

PRODUTO EDUCACIONAL

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

A QUESTÃO ÉTNICO-RACIAL E DE GÊNERO NO ENSINO DE FÍSICA: O CINEMA COMO ORGANIZADOR SEQUENCIAL

Carolini Felisberto de Souza
Orientador: Prof. Dr. Felipe Damasio

Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Araranguá
Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

APRESENTAÇÃO

Caro(a) professor(a),

A sociedade exige que o cidadão, para exercer sua cidadania, possua acesso a recursos culturais relevantes, a fim de que possa intervir e participar de maneira responsável da vida social. Um ensino de qualidade é um direito do cidadão e atualmente a sociedade necessita de um sistema educacional que implemente uma prática educativa adequada às necessidades sociais, políticas, econômicas e culturais da realidade brasileira, que considere os interesses e as motivações dos alunos e garanta as aprendizagens essenciais para a formação de cidadãos autônomos, críticos e participativos, capazes de atuar com competência, dignidade e responsabilidade na sociedade em que vivem (BRASIL, 1997).

A escola pública tem um papel fundamental e de extrema importância na educação para a cidadania, dado que ela, por definição, deve acolher a todos, sendo parte integrante da vida da cidade democrática (VASCONCELOS, 2007).

Contudo, a educação não deve apenas promover a capacitação dos estudantes para futuras habilitações em termos das especializações tradicionais, deve antes procurar formar os estudantes em termos de sua capacitação para a aquisição e o desenvolvimento de novas competências. Foi em busca de uma educação que almeje desenvolver a criticidade do aluno, bem como possibilite uma aprendizagem subversiva, que este produto educacional foi desenvolvido (BRASIL, 2018).

Este produto educacional é a parte integrante da dissertação de mestrado intitulada: *A questão étnico-racial e de gênero no ensino de física: o cinema como organizador sequencial*. Esta é a versão impressa do produto que está disponível em um site educacional na rede mundial de computadores¹. Nesta página estão disponíveis os organizadores prévios, as duas Unidades de Ensino Potencialmente (UEPS), os textos de apoio paradidáticos, as apresentações de slides e os roteiros dos experimentos, ou seja, todos os materiais e passos para a elaboração e implementação estão disponíveis no site e poderão ser adaptados pelo professor.

¹ Disponível no link: https://karolsouza18.wixsite.com/decolandonafisica_fisica (karolsouza18.wixsite.com)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de referencial.....	16
Figura 2 - Sistema de coordenadas.....	17
Figura 3 - Exemplo de movimento.....	17
Figura 4 - Posição	19
Figura 5- Trajetória	19
Figura 6 - Exemplo automóvel rotatória	20
Figura 7 - Distância percorrida X deslocamento.....	21
Figura 8 - Velocidade relativa.....	24
Figura 9 - Gráfico velocidade	26
Figura 10 - Experimento bexiga foguete.....	36
Figura 11 - Força normal e força peso	43
Figura 12 - Força de atrito.....	44
Figura 13 - Força de tração	45
Figura 14 - Segunda Lei de Newton	47
Figura 15 - Exemplo da Terceira Lei de Newton.....	48
Figura 16 - Representação do funcionamento do foguete de propelente sólido	50
Figura 17 - Representação do funcionamento do foguete de propelente líquido.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UEPS	Unidades de Ensino Potencialmente Significativas
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme
SI	Sistema Internacional de Unidades
MRUV	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - UEPS: A MECÂNICA (CINEMÁTICA) NA SALA DE AULA EM UMA PERSPECTIVA DE, SOBRE E PARA A FÍSICA.....	5
CONTEXTO.....	7
OBJETIVO GERAL.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
MATERIAIS NECESSÁRIOS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
ASPECTOS SEQUENCIAIS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
CAPÍTULO 2 - QUESTIONÁRIO SOBRE O FILME <i>ALEXANDRIA</i>.....	10
CAPÍTULO 3 - EXPERIMENTOS DE CINEMÁTICA – MRU E MRUV	12
TRAJETÓRIA.....	12
MATERIAIS NECESSÁRIOS	12
COMO MONTAR.....	12
DOMINÓ	12
MATERIAIS NECESSÁRIOS	12
COMO MONTAR.....	12
ACELERÔMETRO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
MATERIAIS NECESSÁRIOS	13
COMO MONTAR.....	13
CAPÍTULO 4 - QUESTIONÁRIO SOBRE OS EXPERIMENTOS DE CINEMÁTICA..	14
CAPÍTULO 5 - TEXTO PARADIDÁTICO CINEMÁTICA	16
CINEMÁTICA.....	16
CONCEITOS INICIAIS: REPOUSO, MOVIMENTO, REFERENCIAL, ESPAÇO E TEMPO	16
CONCEITO INICIAS: POSIÇÃO, TRAJETÓRIA, DISTÂNCIA PERCORRIDA E DESLOCAMENTO	18
VELOCIDADE	21
RAPIDEZ MÉDIA, VELOCIDADE MÉDIA, VELOCIDADE INSTANTÂNEA E VELOCIDADE RELATIVA	22
ACELERAÇÃO	24
ACELERAÇÃO - PLANOS INCLINADOS DE GALILEU	25
MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (MRU).....	26
MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO (MRUV).....	26
CAPÍTULO 6 - ATIVIDADE AVALIATIVA SOBRE CINEMÁTICA.....	27
CAPÍTULO 7 - UEPS: A MECÂNICA (DINÂMICA) NA SALA DE AULA EM UMA PERSPECTIVA DE, SOBRE E PARA A FÍSICA.....	31
CONTEXTO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
OBJETIVO GERAL.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
MATERIAIS NECESSÁRIOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
ASPECTOS SEQUENCIAIS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
CAPÍTULO 8 - QUESTIONÁRIO SOBRE O FILME <i>ESTRELAS ALÉM DO TEMPO</i> ..	34

CAPÍTULO 9 - EXPERIMENTOS SOBRE DE DINÂMICA.....	36
ROTEIRO DE EXPERIÊNCIAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
EXPERIÊNCIA 1 - BEXIGA FOGUETE (NASA).....	36
MATERIAIS NECESSÁRIOS	36
PROCEDIMENTOS.....	36
EXPERIÊNCIA 2 - CARRO DE NEWTON (NASA)	37
MATERIAIS NECESSÁRIOS	37
PROCEDIMENTOS.....	37
QUESTIONAMENTOS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
EXPERIÊNCIA 3 - CORRIDA DE ANTIÁCIDOS (NASA)	38
MATERIAIS NECESSÁRIOS	38
PROCEDIMENTOS.....	38
CAPÍTULO 10 - QUESTIONÁRIOS SOBRE OS EXPERIMENTOS DE DINÂMICA... 39	
CAPÍTULO 11 - TEXTO PARADIDÁTICO DINÂMICA.....	41
DINÂMICA.....	41
FORÇA.....	41
TIPOS DE FORÇA	42
FORÇA PESO.....	42
FORÇA NORMAL	42
FORÇA DE ATRITO.....	43
FORÇA DE TRAÇÃO	44
PRIMEIRA LEI DE NEWTON	45
SEGUNDA LEI DE NEWTON	46
TERCEIRA LEI DE NEWTON.....	47
E COMO FUNCIONA O AVIÃO?	48
E COMO FUNCIONA O FOGUETE?	50
CAPÍTULO 12 - AVALIAÇÃO DE DINÂMICA	56
CAPÍTULO 13 – CONSIDERAÇÕES	
FINAIS.....	569
REFERÊNCIAS	60

CAPÍTULO 1 - UEPS: A MECÂNICA (CINEMÁTICA) NA SALA DE AULA EM UMA PERSPECTIVA DE, SOBRE E PARA A FÍSICA

Contexto

A UEPS proposta nesta sessão busca abordar o conteúdo de cinemática, partindo dos primeiros pensamentos sobre o conceito de movimento e chegando ao que temos atualmente. Para tanto, procura-se discutir aspectos da história e filosofia da ciência por meio da utilização do cinema e levantando debates sobre a questão de gênero e questões étnico-raciais na física.

Objetivo geral

Utilizar o cinema como organizador prévio para discutir os conceitos de cinemática, além de abordar como a ciência é influenciada pelo contexto sócio-histórico, político, econômico e cultural.

Objetivos específicos

- a) Desconstruir a ideia de que a ciência é feita por homens brancos;
- b) Apresentar a história do conceito de movimento a partir do filme *Alexandria*;
- c) Revisar os conceitos de cinemática;
- d) Apresentar possibilidades de utilização da cinemática no cotidiano;
- e) Apresentar como os conceitos estudados durante as aulas auxiliam no entendimento sobre como funciona o voo do avião.

Materiais necessários

- a) Computador;
- b) Acesso à Internet;
- c) Aplicativo *Google Meet* – videoconferência;
- d) Apresentação de Power point;
- e) Filme;

O processo de implementação desta UEPS ocorreu em 8 aulas de 54 minutos.

Aspectos sequenciais

- 1) Situação inicial (2 aulas): a aula iniciará com a apresentação do filme *Alexandria*. Em seguida será entregue um questionário aos alunos para levantar uma discussão com base nas respostas deles aos questionamentos feitos pelo professor.
- 2) Situações-problema: após os alunos assistirem o filme devem ser levantadas situações-problema por meio de questões sobre ciência (ver Apêndice C): i) Por quem a ciência é produzida?; ii) O que é necessário para ser um bom cientista?; iii) Mulheres são boas cientistas?; iv) Você saberia citar algum cientista homem famoso? E uma cientista mulher? E um cientista negro?; e v) Alguém nesta sala poderia ser um(a) bom(boa) cientista? Por quê?. Para situações-problema de ciência, deve-se sugerir aos alunos que desenvolvam três experimentos de cinemática: ‘Dominó’, ‘Experimento trajetória do objeto’ e ‘Acelerômetro’. Após a abordagem dos experimentos, deverá ser entregue um questionário (ver Apêndice D), para levantar questionamentos como: i) o que as experiências podem ajudar a entender a cinemática e ii) que leis são essas?
- 3) Revisão: iniciar uma aula de revisão utilizando a “Apresentação de slides 1”. As questões ali colocadas são: i) sobre o papel da mulher na ciência; ii) apresentação do papel importante das mulheres na ciência, focando na imagem de Hipátia; iii) abordagem da história da cinemática e como questões sociopolíticas influenciam no desenvolvimento da ciência; e iv) exposição introdutória da cinemática.
- 4) Nova situação-problema, em um nível mais alto de complexidade: por meio da “Apresentação de slides 2”, deve-se buscar problematizar em um nível de complexidade maior, por meio das seguintes atividades: i) Breve revisão dos tipos de movimento; ii) Breve revisão cinemática; iii) Explicação do uso da cinemática.
- 5) Avaliação somativa individual: as avaliações deverão ocorrer por meio de questões abertas que exijam o máximo de transformação no conteúdo abordado. Não deverão ser utilizadas questões que tenham respostas que possam ser encontradas no material instrucional sem uma reflexão prévia.

- 6) Aula expositiva dialogada integradora final: usando a “Apresentação de slides 2”, será retomado todo o conteúdo da UEPS de forma integradora, revendo as situações-problema e buscando mediar a construção de respostas com os alunos.
- 7) Avaliação da aprendizagem na UEPS: deverá estar baseada na participação dos alunos nas atividades, nas observações feitas em sala de aula e na avaliação somativa individual, cujo peso não deverá ser superior a 50%.
- 8) Avaliação da própria UEPS: sugere-se que, em um grande grupo, os alunos avaliem as estratégias de ensino empregadas na UEPS e seu próprio aprendizado. Além disso, o docente deverá avaliar a UEPS em função dos resultados de aprendizagem obtidos e, se necessário, reformular algumas atividades.

Total de aulas: 8 aulas.

CAPÍTULO 2 - QUESTIONÁRIO SOBRE O FILME *ALEXANDRIA*

Discussão sobre o filme Alexandria.

O filme apresenta a história de Hipátia que foi uma filósofa, matemática e astrônoma. Diferente das mulheres que viviam em Alexandria na época, ela conseguiu a oportunidade de estudar pois era filha de Teón de Alexandria. Ele foi astrônomo e prolífico autor, que editou e comentou obras de pensadores como Euclides. Hipátia foi a primeira mulher matemática de que se tem conhecimento seguro e detalhado.

Referências: O mistério da brutal morte de Hipátia, a primeira matemática da História. Disponível em :<<https://www.bbc.com/portuguese/geral-46501897>>, acesso em nov. 2020.

Com base no filme, responda as questões a seguir.

karolsouza18@gmail.com [Alternar conta](#)



*Obrigatório

E-mail *

Seu e-mail

1- Por quem a ciência é produzida? *

Sua resposta

2- O que é necessário para ser um bom cientista? *

Sua resposta

3- Mulheres são boas cientistas? *

Sua resposta

4- Você saberia citar algum cientista homem famoso? E uma cientista mulher? E um cientista negro? *

Sua resposta

5- A cultura de uma sociedade pode interferir para o progresso da ciência? Por quê? *

Sua resposta

6- Alguém nesta sala poderia ser um(a) bom(boa) cientista? Por quê? *

Sua resposta

7- Em alguns momentos do filme, Hipátia faz algumas discussões sobre Física. Quais? *

Sua resposta

8- Sobre os conceitos físicos abordados durante o filme, relate sobre a evolução desses conceitos. *

Sua resposta

9- Na cena em que Hipátia está no barco foi realizado um experimento. Qual o princípio relacionado ao experimento? ela estava correta em sua hipótese?

Sua resposta

10- Qual é o modelo utilizado para descrever os movimentos dos corpos celestes? Este modelo é diferente de qual utilizamos atualmente? Explique. *

Sua resposta

CAPÍTULO 3 - EXPERIMENTOS DE CINEMÁTICA – MRU E MRUV

❖ Trajetória

Materiais necessários

- Bola
- Cadeira

Como montar

- 1) Você deve primeiramente pedir ajuda de um colega para realizar este experimento;
- 2) Depois, um de vocês deve sentar em uma cadeira e observar o outro.

❖ Dominó

Materiais necessários

- Trena, régua ou fita métrica
- Cronômetro
- Joguinho de dominó

Como montar

- 1) O aluno 1 deve fazer uma fila (deve ser reta) com as peças de dominó de forma que todas fiquem igualmente espaçadas;
- 2) O aluno 2 deve ficar no comando do cronômetro, que deve ser ativado assim que for dado o peteleco que dará início ao movimento e parado quando o último dominó cair (Comando pode ser feito por um aluno 3);
- 3) De posse de todos os dados (tempo total e distância total), os alunos devem calcular a velocidade média por meio da equação: $V = \text{distância} / \text{tempo}$.

❖ Acelerômetro

Materiais necessários

- Bolinha de isopor ou rolha de cortiça
- Recipiente transparente de plástico com tampa de rosca
- Barbante
- Massa epóxi
- Supercola

Como montar

- 1) Fixe com a supercola umas das pontas do barbante na bolinha de isopor ou na rolha de cortiça;
- 2) Fixe a outra ponta do barbante na tampa do recipiente com massa epóxi ou supercola;
- 3) Encha o recipiente de água com a bolinha ou a rolha dentro e tampe-o, de modo que ele fique bem vedado;
- 4) Vire o recipiente e apoie-o sobre a tampa – a bolinha ou a rolha ficará suspensa.


CAPÍTULO 4 - QUESTIONÁRIO SOBRE OS EXPERIMENTOS DE CINEMÁTICA

Experimentos

A cinemática é uma parte da física que busca estudar o movimento dos corpos, de pontos, ou sistemas de corpos, porém nesse estudo não são considerados a massa dos corpos e nem as forças que são aplicadas sobre eles (Gaspar 2000).

Em alguns momentos do filme "Alexandria", Hipátia aborda discussões sobre o movimento dos corpos celestes. Na época em que se passa o filme, acreditava-se que o sol girava em torno da Terra. Em alguns momentos do filme ela faz experimentos tentando resolver uma dessas questões trazidas sobre o movimento, determinando o seu deslocamento, a velocidade e a aceleração em cada instante.

Referências: GASPAR, Alberto. Física Mecânica. São Paulo, Ed. Ática, 2000.
O mistério da brutal morte de Hipátia, a primeira matemática da História. Disponível em : <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-46501897>>, acesso em nov. 2020.

karolsouza18@gmail.com [Alternar conta](#) 

***Obrigatório**

E-mail *

Seu e-mail _____

1- O que os experimentos podem mostrar a respeito do movimento dos corpos? *

Sua resposta _____

2- Quais conceitos físicos envolvidos para explicar o experimento 1? *

Sua resposta _____

3- Quais conceitos físicos envolvidos para explicar o experimento 2? *

Sua resposta _____

4- Quais conceitos físicos envolvidos para explicar o experimento 3? *

Sua resposta _____

5- O que é velocidade e aceleração? *

Sua resposta _____

6- Qual unidade que é trabalhada no SI e usualmente de velocidade, deslocamento e tempo? *

Sua resposta _____

7- No experimento 1, foi usado o tamanho da régua para medir a distância (30 cm) e o tempo de execução do experimento foi de 0,53 ms (0,05 s), qual será a velocidade? *

Sua resposta _____

8- No experimento 3, a bolinha é lançada verticalmente para cima, em duas situações diferentes, uma quando você está em repouso e a outra quando você está se movimentando. Seu colega (irmão, mãe, pai...) observa a bola voltar a sua mão, qual a trajetória do objeto (quando vocês está parado)? *

Sua resposta _____

9- No experimento 3, a bolinha é lançada verticalmente para cima, em duas situações diferentes, uma quando você está em repouso e a outra quando você está se movimentando. Seu colega (irmão, mãe, pai...) observa a bola voltar a sua mão, qual a trajetória do objeto (quando vocês está em movimento)? *

Sua resposta _____

10- Como as experiências podem ajudar a entender sobre o estudo no movimento? *

Sua resposta _____

CAPÍTULO 5-TEXTO PARADIDÁTICO CINEMÁTICA

Cinemática

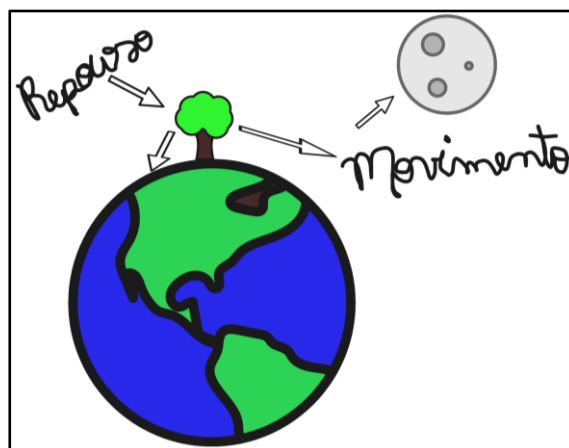
Quando ouvimos falar em movimento, nos vem à mente, por exemplo, um carro, mas como descrever o que está ocorrendo? A cinemática é a área da física que estuda o movimento dos corpos, mas sem considerar as suas causas. Quando falamos em movimento, na linguagem do cotidiano, seus significados e liga à vida e é amplo, no entanto, na física, o termo ‘movimento’ adquire uma definição mais precisa e restrita (GASPAR, 2000). O estudo sobre o movimento vem de muito tempo e possuiu definições diferentes e contribuições de muitos cientistas que ajudaram a construir a ideia de movimento que temos atualmente.

Conceitos iniciais: repouso, movimento, referencial, espaço e tempo

Primeiramente, para definir o que é ‘movimento’ e ‘repouso’ precisamos definir um referencial, pois somente podemos definir esses termos considerando um corpo em relação a uma referência, ou seja, movimento e repouso são conceitos relativos. A sua definição consiste na mudança de posição em relação a determinado ponto de referência (GASPAR, 2000).

Dessa forma, tudo é uma questão de referencial, por exemplo: um poste está em repouso em relação ao planeta Terra, mas está em movimento em relação à Lua (Figura 1). Normalmente, adotamos um referencial em um sistema de coordenadas para melhor localizar sua posição (SALES; MAIA, 2011).

Figura 1 - Exemplo de referencial

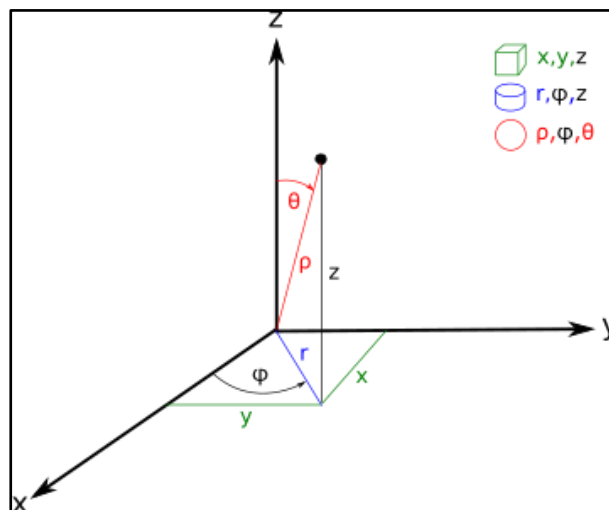


Fonte: elaborada pela autora (2021).

O referencial é um ponto ou um conjunto infinito de pontos em um corpo ou em um ponto qualquer do espaço com relação ao qual se podem precisar a posição (s) e o instante (t) de qualquer evento. Existem dois tipos de referências: i) referencial inercial, que é aquele em que uma partícula livre está em repouso ou em MRU; e ii) referencial não inercial, que é aquele em que uma partícula livre não está em repouso nem em MRU (VASCONCELOS, 2007).

O referencial mais adotado em física é o referencial cartesiano (Figura 2), que traz três eixos ortogonais entre si que passam por um ponto denominado origem (X , Y e Z). Podemos usar o plano tridimensional ou bidimensional ou até mesmo o unidimensional. Nesse tipo de referencial usamos coordenadas cartesianas para localizar um ponto (NUSSENZVEIG, 2013).

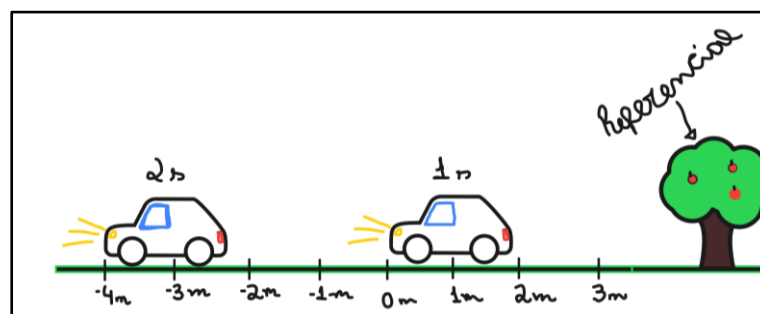
Figura 2 - Sistema de coordenadas



Fonte: disponível em: <https://pt.planetcalc.com/7952/>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

Dessa forma, adotando um referencial, podemos definir se o corpo está ou não em movimento. Segundo Gaspar (2000), um corpo está em movimento quando a posição dele varia com o decorrer do tempo em relação a um referencial (Figura 3).

Figura 3 - Exemplo de movimento



Fonte: elaborada pela autora (2021).

Contudo, nos referimos a “ponto material”, mas não o definimos em termos físicos, consideramos como “ponto material” um corpo de que podemos desprezar suas dimensões quando comparadas às dimensões de outro corpo que se está estudando. Em contrapartida, temos o corpo extenso, que é aquele do qual não podemos desprezar as dimensões, como por exemplo, um carro fazendo manobras na garagem de uma casa (SALES; MAIA, 2011).

Desse modo, como referencial e repouso são importantes para conhecer o conceito de movimento, os termos ‘espaço’ e ‘tempo’ também são conceitos fundamentais na mecânica. Para o espaço e o tempo temos duas visões: i) a visão Newtoniana, para a qual o espaço é absoluto, existindo independentemente de um ponto material; e ii) a de Einstein, para a qual o espaço seria uma propriedade posicional dos pontos materiais (NUSSENZVEIG, 2013).

Para descrever o movimento de uma partícula, é necessário descrever a sua posição e como ela se move (TIPLER; MOSCA, 2009).

Considerando um ponto ‘P’ dentro de um espaço tridimensional como um vetor de posição ‘r’ que determina a distância e a direção de ‘P’ a partir de uma origem ‘O’, podemos expressar isso com três vetores unitários, ‘x’, ‘y’ e ‘z’, apontando nas direções dos três eixos (TAYLOR, 2013).

Na mecânica clássica, o tempo é um parâmetro universal ‘t’ com o qual todos os entes estão de acordo. O estudo da mecânica clássica envolve a escolha de um sistema de referência que pode ser explícita ou implícita. Nem todos os sistemas são fisicamente equivalentes, apenas em sistemas especiais, chamados de “sistemas inerciais”, as Leis de Newton são válidas e, como veremos adiante, sistema inercial é um sistema não acelerado (HALLIDAY, 2008).

Conceito iniciais: posição, trajetória, distância percorrida e deslocamento

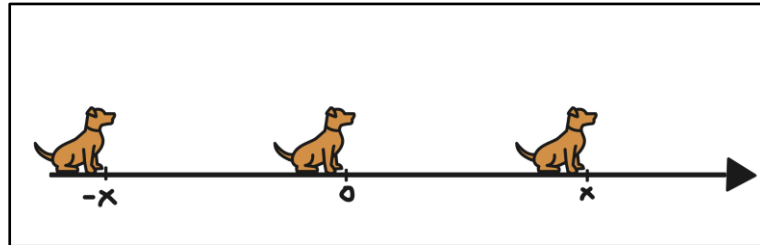
Definiremos agora alguns conceitos básicos que precisam ser distintos para compreender a cinemática.

Posição é um conceito definido como sendo um lugar marcado na trajetória em relação a um ponto de referência. Normalmente usamos o plano cartesiano para marcar os pontos (Figura 4) (GASPAR, 2005).

Dessa forma, localizar um objeto significa determinar a posição do objeto em relação a um ponto de referência, frequentemente a origem (ou ponto zero) de um eixo, como o eixo x. A Figura 4 apresenta o cachorrinho em três posições distintas: no marco zero (a origem); no ponto x, para a direita, que é sentido positivo do eixo, ou seja, o sentido em que os números

(coordenadas) que indicam a posição dos objetos aumentam de valor; e a outra posição é no sentido oposto, ou seja, o sentido negativo (HALIDAY, 2008).

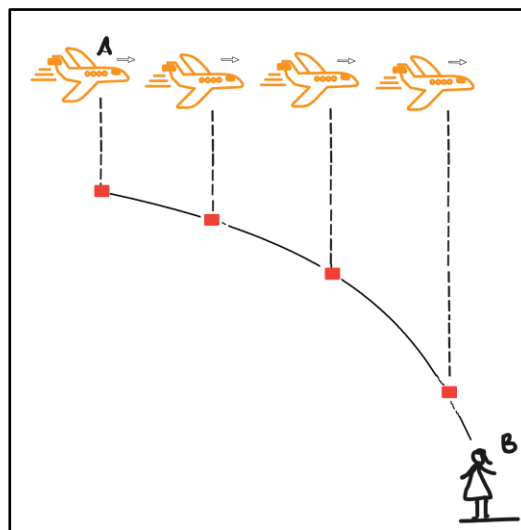
Figura 4 - Posição



Fonte: elaborada pela autora (2021).

Já **trajetória** podemos definir como sendo as sucessivas posições que um móvel descreve em relação a um referencial, por exemplo, um avião deixa cair um pacote, a trajetória que o pacote descreve para um observador dentro do avião é em linha reta enquanto para um observador que está no solo vai ver a trajetória em uma parábola (Figura 5) (GASPAR, 2005).

Figura 5- Trajetória



Fonte: elaborada pela autora (2021).

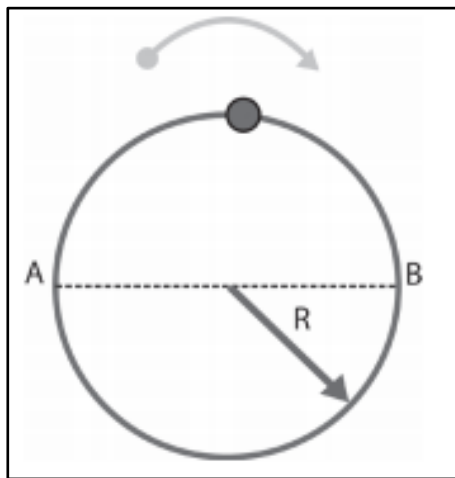
Definidos os conceitos de posição, referencial e trajetória, agora vamos tratar do conceito de **distância percorrida**, que está diretamente relacionado à posição do objeto em determinado móvel em relação ao referencial, no entanto, na distância percorrida todo o trajeto realizado pelo móvel é importante. Trata-se de uma grandeza escalar, sendo um conceito pouco preciso e um valor que depende do comprimento da trajetória. É representado pelas letras s , x ou d (GASPAR, 2005).

Analogamente, o **deslocamento** também trabalha com a posição do móvel, porém, neste caso é preciso conhecer apenas a posição inicial e a final. Trata-se de uma grandeza vetorial, que é representada pelas letras **x**, **s** e **d**, porém, com um vetor em cima (ou em negrito, como nesse caso). Dessa forma, o que é levado em conta é a mudança de uma posição s_1 para uma posição s_2 . O deslocamento é dado por meio da Equação (1) (HALLIDAY, 2008).

$$\Delta\vec{S} = \vec{S}_2 - \vec{S}_1 \quad (1)$$

Suponhamos que temos um automóvel que se desloca do ponto A ao ponto B em uma rotatória de uma rodovia (Figura 6). Sendo o raio R dessa rotatória igual a 7,5 m e o espaço percorrido de A a B sobre a rodovia igual a 23,55 m, quanto mede em quilômetros o deslocamento desse automóvel? É igual, maior ou menor do que o espaço percorrido (SALES; MAIA, 2011)?

Figura 6 - Exemplo automóvel rotatória



Fonte: Sales e Maia (2011, p. 29).

Sabemos que o deslocamento é dado por (2):

$$\Delta\vec{S} = \vec{S}_2 - \vec{S}_1 \quad (2)$$

Onde:

$\vec{S}_2 = 15\text{m}$ é a posição final do automóvel, que no caso da Figura 6 é o ponto B;

O valor da distância entre os dois pontos, quando se trata de uma rotatória seu valor é

2R;

\vec{S}_1 é o ponto inicial do movimento, ponto A, considerado igual a 0.

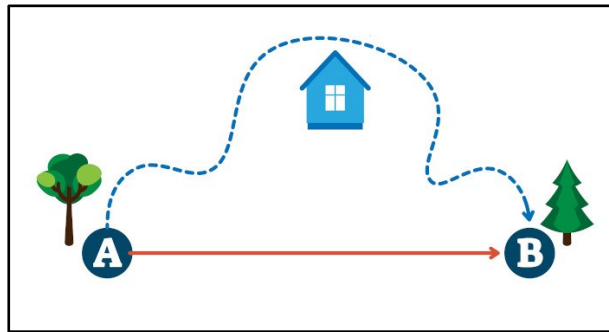
Portanto, o nosso deslocamento será:

$$\Delta\vec{S} = \vec{S}_2 - \vec{S}_1 = 15 - 0$$

$$\Delta\vec{S} = 15 \text{ m ou } \Delta\vec{S} = 0,015 \text{ km}$$

Nesse exemplo, conseguimos observar a diferença entre o espaço percorrido, que foi de 23,55m, e o deslocamento do móvel, que foi de apenas 15m (Figura 7) (SALLES; MAIA, 2011).

Figura 7 - Distância percorrida X deslocamento



Fonte: Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/deslocamento-e-espaco-percorrido.htm>. Acesso em: 20 maio de 2021

A Figura 7 apresenta a diferença entre o conceito de distância percorrida e deslocamento. O deslocamento é a distância entre a posição inicial e a posição final, porém, para calcularmos a distância percorrida, consideramos todas as posições que o corpo ocupou ao longo do tempo (PIETROCOLA, 2016).

Velocidade

Costumamos relacionar o conceito de velocidade, em nosso dia-a-dia, à medida da rapidez ou da lentidão com que os corpos se movem. Embora esse conceito seja intuitivo, está correto e faz sentido, pois a velocidade dos corpos é sempre dada pela razão com que a sua posição varia com o tempo. A relação é demonstrada por meio da Equação (3) (HALLIDAY, 2008).

$$\Delta\vec{v} = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} \quad (3)$$

Onde:

$\Delta\vec{v}$ = Variação da velocidade

s_f = posição final

s_i = posição inicial

T_f = tempo final

T_i = tempo inicial

Para medir a velocidade, pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), usamos as grandezas de comprimento, no caso o metro (m), em relação à unidade de tempo, no caso o segundo (m/s). Também são usadas outras unidades, mas estas são múltiplos ou submúltiplos das unidades já citadas (HALIDAY, 2008).

Rapidez média, velocidade média, velocidade instantânea e velocidade relativa

A **Rapidez** é a medida de quão rapidamente algo se move, sendo medida em unidade de distância por unidade de tempo, conforme a Equação (4) (HEWITT, 2002).

$$R = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}} \quad (4)$$

Rapidez média também é conceituada erroneamente como “velocidade escalar média”, que é a medida de quão rapidamente algum móvel se move, medida por uma unidade de distância dividida por tempo (Equação (5)). Alguns livros traduzem o termo para “velocidade escalar média”, porém, quando estamos tratando de ‘velocidade’, estamos nos referindo à uma grandeza vetorial, logo, ela não poderia ser denominada como ‘escalar’ (HEWITT, 2002).

$$R_{\text{média}} = \frac{\text{distância total percorrida}}{\text{tempo}} \quad (5)$$

Contudo, essa é uma forma diferente de descrever “com que rapidez” uma partícula está se movendo. Enquanto a velocidade média envolve o deslocamento da partícula, ds , a velocidade escalar média é definida em termos da distância total percorrida, independentemente da direção. Portanto (HALLIDAY, 2008):

A **rapidez instantânea** faz referência à medida da velocidade a cada instante, como num velocímetro de um carro, no qual nós podemos verificar a velocidade no instante, apenas olhando para o aparelho, no entanto o velocímetro não mostra a direção e o sentido em que o carro está se movendo (HEWITT, 2002). Essa **rapidez instantânea** é o módulo da velocidade,

ou seja, a velocidade desprovida de qualquer indicação de direção e sentido. Devemos ter cuidado, pois a rapidez escalar e a rapidez média podem ser muito diferentes. A velocidade escalar de um objeto que está se movendo a uma velocidade de + 5 m/s é a mesma (5 m/s) que a de um objeto que está se movendo a -5 m/s (HALLIDAY, 2008).

Já a **velocidade média** é uma grandeza vetorial sendo definida como sendo a razão entre o deslocamento e o tempo necessário para esse movimento (6) (SALLES; MAIA, 2011).

$$\Delta \vec{v} = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} \quad (6)$$

Quando estamos descrevendo a rapidez com que o objeto está se movendo, sua direção e o sentido de seu movimento, estamos nos referindo ao conceito de velocidade (HEWITT, 2002).

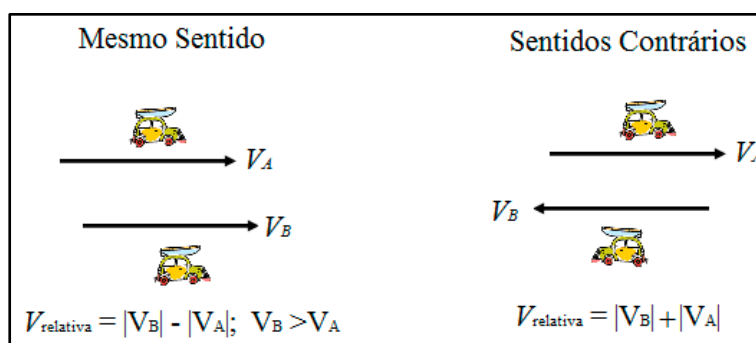
Se definimos dados cada vez menores de tempo, poderíamos definir a sua velocidade em cada instante, e essa velocidade recebe o nome de **velocidade instantânea** (PIETROCOLA, 2016). Essa velocidade é obtida a partir da velocidade média reduzindo o intervalo de tempo (t), até tomá-lo próximo de zero. Dessa forma, a velocidade média se aproxima de um valor limite, que podemos definir a partir da Equação (7) (HALLIDAY, 2008).

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \quad (7)$$

Desse modo, v é a taxa com a qual a posição x está variando com o tempo em um dado instante, ou seja, v é a derivada de s em relação a t. A quantidade ds/dt que encontramos na Equação (7) é chamada de “derivada de s em relação a t”, e o processo para encontrá-la é denominado de ‘derivada’ ou ‘diferenciação’. Os dxs e dts que aparecem separadamente são denominados ‘diferenciais’ (FEYNMAN, 2009).

Contudo, também temos a **velocidade relativa**, ou seja, não existe uma velocidade absoluta, ela é relativa a um referencial (Figura 8). Mas quando falamos no referencial, tratamos como sendo em repouso, mesmo quando vamos tratar de carros em movimento, pois a velocidade será em relação ao referencial solo (repouso). Se o carro A está ultrapassando o carro B, ambos no mesmo sentido, a velocidade relativa entre os dois será a diferença entre as velocidades. Já se o carro A está se move em sentido contrário ao carro B, estando eles em um cruzamento, a velocidade relativa será a soma das velocidades (PIETROCOLA, 2016).

Figura 8 - Velocidade relativa



Fonte: disponível em: <https://infoenem.com.br/fisica-entendo-e-utilizando-velocidade-relativa/>.

Aceleração

Até o momento abordamos os conceitos de movimento e introduzimos o conceito de velocidade, mas o que acontece quando a velocidade varia? Bem, nesse caso estamos nos referindo ao conceito de aceleração (FEYMAN, 2008).

Quando a velocidade do móvel varia num intervalo de tempo, nós a denominamos ‘aceleração’. Usamos esse termo diariamente, quando estamos em um automóvel, nas expressões como “pé na tábua” ou “pisa fundo”, o conceito-chave de sua definição é o termo ‘variação’. Definimos a aceleração por meio da Equação (8) (HEWITT, 2002).

$$\text{Aceleração} = \frac{\text{variação de velocidade}}{\text{intervalo de tempo}} \quad (8)$$

A unidade usada, segundo o Sistema Internacional é o m/s^2 , contudo, podem ser usadas as variações, como km/h^2 ou km/h.s (PIETROCOLA, 2016).

Dizemos que a partícula sofreu uma aceleração (ou foi acelerada), quando ocorre a variação da sua velocidade. Para movimentos ao longo de um eixo, a aceleração média (a_m) em um intervalo de tempo Δt é definida pela Equação (9) (HALLIDAY, 2008).

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} \quad (9)$$

Temos que, a partícula tem uma velocidade v_i no instante t_i e uma velocidade v_f no instante t_f . Quando essa aceleração tende a um tempo extremamente pequeno, ou seja, quando o intervalo de tempo tende a zero ($\Delta t \rightarrow 0$), nós chamamos de **aceleração instantânea**

(PIETROCOLA, 2016). A aceleração instantânea (ou, simplesmente ‘aceleração’) é dada por meio da Equação (10) (HALIDAY, 2008).

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (10)$$

Em outros termos, a taxa na qual a velocidade de uma partícula varia num dado instante é chamada de aceleração instantânea. Graficamente, a aceleração em qualquer ponto é a inclinação da curva de $v(t)$ nesse ponto. Dessa forma, podemos fazer uma relação entre as equações 7 e 10 para obter a derivada segunda da posição $x(t)$ em relação ao tempo nesse instante, conforme apresenta a Equação (11) (HALIDAY, 2008).

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{ds}{dt} \right) = \frac{d^2s}{dt^2} \quad (11)$$

O sinal da aceleração e da velocidade são contrários e são usados para demonstrar o sentido do movimento. Aceleração positiva significa que a velocidade do objeto está aumentando (movimento acelerado), já a aceleração negativa significa que a velocidade está diminuindo (movimento retrógrado), ou seja, que o objeto está desacelerando (HALIDAY, 2008).

Aceleração – Planos inclinados de Galileu

Galileu, ao estudar sobre movimento a partir das experiências com os planos inclinados desenvolveu o conceito de aceleração. Na busca por respostas sobre a queda de corpos, Galileu usou os planos inclinados para tornar os movimentos acelerados mais lentos. Ele percebeu que, ao deixar uma bola rolar para baixo em um plano inclinado, ela iria ser mais rápida na mesma quantidade em sucessivos tempos, chegando à conclusão de que a bola adquire uma aceleração constante (Equação (12)) (HEWITT, 2002).

$$\text{Velocidade adquirida} = \text{aceleração} \times \text{tempo} \quad (12)$$

Contudo, não apenas esses experimentos, mas muitos outros, auxiliaram a estabelecer que o movimento de queda livre de um corpo, ou lançado verticalmente, na medida em que a resistência do ar possa ser desprezada, é um movimento uniformemente acelerado, no qual a aceleração é a mesma para todos os corpos (embora sofra pequenas variações de ponto a ponto

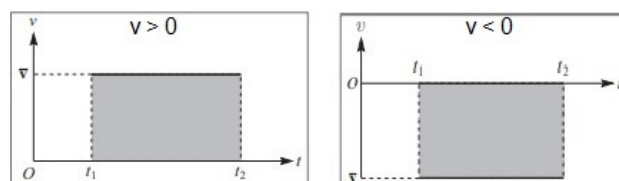
da Terra). Esta aceleração foi chamada de “aceleração da gravidade”, sendo indicada por ‘g’ e seu valor aproximado é de $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$ (NUSSENZVEIG, 2013).

Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

É denominado “Movimento Retilíneo Uniforme” aquele no qual o objeto desloca-se em apenas uma direção e não atua nenhuma força sobre ele, ou aquele movimento em que há várias forças atuando sobre ele, porém elas se anulam, por exemplo: um avião que desenvolve um velocidade constante, atuando sobre ele está a força que a ação da turbina propulsora executa, que se anula com a resistência que a atmosfera exerce sobre ele, e em que a força peso do avião é compensada pela força de sustentação das suas asas (PIETROCOLA, 2016).

Quando um carro está com velocidade constante, ou seja, quando um carro está em movimento em relação a um referencial e a velocidade não muda em qualquer posição, este será chamado de Movimento Uniforme. A velocidade instantânea nesse tipo de movimento é considerada igual à velocidade média, dessa forma, $V_{\text{instantânea}} = V_{\text{média}} = \text{constante}$, e o gráfico é uma reta paralela ao eixo das abscissas, como mostra a Figura 9 (NUSSENZVEIG, 2013).

Figura 9 - Gráfico velocidade



Fonte: Nussenzveig (2013, p. 47).

Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

Quando a velocidade varia conforme muda a posição do móvel, temos o conceito de aceleração. O MRUV é aquele em que o movimento do objeto está em uma trajetória retilínea e sua velocidade aumenta ou diminui em valores iguais em intervalos de tempo iguais (GASPAR, 2005). A aceleração nesse tipo de movimento é considerada constante (independentemente do tempo), dada pela Equação (13).

$$a(t) = a = \text{constante} \quad (13)$$

No qual a condição de ‘constante’, para um vetor, significa constante em módulo, direção e sentido.

CAPÍTULO 6 - ATIVIDADE AVALIATIVA SOBRE CINEMÁTICA

Lista Exercícios MRU e MRUV

*Obrigatório

E-mail *

Seu e-mail

1. Um automóvel parte do repouso e atinge a velocidade de 100 km/h em 8s. Qual é a aceleração desse automóvel? *

Sua resposta

2. Uma partícula em movimento retilíneo movimenta-se de acordo com a equação $v = 10 + 3t$, com o espaço em metros e o tempo em segundos. Determine para essa partícula: a) A velocidade inicial; b) A aceleração; c) A velocidade quando $t=5s$ e $t= 10s$ *

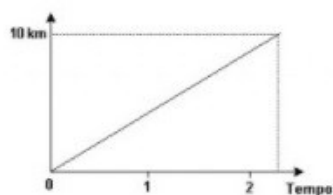
Sua resposta

3- (Enem 2011) Para medir o tempo de reação de uma pessoa, pode-se realizar a seguinte experiência: I. Mantenha uma régua (com cerca de 30 cm) suspensa verticalmente, segurando-a pela extremidade superior, de modo que o zero da régua esteja situado na extremidade inferior. II. A pessoa deve colocar os dedos de sua mão, em forma de pinça, próximos do zero da régua, sem tocá-la. III. Sem aviso prévio, a pessoa que estiver segurando a régua deve soltá-la. A outra pessoa deve procurar segurá-la o mais rapidamente possível e observar a posição onde conseguiu segurar a régua, isto é, a distância que ela percorre durante a queda. O quadro seguinte mostra a posição em que três pessoas conseguiram segurar a régua e os respectivos tempos de reação. A distância percorrida pela régua aumenta mais rapidamente que o tempo de reação porque *

Distância percorrida pela régua durante a queda (metro)	Tempo de reação (segundo)
0,30	0,24
0,15	0,17
0,10	0,14

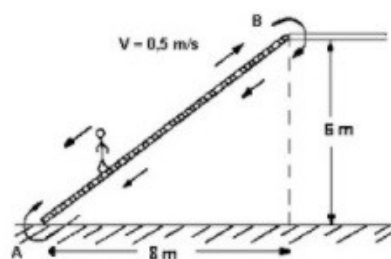
- a) energia mecânica da régua aumenta, o que a faz cair mais rápido.
- b) resistência do ar aumenta, o que faz a régua cair com menor velocidade.
- c) aceleração de queda da régua varia, o que provoca um movimento acelerado.
- d) aceleração da régua tem valor constante, o que gera um movimento acelerado.
- e) velocidade da régua é constante, o que provoca uma passagem linear de tempo.

4. (Enem 2008) O gráfico a seguir modela a distância percorrida, em km, por uma pessoa em certo período de tempo. A escala de tempo a ser adotada para o eixo das abscissas depende da maneira como essa pessoa se desloca. Qual é a opção que apresenta a melhor associação entre meio ou forma de locomoção e unidade de tempo, quando são percorridos 10 km? *



- a) carroça - semana
- b) carro - dia
- c) caminhada - hora
- d) bicicleta - minuto
- e) avião - segundo

5. (UFPE) A escada rolante de uma galeria comercial liga os pontos A e B em pavimentos consecutivos a uma velocidade ascendente constante de 0,5 m/s, conforme mostrado na figura. Se uma pessoa consegue descer contra o sentido de movimento da escada e leva 10 segundos para ir de B até A, pode-se afirmar que sua velocidade, em relação à escada, foi em m/s igual a: *



- a) 0,0
- b) 0,5
- c) 1,0
- d) 1,5
- e) 2,0

6. (UFPE) um atleta caminha com uma velocidade de 150 passos por minuto. Se ele percorrer 7,20 km em uma hora, com passos de mesmo tamanho, qual o comprimento de cada passo? *

- a) 40,0 cm
- b) 60,0 cm
- c) 80,0 cm
- d) 100 cm
- e) 120 cm

7. (UERJ) Uma estrada recém-asfaltada entre duas cidades é percorrida de carro, durante uma hora e meia, sem parada. A extensão do percurso entre as cidades é de, aproximadamente: *

- a) 103 m
- b) 104 m
- c) 105 m
- d) 106 m

8. (UFRRJ) "Maurice Greene, o homem mais rápido do Planeta". Ex-vendedor de hambúrguer bate o recorde mundial dos 100 metros em Atenas. Não faz muito tempo, Maurice Greene era um dos muitos adolescentes americanos que reforçavam o orçamento familiar vendendo hambúrgueres em Kansas City, sua cidade. Mas ele já corria desde os 8 anos e não demorou a descobrir sua verdadeira vocação. Trocou a lanchonete pela pista de atletismo e ontem se tornou o homem mais rápido do planeta ao vencer os 100 metros do meeting de Atenas, na Grécia, estabelecendo um novo recorde mundial para a prova. Greene, de 24 anos, correu a distância em 9s 79, superando em cinco centésimos de segundo a marca anterior (9s 84), que pertencia ao canadense Dono Van Bailey desde a final olímpica de Atlanta, em julho de 1996. Jamais um recordista conseguira tal diferença desde a adoção da cronometragem eletrônica, em 1978. GLOBO: 17 de junho de 1999. Com base no texto acima, pode-se afirmar que a velocidade média do homem mais rápido do planeta é de aproximadamente: *

- a) 10,21 m/s.
- b) 10,58 m/s.
- c) 10,62 m/s.
- d) 10,40 m/s.
- e) 10,96 m/s.

:::

9. (UEL-PR) Um trem de 200 m de comprimento, com velocidade escalar constante de 60 * * km/h, gasta 36 s para atravessar completamente uma ponte. A extensão da ponte, em metros, é de:

- a) 200
- b) 400
- c) 500
- d) 600
- e) 800

10. (FEI-SP) No movimento retilíneo uniformemente variado, com velocidade inicial nula, a * * distância percorrida é:

- a) diretamente proporcional ao tempo de percurso
- b) inversamente proporcional ao tempo de percurso
- c) diretamente proporcional ao quadrado do tempo de percurso
- d) inversamente proporcional ao quadrado do tempo de percurso
- e) diretamente proporcional à velocidade

CAPÍTULO 7 - UEPS: A MECÂNICA (DINÂMICA) NA SALA DE AULA EM UMA PERSPECTIVA DE, SOBRE E PARA A FÍSICA

Contexto

A UEPS proposta nesta sessão busca abordar o conteúdo de Dinâmica e os conceitos que serão trabalhados são: Primeira Lei de Newton, inércia; Segunda Lei de Newton, força, aceleração; Terceira Lei de Newton, força e suas interações, par de ação e reação; além dos conceitos que temos atualmente. Para tanto, procura-se discutir aspectos da história e filosofia da ciência por meio da utilização do cinema, levantando debates sobre a questão de gênero e a questão étnico-racial na física.

Objetivo geral

Utilizar o cinema como organizador prévio para discutir os conceitos de Dinâmica, além de abordar como a ciência é influenciada pelo contexto sócio-histórico, político, econômico e cultural.

Objetivos específicos

- a) Desconstruir a ideia de que a ciência é feita por homens brancos;
- b) Apresentar a história sobre as Leis de Newton a partir do filme *Estrelas além do Tempo*;
- c) Revisar os conceitos de Dinâmica;
- d) Apresentar as possibilidades de utilização no cotidiano da Dinâmica;
- e) Apresentar como os conceitos adquiridos durante as aulas ajudam a entender como é o funcionamento dos foguetes.

Materiais necessários

- a) Computador;
- b) Acesso à Internet;
- c) Aplicativo *Google Meet* – videoconferência;
- d) Apresentação de Power point;

- e) Filme
- f) Simuladores computacionais.

O processo de implementação desta UEPS ocorreu em 5 aulas de 54 minutos.

Aspectos sequenciais

- 1) Situação inicial (2 aulas): a aula iniciará com a exibição do filme *Estrelas além do tempo*. Em seguida será entregue um questionário aos alunos para levantar uma discussão com base nas respostas deles aos questionamentos feitos pelo professor.
- 2) Situações-problema: a partir da exibição do filme, levantar situações-problema com questões sobre ciência: i) Por quem a ciência é produzida?; ii) O que é necessário para ser um bom cientista?; iii) Mulheres são boas cientistas?; iv) Você saberia citar algum cientista homem famoso? E uma cientista mulher? E um cientista negro?; e (v) Alguém nesta sala poderia ser um(a) bom(boa) cientista? Por quê?. Para situações-problema de ciência, deve-se sugerir aos alunos que desenvolvam três experimentos de dinâmica: “Carro de Newton”; “Bexiga foguete” e “Corrida de antiácidos”, a fim de promover a reflexão sobre: i) O que essas experiências podem ajudar a entender a dinâmica; e ii) Que leis são essas?.
- 3) Revisão: iniciar uma aula de revisão utilizando a “Apresentação de slides 1”. As questões ali colocadas são: i) discussão acerca da segregação racial e da discriminação étnico-racial; ii) apresentação do papel importante das mulheres na ciência, focando na vida e obra de Katherine Johnson; iii) abordagem da histórica da dinâmica e de como questões sociopolíticas influenciam no desenvolvimento da ciência; e iv) uma exposição introdutória da dinâmica.
- 4) Nova situação-problema, em um nível alto de complexidade: por meio da “Apresentação de slides 2”, deve-se buscar problematizar em um nível de complexidade maior, por meio das seguintes atividades: i) breve revisão dos conceitos iniciais de cinemática; ii) breve revisão das Leis de Newton; iii) explanação sobre como as Leis de Newton explicam o funcionamento dos

foguetes; iv) discussão superficial da equação do foguete; e v) como o foguete funciona.

- 5) Avaliação somativa individual: as avaliações deverão acontecer por meio de questões abertas que exijam o máximo de transformação acerca do conteúdo abordado. Não deverão ser utilizadas questões que tenham respostas que possam ser encontradas no material instrucional sem uma reflexão prévia.
- 6) Aula expositiva dialogada integradora final: utilizando a “Apresentação de slides 2”, deve-se retomar todo o conteúdo da UEPS de forma integradora, revendo as situações-problema e buscando mediar a construção de respostas pelos alunos.
- 7) Avaliação da aprendizagem na UEPS: deverá estar baseada na participação dos alunos nas atividades, nas observações feitas em sala de aula e na avaliação somativa individual, cujo peso não deverá ser superior a 50%.
- 8) Avaliação da própria UEPS: sugere-se que, em um grande grupo, os alunos avaliem as estratégias de ensino empregadas na UEPS e seu próprio aprendizado. Além disso, o docente deverá avaliar a UEPS em função dos resultados de aprendizagem obtidos e, se necessário, reformular algumas atividades.

Total de aulas: 5.

CAPÍTULO 8 - QUESTIONÁRIO SOBRE O FILME ESTRELAS ALÉM DO TEMPO

Discussão sobre o filme Estrelas além do tempo

O filme "Estrelas além do tempo" é baseado no livro de Margot Lee Shetterly, que conta a história de três matemáticas negras que foram trabalhar na equipe da NASA. Em pleno auge da corrida espacial que foi travada entre Estados Unidos e Rússia, durante a Segunda guerra mundial, e que vingava a segregação racial. Elas lutaram para realizar o sonho americano.

Referências: SHETTERLY, Margot Lee. Estrelas além do tempo. Rio de Janeiro: HarperCollins Brasil, 2016.

karolsouza18@gmail.com [Alternar conta](#)



*Obrigatório

E-mail *

Seu e-mail

1- O que é segregação racial? *

Sua resposta

2- Como a segregação racial influenciou na construção da ciência? *

Sua resposta

3- Mulheres negras são boas cientistas? *

Sua resposta

4- Quais os desafios, ao longo do filme, que as protagonistas enfrentaram para fazer ciência? *

Sua resposta

5- A cultura de uma sociedade pode interferir para o progresso da ciência? Por quê? Como? *

Sua resposta

6- O que faz ser um cientista? *

Sua resposta

7- Qual a função que Katherine era responsável de executar na NASA? E qual foi o principal trabalho que ela ficou conhecida? *

Sua resposta

8- Em alguns momentos do filme, Katherine faz algumas discussões sobre Física. Quais foram? *

Sua resposta

9- Sobre os conceitos físicos abordados durante o filme, busque um exemplo e explique. *

Sua resposta

10- Qual foi a primeira tentativa de enviar o homem ao espaço? *

Sua resposta

11- O programa no qual as três protagonistas foram contratadas, qual era o nome? e qual era a função exercida por elas? *

Sua resposta

12- Durante o filme, você observou o preconceito de gênero ou racial? cite alguns momentos. *

Sua resposta

12- No filme, havia uma pressão para os EUA enviar um homem ao espaço, por quê? *

Sua resposta

CAPÍTULO 9- EXPERIMENTOS DE DINÂMICA

Experiência 1 - Bexiga Foguete (NASA)

Materiais necessários

- Bexiga
- Mangueira ou canudo
- Linha de lã ou barbante
- Fita adesiva

Procedimentos

- 1) Prenda a linha em uma cadeira ou em uma mesa;
- 2) Corte um pedaço de canudo, passe a linha por ele e, em seguida, encha a bexiga de ar (fique segurando para não sair o ar) e cole com a fita no canudo;
- 3) Por fim, solte a bexiga, deixando o ar sair, e veja o que acontece.

Figura 10 -Experimento bexiga foguete



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Experiência 2 - Carro de Newton (NASA)

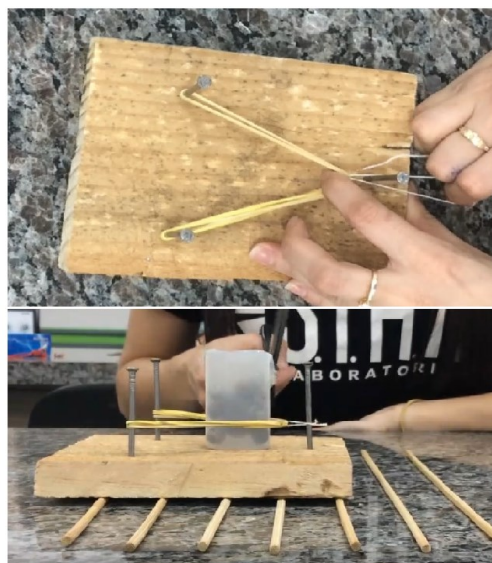
Materiais necessários

- Corda de algodão
- Dois elásticos
- Frascos de medicamentos
- Palitos de churrasco (mínimo 7 palitos)
- Régua
- 3 pregos
- Tesoura
- Pedaco de madeira
- Sementes de pipoca, anilhas, moedas, mármores, cliques de papel etc. (para encher o potinho)

Procedimentos

- 1) Corte a madeira em 13cm;
- 2) Fure o pedaco de madeira com os três pregos (conforme mostra figura 11);
- 3) Dentro do pote de medicamentos, coloque as sementes de pipoca, arruelas etc.

Figura 11 - Experimento carro de Newton



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Experiência 3 - Corrida de Antiácidos (NASA)

Materiais necessários

- Dois beakers ou copos plásticos
- Dois antiácidos
- Cronômetro
- Água

Procedimentos

- 1) Coloque nos dois beakers a mesma quantidade de água;
- 2) Amasse um dos antiácidos e deixe o outro inteiro;
- 3) Ao mesmo tempo, coloque em um dos beakers o antiácido inteiro e no outro o antiácido amassado.

Figura 11 – Corrida de Antiácidos



Fonte: elaborado pela autora (2021).

CAPÍTULO 10 - QUESTIONÁRIOS SOBRE OS EXPERIMENTOS DE DINÂMICA

Experimentos - Leis de Newton

Segundo Andrade, Lopes e Carvalho (2009), a experimentação é um dos meios de se relacionar com o todo que envolve a ciência, sendo considerada uma aliada de cientistas para que pudessem estabelecer suas ideias. Dessa forma, considera-se a experimentação como uma forma de linguagem aceita pela comunidade. Porém, nem tudo foi comprovado pela experimentação, a muitas teorias que até hoje não há comprovação experimental (COUTO, 1999). Esse roteiro tem o propósito de mostrar aos alunos conceitos de MRU e as três leis de Newton através de experimentos simples e fáceis de recriar em casa.

Referências: Disponível em: <<http://posgrad.fee.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1161.pdf>>. Acesso em: 25 jun.

2020.

COUTO, L. F. Feyerabend e a máxima do "Tudo Vale": a necessidade de se adotar múltiplas possibilidades de metodologia na construção de teorias científicas. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 12, n. 3, 1999.

karolsouza18@gmail.com [Alternar conta](#)



*Obrigatório

E-mail *

Seu e-mail

1- Qual a relação dos três experimentos com a mecânica Newtoniana? *

Sua resposta

2- Quais conceitos físicos envolvidos para explicar o experimento da corrida de antiácidos? *

Sua resposta

3- Quais conceitos físicos envolvidos para explicar o experimento do balão foguete? *

Sua resposta

4- Quais conceitos físicos envolvidos para explicar o experimento do carrinho de Newton? *

Sua resposta

5- O que você entende pelo conceito de força? *

Sua resposta

6- Qual unidade que é trabalhada no SI para representar a grandeza de força? *

Sua resposta

7- No experimento do carro de Newton, qual a relação entre o número de elásticos usados e a distância percorrida pelo carro? *

Sua resposta

8- No experimento do carro de Newton, qual a relação da massa do bloco e a distância percorrida? *

Sua resposta

9- No experimento da bexiga, se estivesse no vácuo a bexiga também iria se mover? *

Sua resposta

10- No experimento da corrida de antiácidos, ao esmagar o antiácido. Por que a reação ocorreu mais rápido? *

Sua resposta

11- Como as experiências podem ajudar a entender os três Princípios de Newton? *

Sua resposta

12- No experimento da corrida de antiácidos, o que esse experimento sugere sobre o fornecimento de combustível para um melhor desempenho, tudo de uma vez ou em pequenas porções? *

Sua resposta

13- Qual a relação que os três experimentos com a explicação de como os foguetes podem voar? *

Sua resposta

CAPÍTULO 11-TEXTO PARADIDÁTICO DINÂMICA

Dinâmica

A dinâmica é a área da mecânica que estuda os movimentos dos corpos considerando as suas causas. A descoberta da lei da dinâmica, ou lei de movimento, foi um momento dramático na história da ciência, pois, antes do tempo de Newton, o movimento das coisas, como o dos planetas, era um mistério, mas, a partir de Newton, surgiu um entendimento completo sobre o fenômeno (FEYMAN, 2009).

Até o momento, estudamos sobre o movimento, mas sem a necessidade de conhecer o que o causou. Entretanto, a dinâmica estuda o movimento como um todo, procurando saber o que ocorrerá em dadas circunstâncias físicas (NUSSENVEIG, 2013).

Na dinâmica temos o estudo das relações entre a força e a aceleração, chamada de **Mecânica Newtoniana**, em homenagem a Isaac Newton (1642-1727), que foi um dos primeiros a estudar tal relação e que formulou as três leis básicas de movimento. Contudo, a mecânica newtoniana é considerada um caso especial de duas grandes teorias, visto que ela não pode ser usada para corpos com velocidades muito elevadas, comparáveis à velocidade da luz, nesse caso deve ser usada a Teoria da Relatividade Restrita, de Einstein, que é válida para qualquer velocidade. Outro caso em que a Mecânica Newtoniana não pode ser usada é quando os corpos envolvidos são muito pequenos, de dimensões atômicas ou subatômicas (como no caso dos elétrons de um átomo), em que deve ser usada a teoria da Mecânica Quântica (HALLIDAY, 2008).

Força

A palavra força é usada diariamente, sendo relacionada com o ato de puxar, empurrar ou apertar um corpo que está em nossa volta. Esses corpos muitas vezes podem se deformar, devido à força aplicada sobre eles (PIETROCOLA, 2016).

O conceito de força também se relaciona à massa do objeto e à aceleração exercida. Por exemplo, se um corpo está acelerando, então existe uma força sobre ele. Isso é o que as Leis de Newton dizem. Portanto, a definição mais bela e precisa de força imaginável talvez simplesmente consista em dizer que força é a massa de um objeto multiplicada pela sua aceleração (FEYMAN, 2009).

Dessa forma, a força é medida com base na aceleração que produz e, visto que a aceleração é uma grandeza vetorial, a força também é grandeza vetorial, logo, para defini-la precisamos do seu módulo (em Newtons), sua direção e seu sentido. Todas as regras para trabalhar com vetores também são válidas para trabalhar com as forças. Por esse motivo, se duas forças estão agindo sobre o mesmo corpo, devemos calcular sua força total ou força resultante, somando vetorialmente todas as forças envolvidas. Denominamos essa forma de calcular de “princípio de superposição para forças” (HALLIDAY, 2008).

Tipos de Força

Existem diversos tipos de forças, que podem ser divididas em “forças de campo” e “forças de contato” (obs.: na escala microscópica, os corpos não entram em contato direto). As **forças de campo** são aquelas que não necessitam de contato direto com o corpo, como no caso da força gravitacional e da força elétrica, dentre outras. Enquanto as **forças de contato** são aquelas que precisam entrar em contato direto com o corpo, como no caso da força de tração e da força de elástica, dentre outras (PIETROCOLA, 2016).

Força peso

A força peso é um exemplo de uma força que atua sobre uma partícula sem que precise haver contato direto com o agente responsável pela força (no caso, o planeta Terra). Forças elétricas e magnéticas sobre partículas carregadas são exemplos análogos (NUSSENVEIG, 2013).

O módulo da força necessária para impedir que o corpo caia livremente, medida em relação ao solo, é chamado de peso P , ou seja, o P de um corpo é igual ao módulo F_g da força gravitacional que age sobre o corpo. Substituindo F_g por mg , obtemos a Equação (14) (HALLIDAY, 2008).

$$P = mg \text{ (peso) (14)}$$

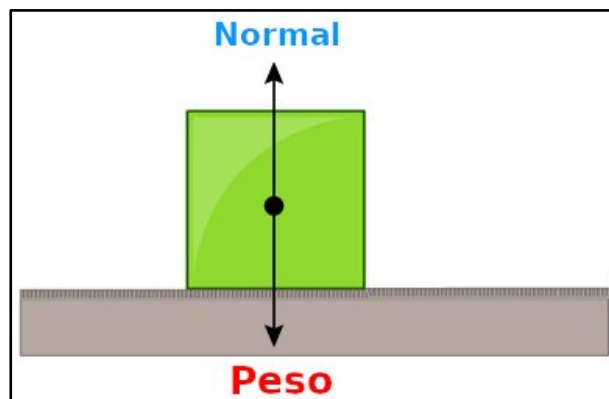
Força Normal

Quando você fica em pé em um colchão, você permanece em repouso, pois a Terra o puxa para baixo. Dessa forma, o colchão se deforma sob o seu peso e empurra você para cima

(Figura 11). O nome dado a esse empurrão exercido pelo colchão ou pelo piso é “força normal” F_N e ela é uma força perpendicular ao piso (HALLIDAY, 2008).

Quando um corpo exerce uma força sobre uma superfície, a superfície (ainda que aparentemente rígida) se deforma e empurra o corpo com uma força normal F_N que é perpendicular à superfície. (HALLIDAY, 2008, p. 104).

Figura 11 - Força normal e força peso



Fonte: disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/forca-normal.htm>. Acesso em: 20 de maio 2021.

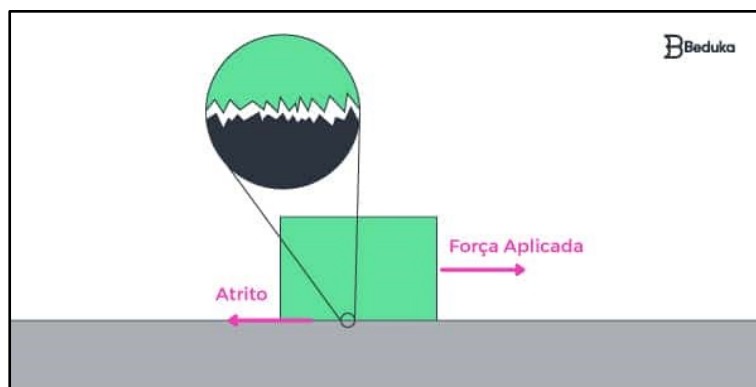
Portanto, no caso da Figura 11, se a mesa e o bloco não estão acelerados em relação ao solo, $a_y = 0$ e a Equação (15) nos dá:

$$F_N = m \cdot g(15)$$

Força de atrito

Ao empurrar um corpo sobre uma superfície, a interação dos átomos do corpo com os átomos da superfície faz com que haja uma resistência ao movimento. Essa resistência é paralela à superfície e aponta em sentido oposto ao do movimento ou tendência ao movimento, a qual chamamos de “força de atrito” ou simplesmente “atrito” (Figura 12) (HALLIDAY, 2008).

Figura 12 - Força de atrito



Fonte: disponível em: <https://beduka.com/blog/materias/fisica/o-que-e-forca-de-atrito/>.

Existem dois tipos de força de atrito: força de atrito estático e força de atrito dinâmico. A **força de atrito estático** é aquela em que o movimento iniciará quando a força F for superior a força aplicada, sendo definida pela Equação (16) (HALLIDAY, 2008).

$$F_{\text{atest}} = \mu_{\text{est}} \cdot N \quad (16)$$

Sendo que F_{atest} é a força de atrito estático, μ_{est} é o coeficiente de atrito estático e N é a Força Normal.

A **força de atrito dinâmico** é aquela que atua se o corpo estiver se movendo no sentido contrário ao movimento do objeto. Ela é definida pela Equação (17) (HALLIDAY, 2008).

$$F_{\text{atd}} = N \cdot \mu_{\text{d}} \quad (17)$$

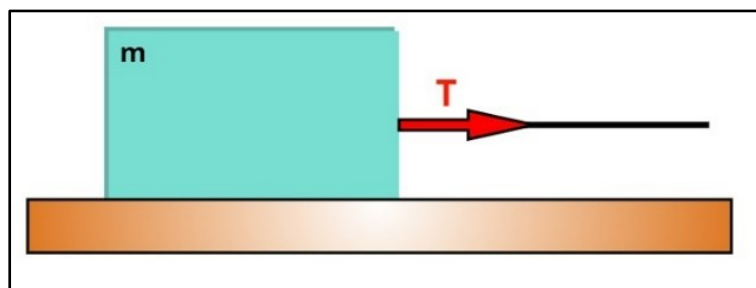
Nela, F_{atd} é a força de atrito dinâmico, μ_{d} é o coeficiente de atrito dinâmico e N é a Força Normal.

Força de tração

A força relacionada à situação em que uma corda (ou um fio, cabo ou outro objeto do mesmo tipo) é presa a um corpo e é esticada é denominada “força de tração”, pois a corda está sendo tracionada (puxada). Desse modo, dizemos que a força de tração de tensão da corda é o módulo T da força exercida sobre o corpo. Como exemplo, podemos citar que quando há uma força exercida pela corda sobre o corpo há um módulo $T = 50 \text{ N}$ e a tensão da corda é 50 N . Consideramos, frequentemente, que a corda não possui massa (a massa da corda é desprezível em comparação à massa do corpo ao qual ela está presa) e é inextensível (o que significa que o

comprimento da corda não muda quando é submetida a uma força de tração) (Figura 13) (HALLIDAY, 2008).

Figura 13 - Força de tração



Fonte: disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/tracao.htm>.

A força de tração é definida pela Equação (18).

$$T = m \cdot a(18)$$

Nela é a tração (N), **m** é a massa (kg) e **a** é a aceleração (m/s²).

Primeira Lei de Newton

O princípio da Inércia, ou Primeira Lei de Newton, está relacionado à massa do corpo ou à inércia do corpo. Esse conceito não foi descoberto apenas por Newton, tendo havido contribuições de dois grandes cientistas, como Galileu Galilei e René Descartes (PIETROCOLA, 2016).

A Primeira Lei Newton pode ser descrita as seguintes formas:

Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele. (NUSSENZVEIG, 2013, p. 93).

A aceleração de um corpo não depende apenas das forças ou da força de atrito, mas também da inércia deste corpo, que, por sua vez, depende da massa que ele possui, sendo que quanto maior a massa, maior será a quantidade de matéria que ele tem e, conseqüentemente, mais inércia esse corpo possuirá. O conceito de massa está relacionado à quantidade de matéria e também à medida de inércia ou lerdeza em resposta a qualquer esforço realizado para movimentá-lo (HEWITT, 2002).

Outro ponto importante para compreensão desta lei é o fato de que ela não é válida em qualquer referencial. Os referenciais em que ela é válida são denominados referenciais inerciais. A Terra não é um referencial inercial, entretanto o movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo afeta muito pouco, na escala de laboratório, os movimentos usuais e, na prática, nessa escala, empregar o laboratório como referencial inercial é uma boa aproximação (o movimento de rotação da Terra pode ser evidenciado, conforme veremos no Capítulo 13, pela experiência do pêndulo de Foucault). Por outro lado, um referencial ligado às estrelas fixas é, com excelente aproximação, um referencial inercial, e é a ele que nos referiremos, em princípio, daqui por diante (NUSSENVEIG 2013).

Segunda Lei de Newton

Quando estamos, por exemplo, observando corpos, vemos que eles não mantêm o mesmo movimento, pois eles podem sair de seu estado de repouso e logo estar em movimento. Essas alterações sofridas pelos objetos são resultadas de uma ou de até mais forças imprimidas sobre ele. A Segunda Lei de Newton, ou o Princípio Fundamental da Dinâmica, permite relacionar a força resultante sobre um objeto com a aceleração produzida por ele e com a inércia (HEWITT, 2002). Portanto, definimos a Segunda Lei de Newton do seguinte modo:

Para uma partícula qualquer de massa m , a força resultante F sobre a partícula é sempre igual à massa m vezes a aceleração da partícula. (TAYLOR, 2013, p. 13).

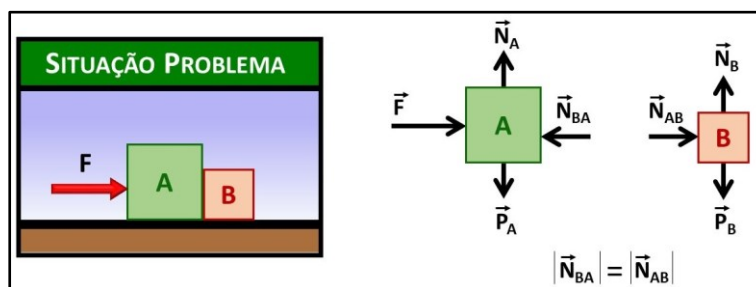
Em outras palavras, a força resultante sobre um corpo é proporcional à massa do corpo e à aceleração adquirida por ele. Matematicamente, temos o que explicita a Equação (19) (PIETROCOLA, 2016):

$$\vec{F} = m \cdot a \quad (19)$$

Embora pareça uma equação simples, deve-se ter cuidado ao usá-la. Primeiramente, devemos escolher o corpo ao qual vamos aplicá-la para, em seguida, efetuarmos a soma vetorial de todas as forças envolvidas sobre o corpo, porém não as forças que agem sobre outros corpos envolvidos na mesma situação. Definir claramente a que corpo vamos aplicar a Segunda Lei de Newton é um fator muito importante ao usar essa equação. Dessa forma, para solucionar problemas envolvendo a Segunda Lei de Newton, desenhamos um **diagrama de corpo livre**

(imagem) no qual o único corpo mostrado é aquele para o qual estamos somando as forças. Como se trata de uma grandeza vetorial, ela é equivalente a três equações para as componentes, uma para cada eixo de um sistema de coordenadas xyz (HALLIDAY, 2008).

Figura 14 - Segunda Lei de Newton



Fonte: disponível em: <https://www.kuadro.com.br/resumos-enem-vestibulares/fisica/estatica/diagrama-de-corpo-livre?id=222&topicId=4326>.

Matematicamente, podemos encontrar a força nas coordenadas xyz por meio das Equações (20):

$$\vec{F}_{res,x} = m \cdot a_x, \vec{F}_{res,y} = m \cdot a_y, \vec{F}_{res,z} = m \cdot a_z, \quad (20)$$

Um problema ao usar a Segunda Lei de Newton está em usá-la na relatividade restrita, pois se constata que o fato de m depender da velocidade da partícula é desprezível, enquanto a partícula não atinge velocidades comparáveis à velocidade da luz no vácuo. Além disso, ao usarmos a Mecânica Newtoniana, limitamo-nos ao macroscópico, excluindo objetos pertencentes à escala atômica, aos quais se aplicam as Leis da Mecânica Quântica. Dessa forma, nos limitamos em utilizá-la apenas para o domínio não relativístico (NUSSENVEIG, 2013).

Terceira Lei de Newton

A força, em um sentido mais amplo, é a interação entre uma coisa e outra. Consideremos que quando uma pessoa empurrar uma parede, a parede também empurrará a pessoa. O que ocorre é que há um par de forças envolvidas, a força que a pessoa exerce e a força que a parede exerce (HEWITT, 2002).

As forças nunca ocorrem sozinhas, sempre há interação entre dois corpos, e essa relação, conhecida como Terceira Lei de Newton, é definida do seguinte modo e conforme a Equação (21):

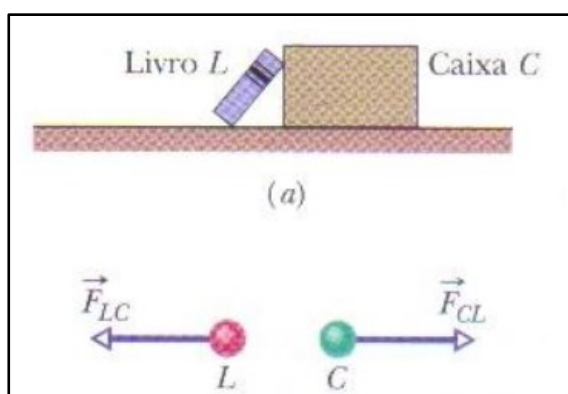
Se o objeto 1 exerce uma força F_{21} sobre o objeto 2, então objeto 2 sempre exerce uma força de reação F_{12} sobre o objeto 1 dada por: $F_{12} = -F_{21}$. (TAYLOR, 2013, p. 32).

$$\vec{F}_{ação} = -\vec{F}_{reação} \text{ ou } F_{ação} = F_{reação} \quad (21)$$

É importante destacar que as duas forças sempre ocorrem e desaparecem ao mesmo tempo e que elas não ocorrem no mesmo corpo, por essa razão elas nunca se anulam e são colineares (ocorrem no mesmo ponto, mas em sentido oposto) (PIETROCOLA, 2016).

A Terceira Lei de Newton também é conhecida como “Princípio da Ação e Reação”, pois para toda ação temos uma reação de igual módulo e direção, porém em sentidos opostos. Entretanto, cabe ressaltar que a ‘ação’ e a ‘reação’ estão sempre aplicadas a corpos diferentes. Essa afirmação está ilustrada na Figura 15 (NUSSENZVEIG, 2013).

Figura 15 - Exemplo da Terceira Lei de Newton



Fonte: Halliday (2008, p. 107).

Na Figura 15, \vec{F}_{LC} é uma força aplicada à partícula C, e \vec{F}_{CL} está aplicada à partícula L (NUSSENZVEIG, 2013).

E como funciona o avião?

A explicação convencional do voo do avião, usando a Lei de Bernoulli, apresenta problemas graves que precisam ser discutidos, inclusive no ensino médio. A explicação que utiliza as Leis de Newton pode demonstrar coerentemente como se origina a aceleração do ar para baixo da asa.

A abordagem utilizada aqui foi apresentada por Weltner *et al.* (2001) e é uma abordagem que se baseia nas Leis de Newton, particularmente nas equações da Hidrodinâmica

de Euler. Comumente, já se associa a explicação da sustentação do rotor de um helicóptero com base nas Leis de Newton, sendo que um fluxo de ar é empurrado e acelerado para baixo, resultando que o rotor exerce uma força sobre o ar. A reação é a sustentação e, por analogia, normalmente, explica-se a propulsão à hélice ou a jato. Levando em conta essas explicações, a asa exerce a mesma função da hélice do helicóptero (WELTNER *et al.*, 2001).

Se existe uma movimentação da superfície horizontalmente, ela acelera o ar em repouso, em torno de si para baixo, de tal forma que exerce uma força vertical no ar. E a contraforça é a sustentação, cuja equação é denominada Kutta-Joukowski, em homenagem aos estudos de Martin Wilhelm Kutta e Nikolai Joukowski acerca do tema, sendo que a sustentação de um trecho da asa de envergadura de 1 metro é dada pela Equação (22).

$$F = \rho \cdot v \cdot \Gamma \quad (22)$$

Considerando F a força da sustentação, ρ a densidade do ar, v a velocidade relativa do escoamento e Γ a circulação, definida como representado na Equação (23).

$$\oint \vec{v} \cdot d\vec{s} \quad (23)$$

Conforme as equações de Euler, a circulação não depende do caminho de integração, portanto, em um escoamento, tem-se que a circular é dada segundo a Equação (24):

$$v = \frac{\Gamma}{2\pi \cdot R} \quad (24)$$

Pode-se perceber que a velocidade é proporcional ao inverso da distância R em relação ao centro da circulação e a direção dela é perpendicular ao raio. Na dinâmica dos fluidos, determina-se o escoamento estacionário em torno de uma asa a partir do escoamento potencial calculado pelas equações de Euler, antepondo a ele escoamentos circulares com centros na linha média do perfil da asa sob a condição de que a superposição provenha em um escoamento paralelo à superfície. Dessa forma, constrói-se o escoamento. A partir da Lei de Bernoulli é possível deduzir desse escoamento as velocidades e determinar as distribuições de pressão, a partir das quais se calcula a sustentação. Nessa abordagem, fica claro que a circulação e a Lei de Bernoulli estão envolvidas no cálculo da sustentação. No entanto, a relação física entre circulação e sustentação é quase oculta. Por sua vez, a equação Kutta-Joukowski relaciona a mudança do impulso vertical de um escoamento com a sustentação. Podemos perceber que a asa muda o fluxo de impulso do escoamento gerando a sustentação e a circulação (WELTNER *et al.*, 2001).

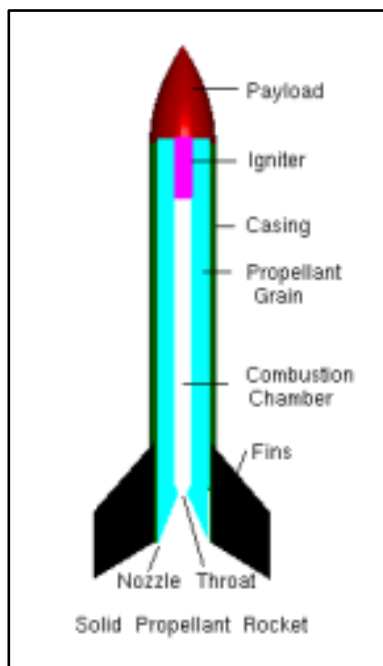
E como funciona o foguete?

A forma mais simples de descrever o que é um foguete é explicando o seu funcionamento básico, que se trata apenas de uma câmara que envolve um gás sob pressão, havendo uma pequena abertura que permite ao gás escapar e, desse modo, em conformidade com Terceira Lei de Newton, impulsionar o foguete em direção oposta à do gás expelido, ou seja, a ação gerada pela expulsão do gás leva a uma reação que movimenta o foguete na direção oposta (HEWITT, 2002).

Contudo, o tamanho do motor de um foguete é determinado por três princípios fundamentais: força de empuxo ou tração F_T , impulso específico I_{sp} e fluxo mássico \dot{w} (TAYLOR, 2017).

Os foguetes, em sua maioria, utilizam dois tipos de propelentes: sólidos ou líquidos. A otimização do desempenho de um foguete depende do tipo de propelente que será adotado. Os mísseis, foguetes de pequeno porte (VLS) ou foguetes auxiliares, em geral operam com propelentes sólidos, como é o caso dos foguetes brasileiros que são lançados da base de Alcântara. Um foguete que utiliza propelente sólido possui quatro partes principais (Figura 17): i) uma caixa que contém o propelente sólido e que é capaz de suportar a pressão quando o foguete está operando, normalmente feita de metal de alta resistência ou de materiais compostos, como vidro, Kevlar e carbono; (ii) o propelente sólido principal (*propellantgrain*), que ocupa a maior parte da caixa; (iii) a câmara de combustível (*combustionchamber*), que canaliza a descarga dos produtos da combustão; e (iv) o ignitor (*igniter*), que inicia o funcionamento do foguete, normalmente compostos que liberam calor, como materiais pirotécnicos (KUENTZMANN, 2012; ADAMI; MORTAZAVI; NOSRATOLLAHI, 2017).

Figura 16 - Representação do funcionamento do foguete de propelente sólido.

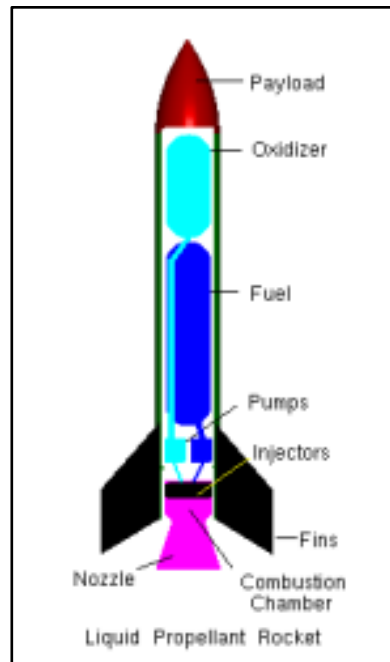


Fonte: Disponível em: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/rocket/TRCRocket/practical_rocketry.html>. Acesso em: maio de 2020.

Para dar início ao funcionamento de um foguete de propelente sólido, no topo do motor há um ignitor que envia um sinal elétrico que inflama o propelente principal, onde há o combustível e o oxidante. Após iniciada a queima, a temperatura dos gases oriundos da combustão pode variar entre 2000 K e 3800 K, sendo que, uma vez iniciada a combustão, não é possível suspendê-la até que todo o propelente seja consumido. Quando a energia térmica proveniente dos gases é convertida em energia cinética, os gases são ejetados através do bocal (*nozzle*), ressaltando-se que o desenho do bocal tem grande importância no desempenho desse tipo de foguete, pois determina como grande parte da energia total vai ser convertida em cinética. Contudo, os motores de propelentes sólidos têm menos eficiência do que aqueles de propelentes líquidos, o que os torna desvantajosos em relação a esse aspecto, porém eles têm a vantagem de não necessitarem de tanques líquidos antes de operarem (KUENTZMANN, 2012; ADAMI; MORTAZAVI; NOSRATOLLAHI, 2017).

Já os foguetes que utilizam o propelente líquido (MPL) são considerados mais eficientes em relação aos de propelentes sólidos, no entanto a quantidade de componentes que os constituem torna o seu funcionamento mais complexo. Os foguetes que utilizam esse tipo de propelente são os foguetes espaciais. A principal diferença é que os foguetes de propelentes líquidos utilizam tanques de armazenamento separados, um para o combustível (*fuel*) e outro para o oxidante (*oxidizer*). Além disso, também possuem outras partes importantes, tais como: bombas (*pumps*), uma câmara de combustão e um bocal (*nozzle*) (Figura 2) (NASA, 2019).

Figura 17 - Representação do funcionamento do foguete de propelente líquido



Fonte: Disponível em: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/rocket/TRCRocket/practical_rocketry.html>. Acesso em: maio de 2020.

Os propelentes são armazenados nos tanques de onde posteriormente serão bombeados pelo sistema de alimentação para a câmara de combustão. O combustível para esse tipo de foguete é geralmente hidrogênio líquido ou querosene. Já o oxidante é geralmente o oxigênio líquido. Quando estão na câmara, o oxidante e o combustível são misturados, por meio de injetores que elevam a temperatura e pressão a altos valores, e o gás, ao se expandir, é ejetado por meio do bocal na extremidade inferior. Um fator extremamente importante é a massa desse tipo de foguete: quanto maior a massa, maior a dificuldade de ele sair do chão. Além disso, os foguetes de propelente líquido são muito maiores do que os foguetes de propelente sólido. Ressalta-se que a qualidade do foguete pode ser a diferença entre o sucesso e o fracasso (NASA, 2019).

Ao contrário dos aviões, os foguetes não precisam de atmosfera para operar. Pelo contrário, funcionam melhor na ausência de atmosfera. Para queimar sem matéria, basta que o foguete já carregue combustível e oxidante, como nos dois tipos de casos descritos. Durante uma viagem espacial, você pode até desligar o motor. O movimento é inercial e pode ser facilmente explicado pela Primeira Lei de Newton. Estritamente falando, a força de movimento resultante não é zero, porque ela é afetada por várias gravidades, então não se moverá ao longo de uma linha reta (SILVEIRA, 2019).

Para um foguete sair da plataforma de lançamento, pode-se dizer que ele deve produzir um empuxo (não confundir com o termo da física de fluidos) maior do que seu peso. Sendo um

caso ideal aquele com 91% em massa de propelentes, 3% de tanques, motores etc. e 6% de carga útil, como satélites, astronautas ou espaçonaves (NASA, 2019). A eficácia de um foguete é chamada de Termo de Fração de Massa (sigla MF, em inglês). Essa expressão é obtida por meio da Equação (25).

$$M_F = \frac{\text{Massa dos propelentes}}{\text{Massa total}} \quad (25)$$

O MF de um foguete ideal seria, portanto, 0,91. Um foguete perfeito teria MF 1,0, mas não faria muito sentido fazer um lançamento sem carga útil. Quanto menor o MF, menor o alcance do foguete. A critério de curiosidade, os ônibus espaciais tinham MF em torno de 0,82. Para foguetes muito grandes, uma solução é descartar partes ao longo do lançamento. Como é o caso dos ônibus espaciais que ejetam partes suas ao longo do lançamento. Essa técnica é conhecida pelo termo em inglês *staging* (NASA, 2019).

Construir um foguete de vários estágios tem sua vantagem, pois desse modo podem ser ejetadas carcaças de estágios anteriores, levando a uma diminuição considerável da sua massa, dado que as carcaças constituem um peso morto considerável (tanques de combustível e motores), partindo para o estágio seguinte com uma nova massa inicial bem menor e de uma nova velocidade inicial igual à velocidade final do estágio anterior (NUSSENZVEIG, 2013).

Portanto, para descrever o movimento do foguete precisa-se levar em consideração que se trata de um corpo de massa variável. Assim sendo, podemos descrever a equação da velocidade do foguete em função da massa e obtê-la sem causar confusão com sinais (FOWLES; CASSIDAY, 1998).

Aplicando aos foguetes, primeiro devemos considerar que a razão da troca de massa é um valor negativo. Dessa forma, uma massa $m(t)$ com velocidade $v(t)$ e que se movimenta em um meio qualquer é adicionada a uma massa Δm em que a velocidade $u(t)$ é menor, mas no mesmo sentido e direção de $v(t)$. Considerando um tempo $t + \Delta t$, a massa acumulou menor Δm , de tal maneira que sua massa é agora $m(t + \Delta t) = m(t) + \Delta m$, e sua velocidade é $v(t + \Delta t)$. Assim, a variação do momento linear é dada pela Equação (26) (TAYLOR, 2013).

$$\Delta P = (P_{total})_{t+\Delta t} - (P_{total})_t \quad (26)$$

Reescrevendo a Equação (26), agora em termos de massa e velocidade, tem-se a Equação (27).

$$\Delta P = (m + \Delta m)(v + \Delta v) - (mv + u\Delta m) \quad (27)$$

Considerando a velocidade de relativa à m , pode-se reescrever a Equação (27) na forma da Equação (28).

$$\Delta P = m\Delta v + \Delta m\Delta v - V\Delta m \quad (28)$$

Agora, dividindo os dois lados por Δt obtemos a Equação (29).

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = (m + \Delta m)\frac{\Delta v}{\Delta t} - V \cdot \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (29)$$

Aplicando o limite de $\Delta t \rightarrow 0$, chega-se à Força externa (como gravitacional ou resistência do ar), como mostrado na Equação (30).

$$F_{ext} = m \cdot a - v m \quad (30)$$

A equação mostra a que é aceleração, sendo a taxa com que o motor do foguete expele massa. A equação é bem semelhante à da Segunda Lei de Newton, porém encontramos o fator $-mv_{ex}$ desempenhando o papel da força. Por essa razão, esse produto é frequentemente chamado de propulsão (Equação (31)) (TAYLOR, 2013).

$$Propulsão = -m \cdot v_{ext} \quad (31)$$

Aplicando-se a equação para o movimento de um foguete, obtém-se a Equação (32).

$$m \cdot a - v m \quad (32)$$

Separando os membros e integrando, pode-se chegar à Equação (33).

$$\int dv = \int V \frac{dm}{m} \quad (33)$$

Em seguida, assumindo que V é constante, ao integrar nos limites encontra-se a Equação (34).



$$\int_{v_0}^v dv = -V \int_{m_0}^m \frac{dm}{m}$$
$$v = v_0 + V \ln \frac{m_0}{m} \quad (34)$$

Essa é a equação da rapidez do foguete, assim v_0 é a velocidade inicial; m_0 é a massa inicial do foguete; 'm' é a massa em qualquer tempo; e 'V' é a rapidez com que o combustível é ejetado do foguete (NUSSENZVEIG, 2013).

CAPÍTULO 12-AVALIAÇÃO DE DINÂMICA

Lista de exercícios de Dinâmica

Dinâmica é o campo da física que descreve o movimento dos corpos e suas causas.

 karolsouza18@gmail.com (não compartilhado) [Alternar conta](#) 

***Obrigatório**

Por que a velocidade de um paraquedista se torna constante depois de alguns segundos de queda? Explique *

Sua resposta

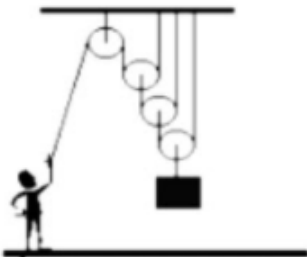
Os Estados Unidos enviaram o primeiro homem a Lua em 1969. Neil Amstrong foi o primeiro a desembarcar na superfície lunar e ao desembarcar percebeu que ao saltar era mais lento e demorado. Por que isso aconteceu? *

Sua resposta

Um bloco de massa $m = 5 \text{ Kg}$, realiza movimento uniforme numa mesa horizontal sob ação de uma força horizontal $F = 10 \text{ N}$. Determine o coeficiente de atrito sob o corpo. ($g_{\text{Terra}} = 10 \text{ m/s}^2$) *

Sua resposta

Determine a força que o homem deve exercer no fio para manter em equilíbrio estático o corpo suspenso de 800 N (equivalente a uma pessoa de 80 kg na terra). Os fios e as polias são ideais e não existe nenhum tipo de atrito. *



Sua resposta

Um menino chuta uma pedra, exercendo nela uma força de 100 N. Quanto vale a reação dessa força, quem a exerce e onde está aplicada essa reação? *

Sua resposta

Um corpo com massa de 0,8 kg foi empurrado por uma força que lhe comunicou uma aceleração de 3 m/s^2 . Qual o valor da força? *

Sua resposta

Qual o peso de um carro de massa de 500 kg ? Esse valor sofreria modificação se ele estivesse a 100 km/h numa rodovia? *

Sua resposta

A respeito do conceito da inércia, assinale a frase correta: *

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

As estatísticas indicam que o uso do cinto de segurança deve ser obrigatório para prevenir lesões mais graves em motoristas e passageiros no caso de acidentes. Fisicamente, a função do cinto está relacionada com a: *

- Primeira Lei de Newton
- Lei de Snell
- Lei de Ampère
- Lei de Ohm
- Primeira Lei de Kepler

(PUC-RS) Para exemplificar pares de forças, segundo o princípio da ação e reação, são apresentadas as seguintes situações: 1. Ação: a Terra atrai os corpos. Reação: os corpos atraem a Terra. 2. Ação: o pé do atleta chuta a bola. Reação: a bola adquire velocidade. 3. Ação: o núcleo atômico atrai os elétrons. Reação: os elétrons movem-se em torno do núcleo. O par de forças ação-reação está corretamente identificado : *

- somente na situação 3.
- somente na situação 2.
- somente na situação 1.
- nas situações 2 e 3.
- nas situações 1 e 2.

(F.F.O. Diamantina-MG) De acordo com a Terceira Lei de Newton, duas forças que formam um par ação-reação apresentam estas características, exceto: *

- mesmo módulo.
- mesma direção.
- sentidos opostos.
- atuam em corpos diferentes.
- anulam-se uma à outra.

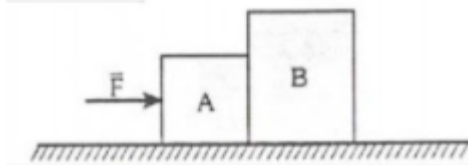
(F.C.Chagas) um corpo adquire aceleração de $4,0 \text{ m/s}^2$, quando sofre uma força resultante de 320 N . A massa do corpo, em kg, é: *

- 320
- 80
- 40
- 20
- 13

Qual a força mínima que deve ser feita para levantar um automóvel com massa 800kg?

Sua resposta

Os corpos A e B encontram-se apoiados sobre uma superfície horizontal plana perfeitamente lisa. Uma força de intensidade 40 N é aplicada em A conforme indica a figura. determine: (Dados $m_A=2$ Kg e $m_B= 8$ Kg) a) a aceleração dos corpos A e B; b) a força que A exerce em B; c) a força que B exerce em A. *



Sua resposta

Para cada uma das seguintes interações, identifique as forças de ação e reação.
a) um martelo bate num prego. b) a gravidade da Terra puxa um livro para baixo.
c) a lâmina de um helicóptero empurra o ar para baixo. *

Sua resposta

Identifique a força que atua num foguete, explique. *

Sua resposta

CAPÍTULO 13 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto educacional desenvolvido nesta proposta tem a finalidade de ajudar os professores na prática pedagógica. Pretendeu-se introduzir os conteúdos de Cinemática e de Dinâmica por meio de filmes associando a história e filosofia da ciência para auxiliar na construção de uma visão de ciência para além do senso comum. Para tanto, foi utilizado a teoria da aprendizagem significativa crítica de Moreira e a epistemologia de Paul Feyerabend.

Para a proposta foram apresentados filmes com uma abordagem de gênero e étnico-racial. A proposta também utilizou experimentos didáticos de baixo custo, fácil montagem e aplicação através de vídeos que foram apresentados para aos alunos no decorrer das aulas e retomados quando necessário. Embora este produto educacional tenha sido criado para o ambiente virtual, todo o material pode ser reproduzidos em sala de aula.

Quanto à relevância deste produto, a utilização de filmes e a história da ciência podem contribuir para a educação brasileira, trazendo avanços em sala de aula (virtual), pois os alunos, mesmo que remotamente, participaram mais das aulas e conseguiram fazer conexões com o seu cotidiano. A física em sala de aula e a mostrada no filmes e nos vídeos das experiências despertaram a curiosidade dos alunos, proporcionando discussões.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. A. N.; LOPES, N. C.; CARVALHO, W. L. P. Uma análise crítica do laboratório didático de física: a experimentação como uma ferramenta para a cultura científica. *In: ENPEC - ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 7., 2009, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: 8 nov. 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília: MEC/SEF, 1997.
- COUTO, L. F. Feyerabend e a máxima do “Tudo Vale”: a necessidade de se adotar múltiplas possibilidades de metodologia na construção de teorias científicas. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 12, n. 3, 1999.
- FEYNMAN, R. P. *et al.* **Lições de Física**. 1. ed. São Paulo: Bookman, 2009.
- GASPAR, A. **Física: Mecânica**. São Paulo: Ática, 2000. v. 1
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física volume 1: Mecânica**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- HEWITTT, P. G. **Física conceitual**. Tradução de Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. Disponível em: <https://www.nasa.gov>. Acesso em: 10 jun. 2019.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: Mecânica**. São Paulo: Editora Blucher, 2013. v. 1.
- PIETROCOLA, M. **Física em contextos**. 1. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.
- SALES, G. L.; MAIA, M. C. **Física básica I**. Coordenação de Cassandra Ribeiro Joye. Fortaleza: UAB/IFCE, 2011.
- TAYLOR, J. R. **Mecânica clássica**. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 1.
- VASCONCELOS, T. A importância da educação na construção da cidadania. **Revista Saber (e) Educar**, n. 12, 2007.