, e faremos um momento para debate sobre eles com a turma.

Escreva aqui seus exemplos sobre a 1ª Lei de Newton.

Escreva aqui seus exemplos sobre a 2ª Lei de Newton.

Escreva aqui seus exemplos sobre a 3ª Lei de Newton.

8.3 – Força de Tração, força Peso e força Normal

A Figura 8.1 abaixo mostra alguns alunos durante a competição 3 da gincana.



Fig. 8.1: Alunos durante a competição 3 da gincana.

Observe que o aluno 1 puxa o caixote através de uma corda. Isso só é possível porque a corda simplesmente transmite a força que o aluno aplica nela para o caixote.

As forças que são exercidas por meio de fios e cordas são denominadas de **Forças de Tração**.



Cite pelo menos duas situações em que a força de tração é utilizada em nosso dia a dia.

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, corrija sua resposta aqui.</p> <p>Podemos citar como exemplo um carro que reboca outro por meio de um fio. Outro exemplo seria o elevador que também é puxado através de cabos.</p>
-----------------------------------	---

Quando puxamos um objeto através de uma corda, estamos na verdade transmitindo força ao longo dessa corda até a extremidade oposta. Podemos dizer que cada pedaço dessa corda sofre uma tração, que pode ser representado por um par de forças iguais e contrárias que atuam no sentido do alongar da corda.

Sabemos que se soltamos um objeto qualquer de uma determinada altura, ele irá cair. Mas se inicialmente este objeto estava em repouso, e começou a cair, então sua velocidade sofre variação, ou seja, podemos dizer que este corpo está sujeito a uma aceleração e a uma força resultante não nula.



Qual a força responsável pela queda dos objetos? Essa força atua em que direção?

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.</p> <p>Os objetos caem, pois existe a força peso que os atrai para o centro da Terra.</p>
-----------------------------------	--

Já sabemos que um corpo que sofre variação em sua velocidade está sujeito a uma força resultante não nula. Sabemos também que esta força obedece a equação $\vec{F}r = m \cdot \vec{a}$, logo podemos perceber que o objeto que está caindo próximo à superfície da Terra também está sujeito a uma força que obedece a essa equação.

A Terra aplica uma força nos objetos através de seu campo gravitacional, assim como visto acima que os ímãs também aplicam forças em objetos através de seus campos magnéticos. Esta força aplicada pela Terra sobre os objetos é chamada de força peso, ou seja, o peso de um corpo é força com que a Terra o atrai. De acordo com a segunda lei de Newton, esta força tem a seguinte equação: $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$, onde P é a força peso, m é massa do corpo e g é a aceleração gravitacional. O valor de g varia de um local para outro, mas na superfície da Terra, ao nível do mar seu valor é $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Normalmente aproximamos o valor de g para $10,0 \text{ m/s}^2$. Agora responda à pergunta abaixo.



Qual o seu peso?

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, corrija sua resposta aqui. <i>Resposta pessoal. A maioria dos alunos irá responder o valor do peso em unidades de massa.</i>
----------------------------	--

Uma situação muito comum em nosso dia a dia é dizermos o valor do peso de um corpo em unidades de massa. Podemos usar como exemplo a pergunta acima. Se você respondeu que seu peso é X ou quilogramas você está errado. Na verdade X quilogramas é a medida da sua massa, ou seja, é a quantidade de matéria de seu corpo. Peso é uma força, logo sua unidade normalmente é dada em Newton. Vamos então, calcular o peso de seu corpo. Utilizaremos como exemplo uma massa de 50 kg, você deverá utilizar a sua massa.

Para o cálculo do peso utilizaremos a equação:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}.$$

Como a massa utilizada neste exemplo é de 50 kg então teremos o seguinte:

$$m = 50 \text{ kg e } g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 50 \cdot 10$$

$$P = 500 \text{ N}.$$

A força com que a Terra atrai seu corpo vale 500 N. Se você havia errado a pergunta feita acima, corrija-a colocando seus cálculos também como resposta.

Para finalizar esta seção vamos falar agora da força Normal.

Já vimos que, pela terceira lei de Newton, nós não podemos tocar sem ser tocados, pois para toda ação há uma reação de mesma intensidade mesma direção e sentido oposto. A força normal é força de reação à compressão feita em uma determinada superfície. Veja as Figura 8.2 abaixo.

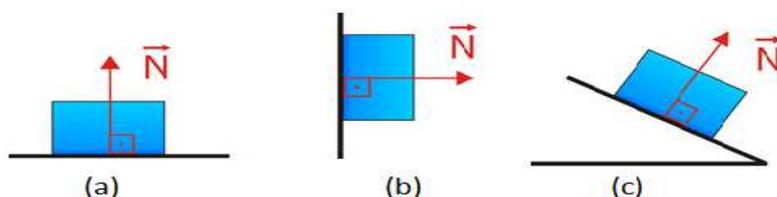


Fig. 8.2: Força Normal. Fonte: http://idelfranio.blogspot.com.br/2010/08/0068-normal-nunca-e-reacao-forca-peso_29.html

Há um caso em particular, que é quando um copo está, em repouso, apoiado em uma superfície horizontal, como mostrado na Figura 8.3. Observe que a mesa sustenta o peso do objeto. A força normal é a reação à compressão feita na mesa. Neste caso a força normal tem o mesmo valor (intensidade) que a força peso, ou seja, se a força peso vale 10 N a força normal também vale 10 N. Mesmo tendo a mesma intensidade e direções opostas essas forças não são um par ação e reação, pois atuam no mesmo corpo. As forças ação e reação NUNCA atuam no mesmo corpo!

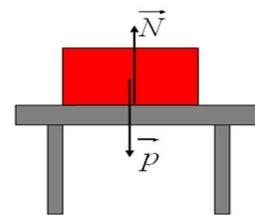


Fig. 8.3: Objeto apoiado em uma superfície.

? Onde é aplicada a reação à força peso?

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, corrija sua resposta aqui.</p> <p>A reação à força peso é aplicada no centro da Terra.</p>
-----------------------------------	--

Para finalizar vamos discutir a pergunta acima e após essa discussão você deverá resolver os exercícios que seguem abaixo.



LISTA DE EXERCÍCIOS

- 1- Quando uma sucata de carro é esmagada até tornar-se um cubo compacto, sua massa muda? E seu peso? Explique.
- 2- Por que o peso de um objeto pode variar de um local para outro?
- 3- O que acontece com seu peso quando sua massa aumenta em 2 kg?
- 4- Mais precisamente, uma pessoa fazendo uma dieta perde massa ou perde peso?
- 5- Leia atentamente os quadrinhos a seguir.



A forma encontrada por Garfield para perder peso é:

- a) correta, uma vez que, em um planeta de gravidade menor, seu peso será realmente menor, porém com a mesma massa.
- b) errada, pois em um planeta de gravidade menor sua massa será maior, porém com o mesmo peso.
- c) correta, pois em um planeta de gravidade menor sua massa será menor, porém seu peso será maior.
- d) correta, pois em um planeta de gravidade menor sua massa e seu peso serão maiores.

9- Revisão

9.1 – Objetivos desta Seção

Ao final desta seção, você deverá ser capaz de:

- ✓ Associar os conhecimentos físicos aprendidos até aqui com novas situações do seu dia a dia;
- ✓ Interpretar corretamente essas situações, sendo capaz de solucionar novos problemas surgidos.

Para iniciarmos esta seção, faremos uma leitura do texto abaixo. Esta leitura deverá ser feita por toda a turma, podemos dividi-la fazendo com que cada aluno leia, em voz alta, um parágrafo do mesmo.

Aristóteles Explica o Movimento

Mais de 2000 anos atrás, os cientistas da Grécia antiga estavam familiarizados com algumas ideias que estudamos hoje. Tinham um bom entendimento de algumas propriedades da luz, mas eram confusos sobre o movimento. Um dos primeiros a estudar seriamente o movimento foi Aristóteles, o mais proeminente filósofo-cientista da Grécia antiga. Aristóteles tentou explicar o movimento classificando-o.

Aristóteles dividiu o movimento em duas grandes classes: a do movimento natural e a do movimento violento. Vamos considerar brevemente cada uma delas, não como um material de estudo, mas apenas como um pano de fundo para introduzir as ideias sobre movimento.

Aristóteles afirmava que o movimento natural decorre da “natureza” de um objeto, dependendo de qual combinação dos quatro elementos, terra, água, ar e fogo, ele fosse feito. Para ele, cada objeto no universo tem seu lugar apropriado, determinado pela sua “natureza”; qualquer objeto que não esteja em seu lugar apropriado se “esforçará” para alcançá-lo. Por ser de terra, um pedaço de barro não devidamente apoiado cai ao chão. Por ser de ar, uma baforada de fumaça apropriadamente sobe; sendo uma mistura de terra e ar, mas predominantemente terra, uma pena apropriadamente cai ao chão mas não tão rápido quanto um pedaço de barro. Ele afirmava que um objeto mais pesado deveria esforçar-se mais fortemente. Portanto, argumentava Aristóteles, os objetos deveriam cair com rapidez proporcional a seus pesos: quanto mais pesado fosse o objeto, mais rápido deveria cair.

O movimento natural poderia ser diretamente para cima ou para baixo, no caso de todas as coisas na Terra, ou poderia ser circular, no caso dos objetos celestes. Ao contrário do movimento para cima e para baixo, o movimento circular não possuía começo ou fim, repetindo-se sem desvio. Aristóteles acreditava que leis diferentes aplicavam-se aos céus, e afirmava que os corpos celestes são esferas perfeitas, formados por uma substância perfeita e imutável, que ele denominou quintessência. (O único objeto celeste com alguma alteração detectável em sua superfície era a Lua. Ainda sob o domínio de Aristóteles, os Cristãos medievais explicavam isso, dizendo que a Lua era um pouco contaminada pela Terra, dada sua proximidade desta).

O movimento violento, a outra classe de movimentos segundo Aristóteles, resultava de forças que puxavam ou empurravam. O movimento violento era o movimento imposto. Uma pessoa empurrando um carro de mão ou sustentando um objeto pesado impunha movimento, como faz alguém quando atira uma pedra ou vence um cabo de guerra. O vento impõe movimento aos navios. Enchentes impunham-no a enormes rochas e a troncos de árvores. O fato essencial sobre o movimento violento é que ele tinha uma causa externa e era comunicado aos objetos; eles se moviam não por si mesmos, nem por sua “natureza”, mas por causa de empurrões e puxões.

O conceito de movimento violento enfrentava suas dificuldades, pois os empurrões e puxões responsáveis por ele nem sempre eram evidentes. Por exemplo, a corda de um arco move uma flecha até que esta tenha deixado o arco; depois disso, uma explicação adicional do movimento posterior da flecha parecia requerer algum outro agente propulsor. Assim, Aristóteles imaginou que o ar expulso do caminho da flecha em movimento originava um efeito de compressão sobre a parte traseira da flecha, quando o ar investisse para trás, a fim de evitar a formação de um vácuo. A flecha era propelida pelo ar como um sabonete é propelido na banheira quando se aperta uma de suas extremidades.

Para resumir, Aristóteles pensava que todos os movimentos ocorressem devido à natureza do objeto movido ou devido a empurrões e puxões mantidos. Uma vez que o objeto se encontra em seu lugar apropriado, ele não mais se moverá a não ser que seja obrigado por uma força. Com exceção dos corpos celestes, o estado normal é o de repouso.

As afirmações de Aristóteles a respeito do movimento constituíram um início do pensamento científico, e embora ele não as considerasse como palavras finais sobre o assunto, seus seguidores encararam-nas como além de qualquer questionamento por quase 2000 anos. A noção, segundo a qual o estado normal de um objeto é o de repouso, estava implícita no pensamento antigo, medieval e do início do Renascimento. Uma vez que era evidente à maioria dos pensadores até o século dezesseis que a Terra ocupava seu lugar apropriado, e desde que era inconcebível uma força capaz de mover a Terra, parecia completamente claro que a Terra realmente não se movesse.

Paul G. Hewitt. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 11ª edição, 2011, p. 19.

Aristóteles afirmava que para existir movimento era necessária a presença de força; daí concluiu que, na ausência de forças, os corpos parariam.



Indique duas situações do cotidiano nas quais Aristóteles parece estar certo. Como você explica cada uma dessas situações segundo a 1ª lei de Newton?

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, corrija sua resposta aqui.</p> <p>Situação 1: Se soltarmos de uma determinada altura uma pedra e uma pena, a pedra chegará ao solo primeiro. Situação 2: se empurrarmos um carro na horizontal ele irá parar logo que deixarmos de aplicar força sobre ele.</p> <p>Explicação: Na situação 1 a pena demora mais tempo para chegar ao solo pois a força de resistência do ar atua mais intensamente sobre ela quando comparada a pedra. Já na situação 2 o carro para rapidamente devido as forças de atrito que atuam sobre ele. Caso não houvessem essas forças, a resistência do ar e o atrito, a pena e a pedra chegariam juntas no solo e o carro continuaria em movimento.</p>
-----------------------------------	---



Sobre uma superfície revestida de feltro de uma mesa de bilhar, vê-se uma bola que está rolando cada vez mais lentamente até parar. Como Aristóteles interpretaria o movimento retardado da bola? Como a lei da Inércia a interpreta?

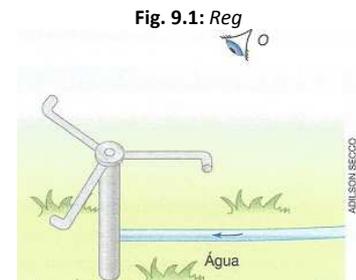
<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, corrija sua resposta aqui.</p> <p>Segundo Aristóteles o estado normal de um corpo é o repouso e para que a bola permanecesse em movimento seria necessário que uma força estivesse agindo sobre ela. Já a lei da Inércia afirma que para um corpo permanecer em MRU é necessário que o somatório de forças sobre ele seja nulo, porém neste caso há a força de atrito que é responsável pelo retardamento do movimento.</p>
-----------------------------------	---

Vamos agora compartilhar as respostas dadas às perguntas acima. Após a leitura das mesmas, faremos um momento para debate e considerações sobre as respostas e também sobre o texto.

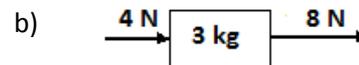
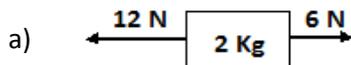


LISTA DE EXERCÍCIOS

- 1- Um regador rotativo, utilizado na irrigação de um jardim, é constituído de tubos capazes de girar em torno de um eixo, observe a Figura 9.1 ao lado. A água entra pelo centro do conjunto. Em que sentido (horário ou anti-horário) o regador gira, em relação ao observador O ? Explique.



- 2- Calcule para cada caso mostrado abaixo, a aceleração adquirida pelo corpo.



- 3- Observe a figura 9.2 mostrada ao lado. Um menino chuta uma bola, exercendo sobre ela uma força de 50 N.

- Quanto vale a reação desta força?
- Qual o corpo que exerce essa reação?
- Onde está aplicada esta reação?



Fig. 9.2: Bola recebendo chute. Fonte: Curso de Física, 1ª edição, p. 119.

- 4- Observe a figura abaixo. Quando o papel é rapidamente removido, o corpo não acompanha o movimento do papel e cai dentro do copo. Comente por que isso acontece.



Fig. 9.3: Dado caindo em copo. Fonte: Os Fundamentos da Física, 9ª edição, p. 193.

- 5- Um carro pequeno colide com um grande caminhão carregado.

- Nessa interação, a força que o carro exerce no caminhão é maior, menor do que a força que o caminhão exerce no carro ou igual a essa força?
- Por que o carro, normalmente, sofre mais danos que o caminhão?

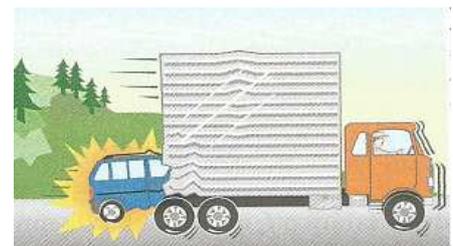


Fig. 9.3: Carro colidindo em caminhão. Fonte: Curso de Física, 1ª edição, pág. 119.

- 6- Se o nosso colega da figura a seguir estiver se movimentando com uma velocidade constante, o que podemos dizer sobre a força resultante que está agindo sobre ele?

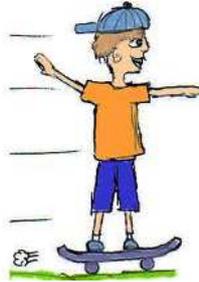


Fig. 9.4: Menino em skate.

- 7- Quando você esfrega suas mãos uma contra outra, você empurra mais forte com uma do que com a outra? Justifique.
- 8- É possível fazer uma curva na ausência de uma força? Justifique sua resposta.
- 9- Para se preparar melhor fisicamente, alguns atletas correm com paraquedas presos à cintura, como mostrado nas figuras abaixo. Quais forças agem sobre o paraquedas? Explique, utilizando conceitos físicos, como é a ação destes paraquedas sobre os atletas.



Fig. 9.5: Menino em skate. Fonte: <http://www.esportesul.com/2014/01/22/com-auxilio-de-paraquedas-grupo-esmeraldino-realiza-treinamento-de-forca-especifico-nesta-quarta-feira/>



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. **Curso de Física**. 5ª edição, São Paulo: Editora Scipione, 2000.
- AUSUBEL, D. P. (2002). **Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva** (G. S. Barberán, Trad.). Barcelona: Paidós. (Obra original publicada em 2000).
- CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **As Faces da Física**. 3ª Edição, São Paulo: Editora Moderna, 2006.
- HELOU, Ricardo Doca; GULATER, José Biscuola; NEWTON, Villas Bôas. **Tópicos de Física**. 20ª Edição, São Paulo: Editora Saraiva, 2007.
- MENDONÇA, C. A. S. **O uso do mapa conceitual progressivo como recurso facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais e Biologia**. 2012. 349 f. Tese (Programa internacional de doctorado Enseñanza de las ciencias)- Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Burgos, Burgos, 2012.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. In: _____. (Org.). A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. São Paulo: Ed. EPU, 2011. P. 159-173.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas**. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em jun de 2015.
- RAMALHO, F. J., NICOLAU, G. F., TOLEDO, P. A. S. **Os Fundamentos da Física – Volume 1**. 8ª ed. Editora Moderna. São Paulo. 2003
- PIETROCOLA, Maurício. **Física em Contextos**. 1ª Edição, São Paulo: Editora FTD, 2011.

A autora

VANESSA DE OLIVEIRA PEREIRA DOS SANTOS



Mestra em Ensino de Física pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Graduada em Licenciatura Plena em Física pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Têm experiências em Ensino de Física, especialmente, nos níveis fundamental anos finais e ensino médio, lecionando desde o ano de 2007. Atualmente atuando como professora no IFMT.



 **FORMA**
EDUCACIONAL

ISBN 978-658517510-4



9

786585

175104