MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensio de Física

PPG ensino de física

Jeremias Borges da Silva
André Maurício Brinatti
André Vitor Chaves de Andrade
Silvio Luiz Rutz da Silva
(organizadores)

LEANDRO ANTONIO DOS SANTOS
ANTÔNIO SÉRGIO MAGALHÃES DE CASTRO

Conceituação e Simulação da Dinâmica do Movimento
Caderno do Aluno

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROEX

SÉRIE

Produtos Educacionais em Ensino de Física

Volume 10 – Tomo II

LEANDRO ANTONIO DOS SANTOS

ANTÔNIO SÉRGIO MAGALHÃES DE CASTRO

Conceituação e Simulação na Dinâmica do Movimento

Caderno do Aluno

Jeremias Borges da Silva
André Maurício Brinatti
André Vitor Chaves de Andrade
Silvio Luiz Rutz Da Silva
(ORGANIZADORES)

UEPG – PROEX
1a. Edição
Ponta Grossa – PR
2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Prof. Dr. Carlos Luciano Sant'Ana Vargas
REITOR

Profa. Dra. Gisele Alves de Sá Quimelli
VICE-REITOR

Profa. Dra. Marilisa Do Rocio Oliveira
PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO E ASSUNTOS CULTURAIS

Profa. Dra. Osnara Maria Mongruel Gomes
PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓSGRADUAÇÃO

PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MNPEF - POLO 35 – UEPG
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
Colegiado
Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (Coordenador)
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (*Vice-Coordenador*)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes
Prof. Dr. Paulo César Facin

Aluno (*Rep. Discente*)
Suplentes
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade
Prof. Dr. Júlio Flemming Neto

SÉRIE:
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

CONSELHO EDITORIAL DA SÉRIE

Prof. Dr. Alexandre Camilo Junior (UEPG)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (UEPG)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (UEPG)
Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro (UEPG)
Prof. Dr. Gelson Biscaia de Souza (UEPG)
Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (UEPG)
Prof. Dr. Júlio Flemming Neto (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (UEPG)
Prof. Dr. Marcelo Emilio (UEPG)
Prof. Dr. Paulo Cesar Facin (UEPG)
Prof. Dr. Fabio Augusto Meira Cássaro (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Fernando Pires (UEPG)
Prof. Dr. Sérgio da Costa Saab (UEPG)
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (UEPG)
Prof. Dr. Gerson Kniphoff da Cruz (UEPG)
Profa. Dra. Josie Agatha Parrilha da Silva (UEPG)
Prof. Dr. Adriano Reinaldo Viçoto Benvenho (UFABC)
Prof. Dr. Awdry Feisser Miquelin (UTFPR)
Prof. Dr. Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Jr (UEM)
Profa. Dra. Cleci Werner da Rosa (UPF)
Prof. Dr. José Ricardo Galvão (UTFPR)
Prof. Dr. Hércules Alves de Oliveira Jr. (UTFPR)
Profa. Dra. Iramaia Jorge Cabral de Paulo (UFMT)
Prof. Dr. João Amadeus Pereira Alves (UTFPR)
Prof. Dr. Marco Antonio Moreira (UFRGS)
Prof. Dr. Marcos Antonio Florczak (UTFPR)
Profa. Dra. Sandra Mara Domiciano (UTFPR)
Profa. Dra. Sani de Carvalho Rutz da Silva (UTFPR)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
AV. CARLOS CAVALCANTI, 4748
CEP 84030-900 – PONTA GROSSA – PARANÁ
http://www3.uepg.br/ppgef/

SÉRIE

Produtos Educacionais em Ensino de Física

Volume 10 – Tomo II

LEANDRO ANTONIO DOS SANTOS

ANTÔNIO SÉRGIO MAGALHÃES DE CASTRO

Conceituação e Simulação na Dinâmica do Movimento

Caderno do Aluno

Jeremias Borges da Silva
André Maurício Brinatti
André Vitor Chaves de Andrade
Silvio Luiz Rutz Da Silva
(ORGANIZADORES)

UEPG – PROEX
1a. Edição
Ponta Grossa – PR
2018

Santos, Leandro Antonio dos
S237c Conceituação e simulação da dinâmica do movimento: caderno do aluno [livro eletrônico]/ Leandro Antonio dos Santos, Antonio Sérgio Magalhães de Castro. Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2018. (Série Produtos Educacionais em Física, v. 10, t.2).
64 p.; il.; e-book

ISBN: 978-85-63023-32-2

1. Ensino-aprendizagem. 2. Movimento. 3. Simulação. 4. Leis de Newton. I. Castro, Antonio Sérgio Magalhães de. II. T.

CDD: 531

Ficha Catalográfica Elaborada por Maria Luzia F. Bertholino dos Santos - CRB 9/986

Foto da Capa: Robert Owen-Wahl

Disponível em:

https://pixabay.com/pt/abstract-blur-gr%C3%A3-bretanha-1239439/

Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons – Atribuição -Não Comercial- Compartilha Igual 4.0 Internacional.

PREFÁCIO

Durante as últimas décadas, no Brasil se tem conseguido avanços significativos em relação a alfabetização científica, em especial na área do Ensino de Física, nos diversos níveis de ensino, entretanto continua pendente o desafio de melhorar a qualidade da Educação em Ciências. Buscando superar tal desafio a Sociedade Brasileira de Física (SBF) implementou o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que se constitui em um programa nacional de pós-graduação de caráter profissional, voltado a professores de ensino médio e fundamental com ênfase principal em aspectos de conteúdos na Área de Física, resultando em uma ação que engloba diferentes capacidades apresentadas por diversas Instituições de Ensino Superior (IES) distribuídas em todas as regiões do País.

O objetivo do MNPEF é capacitar em nível de mestrado uma fração muito grande de professores da Educação Básica quanto ao domínio de conteúdos de Física e de técnicas atuais de ensino para aplicação em sala de aula como, por exemplo, estratégias que utilizam recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos.

A abrangência do MNPEF é nacional e universal, ou seja, está presente em todas as regiões do País, sejam elas localizadas em capitais ou estejam afastadas dos grandes centros. Fica então clara a necessidade da colaboração de recursos humanos com formação adequada localizados em diferentes IES. Para tanto, o MNPEF está organizado em Polos Regionais, hospedados por alguma IES, onde ocorrerem as orientações das dissertações e são ministradas as disciplinas do currículo.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, por meio de um grupo de professores do Departamento de Física, faz parte do MNPEF desde o ano de 2014 tendo nesse período proporcionado a oportunidade de aperfeiçoamento para quarenta e cinco professores de Física da Educação Básica, sendo que desses quinze já concluíram o programa tornando-se Mestres em Ensino de Física.

A **Série Produtos Educacionais em Ensino de Física**, que ora apresentamos, consta de vários volumes que correspondem aos produtos

educacionais derivados dos projetos de dissertação de mestrado defendidos. Alguns desses volumes são constituídos de mais de um tomo.

Com essa série o MNPEF - Polo 35 - UEPG, não somente busca entregar materiais instrucionais para o Ensino de Física para professores e estudantes, mas também pretende disponibilizar informação que contribua para a identificação de fatores associados ao Ensino de Física a partir da proposição, execução, reflexão e análise de temas e de metodologias que possibilitem a compreensão do processo de ensino e aprendizagem, pelas vias do ensino e da pesquisa, resultado da formação de docentes-pesquisadores.

A série é resultado de atividade reflexiva, crítica e inovadora aplicada diretamente à atuação profissional do docente, na produção de conhecimento diretamente associado à prospecção de problemas e soluções para o ensino-aprendizagem dos conhecimentos em Física, apresentando estudos e pesquisas que se propõem com suporte teórico para que os profissionais da educação tenham condições de inovar sua prática em termos de compreensão e aplicação da ciência.

A intenção é que a **Série Produtos Educacionais em Ensino de Física** ofereça referências de propostas de Ensino de Física coerentes com as estruturas de pensamento exigidas pela ciência e pela tecnologia, pelo exemplo de suas inserções na realidade educacional, ao mesmo tempo que mostrem como se pode dar tratamento adequado à interdependência de conteúdos para a formação de visão das interconexões dos conteúdos da Física.

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva

Organizadores

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....8

AFINAL, O QUE É MOVIMENTO?.....9

APRESENTAÇÃO DAS UNIDADES.....9

UNIDADE 1 – VELOCIDADE.....11

UNIDADE 2 – ESTUDO DA QUEDA LIVRE E DO PLANO INCLINADO.....17

UNIDADE 3 – ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE E O ESTUDO DO PÊNDULO.....30

UNIDADE 4 – PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO..41

APRESENTAÇÃO

Caro estudante!

Conhecer os mecanismos de como entender melhor o mundo, explicar o que era inexplicável, explorar os limites da compreensão, fazer isso trabalhar a nosso favor!

Dúvidas, ideias, teorias, experimentos, tentativas, erros, soluções, progresso, destruição, tecnologia. Desdobramentos que compõem o universo da Física, ciência que investiga os fenômenos da natureza.

Ao longo das suas aulas de Física, você aprenderá que a natureza pode ser descrita por equações matemáticas que surgem a partir de algumas considerações que fazemos de algum fenômeno, que resulta no que chamamos de modelo científico.

Mas, atenção, um modelo não é um retrato fiel da natureza, mas sim, o que achamos que ela é! Falar de modelos é tratar de idealizações, frutos da mente humana, que têm validade e que são aceitas pela comunidade científica, mas que possui certos limites que precisam ser compreendidos.

Sob esta perspectiva é que foi pensado e elaborado este produto educacional, tratando de alguns assuntos importantes para a construção do seu conhecimento e que certamente serão abordados em suas aulas de Física.

Seja bem-vindo(a) e convidado(a) a ir mais longe nessa aventura pelo conhecimento.

Leandro Antonio dos Santos
Antonio Sergio Magalhães de Castro

AFINAL, O QUE É MOVIMENTO?

Neste material didático vamos estudar um fenômeno presente em nosso cotidiano: o movimento.

Nós nos movemos o tempo todo para realizar muitas atividades: andar, correr, falar, escrever etc. Mas, e quando estamos dormindo, existe movimento?

Figura 1 - Pessoa dormindo.

Ilustração disponível em http://trossel.no.comunidades.net/curiosidades-2012 - Acesso em 27 de fevereiro de 2016

> Podemos aparentemente estar imóveis, mas no interior do nosso corpo, nossos órgãos não descansam nunca. E, apesar de não mudarmos de posição em relação a nosso quarto e à cama, a Terra também não descansa. Por isso nossa posição em relação ao Sol está sempre variando.
>
> (Adaptado de: PIETROCOLA, Mauricio, et al. 2010, pg 67)

Portanto, a definição sobre o estado de repouso ou movimento de um objeto deve sempre considerar quem o está observando, isto é, qual é o referencial adotado. Na situação da figura, a resposta pode mudar se adotamos como referencial o Sol ou a sua cama.

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades 1 e 2 contidas na seção “exercícios propostos” anexo à primeira unidade didática deste material. Siga as orientações do seu professor.

APRESENTAÇÃO DAS UNIDADES

Como você pode perceber no texto que acabou de ler, movimento e repouso são conceitos relativos, isto é, dependem do referencial adotado. Por exemplo, em relação ao Sol, a Terra gira a sua volta com uma velocidade de aproximadamente de 30000 m/s ou 108000 km/h. Mas, você sabe definir o que é e como determinar velocidade?

Bom, por isso optamos por iniciar nosso estudo investigando velocidade na **unidade 1**. Estudaremos o conceito de velocidade e sua caracterização vetorial, debateremos o modelo de ponto material e corpo extenso.

Na **unidade 2**, abordamos um movimento muito corriqueiro no dia a dia, o movimento de queda dos corpos. Vamos tratar o modelo do movimento de queda livre e sua relação com as experiências realizadas por Galileu Galilei, num plano inclinado ainda no século XVII.

Figura 2 - Paraquedista em queda.

Fonte: flickr.com – acesso em 30 de junho de 2016

A **unidade 3** descreve os fatores que influenciam o campo gravitacional terrestre, além disso, indica uma maneira de determiná-la onde você estiver por meio do movimento periódico de um pêndulo.

Figura 3 - Relógio de Pêndulo.

Fonte: Imagem disponível em: http://portaldoprofessor.mec.gov.br - Acesso em 27 de fevereiro de 2016

Com base nisso, discutiremos o modelo do pêndulo simples, uma idealização muito adotada para simplificar o entendimento de muitas situações físicas.

Na natureza, existe um grande número de fenômenos em que observamos comportamentos oscilatório e periódico, tais como as ondas sonoras, a vibração de uma corda de um instrumento musical, o relógio de pêndulo e até mesmo o movimento do sangue no corpo.

E, por fim, na unidade 4, não poderíamos deixar de abordar o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento, que permite o estudo que vai desde a colisão de bolas de gude até a compreensão de processos que envolvem partículas em escala microscópica.

Enfim, essas são algumas possibilidades que optamos por abordar dentro do estudo de movimentos. Não foi possível, neste produto educacional, tratar de todas as possibilidades, nem era nossa pretensão fazê-lo. O que fizemos foi escolher alguns assuntos que consideramos importantes para a construção do seu conhecimento. Produzimos algumas propostas de estudo, as quais chamamos de unidades didáticas, para que você tenha a oportunidade de conhecer, com o apoio de seus professores, a beleza das teorias científicas e dos seus modelos científicos. Bom estudo!

UNIDADE DIDÁTICA 1

Velocidade

Figura 4 - Foto do corredor Jamaicano Usain Bolt.

Fonte: Montagem sobre foto de Usain Bolt feita por Kai Pfaffenbach/Reuters e de Jesse Owens, de domínio público e sem informação de autoria.

O que é velocidade?

Para início de conversa

O jamaicano Usain Bolt (figura anterior) é considerado um dos homens mais rápidos do mundo na corrida de 100m rasos. Conforme salienta Anjos (2015)[1], a performance desse atleta é de notório interesse físico, pois esse tem atingido velocidades nunca antes alcançadas por outro ser humano.

Você sabe definir velocidade?

Em uma folha sulfite elabore um mapa mental sobre o conceito de velocidade.

Pesquisa

Antes de discutirmos melhor conceito de velocidade, é necessário discutir alguns conceitos preliminares que facilitarão o entendimento do assunto. Para tanto, em seu caderno, faça uma pesquisa no seu livro didático (ou outras fontes, se disponíveis) e responda às seguintes questões:

1. Para que serve o Sistema Internacional de Unidades (SI)?

2. O que são grandezas físicas?

3. O que é uma grandeza física escalar e um grandeza física vetorial? Cite exemplos.

Após a pesquisa, compartilhe o resultado do seu trabalho com a turma.

O texto a seguir foi elaborado pelo Prof. Alberto Gaspar (2010)[2], ele apresenta uma definição provisória sobre o conceito de espaço percorrido e velocidade, sua relação com o cotidiano e as principais unidades. Acompanhe a leitura e discuta com seu professor a provisoriedade desses conceitos.

[1] Ver no campo referências

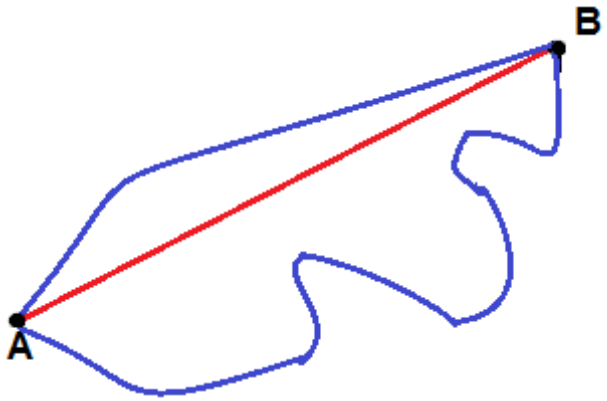
[2] GASPAR, A. **Compreendendo a física**: ensino médio/ Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

O Espaço percorrido e a velocidade escalar

A definição de movimento permite pensarmos inicialmente em dois conceitos genéricos e provisórios, mas que nos são muito úteis no dia a dia.

O primeiro deles é o conceito de espaço percorrido, definido como a medida do comprimento do percurso do corpo em movimento. Essa medida costuma ser obtida entre duas referências, como os marcos quilométricos de uma estrada. Veja a figura a seguir:

Figura 5 - O espaço percorrido é o comprimento do caminho percorrido pelo móvel de ir de A a B – quanto mais curvas ele fizer (linhas azuis), maior o espaço percorrido, embora o comprimento do segmento de reta que une os pontos (linha vermelha) inicial e final do percurso não se altere.



Fonte da imagem: autor

O segundo conceito é o de velocidade escalar, que dá a ideia quantitativa ou numérica da rapidez com que o corpo se movimenta. Essa velocidade pode estar relacionada a um intervalo de tempo, quando, então, é chamada de *velocidade escalar média*, ou a um instante – intervalo de tempo infinitamente pequeno -, quando, então, é chamada de *velocidade escalar instantânea*.

Velocidade escalar média (V_m) de um corpo é, por definição, a razão entre o espaço percorrido (ΔS) e o intervalo de tempo (Δt) gasto para percorrê-lo.

Assim, a expressão matemática da velocidade escalar média é:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

[...] A unidade da velocidade escalar média ou instantânea é obtida pela razão entre as unidades de espaço percorrido, que é comprimento, e de tempo. Como no SI a unidade de comprimento é o metro (m) e a de tempo é o segundo (s), a unidade de velocidade é o metro por segundo (m/s). Na prática, entretanto, utilizam-se também outras unidades, como o quilômetro por hora (km/h).

A palavra velocidade tem diversos significados, como rapidez ou ligeireza, que não podem ser confundidos com o conceito físico de velocidade. O conceito de velocidade escalar que aparece aqui deve ser entendido como provisório, pois posteriorente será apresentado o conceito físico de velocidade. A principal diferença entre eles é que velocidade é um vetor, tem módulo, direção e sentido, enquanto que a velocidade escalar é uma grandeza escalar, com apenas valor numérico e unidade.

(Texto adaptado de: GASPAR, Alberto. 2010, p. 40-41)

Aprofundando o assunto

1. Na Física, às vezes, é necessário mudar de unidades, ou seja, de gramas para quilogramas, de quilômetros para metros e assim por diante. Isso é fundamental para compararmos coisas que estão medidas em diferentes unidades[3]. Por exemplo, algo muito importante no estudo dos movimentos é saber passar de km/h (unidade mais usual) para m/s (unidade indicada pelo S.I) e vice-versa. Discuta com seu professor a possibilidade de uma regra prática para converter essas unidades de velocidade.

   .....

   .....

   .....

   .....

2. Qual carro está correndo mais: um com velocidade de 25 m/s ou outro que corre a 60 km/h? Justifique.

   .....

   .....

   .....

3. Um ônibus parte da Rodoviária de Cascavel às 12h e chega a Rodoviária de Laranjeiras do Sul às 14h30min. Sabendo que a distância percorrida é de 150 km, qual sua velocidade escalar média?

   .....

   .....

   .....

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades contidas na seção “exercícios propostos” anexo a esta unidade didática. Siga as orientações do seu professor.

[3] Texto adaptado de GREF (1998), material disponível na rede web no endereço:<http://www.if.usp.br/gref>, acesso em 02 de março de 2016.

Atividade computacional

No laboratório de informática do seu colégio, acesse a homepage do "Projeto Física Vivencial: Uma aventura do conhecimento[4]", clique no ícone animações. Neste site são propostas duas situações em que é possível determinar a velocidade média em cada caso. Em seu caderno organize as informações, siga as orientações do seu professor e responda:

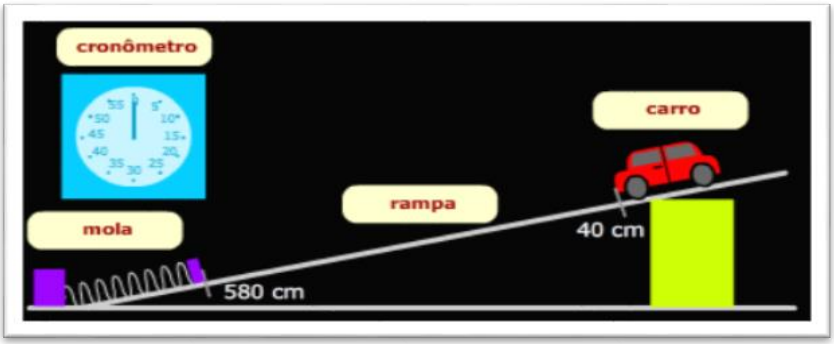
a) Qual a velocidade escalar média do pica-pau (figura 3)?

Figura 6 - "*Print"* da animação da situação 1.

Fonte: Projeto Física Vivencial - Licença: Creative Commons Brasil

b) Qual a velocidade escalar média do carro na rampa (figura 4)?

Figura 7 - "*Print"* da animação da situação 2.



Fonte: Projeto Física Vivencial - Licença: Creative Commons Brasil

[4] Disponível no endereço: http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/ee/511/Executar.html

Debate: Modelo do ponto material x corpo extenso

1. Um automóvel percorre, durante 4 horas, uma distância de 360 km. Determine a velocidade escalar média do ponto nesse intervalo de tempo. Resolva a questão e discuta com seu professor se existe alguma justificativa para empregar o termo “ponto” em vez de “automóvel”.

   .....

   .....

   .....

   .....

2. Um caminhão com 20,0 m de comprimento atravessa uma ponte com 80m de extensão com velocidade constante de 72,0 km/h (20,0m/s), como ilustra a figura a seguir:

Figura 8 - caminhão atravessando a ponte.

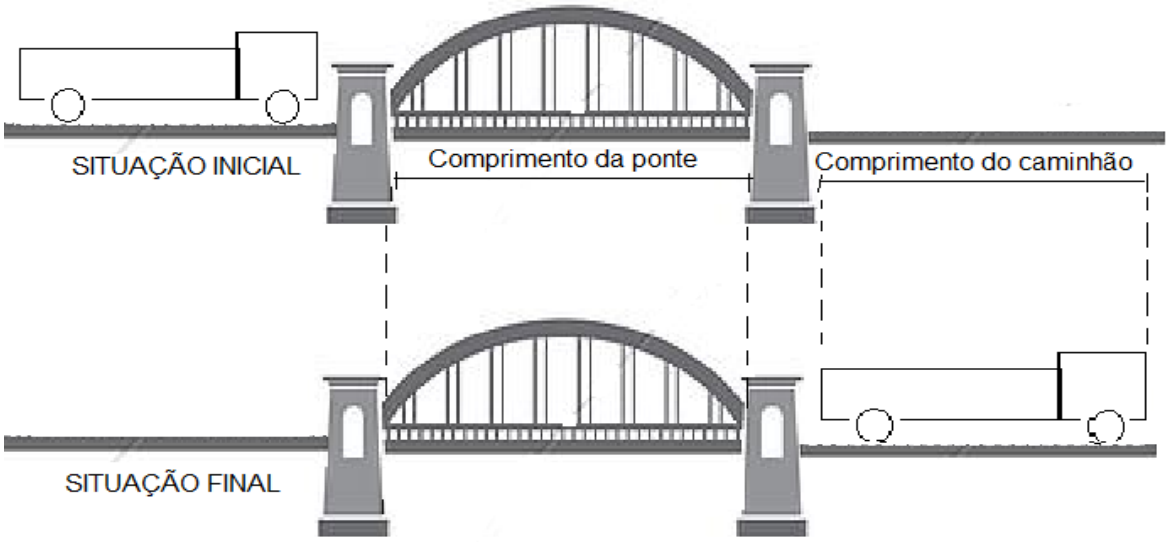


Imagem fora de escala - Fonte: O autor.

a) Qual o tempo gasto para o caminhão atravessar completamente a ponte?

   .....

   .....

b) Nesta situação, o caminhão pode ser considerado um ponto material? Justifique.

   .....

   .....

   .....

   .....

Como vimos, o conceito de velocidade escalar média é provisório, pois difere do conceito físico de velocidade. O texto a seguir, elaborado pelo Prof. Alberto Gaspar, trata do conceito de velocidade vetorial média ou simplesmente o conceito físico de velocidade média.

Velocidade Média

Já vimos o conceito de velocidade escalar média, definindo-o a partir do espaço percorrido por um móvel. O conceito de velocidade média é semelhante, mas é definido a partir do *deslocamento* de um ponto material. A velocidade média de um ponto material é, por definição, a razão entre deslocamento $\vec{d}$ de um móvel e o intervalo de tempo (Δt).

Assim, expressa em módulo, a velocidade média é:

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$$

[...] As unidades de velocidade média são as mesmas que as da velocidade escalar média, uma vez que deslocamento e espaço percorrido têm a mesma dimensão (comprimento).

(Adaptado de: GASPAR, Alberto. 2010. p. 57-58)

Atividade Experimental

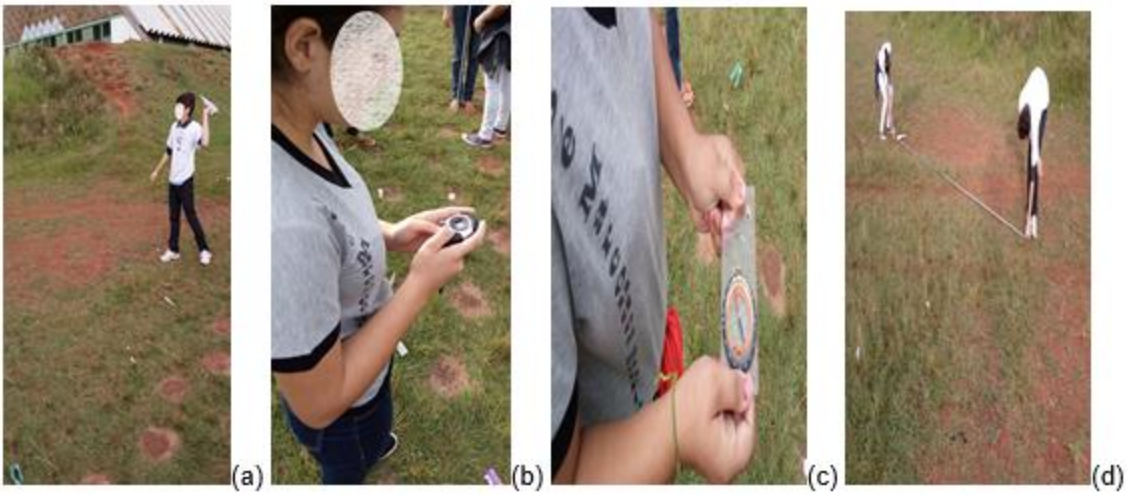
Nas atividades de experimentação a seguir vocês devem se organizar em grupos:

1. Determinar a velocidade escalar média de um colega do grupo caminhando pela sala. Para isso você precisará de um kit experimental (figura ao lado), composto simplesmente de uma trena para medir a distância percorrida e um cronômetro para medir o tempo. Siga atentamente as orientações do professor e desenvolva todos os cálculos em seu caderno.

Figura 9 - Foto do kit experimental para determinação da Velocidade.

2. Determinar a velocidade vetorial média de um aviãozinho de papel durante um voo pela sala. O kit experimental é o mesmo da atividade anterior, tendo apenas que acrescentar o aviãozinho. Não se baseie apenas em um único lançamento, repita algumas vezes o procedimento, para, em seguida, fazer a média das velocidades vetoriais em m/s e Km/h.

Figura 10 - Estudantes realizando a atividade experimental com o aviãozinho de papel.



Fonte: O autor.

3. Utilize uma bússola para determinar a direção e o sentido do voo do aviãozinho. Organize as informações conforme a tabela a seguir:

Tabela 1: Tabela para retirada de dados do experimento.

VOOS	**Vetor deslocamento (m)**	**TEMPO (s)**	**VELOCIDADE (m/s)**	**VELOCIDADE (km/h)**	**Direção e sentido**
1º Voo					
2º Voo					
MÉDIA					

Fonte: O autor.

4. Quais as diferenças de procedimento para obter a velocidade escalar média e a velocidade vetorial média?

   .....

   .....

5. Velocidade média e média de velocidade são conceitos equivalentes? Justifique.

   .....

   .....

   .....

   .....

Referências

ANJOS, Vanderlan Rodrigues dos. **Contextualização e o uso de simulações no Ensino Médio: facilitando a compreensão dos problemas de Física.** Material Instrucional associado a dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

BRANDÃO, Rafael Vasques; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física. **Física na escola. São Paulo. Vol. 9, n. 1 (maio 2008), p. 10-14**, 2008.

GASPAR, A. Manual do Professor. In: **Compreendendo a física**: ensino médio, física, vol. 1. Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

GASPAR, A. **Compreendendo a física**: ensino médio/ Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

GREF, Grupo de Reestruturação do Ensino de Física (Vários autores). **Leituras em Física para estudantes**. Disponível no site: www.if.usp.br/gref

JOKURA, Tiago. "Qual foi a maior velocidade que uma pessoa já alcançou?". *Revista Mundo Estranho,* Ed. 85, 2014.

HEWITT, Paul G. **Fundamentos de Física Conceitual**; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2009

PARANÁ/SEED. **Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica – Física**. Curitiba: SEED, 2009

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

PROJETO Física Vivencial: uma aventura do conhecimento. MEC/MCT/FNDE/IGGE (Projeto CONDIGITAL). Licença Creative Commons: Instituto Galileo Galilei para a Educação. Disponível na rede web: www.fisicavivencial.pro.br – Acessado em 19/05/2015

SANTOS, Leandro Antonio dos. **Elaboração de unidades didáticas como estratégia central para a compreensão dos modelos científicos: Uma proposta baseada em Vigotsky para o estudo do movimento.** Dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

TOSCANO, Carlos. **Física e Realidade**, ensino médio, física, vol.01. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Scipione, 2010.

VEIT, Eliane; ARAUJO, Ives; BRANDÃO, Rafael. **Modelos Científicos e Fenômenos Físicos**. Revista Física na escola. São Paulo. Vol. 9, n. 1 (maio 2008), p. 10-14, 2008.

ANEXO DA UNIDADE DIDÁTICA I – EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. Levando em consideração um indivíduo que esteja sentado na poltrona de um ônibus em movimento com velocidade constante. Responda se a pessoa está em movimento ou em repouso em relação:
   a. Ao motorista do ônibus?

.....

   b. A uma pessoa que observa o ônibus passar?

.....

2. O prédio do seu colégio está em repouso ou em movimento em relação a(ao):
   a) Terra: .....
   b) Sol: .....

3. Em uma estrada, o limite de velocidade é de 60 km/h. Pode ser multado um carro que esteja viajando a 20m/s? Justifique.

.....

.....

.....

4. Em 12s um caminhão percorre 360m. Qual é a sua velocidade escalar média nesse intervalo de tempo em m/s?

.....

.....

.....

.....

5. A velocidade escalar média do caminhão no exercício anterior equivale a quanto em Km/h?

.....

.....

.....

6. O atleta jamaicano Usain Bolt, ganhador da prova da Olímpiada de Pequim, na China, em 2008, bateu o recorde mundial na prova dos 100 metros rasos ao terminar a prova em 9,69 segundos. Qual a velocidade média de Usain Bolt em km/h nesta prova?

.....

.....

.....

.....

7. Segundo a Revista Mundo Estranho[5], o jamaicano Usain Bolt, na Olimpíada de Pequim, em 2008, num determinado instante atingiu a velocidade de 43,9 Km/h. Relacione essa informação com o valor encontrado no exercício anterior e tente explicar a diferença entre velocidade instantânea e velocidade escalar média.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. Em uma estrada, o limite de velocidade é de 110 km/h. Pode ser multado um carro que esteja viajando a 20 m/s? Justifique.

.....

.....

.....

9. A distância entre Laranjeiras do Sul e Guarapuava é 120 km. Certo veículo sai às 10h de Laranjeiras e chega a Guarapuava às 12h. Determine, nesse intervalo de tempo, a velocidade escalar média do veículo em Km/h.

.....

.....

.....

10. Um móvel tem velocidade escalar média de 8m/s. Qual a distância percorrida pelo móvel em 40s?

.....

.....

.....

[5] Jokura, Tiago (2014), “Qual foi a maior velocidade que uma pessoa já alcançou?”. *Revista Mundo Estranho, Ed. 85.*

11. Uma motocicleta percorre uma distância de 150 metros com velocidade escalar média de 25m/s. Qual é o tempo gasto para percorrer essa distância?

.....

.....

.....

12. Fisicamente, o que pode ser considerado um ponto material? Cite três exemplos de pontos materiais com os respectivos meios.

.....

.....

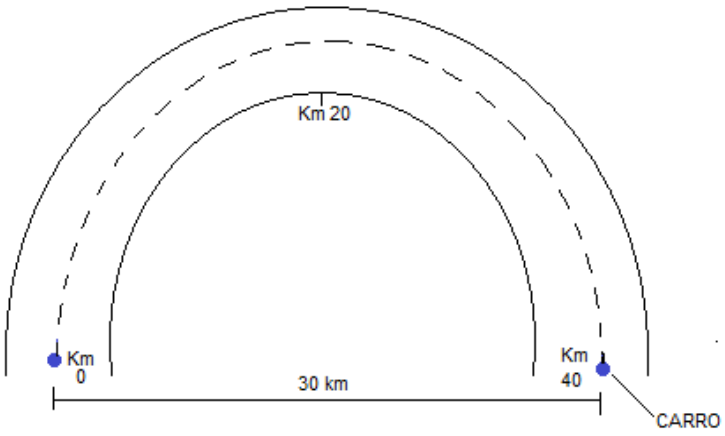
.....

13. (UEL-PR) Considere as seguintes grandezas físicas mecânicas: tempo, massa, forças e velocidade. Dentre elas, têm caráter vetorial apenas:

a. Força e velocidade;
b. Massa e força;
c. Tempo e massa;
d. Velocidade e tempo;
e. Tempo e força;

14. Um carro desloca-se com velocidade constante na pista ilustrada na figura ao lado e gasta 2,0 horas para ir do km 0 até km 40.

Figura 11 - Carro que se desloca do Km 0 ao Km 40 de uma rodovia



Fonte: autor

a. Calcule o módulo do vetor velocidade média durante todo o percurso.
b. Calcule a velocidade escalar média.

UNIDADE DIDÁTICA 2

Estudo da queda livre e do plano inclinado

Figura 12 - Pinheiro Araucária – árvore símbolo do estado do Paraná.

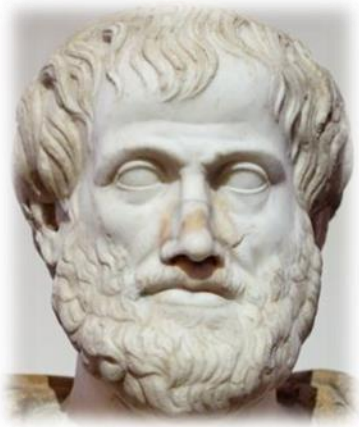
Fonte: Imagens disponíveis em: Portal Dia a Dia Educação: www.diaadiaeducacao.pr.gov.br – Acesso em setembro de 2015

Como explicar a velocidade de queda da pinha do Pinheiro Araucária?

Para início de conversa

Para buscar respostas de como explicar a velocidade de uma pinha caindo do Araucária, ou de qualquer objeto em queda, precisamos compreender melhor as concepções que permearam o desenvolvimento da teoria que explica esse tipo de movimento. Acompanhe a leitura do próximo texto!

Figura 13 - Busto de Aristóteles.



Fonte: http://en.wikimedia.org

O MOVIMENTO NATURAL SEGUNDO ARISTÓTELES

Até meados do século XVI, o que se pensava acerca dos movimentos dos corpos e de suas causas seguia as ideias de Aristóteles. Esse pensador grego, no século IV a.C., dizia que os corpos pesados caíam porque tinham que ocupar seu lugar natural. Assim, era natural que uma pedra, constituída pela terra, ao ser largada a certa altura, despencasse em direção ao centro da Terra.

Aristóteles não só explicou por que esses corpos em queda buscam a superfície da Terra, como dizia que o corpo em queda manteria a velocidade constante durante praticamente todo o trajeto. Para ele, após o corpo ser largado de determinada altura, sua velocidade aumentaria rapidamente, quase instantaneamente, e a seguir passaria manter velocidade constante.

Outra ideia é que a velocidade dependeria do peso do corpo. Os mais pesados cairiam com maior velocidade em relação aos mais leves.

(Adaptado de: PIETROCOLA, Mauricio, et al. 2010, pg 112)

Você concorda com Aristóteles?

Objetos pesados caem mais rápido que os leves?

O que influencia no tempo de queda dos corpos? A velocidade é constante?

A próxima atividade experimental lhe auxiliará nesta investigação!

Atividade Experimental

Na próxima atividade propomos algumas maneiras de investigar a velocidade dos corpos em queda. Para isso, você precisa de duas folhas de papel e sua borracha para realizar alguns testes. Siga as orientações do seu professor, realize os seguintes procedimentos e responda às questões:

a) Pegue a sua borracha e uma folha de papel na horizontal e largue as duas de uma mesma altura ao mesmo tempo. Quem chegou primeiro?

.....

.....

.....

b) Solte duas folhas iguais na posição horizontal. O que aconteceu?

.....

.....

c) Amasse uma das folhas e voltar a soltar as duas folhas de uma mesma altura. O que acontecerá? Por quê?

.....

.....

d) Pegue a sua borracha e a folha de papel amassada e largue-os de uma mesma altura simultaneamente. Quem chegou primeiro?

.....

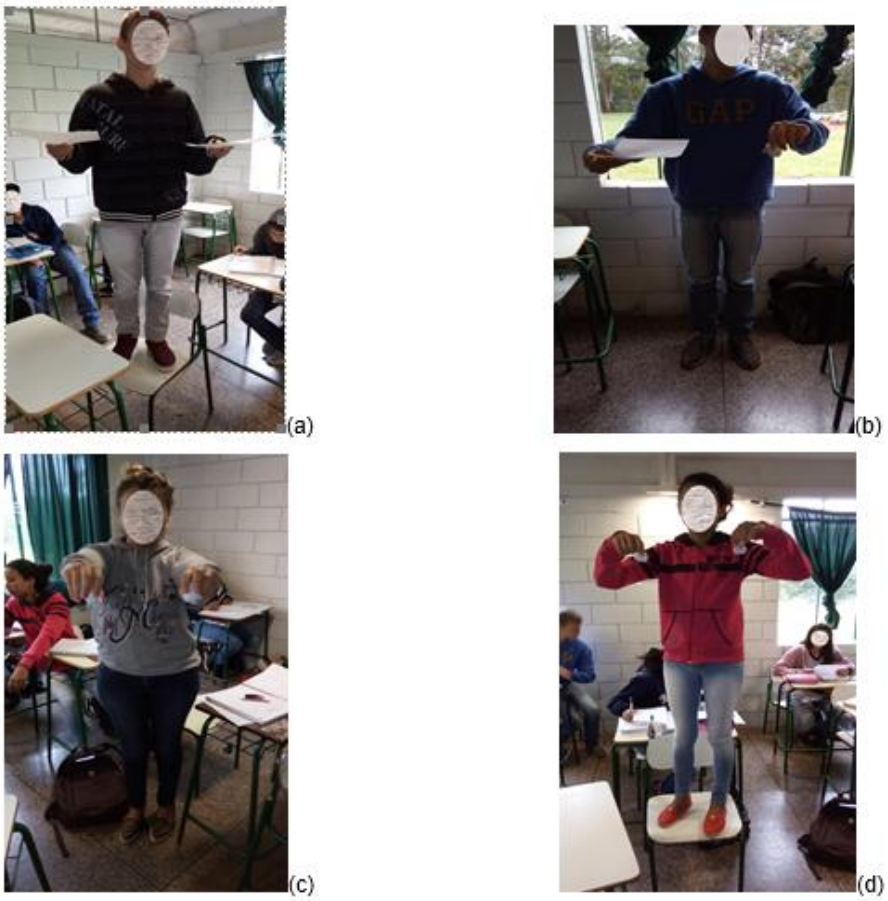
.....

e) Depois de todos os testes realizados, qual a sua conclusão? O que influencia no tempo de queda dos corpos?

.....

.....

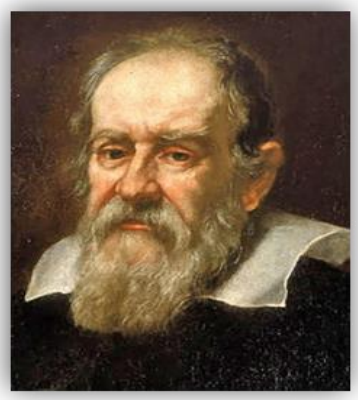
Figura 14 - Estudantes realizando a atividade experimental sobre queda dos corpos.



Fonte das fotografias: autor

TESE DE GALILEU SOBRE A QUEDA DOS CORPOS

Figura 15 - Galileu Galilei.



Fonte: http://mwl.wikipedia.org
Acesso em 20 de outubro de 2015

Galileu Galilei (1564-1642) refutava a teoria aristotélica, alguns historiadores da ciência afirmam que para demonstrar sua tese, ele teria ido até o alto da Torre de Pisa[6] – e deixado cair de lá dois objetos de massas diferentes, suficientemente pesados e compactos, para que sua queda não fosse afetada pela resistência do ar, comprovando que cairiam ao mesmo tempo. **Será que a tese de Galileu é verdadeira? Realize a próxima atividade.**

[6] Existem controvérsias sobre a realização do experimento na Torre de Pisa: I) Algumas fontes indicam que esse experimento tenha sido efetivado; II) Outros dizem que foi realizado, mas em outro local; III) Outros historiadores sugerem ainda que esse experimento não tenha sido realizado em lugar algum, que não passa de lenda, sugerem que Galileu tivesse deduzido a conclusão pela lógica do experimento do plano inclinado que veremos a seguir.

Atividade Experimental e debate

Assista a atividade experimental que foi realizada pela equipe de documentários do canal de televisão BBC[7] de Londres, em colaboração com a NASA[8]. Eles decidiram soltar da mesma altura e ao mesmo tempo, uma bola de boliche e um feixe de penas, numa situação praticamente ideal, sem resistência do ar, imitando o espaço. O teste foi realizado nas instalações da agência espacial americana, na maior câmara de vácuo do mundo, capaz de sugar trinta toneladas de ar. Assista ao vídeo da experiência[9], debata com seu professor(a) e colegas as seguintes questões:

Figura 16 - bola de boliche e pena branca em queda.

Fonte: www.curtirespetacular.com.br Acesso em 30 de junho de 2016

a) No que consiste a idealização do movimento de queda livre?

.....

.....

b) Imagine que um astronauta tenha saltado de paraquedas, de um foguete, a uma certa altura acima da superfície da Lua. Você acha que, ao ser aberto o paraquedas, ele teria alguma influência no movimento de queda do astronauta? Por quê?

.....

.....

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades 1, 2, 3, 4 e 5 contidas na seção “exercícios propostos” anexo a esta unidade didática. Siga as orientações do seu professor.

---

[7] A **British Broadcasting Corporation** ("Corporação Britânica de Radiodifusão", mais conhecida pela sigla **BBC**) é uma emissora pública de rádio e televisão do Reino Unido fundada em 1922. Possui uma boa reputação nacional e internacional

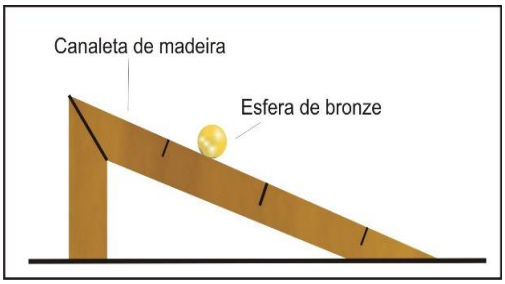
[8] NASA é a Agência Espacial Americana que responde pela pesquisa, pelo desenvolvimento de tecnologias e por programas de exploração espacial e tem como missão incrementar o futuro na pesquisa, a descoberta e a exploração espacial.

[9] Disponível no endereço: https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs

GALILEU: O ESTUDO DA QUEDA LIVRE E O PLANO INCLINADO

Galileu Galilei (1564-1642) durante seus estudos desenvolveu a cinemática, parte da mecânica que descreve os movimentos dos objetos. Analisou os movimentos retilíneos uniformes e uniformemente variados, o que lhe permitiu descrever, em relação aos objetos em geral, a queda livre e a descida num plano inclinado e as trajetórias balísticas.

Figura 17 - Plano Inclinado.



Fonte: Disponível em domínio público no endereço: https://commons.wikimedia.org – Acesso em setembro de 2015

Além de enfrentar a influência das ideias de Aristóteles, Galileu deparou com muitas dificuldades técnicas e práticas ao estudar a queda dos corpos. Convencido de que a velocidade dos corpos em queda aumenta gradativamente, argumentou que esses corpos sofrem acréscimos constantes de velocidade, ou seja, trata-se de um movimento uniformemente variado.

Como os corpos em queda livre caem muito rápido, Galileu pensou que “se um corpo cai livremente varia sua velocidade de maneira uniforme – sofre acréscimos iguais de velocidade em tempos iguais -, outro que rola por uma rampa deve variar sua velocidade da mesma maneira. A diferença está na intensidade da variação”.

Desse raciocínio pode ter saído a ideia de analisar a variação de velocidade de um corpo que desce um plano inclinado (rampa), conforme salienta NUSSENZVEIG (2002):

> Um estudo experimental direto da queda livre seria muito difícil naquela época, porque os tempos de queda nas condições usuais são muito curtos. Galileu resolveu essa dificuldade diminuindo a aceleração, com auxílio de um plano inclinado (NUSSENZVEIG, 2002, p.36).

Galileu logo percebeu que a velocidade de uma bola descendo uma rampa aumentava em uma mesma taxa por unidade de tempo, isto é, a aceleração é constante, e concluiu que o mesmo poderia valer para a queda livre. À medida que aumentasse o valor do ângulo de inclinação da rampa, aumentaria também o valor da aceleração, e chegaria num valor limite quando a rampa estivesse com a inclinação máxima – situação de queda livre.

Entretanto, uma das maiores dificuldades enfrentadas por Galileu na experiência era medir o tempo - naquela época não tínhamos relógios precisos.

Aprofundando o assunto

Assista ao documentário “Galileu – o mensageiro das estrelas”, disponível na web[10], em especial o trecho que trata do experimento de Galileu no plano inclinado.

Discuta o experimento com seu professor e colegas e responda:

1. Que métodos Galileu utilizou para medir o tempo?

   .....

   .....

   .....

   .....

Galileu, o Mensageiro das Estrelas

Gênero: Documentário
Sub-Gênero: Educativo
Diretor: Philippe Tourancheau
Duração: 52 min Ano: 2006 Formato: indisponível País: França Cor: Indisponível

2. Na época do experimento, já se sabia que projéteis lançados com uma velocidade inicial de direção oblíqua, descrevem algum tipo de trajetória curva; mas foi Galileu que precisou melhor como deveria ser a trajetória. De acordo com o vídeo assistido, responda:

   a) Segundo Galileu, como deveria ser a trajetória descrita pelo projétil?

   .....

   .....

   b) Por que tal constatação proporcionou vantagens financeiras a Galileu?

   .....

   .....

3. Numa situação de queda livre que corresponde ao ponto de maior inclinação da rampa (90°), a aceleração da esfera pelo plano inclinado corresponde ao valor da aceleração da gravidade (g). Pense e, com ajuda do seu professor, responda:

   a) Pesquise qual o valor da aceleração da gravidade na superfície da Terra.

   .....

   .....

   b) Em outras situações, que expressão matemática permitiria o cálculo da aceleração da esfera na rampa em qualquer ângulo menor que 90°?

   .....

   .....

[10] Sugerimos o acesso dos trechos do documentário pelo seguinte endereço: https://www.youtube.com/watch?v=T9DLF7SWkqs

c) Desprezando possíveis atritos com o ar e com a superfície da rampa, qual aceleração da esfera ao rolar num plano inclinado com um ângulo de 30°?

.....

.....

.....

d) Uma esfera rola do plano inclinado e chega a um plano horizontal perfeitamente liso (sem atrito). O que se espera que aconteça: que a esfera mantenha a mesma velocidade ou a mesma aceleração? Discuta com seus colegas e professor essa situação.

.....

.....

.....

Descrevendo o movimento de queda livre

Como vimos, Galileu combinou resultados adquiridos nos experimentos com planos inclinados com o movimento de queda livre. Desprezando a resistência do ar, as principais conclusões foram:

No movimento uniformemente variado que inicia do repouso:

1º) A velocidade do objeto é proporcional ao tempo de queda.

2º) O deslocamento é proporcional ao quadrado do tempo gasto para percorrê-lo.

Mas qual o significado dessas afirmações?

Para exemplificar a primeira situação, vamos admitir um objeto em queda livre nos instantes 0 (zero), 1 segundo, 2 segundos e 3 segundos, com o valor das velocidades indicados no quadro a seguir:

Quadro 1 - Valor da velocidade em função do tempo.

Tempo (s)	**Velocidade (m/s)**
$\mathbf{t_0 = 0}$	$V_0 = 0$
$\mathbf{t_1 = 1}$	$V_1 = 10$
$\mathbf{t_2 = 2}$	$V_2 = 20$
$\mathbf{t_3 = 3}$	$V_3 = 30$

Fonte: O autor.

De acordo com o quadro anterior, pense e responda:

a) Qual o valor da aceleração da gravidade (g)?

.....

b) Qual será o valor da velocidade no instante 4 s?

.....

.....

c) Deduza qual expressão matemática melhor relaciona a velocidade (V) em função do tempo de queda (t)?

.....

.....

d) Usando a expressão matemática anterior, qual a velocidade num tempo de 9 s?

.....

.....

Para exemplificar a segunda situação, que trata da altura (y) proporcional ao quadrado do tempo gasto para percorrê-lo, podemos construir um quadro com o valor dos deslocamentos dos objetos em determinados instantes, claro, desprezando a resistência do ar:

Quadro 2 - Valor do deslocamento em função do tempo de queda.

Tempo (s)	**Altura (m)**
$t_0 = 0$	$y_0 = 0$
$t_1 = 1$	$y_1 = 5$
$t_2 = 2$	$y_2 = 20$
$t_3 = 3$	$y_3 = 45$

Fonte: O autor.

De acordo com o quadro anterior, pense e responda:

a) Qual a expressão matemática melhor relaciona a altura (y) em função do tempo de queda (t)?

.....

.....

b) Qual será o deslocamento do objeto em queda livre num tempo de 4 s?

.....

.....

c) Em seu caderno, elabore um gráfico da altura em função do tempo nos primeiros quatro segundos de queda.

.....

.....

Aprofundando o assunto

1. Uma pinha madura cai do alto de um Pinheiro Araucária e demora cerca de 3s para chegar ao solo. Despreze a resistência do ar sobre a pinha, considere a aceleração da gravidade terrestre igual a 10 m/s^2 para estimar a altura desse pinheiro.

.....

.....

.....

2. Em relação à questão anterior, estime com que velocidade a pinha chega ao solo?

.....

.....

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades 6, 7, 8, 9, 10 e 11 contidas na seção "exercícios propostos" anexo a esta unidade didática. Siga as orientações do seu professor.

Anotações:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Referências

GASPAR, A. Manual do Professor. In: **Compreendendo a física**: ensino médio/ Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

JUNIOR, Silveira; DA, Pedro Belchior; ARNONI, Maria Eliza Brefere. Física dos anos iniciais: estudo sobre a queda livre dos corpos através da metodologia da mediação dialética. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, p. 1-8, 2013.

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2009

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto. POGIBIN, Alexander. OLIVEIRA, Renata Cristina de Andrade. ROMERO, Talita Raquel Luz. **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. v.1, 1ª ed. São Paulo, FTD 2010.

PARANÁ/SEED. Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica – Física. Curitiba: SEED, 2009

SANTOS, Leandro Antonio dos. **Elaboração de unidades didáticas como estratégia central para a compreensão dos modelos científicos: Uma proposta baseada em Vigotsky para o estudo do movimento.** Dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

TOSCANO, Carlos. Física e Realidade, ensino médio física, vol.01. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Scipione, 2010.

ANEXO DA UNIDADE DIDÁTICA II – EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. Assinale a alternativa correta. Queda livre é o movimento pelo qual:
   ( ) A resistência do ar é considerada.
   ( ) A resistência do ar é desprezível.

2. Assinale a alternativa correta. Uma das interpretações sobre a queda dos objetos ressaltava que "corpos pesados cairiam mais depressa" quando soltos da mesma altura. Essa interpretação é atribuída a:
   ( ) Aristóteles;
   ( ) Galileu Galilei;
   ( ) Isaac Newton;
   ( ) Albert Einstein;

3. Dois objetos, uma pedra e uma pena são abandonados simultaneamente da mesma altura. Responda (justificando) qual deles chega primeiro ao chão, admitindo que a experiência se realize:
   a. no ar:

   b. no vácuo:

4. Se não existisse a aceleração da gravidade, qual seria a trajetória para um tiro de canhão?

5. Assinale a alternativa correta. Um objeto caindo em queda livre apresenta:
   ( ) Aceleração constante.
   ( ) Velocidade constante.

6. Assinale a alternativa correta. Próximo à superfície da Terra, com que taxa a velocidade de um objeto em queda livre varia aproximadamente:
   a. 9,8 m/s a cada segundo.
   b. 9,8 m/s a cada hora.
   c. 9,8 m/s a cada minuto.
   d. 9,8 km/h a cada segundo

7. Assinale a alternativa correta. Ao abandonarmos uma pequena esfera de chumbo de um prédio localizado no centro da cidade de Laranjeiras do Sul, ela passa a ter aceleração de $9{,}8 m/s^2$. Desprezando a resistência do ar, o valor da velocidade da esfera:
   a. Passará a ser constante após atingir o valor de 9,8 m/s.
   b. Diminui 9,8 m/s a cada segundo de queda.
   c. Aumenta 9,8m/s a cada segundo de queda.

d. É de 9,8m/s ao chegar ao solo.
e. Aumenta à razão de 9,8m/s a cada metro de queda.

8. Assinale a alternativa correta. Uma pedra é abandonada do alto de um prédio e atinge o chão 3,0 segundos depois realizando um movimento uniformemente variado. Considere sua concepção de queda livre (*questão 1*) e o valor da variação da velocidade de um objeto em queda livre (*questão 6*) e determine a altura desse prédio. O valor encontrado foi aproximadamente:
   a. 10m
   b. 30m
   c. 45m
   d. 60m

9. Assinale a alternativa correta. Em relação ao exercício anterior, qual será a velocidade da pedra ao chegar no chão:
   a. Zero.
   b. 10m/s.
   c. 45m/s.
   d. 30m/s.

10. Assinale a alternativa correta. Uma esfera de bronze rola numa rampa inclinada por canaleta perfeitamente lisa e reta (figura a seguir). Durante o movimento no plano inclinado pode-se afirmar que aceleração da esfera:
    a. É nula.
    b. É constante e positiva.
    c. É constante e negativa.
    d. É variável.

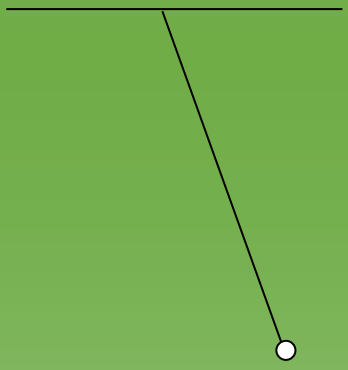
11. Um pequeno corpo é abandonado de uma altura de 80m do solo. Adotando $g = 10m/s^2$, pergunta-se:
    a. Em que instante ele atinge o solo?

    b. Com que velocidade ele atinge o solo?

UNIDADE DIDÁTICA 3

Aceleração da gravidade e o estudo do pêndulo simples

Figura 18 - Representação do Planeta Terra e de um pendulo a oscilar.



Fonte das imagens:

1) Planeta Terra: Imagem da NASA em domínio público disponível em: http://photy.org/pt/imagens-livres/Planeta-Terra/670.html - Acesso 10 set. 2016

2) Pêndulo simples: O autor

Qual a relação entre o Planeta Terra e o movimento do pêndulo?

Para início de conversa

Você conhece quais fatores influenciam no valor da aceleração gravitacional terrestre? E sabe qual a relação entre o Planeta Terra e o movimento do pêndulo? Nesta unidade você conhecerá mais sobre isso e poderá ainda aprender uma maneira experimental de como determinar a aceleração da gravidade onde você estiver. Fique atento a esta investigação!

O VALOR DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

A terra não é perfeitamente esférica. Isso significa que a aceleração da gravidade (g) não tem, a rigor, o mesmo valor numérico em todos os pontos da superfície. Por exemplo, na região da Linha do Equador, a aceleração da gravidade é um pouco menor do que na região dos polos, pois encontra-se mais distante do centro da Terra.

Quadro 3 - Valor da aceleração da gravidade em diferentes altitudes.

Altitude (km)	g(m/s^2)
0	9,81
1000	7,33
2000	5,68
3000	4,53
4000	3,70
5000	3,08
6000	2,60
7000	2,23
8000	1,93
9000	1,69
10000	1,49

Fonte: Disponível em: goo.gl/R0a5ie - Acesso 02 de julho de 2016

Outro fator que influencia na aceleração da gravidade é a altitude. O quadro ao lado mostra a variação da aceleração gravitacional em função da altura. Observe no quadro 3 que um objeto em queda livre em um local próximo à superfície da Terra ao nível do mar e à latitude de 45°, estará sujeito a uma aceleração de aproximadamente 9,81m/s^2, enquanto que, a 1000 Km de altura a aceleração gravitacional vale aproximadamente 7,33m/s^2.

E na sua cidade, no seu colégio ou na sua casa, qual será o valor da aceleração da gravidade? Qual sua relação com o estudo do pêndulo? O próximo texto e atividade lhe auxiliará nesta tarefa.

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades 1 e 2 contidas na seção “exercícios propostos” anexo a esta unidade didática. Siga as orientações do seu professor.

O ESTUDO DO PÊNDULO

Figura 19: Galileu e o estudo do pêndulo.

Fonte da imagem: bibliotecadigital.ilce.edu.mx – Acesso em 20 de outubro de 2015

Qualquer corpo suspenso por um eixo e capaz de oscilar é chamado de pêndulo, com os pêndulos podemos entender grandezas fundamentais da física, como os movimentos periódicos e a conservação de energia. Fenômenos periódicos são utilizados desde a antiguidade para a medição do tempo, um exemplo disso são os “relógios de pêndulo”, que são utilizados até os dias de hoje.

Nesta unidade, além aceleração da gravidade, analisaremos os fenômenos relacionados aos pêndulos. Um pêndulo simples é formado por um corpo, suspenso por um fio inextensível e de massa desprezível. O período de oscilação de um pêndulo é uma das grandezas fundamentais da física, ele é o intervalo de tempo que um pêndulo leva para completar uma oscilação. Algebricamente, o período do pêndulo é dado por:

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

O período do pêndulo depende do comprimento L do fio que o sustenta, empiricamente, variando o comprimento do fio, podemos variar o tempo de oscilação do pêndulo. Na equação, percebemos que, quanto menor for o comprimento do pêndulo, mais curto será o seu período de oscilação.

Uma experiência interessante é determinar a aceleração da gravidade local utilizando um pêndulo simples, os parâmetros são conhecidos, rearranjando a equação do pêndulo e evidenciando g:

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$$

Adaptado de: FILHO, Arnoldo Brasilio. **Trabalho com pêndulos.** Texto de aula disponível no Portal do Professor – MEC (Ministério da Educação)[11]

[11] Disponível no endereço: http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1496

Aprofundando o assunto

1. Com base no texto que acabamos de ler, com a ajuda do seu professor e colegas, responda quais idealizações são adotadas no modelo do pêndulo simples?

   .....

   .....

   .....

2. Com base no texto sobre o estudo do pêndulo, livro didático ou outras fontes disponíveis, faça uma breve descrição dos seguintes termos e expressões características dos pêndulos e movimentos periódicos: oscilação, amplitude, período e frequência.

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

   .....

Pesquisa

No laboratório de informática do seu colégio, realize uma pesquisa que contemple os seguintes tópicos:

a) A altitude e latitude na sua cidade:

   .....

   .....

b) Com os valores encontrados, acesse o site: http://www.sensorsone.com/local-gravity-calculator/ - digite as informações (encontrados no item a) e verifique o valor estimado para a aceleração da gravidade em sua cidade.

   .....

   .....

Atividade Experimental

Vamos determinar a aceleração da gravidade local usando um pêndulo simples. Para isso, colabore e participe da demonstração experimental realizada pelo seu professor. Nesta atividade serão utilizados os seguintes materiais:

- Uma linha de costura;
- Uma borracha;
- Um cronômetro;
- Uma trena;
- Um transferidor.

Realize os seguintes procedimentos:

1. **Construa o pêndulo:** O pêndulo pode ser construído utilizando um pedaço de linha de costura amarrado a uma borracha. O fio pode ser preso em uma mesa, soltem o fio aproximadamente a 5 graus da posição de equilíbrio do pêndulo. Use um transferidor para marcar a posição numa folha de papel.

Figura 20 - Estudantes preparando a atividade experimental com o pêndulo.

Fonte das fotografias: O autor.

2. **Realize as medidas:**
   - Anote o comprimento do fio (L);
   - Use o cronômetro e marque o tempo decorrente para um total de 10 oscilações;

- Faça uma média do período (basta dividir o tempo total por 10) por oscilação;
- Repita o procedimento algumas vezes para diminuir o erro.
- Anote as informações, conforme tabela a seguir:

Tabela 2- Tabela para anotação dos dados do experimento.

Nº da medida	**Tempo total de 10 oscilações (s)**	**T - Período médio (Tempo total/10) em (s)**	**L - Comprimento do fio (m)**
1			
2			
3			
MÉDIA:			

Fonte: O autor.

3. **Aplicação do modelo:** Com as informações da tabela, calcule o valor da aceleração da gravidade:

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$$

.....
.....
.....
.....

4. **Comparação dos resultados:** Compare o valor encontrado no experimento com o valor determinado na pesquisa e responda:
   a. O valor encontrado é aproximado àquele da pesquisa?

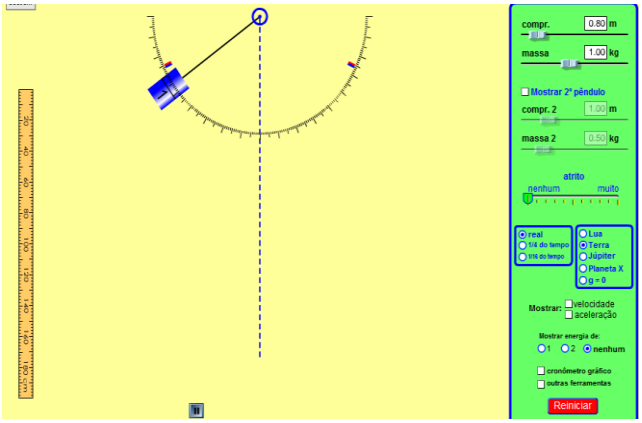
.....
.....

   b. Discuta com seu professor: que fatores influenciaram na determinação experimental da aceleração da gravidade com o pêndulo:

Atividade Computacional

Para a compreensão e visualização desse fenômeno, vamos utilizar um objeto de aprendizagem que permite visualizar esse fenômeno físico utilizando um pêndulo virtual, o nome do objeto é "Laboratório de Pêndulos[12]", com ele, podemos simular um pêndulo oscilando. Siga as orientações do professor e realize os seguintes procedimentos:

Figura 21: "*Print*" da simulação "Laboratório de Pêndulos".



Fonte: < goo.gl/67qD6u > Acesso em 10 de setembro de 2016

a) Escolha os seguintes parâmetros (quadro verde da tela):
   - *Comprimento do fio (L): use 2,0 m;*
   - *Massa (m): use 1,0 kg -*
   - *Atrito: use nenhum*
   - *Planeta: Terra*
   - *Selecione a opção: cronômetro gráfico.*
   - *Arraste com o mouse a massa do pêndulo: ângulo de 10°*

b) Deixe o pendulo oscilar e inicie o cronômetro gráfico. Anote o valor informado no cronômetro para o período de oscilação na Terra.

   .....

c) Reinicie o simulador e altere o seguinte parâmetro:
   - Massa do pêndulo (m): use 2,0 kg

   Deixe o pêndulo oscilar e anote qual será o período de oscilação. Houve diferenças?

   .....

   .....

d) Reinicie o simulador e altere o seguinte parâmetro:

---

12 Disponível no endereço: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/pendulum-lab

- Atrito: arraste para uma posição intermediária (entre nenhum e muito atrito);

Deixe o pêndulo oscilar e responda: Houve diferenças no período de oscilação? E na amplitude de oscilação?

.....

.....

.....

e) Repita o procedimento com os mesmos parâmetros adotados no item (a) para os seguintes locais: Lua, Júpiter, Planeta “X” e “sem gravidade”. Qual o período de oscilação do pêndulo em cada situação?

T_{lua}: .....

$T_{Júpiter}$: .....

$T_{Planeta\ X}$: .....

$T_{sem\ gravidade}$: .....

f) Um planeta com maior aceleração gravitacional (Júpiter, por exemplo), faz o pêndulo ser mais lento ou mais rápido?

.....

.....

.....

.....

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 contidas na seção “exercícios propostos” anexo a esta unidade didática.

Siga as orientações do seu professor.

Referências

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S; VEIT, E. A. *A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de Física*, **Física na Escola**, v. 9, n.1, p.10-14, 2008.

FILHO, Arnoldo Brasilio. **Trabalho com pêndulos.** Aula disponível no Portal do Professor – MEC (Ministério da Educação). Disponível em: http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1496 – Acessado em 30 de maio de 2015.

FERREIRA, Ricardo Bruno. Galileu e a sua importância epistemológica. 2004.

GASPAR, A. Manual do Professor. In: **Compreendendo a física**: ensino médio/ Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

HEWITT, Paul G. **Fundamentos de Física Conceitual**; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2009

HORIGUTI, Augusto Massashi. Determinação da Equação Geral do Pêndulo simples**. Revista: Sinergia**, São Paulo, v.7, n.1, pg.59-63, 2006.

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto. POGIBIN, Alexander. OLIVEIRA, Renata Cristina de Andrade. ROMERO, Talita Raquel Luz. **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. v.1, 1ª ed. São Paulo, FTD 2010.

PARANÁ/SEED. **Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica – Física**. Curitiba: SEED, 2009

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

SANTOS, Leandro Antonio dos. **Elaboração de unidades didáticas como estratégia central para a compreensão dos modelos científicos: Uma proposta baseada em Vigotski para o estudo do movimento.** Dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

TOSCANO, Carlos. **Física e Realidade**, ensino médio física, vol.01. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Scipione, 2010.

Anexo da Unidade didática III – Exercícios propostos

01. A Terra não é perfeitamente esférica. Isso significa que a gravidade não tem, a rigor, o mesmo valor numérico em todos os pontos da sua superfície. Em uma região próxima à linha do Equador, a aceleração da gravidade será:
    a. Maior em relação aos polos.
    b. Menor em relação aos polos.
    c. Igual em relação aos polos.
    d. Zero.

02. O monte Evereste é um dos pontos mais altos da superfície da Terra. Sabendo-se que sua altura em relação ao nível do mar é de aproximadamente 9000 m, a aceleração da gravidade no topo do monte será:
    a. Menor em relação ao nível do mar.
    b. Maior em relação ao nível do mar.
    c. Igual em relação ao nível do mar.
    d. Zero.

03. Na superfície de um planeta de massa M, um pêndulo simples de comprimento L, tem período T duas vezes maior que o período na superfície da Terra. A aceleração, devido à gravidade neste planeta, é:
    a. 20 m/s^2
    b. 5,0 m/s^2
    c. 15,0 m/s^2
    d. 2,5 m/s^2

04. Na Terra, certo pêndulo simples executa oscilações com período (T). O período desse pêndulo se posto a oscilar na Lua, onde a aceleração da gravidade é 6 vezes menor:
    a. Aumentaria em relação à Terra.
    b. Diminuiria em relação à Terra.
    c. Permaneceria o mesmo período de oscilação.
    d. Tenderia ao infinito.

05. O que aconteceria com o período de um pêndulo à medida que fosse removido para uma região livre de ações gravitacionais:
    a. Aumentaria em relação à Terra.
    b. Diminuiria em relação à Terra.
    c. Permaneceria constante.
    d. Tenderia ao infinito.

06. Um pêndulo simples, de comprimento L, tem um período de oscilação T, num determinado local. Para que o período de oscilação passe a valer 2T, no mesmo local, o comprimento do pêndulo deve ser aumentado para:

a. 2 L
b. 4 L
c. 6 L
d. 7 L

07. Considerando g = 10m/s², o período de um pêndulo simples, que tem comprimento de 1,6 m, será aproximadamente:

a. 2,5 s
b. 5,0 s
c. 1,6 s
d. 1,0 s

08. Suponhamos que no Planeta “X”, um pêndulo simples de comprimento 2 m, possui período de oscilação 4,0 s. A aceleração da gravidade neste planeta desconhecido será aproximadamente:

a. 2,5 m/s^2
b. 5,0 m/s^2
c. 7,5 m/s^2
d. 10 m/s^2

09. Das grandezas relacionadas abaixo, as que influenciam no período de um pêndulo simples são:

a) Massa do pêndulo e comprimento do fio.

b) Amplitude do movimento e massa do pêndulo.

c) Comprimento do pêndulo e aceleração gravitacional.

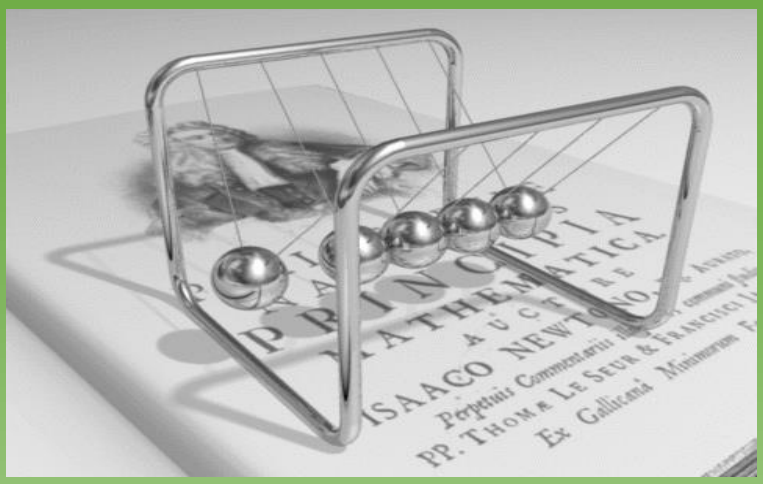
d) Aceleração gravitacional local e amplitude do movimento.

e) Massa do pêndulo e aceleração gravitacional.

UNIDADE DIDÁTICA 4

Princípio da conservação da quantidade de movimento

Figura 22: Pêndulo de Newton.



Autoria da imagem: DemonDeluxe – Imagem livre para utilização desde que citada a autoria, conforme licença disponível no endereço: goo.gl/Z3KsyD – Acesso em 20 de outubro de 2015

Existe "algo" que se conserva nos movimentos?

Para início de conversa

Agora trataremos de uma ideia que é muito importante para a física, a conservação e, em decorrência, um princípio de conservação. Pense nessa palavra "CONSERVAÇÃO", o que lhe vem à mente?

a) Relate sua concepção.

b) Procure no dicionário o que significa a palavra "conservação" ou "conservar". Após a pesquisa, relate o significado.

Atividade Experimental

Assista ao vídeo "Brincando com o pêndulo de Newton" disponível na rede web[13]. O pêndulo de Newton é um dispositivo que recebe o nome do físico Isaac Newton por demonstrar empiricamente princípios e leis físicas estudadas e demonstradas por Newton. O autor do experimento demonstra sete atividades diferentes que podem ser feitas utilizando o mesmo pêndulo. Discuta com seu professor o que acontece em cada situação.

Figura 23: Pendulo de Newton.

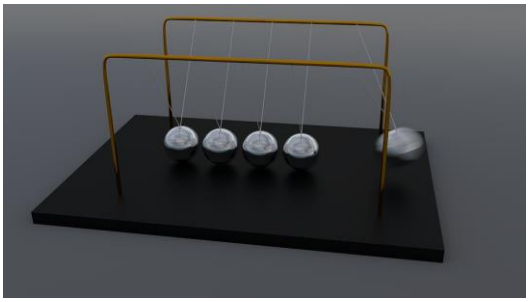


Imagem em domínio público. Disponível em: goo.gl/EvBy7O/– Acesso 10 out. 2016.

Mas qual a relação entre conservação e movimento?

Para buscar evidências que contribuam para a resposta dessa pergunta, leia o texto a seguir, que foi produzido pelo GREF[14]. O texto aborda os movimentos transmitidos em diferentes meios e analisa separadamente o movimento das "coisas" que possuem algum meio próprio de se mover, como motores e pernas e coisas que dependem de um impulso de algum outro objeto para obter movimento.

---

13 Disponível no endereço: https://www.youtube.com/watch?v=tG65CGR1adU

14 Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – disponível no endereço: www.if.usp.br/gref

Coisas que parecem se mover sozinhas ...

Coisas que voam

Se você perguntar a qualquer um o que faz um avião voar, a primeira resposta provavelmente será "as asas". É uma resposta correta, mas não é uma resposta completa. Para que as asas de um avião possam sustentá-lo no ar, é preciso que ele atinja uma certa velocidade inicial, e que se mantenha em movimento no mínimo com essa velocidade.

Para que essa velocidade seja atingida é que são empregados os motores a jato ou então as hélices. Tanto as hélices quanto os jatos têm a função de estabelecer uma forte corrente de ar para trás, que faz com que a aeronave seja empurrada para frente.

Batendo as asas, os pássaros também empurram ar para trás e para baixo, e conseguem se locomover no ar. No espaço, onde não há ar para ser "empurrado", a locomoção pode ser feita com foguetes, que expelem gases a altíssima velocidade.

As hélices "jogam" o ar para trás, impulsionado o avião.

Coisas que "nadam"

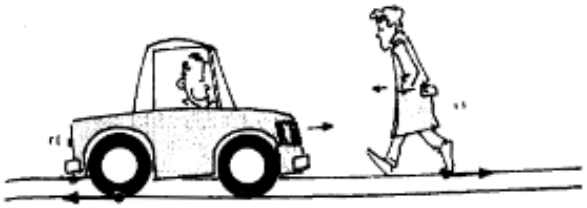
A locomoção sobre a água também exige "empurrar" algo para trás. Em geral, esse "algo" é a própria água, que pode ser empurrada por uma hélice, por um remo ou jato de *jet-ski*.

A natação também exige que se empurre água para trás. Isso é feito com o movimento de braços e pernas. Sob a água peixes e outros animais marítimos também empurram a água usando suas nadadeiras.

Coisas que "andam"

Os movimentos sobre a Terra também obedecem o mesmo princípio. Embora não seja muito visível, a locomoção de um automóvel ou de uma pessoa se dá a partir de um impulso para trás dado pelas rodas ou pelos pés.

Portanto, mesmo contando com motores, pernas, nadadeiras ou asas, os veículos e os animais precisam de algo para empurrarem para trás para conseguirem sua locomoção. Esse "algo" pode ser o ar, a água ou até mesmo o próprio solo sobre o qual eles se movimentam.

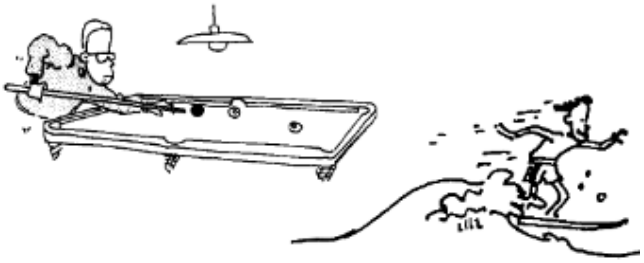


Coisas que realmente parecem não se mover sozinhas

Pois é. Parece que para se mover, um objeto sempre depende de outro. Mas há situações nas quais isso fica ainda mais evidente: uma bola de futebol não se move sozinha: seu movimento depende do chute pelo jogador. Da mesma forma, um barco a vela depende do vento para obter movimento.

Em ambos os casos, um movimento que já existia anteriormente (no pé e no vento) parece estar sendo parcialmente transmitido para um outro corpo (a bola e o barco).

Essa transmissão de movimento é mais visível em um jogo de bilhar ou sinuca, quando uma bola, ao atingir outra "em cheio", perde boa parte de seu movimento, enquanto a bola atingida passa a se mover. Parece que o movimento que estava na primeira bola foi transferido para a segunda.



O mesmo acontece quando uma onda atinge uma prancha de surf, cedendo a ela parte de seu movimento, dando ao *brother* a devida diversão.

Em todos esses exemplos, um corpo sem motor ou alguma outra fonte de propulsão própria, obtém seu movimento de um outro que já se movia antes, retirando-lhe parte de seu movimento.

Figuras e texto extraído de GREF. Mecânica, Vol.1, p. 12,1998. Disponível no endereço: www.if.usp.br/gref - Acesso em 24 de novembro de 2016.

Mas do que depende essa quantidade de movimento?

Fonte: Imagem em domínio público, disponível em: goo.gl/D1qRve – Acesso em 12 set. 2016.

Imagine que você está em uma pista de patinação e percebe que um adulto e uma criança estão vindo de encontro a você, com a mesma velocidade. Não vai ser possível escapar dos dois. Você terá que escolher se foge do adulto e tromba com a criança ou vice-versa. Qual das colisões causaria maior estrago?

Certamente, o choque com o adulto provocaria maiores lesões. Ele tem mais massa do que a criança, ou seja, há alguma coisa a mais no movimento dele. Por isso, pará-lo exigiria maior esforço. Esse exemplo nos permite perceber que, além da velocidade, a massa também é importante para determinar a quantidade de movimento de um objeto.

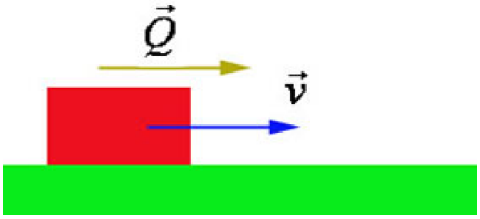
(Texto adaptado de: TOSCANO, 2010, Vol.1, p. 42)

Mas como medir essa grandeza?

Fisicamente, a quantidade de movimento (Q) de um objeto, em cada instante, corresponde ao produto da sua massa (m) pela velocidade (v). Assim:

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

Figura 25 - A Quantidade de movimento e a velocidade terão a mesma direção e sentido.



Fonte: O autor.

Dessa maneira, como a velocidade, a quantidade de movimento é uma grandeza vetorial, ou seja, depende do valor numérico, direção e sentido.

É importante destacar que a direção e o sentido da quantidade de movimento são os mesmos da velocidade, conforme figura anterior.

A unidade de quantidade de movimento resulta do produto de massa pela unidade de velocidade; ou seja, no SI a quantidade de movimento é expressa em kg.m/s.

Aprofundando o assunto

Resolva em seu caderno

1. Qual dos seguintes objetos tem maior quantidade de movimento: um caminhão pesado em repouso ou um skate em movimento? Justifique.

2. Qual dos seguintes objetos tem maior quantidade de movimento: um caminhão a 60 km/h ou uma moto a 60 km/h? Justifique.

3. Qual a quantidade de movimento de um patinador de gelo de 50 kg que desliza sobre uma pista de gelo a 2 m/s?

Em busca de um princípio...

Você deve ter percebido que alguma “coisa” se conserva no experimento do vídeo e em outras situações do cotidiano aqui apresentadas.

A ideia de conservação é realmente muito importante para a Física. René Descartes, filósofo do século XVII, foi quem primeiro a empregou para o estudo do movimento. Segundo ele, Deus teria criado no Universo uma quantidade certa de repouso e movimento que permaneceriam eternamente imutáveis. Embora a física atual não utilize ideias religiosas, a noção de conservação de movimento presentes em Descartes ainda continua válida.

Figura 26 - René Descartes.

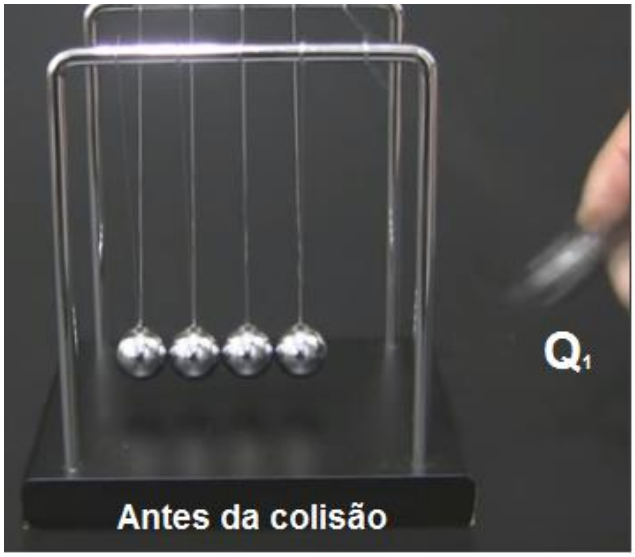
Fonte da imagem: https://commons.wikimedia.org – Acesso em 20 de outubro de 2015.

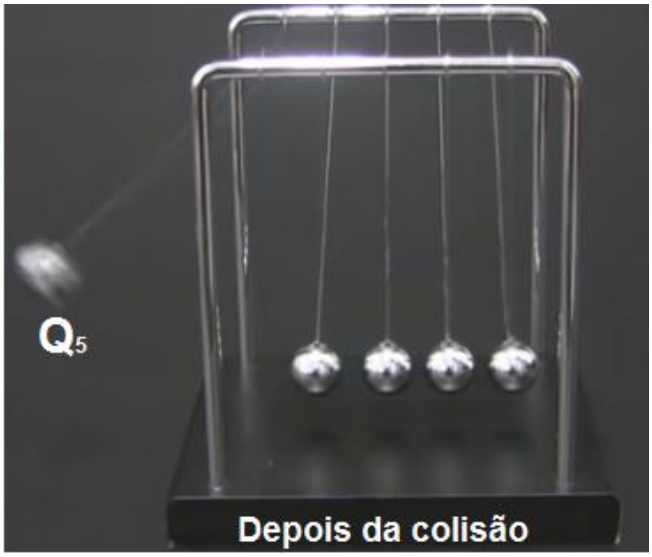
Ou seja, se um corpo perde seu movimento, um outro corpo deve receber esse movimento, de modo que a quantidade de movimento total se mantém sempre a mesma.

(Adaptado de: USP/GREF-Instituto de Física, 1998, p. 14)

Princípio da Conservação da Quantidade de movimento

Como vimos no texto que acabamos de ler, a quantidade de movimento total de um sistema se conserva antes e após a interação. Para entender melhor tudo isso, vamos analisar o choque entre as bolinhas do pêndulo de Newton:





ANTES DEPOIS

$$Q_{\text{pêndulo de Newton}} = Q_{\text{pêndulo de Newton}}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$m_1.v_1 + m_2.v_2 + \ldots m_5.v_5 = m_1.v_1 + m_2.v_2 + \ldots. m_5.v_5$$

Na situação acima, quando levantamos apenas uma bolinha e a soltamos, sua quantidade de movimento (ou *momentum*) são transferidos integralmente até a última esfera que obtém a mesma quantidade de movimento da esfera inicial. Isso quer dizer que se somássemos a quantidade de movimento das bolinhas antes e depois da colisão, obteríamos o mesmo resultado.

Entretanto, a quantidade de movimento de um sistema de corpos interagentes em determinado instante se conserva, desde que ele seja um sistema isolado. Chamamos de sistema isolado o sistema em que a ação de forças externas (fatores externos: atrito, possível deformação da bolinha etc.) são desprezadas, ou ainda, quando possuem intensidades muito pequenas quando comparadas com a força de interação entre os corpos.

Afinal de contas, existe um sistema mecânico perfeitamente isolado?
Debata com seu professor essa ideia.

Aprofundando o assunto

Resolva em seu caderno

1. Um pequeno trator[15] de 4 toneladas estava se deslocando em uma estrada quando, repentinamente, colidiu frontalmente em um automóvel de 900 kg e a 80 km/h que trafegava na contramão. Sabendo que as velocidades dos dois veículos após o choque são nulas, determine a velocidade do trator imediatamente antes do choque.

2. Uma pessoa de massa 60 kg se movimenta a 4 m/s e salta sobre um carrinho de massa 15 kg, inicialmente em repouso. Desprezando o atrito das rodas do carrinho, qual seria a velocidade final do conjunto?

Atividade computacional

A atividade seguinte será uma simulação apresentada pelo professor e está disponível na rede web[16]. Nesse simulador você poderá analisar a colisão entre patinadores. O choque entre eles poderá nos ajudar a compreender melhor o Princípio da Conservação da quantidade de movimento. Descreva o que acontece em cada uma das situações apresentadas:

Figura 27 – Atividade computacional envolvendo o "Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento".

Fonte da imagem: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br – Acesso em 21 de outubro de 2015

[15] Questão extraída de: Física, 1º Ano: Ensino Médio – 1ª Ed. **Coleção quanta física** – Vol.1, pg. 70. São Paulo: Editora PD, 2010

[16] Disponível no endereço: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/2497/open/file/atividade4.htm?sequence=5&eventSource=2

1ª SITUAÇÃO:

PATINADORES EMPURRAM-SE MUTUAMENTE NO CENTRO DE UMA PISTA DE PATINAÇÃO AO GELO

a) Rafa (m = 50 kg) e Artur (m=50 kg), inicialmente parados, se empurram mutuamente no centro da pista. Após a interação, responda:

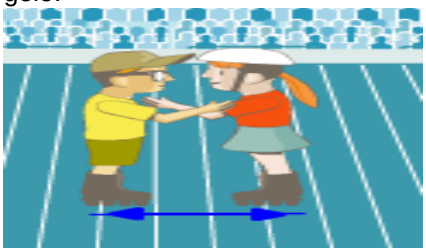
I. Houve deslocamento de Rafa e Artur? Se sim, em que direção e sentido?

.....

.....

.....

Figura 28 - Rafa e Artur se empurram mutuamente no centro de uma pista de patinação ao gelo.



Fonte da imagem: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br – Acesso em 21 de outubro de 2015

II. Qual o valor da velocidade final do Artur se a velocidade final da Rafa for de 2 m/s? Lembre-se que pelo Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento:

ANTES **DEPOIS**

$Q_{Artur} + Q_{Rafa} = Q_{Artur} + Q_{Ana}$

.....

.....

.....

.....

b) Tiago (m = 75 kg) e Rafa (m = 50 kg), inicialmente parados em uma pista de patinação muito lisa, empurram-se mutuamente no centro da pista.

I. Houve deslocamento de Rafa e Tiago? Se sim, em que direção e sentido?

.....

.....

.....

Figura 29 - Rafa e Tiago se empurram mutuamente no centro de uma pista de patinação ao gelo.

Fonte da imagem: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br – Acesso em 21 de outubro de 2015

II. Na interação de Tiago com a Rafa, qual a velocidade final da Rafa se a de Tiago foi de 1,5 m/s?

ANTES DEPOIS

$Q_{Tiago} + Q_{Rafa} = Q_{Tiago} + Q_{Rafa}$

.....

.....

.....

.....

.....

2ª SITUAÇÃO:

PATINADORES EM MOVIMENTO QUE COLIDEM FRONTALMENTE NO CENTRO DA PISTA

c) Rafa (m=50 kg) e Artur (m=50 kg) colidem no centro da pista com a mesma velocidade. Se os dois ficaram parados após a colisão, qual a velocidade inicial da Rafa, se o Artur tinha velocidade de 3m/s?

ANTES DEPOIS

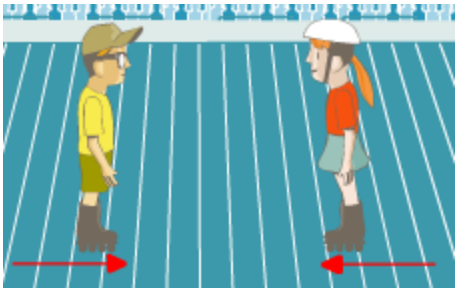
$Q_{Artur} + Q_{Rafa} = Q_{Artur} + Q_{Ana}$

.....

.....

.....

Figura 30 - Rafa e Artur colidem frontalmente no centro de uma pista de patinação.



Fonte da imagem: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br – Acesso em 21 de outubro de 2015

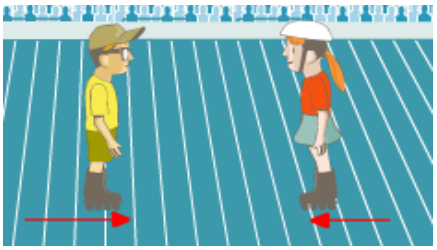
d) Rafa (m= 50 kg) e Artur (m=50 kg) colidem no centro da pista com velocidades diferentes. Após a interação:

I. Por que o dois não ficaram parados?

.....

.....

Figura 31 - Rafa e Artur colidem frontalmente no centro de uma pista de patinação.



Fonte da imagem: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br – Acesso em 21 de outubro de 2015

II. Quem tinha maior velocidade antes da colisão? Justifique.

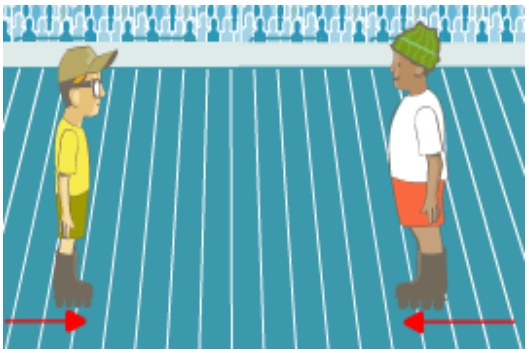
.....

.....

e) Artur (m = 50 kg) e Tiago (m = 75 kg) colidem no centro da pista com velocidades iguais. Após a interação:

I. Por que os dois não ficaram parados?

Figura 32 - Tiago e Artur colidem frontalmente no centro de uma pista de patinação.



Fonte da imagem: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br – Acesso em 21 de outubro de 2015

II. Quem tinha maior quantidade de movimento antes da colisão? Justifique.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

III. Para os dois ficarem parados após a colisão, qual deve ser a velocidade de Artur, se Tiago colide com ele a 4m/s?

.....

.....

.....

3ª SITUAÇÃO:

PATINADOR QUE COLIDE FRONTALMENTE COM OUTRO PATINADOR PARADO NO CENTRO DA PISTA

f) Artur (m = 50 kg) colide frontalmente com a Rafa (m = 50 kg) que estava parada. A que velocidade Artur colidiu com a Rafa, se os dois, após a colisão, saíram a 1m/s?

.....

.....

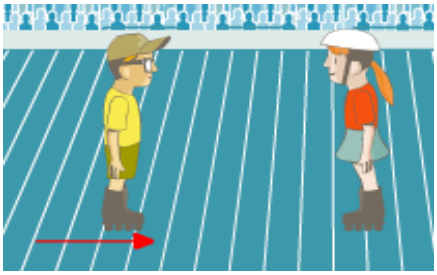
.....

.....

.....

.....

Figura 33 - Artur colide frontalmente com a Rafa que estava parada no centro de uma pista de patinação



Fonte da imagem: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br – Acesso em 21 de outubro de 2015

g) Tiago (m = 75 kg) colide frontalmente com o Artur (m = 50 kg) que estava parado. Qual a velocidade final do Artur e Tiago, se Tiago, inicialmente, colidiu a 3m/s?

.....

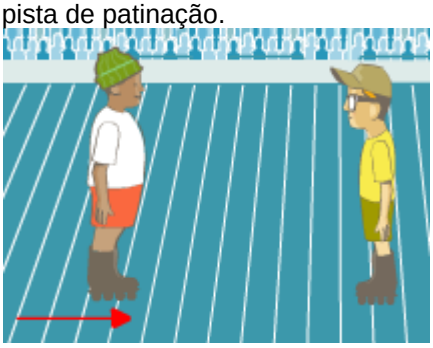
.....

.....

.....

.....

Figura 34 - Tiago colide frontalmente com o Artur que estava parado no centro de uma pista de patinação.



Fonte da imagem: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br – Acesso em 21 de outubro de 2015

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades 1, 2, 3, 4 e 5 contidas na seção “exercícios propostos” anexo a esta unidade didática.

Siga as orientações do seu professor.

Debate: Limites do modelo da Mecânica Newtoniana

Com ajuda do seu professor e colegas, discuta e responda as seguintes situações:

1. Na simulação computacional com os patinadores, consideramos a quantidade de movimento constante, pois desprezamos alguns fatores (ou forças externas). Cite algum fator (força externa) que interfere na velocidade dos patinadores?

   .....

   .....

2. Matematicamente, como poderíamos determinar a variação da quantidade de movimento.

   .....

   .....

3. Conceitualmente, defina Impulso.

   .....

   .....

4. A Segunda Lei de Newton define força como a variação da quantidade de movimento em função do tempo. Como podemos apresentar matematicamente esta relação?

   .....

   .....

5. Para a Mecânica Clássica, a posição e a quantidade de movimento de uma partícula definem o seu movimento com relativa precisão. Entretanto, em certas condições isso pode não funcionar. Quais os limites da Teoria Newtoniana?

   .....

   .....

   .....

   .....

6. Na Mecânica Quântica é possível determinar simultaneamente com precisão a posição e velocidade de uma partícula em escala microscópica?

   .....

   .....

   .....

   .....

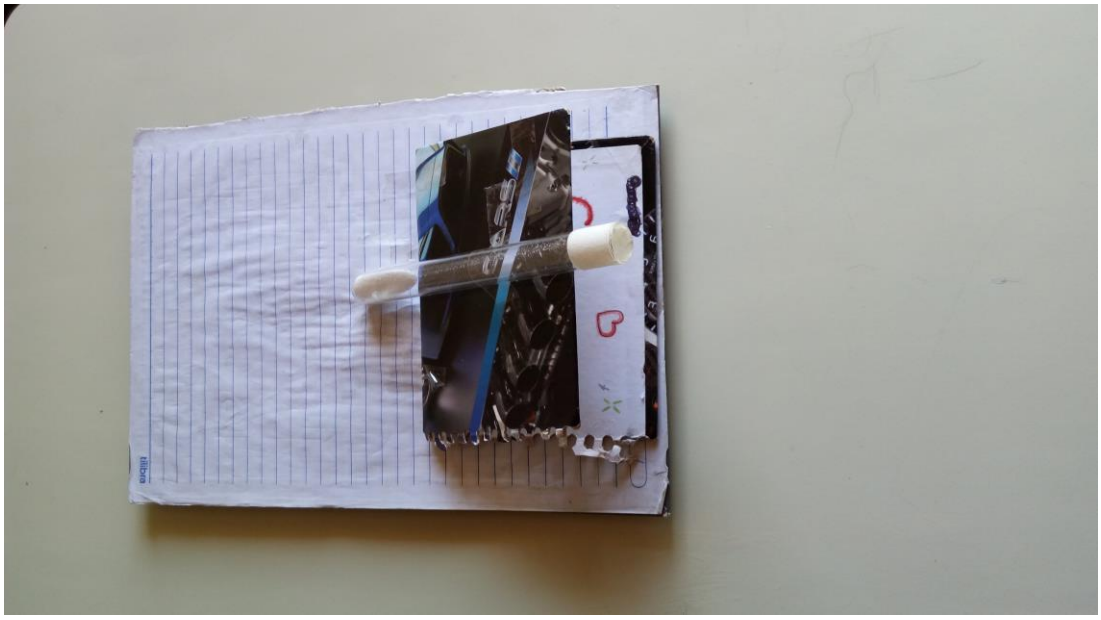
Atividade Experimental

Agora que sabemos o que representa, os fatores que a constituem e como calcular a quantidade de movimento, podemos realizar algumas atividades experimentais sobre o assunto. Em grupos, realize uma pesquisa em livros didáticos ou em sítios da internet sobre atividades experimentais relacionadas ao princípio da conservação da quantidade de movimento. Após a pesquisa, construam o experimento e apresentem para a turma. Qualquer dúvida peça ajuda ao seu professor.

Figura 35 - Fotos de alguns experimentos pesquisados, construídos e apresentados pelos estudantes relacionados à conservação da quantidade de movimento. (a) canhão de borrachinha; (b) balão-foguete; (c) canhão de sal de frutas.

(a)

(b)



(c)

Fonte das fotografias: O autor.

Referências

DO CARMO, Alex Bellucco. Ensinando quantidade de movimento: como conciliar o tempo restrito com as atividades de ensino investigativas na sala de aula?. Revista Ciência em Tela, v.5, nº1, 2012

USP/GREF-Instituto de Física. Conservação dos movimentos. In: **Leituras de Física, GREF**: mecânica para ler, fazer, pensar. São Paulo: USP, junho de 1998, versão preliminar, p. 14. Disponível no Endereço eletrônico: http://www.bibvirt.futuro.usp.br – Acesso em 20 de outubro de 2015

GASPAR, A. Manual do Professor. In: **Compreendendo a física**: ensino médio/ Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2009

MENDES, Mariane. Pêndulo de Newton no Ensino de Mecânica, [201-?]. Disponível em < http://educador.brasilescola.uol.com.br/estrategias-ensino/pendulo-newton-no-ensino-mecanica.htm > Acesso em 09 de fevereiro de 2016

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto. POGIBIN, Alexander. OLIVEIRA, Renata Cristina de Andrade. ROMERO, Talita Raquel Luz. **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. v.1, 1ª ed. São Paulo, FTD 2010.

PARANÁ, SEED. Caderno de Expectativas aprendizagem (Departamento de Educação Básica). 2012.

PARANÁ/SEED. Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica – Física. Curitiba: SEED, 2009

PIETROCOLA, M. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

KANTOR, Carlos, *et al*. Coleção **Quanta Física**. v.1, 1ª ed. São Paulo: Editora PD, 2010.

SANTOS, Leandro Antonio dos. **Elaboração de unidades didáticas como estratégia central para a compreensão dos modelos científicos: Uma proposta baseada em Vigotsky para o estudo do movimento.** Dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

TOSCANO, Carlos. Física e Realidade, ensino médio física, vol.01. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Scipione, 2010.

Anexo da Unidade Didática IV – Exercícios propostos

1. Quem tem maior quantidade de movimento, uma moto a 100 km/h ou um caminhão a 100 km/h? Justifique.

2. O que significa dizer que o momentum (ou qualquer grandeza) é conservado?

3. Qual é o momentum de um caixote de 50 kg que desliza sobre uma superfície de gelo a 4 m/s?

4. Num trecho plano, um automóvel de massa 950 kg foi freado, e sua velocidade passou de **10 *m/s*** para ***zero***. Determine:
   a) o valor da quantidade de movimento no início da freada.

   b) o valor da quantidade de movimento no final da freada.

   c) a variação da quantidade de movimento *(ΔQ)* nesse trecho.

5. Um homem de 70 kg e um menino de 35 kg, ambos usando patins, estão parados um diante do outro. Com um empurrão, o menino imprime no homem uma velocidade de 0,40 m/s e os dois se afastam. Qual é o valor da velocidade do menino depois do empurrão?

SÉRIE

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

VOLUME 1 – ***Automatização de Experimentos de Física Moderna com o Kit Lego NXT Mindstorms***
Wanderley Marcílio Veronez, Luiz Américo Alves Pereira, Gélson Biscaia de Souza

VOLUME 2 – ***O Arduino na Programação de Experiências em Termodinâmica e em Física Moderna***
Marilene Probst Novacoski. Gélson Biscaia de Souza, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 3 – ***Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday***
Marlon Labas, Fábio Augusto Meira Cássaro

VOLUME 4 – ***Estudando Astronomia, Aprendendo Física: Atividades Práticas de Observação do Sol***
Ana Caroline Pscheidt, Marcelo Emílio

VOLUME 5 – ***Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano***
Gustavo Trierveiler Anselmo, Júlio Flemming Neto, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 6 – ***Ensino dos Conceitos de Movimento e Inércia na Mecânica, a partir de uma Concepção de Ciência que não Utiliza a Lógica Binária***
Luiz Alberto Clabonde, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 7 – ***Uma Proposta de Utilização de Mídias Sociais no Ensino de Física com Ênfase à Dinâmica de Newton***
Heterson Luiz De Lara, Alexandre Camilo Junior, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 8 – ***O Eletromagnetismo e a Física Moderna através de Atividades Experimentais***
Ademir Krepki Henisch, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 9 – ***Física Nuclear e Sociedade***
Tomo I – ***Caderno do Professor***
Tomo II – ***Caderno do Aluno***
Josicarlos Peron, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 10 – ***Conceituação e Simulação na Dinâmica do Movimento***
Tomo I – ***Caderno do Professor***
Tomo II – ***Caderno do Aluno***
Leandro Antonio dos Santos, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 11 – ***Montagem de um Painel Didático e Atividades Experimentais em Circuitos de Corrente Contínua***
Renato Dalzotto, Sérgio da Costa Saab, André Maurício Brinatti

VOLUME 12 – ***Nas Cordas dos Instrumentos Musicais***
Luís Alexandre Rauch, André Maurício Brinatti, Luiz Fernando Pires

VOLUME 13 – ***O Fóton em Foco: Relações entre Cor, Frequência e Energia de Radiações Eletromagnéticas***
Romeu Nunes de Freitas, André Maurício Brinatti, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 14 –
Tomo I -***Iniciação em Robótica e Programação com Algumas Aplicações em Física***
Tomo II – ***Tutorial: Tela Interativa com Controle do Nintendo Wii***
Hernani Batista da Cruz, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 15 – ***O Uso do Software Tracker no Ensino de Física dos Movimentos***
Edenilson Orkiel, Silvio Luiz Rutz da Silva

Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons – Atribuição -Não Comercial- Compartilha Igual 4.0 Internacional.

Disponível em:
http://uepg.br/proex/Home/ebook.html