

APENDICE B: Produto Educacional

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Sociedade Brasileira de Física
Universidade Federal do Acre

Produto Educacional**USO DA RAMPA DE INCLINAÇÃO VARIÁVEL: ENERGIA MECÂNICA,
SUAS TRANSFORMAÇÕES E CONSERVAÇÃO****Manual do Professor****MARIO LUIZ DE OLIVEIRA**

Rio Branco/AC
2021

**USO DA RAMPA DE INCLINAÇÃO VARIÁVEL: ENERGIA MECÂNICA,
SUAS TRANSFORMAÇÕES E CONSERVAÇÃO**

MARIO LUIZ DE OLIVEIRA

Orientadora:

Profa. Dra. Esperanza Lucila Hernández Angulo - UFAC

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Acre no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Dr^a. Esperanza Lucila Hernández Angulo

Prof. Dr. Marcelo Castanheira, da Silva

Profa. Dr^a. Murilena Pinheiro de Almeida

**Rio Branco/AC
2021**

1 INTRODUÇÃO

O Produto Educacional USO DA RAMPA DE INCLINAÇÃO VARIÁVEL: ENERGIA MECÂNICA, SUAS TRANSFORMAÇÕES E CONSERVAÇÃO, um instrumento para ser utilizado na mediação simbólica no Ensino de Física foi desenvolvido no Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este material destina-se a professores de Física, especialmente do Ensino Médio, e se propõe a auxiliar na introdução e no desenvolvimento de conceitos da Energia Mecânica.

O produto educacional, objeto da proposta deste trabalho, consiste em um material curricular (ZABALLA, 1998) constituído de trilhos de plástico montados em pranchas de madeira ou compensado, alguns pedaços de madeira de tamanhos pré-determinados, esferas de aço ou contas de colares de tamanhos variados e alguns instrumentos simples de medição como fita métrica, balança e transferidor.

Consideramos que elaborar um produto educacional relacionado com as transformações de energia mecânica a partir da construção de objetos educacionais e as possibilidades de sua utilização possa favorecer, não apenas na aquisição de novos conhecimentos, mas, sobretudo, poderá possibilitar o desenvolvimento de novas habilidades como a utilização de ferramentas na construção dos objetos, além de oportunizar uma maior interação entre os alunos, visto tratar-se de uma atividade coletiva, e uma maior interação entre professor e alunos, pois a construção de objetos com seus acertos e erros proporciona um vasto campo de discussões e questionamentos do tipo: “O que deu errado?”, “Por que deu errado?”, “Existe outra forma de fazer?”, “Qual o melhor material?” ... e tantas outras.

Acreditamos que muitas são as potencialidades do produto educacional *Rampa de Inclinação Variável*, não apenas nas análises referentes ao estudo da Energia Mecânica, mas de outros temas da Mecânica como, por exemplo, *Lançamentos horizontais e oblíquos*, *Queda livre*, *Colisões* e *Medição da aceleração da gravidade*, entre outros. A partir da materialização de algumas

situações-problema propostas no decorrer das aulas expositivas, espera-se que os estudantes tenham a oportunidade de confrontar os resultados teóricos, obtidos a partir das equações pertinentes ao estudo de cada fenômeno proposto, com os resultados práticos obtidos ao final de cada experimentação, buscando desenvolver o seu senso crítico e a busca de fundamentações técnico-científicas para as eventuais discrepâncias observadas.

O objetivo desse trabalho é apresentar um produto educacional para professores de Física, em especial do Ensino Médio, que possa possibilitar uma metodologia de ensino e aprendizagem mediada por meio da utilização de uma *rampa de inclinação variável* para explicar a energia mecânica, suas transformações e conservação e ainda, reforçando os conhecimentos anteriores.

Descrever e orientar quanto à construção, e oportunizar a utilização de um dispositivo de baixo custo, cuja finalidade é possibilitar a reprodução, o estudo e a quantificação de alguns fenômenos físicos cotidianos ligados à Energia Mecânica e suas transformações é parte deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GRANDEZAS FÍSICAS

São aquelas grandezas que podem ser medidas, ou seja, que descrevem qualitativamente e quantitativamente as relações entre as propriedades observadas no estudo dos fenômenos físicos.

Grandeza física é diferente de unidade física. Por exemplo: o Porsche 911 pode alcançar uma velocidade de 300 km/h. Nesse exemplo em questão, a velocidade é a grandeza física e km/h (quilômetros por hora) é a unidade física. Em Física, elas podem ser vetoriais ou escalares, como, por exemplo, o tempo, a massa de um corpo, comprimento, velocidade, aceleração, força, e muitas outras.

- **Grandezas físicas escalares** são aquelas que precisam somente de um valor numérico e uma unidade para determinar sua uma grandeza física. Um exemplo é a nossa massa corporal. Grandezas como massa, comprimento e tempo são exemplos de grandeza escalar.
- **Grandezas vetoriais** necessitam, para sua perfeita caracterização, de uma representação mais precisa. Assim sendo, elas necessitam, além do

valor numérico, que mostra a intensidade, de uma representação espacial que determine a direção e o sentido. Aceleração, velocidade e força são exemplos de grandezas vetoriais.

As grandezas vetoriais possuem uma representação especial. Elas são representadas por um símbolo matemático denominado vetor. Nele se encontram três características sobre um corpo ou móvel.

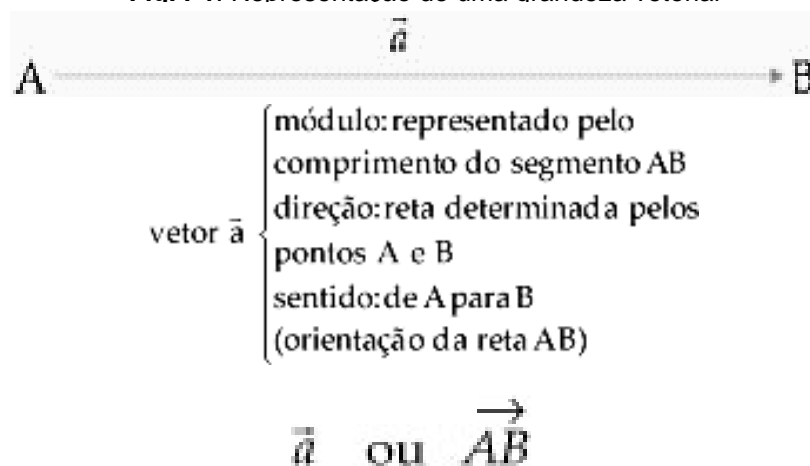
Veja:

Módulo: representa o valor numérico ou a intensidade da grandeza;

Direção e Sentido: determinam a orientação da grandeza.

Para representar um vetor tomamos uma letra qualquer e sobre ela colocamos uma seta, assim como mostra a figura P1.

Fig. P1: Representação de uma grandeza vetorial



Fonte: <https://www.google.com/search?q=representa%C3%A7%C3%A3o+de+um+vetor>

Existem duas maneiras de representação do módulo de um vetor. Uma delas consiste em ter apenas a letra que representa o vetor, sem a seta em cima dele; a outra forma consiste na letra que representa o vetor, juntamente com a seta sobre ele, e entre os sinais matemáticos que representam o módulo.

$$\text{Módulo de } \vec{F} = |\vec{F}| = F$$

2.2 COMPRIMENTO

É a grandeza física que expressa a distância percorrida entre dois pontos. As **unidades de medidas de comprimento** surgem para suprir a necessidade do ser humano de **medir vários tipos de distâncias**. Existem várias unidades de medidas de comprimento, a utilizada no sistema internacional de unidades é o metro, e seus múltiplos (quilômetro, hectômetro e decâmetro) e submúltiplos (decímetro, centímetro milímetro).

Além das unidades de medidas de comprimento apresentadas, existem outras como as que utilizam o corpo como parâmetro: o palmo, o pé, a polegada. Ainda, há aquelas que não são do sistema internacional, mas são utilizadas a depender da região, como a légua, a jarda, a milha e o ano-luz.

Para medir distâncias maiores, existem o que chamamos de múltiplos do metro, que são:

- Decâmetro: 1 decâmetro corresponde a 10 metros,
- Hectômetro: 1 hectômetro corresponde a 100 metros,
- Quilômetro: 1 quilômetro corresponde a 1000 metros.

Para medir-se a distância, por exemplo, entre duas cidades, é mais conveniente usar-se quilômetros em vez de metros.

Para medir distâncias menores, existem os submúltiplos do metro, que são:

- Decímetro: 10 decímetros correspondem a 1 metro.
- Centímetro: 100 centímetros correspondem a 1 metro
- Milímetro: 1000 milímetros correspondem a 1 metro.

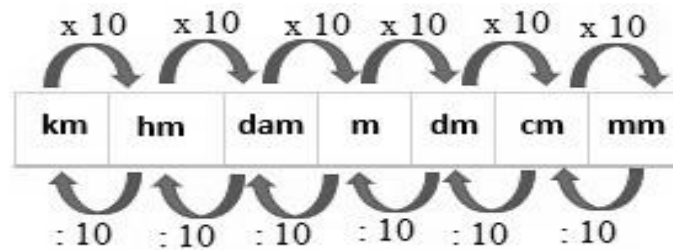
Para objetos menores, como talheres, é mais conveniente utilizarmos como unidade de medida o centímetro em vez do metro. Os múltiplos e submúltiplos do metro são representados por siglas:

Quilômetro km; hectômetro hm; decâmetro dam; metro m; decímetro dm; centímetro cm; milímetro mm

Para realizar a conversão, precisamos construir a tabela ilustrada na

figura P2, respeitando a ordem para os múltiplos e submúltiplos do metro:

Fig. P2: Múltiplos e submúltiplos do metro



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/>

Para realizar a conversão de uma unidade que está à esquerda para outra que está à direita, multiplicamos por 10 cada unidade de medida.

Exemplo:

Convertendo 1,2 m em cm

Ao analisar-se a tabela, de metro até centímetro, há duas unidades de medida m, dm, cm. Então multiplicaremos por 10 cada uma.

$$1,2 \cdot 10 \cdot 10 = 1,2 \cdot 100 = 120 \text{ cm}$$

Para realizar conversões da direita para a esquerda, dividimos por 10 para cada unidade de medida.

2.3 Espaço (s)

Espaço é a posição (localização) de um objeto em certo instante (momento) em relação a um determinado referencial.

2.4 Tempo

Tempo é a duração dos fatos. No Sistema Internacional de Pesos e Medidas (SI) o *segundo* é a unidade de medida de tempo. Porém, dela advêm algumas outras: minuto, hora, dia etc.

Para converter as unidades derivadas em segundos utiliza-se as seguintes equivalências:

- *Minuto (min) = 1 min = 60 s*
- *Hora (h) = 1 h = 60 min = 3 600 s*
- *Dia = 1 dia = 24 h = 1440 min = 86 400 s*

2.5 Sistema Internacional de Unidades

O Sistema Internacional de Unidades, abreviado pela sigla SI, é um conjunto de unidades de medidas correspondentes às grandezas físicas fundamentais e suas derivações. O SI representou uma evolução do sistema métrico quando estabelecido em 1960, durante a Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), na França.

2.5.1 Introdução ao Sistema Internacional de Unidades

O Sistema Internacional de Unidades é completamente escrito sobre sete unidades de medida básicas, baseadas nas grandezas físicas fundamentais: comprimento, tempo, massa, corrente elétrica, temperatura termodinâmica, quantidade de matéria, e intensidade luminosa.

As unidades do SI referidas a tais grandezas e seus símbolos são, respectivamente: metro (m), segundo (s), quilograma (kg), ampére (A), kelvin (K), mol (mol) e candela (cd). Na tabela você confere todas as unidades básicas do SI, bem como seus símbolos e definições:

Quadro 1: Definições das grandezas do SI

Grandeza	Unidade	Símbolo	Definição moderna
Comprimento	metro	m	O metro é definido como o espaço percorrido pela luz (no vácuo) em uma fração de 1/299.792.458 s.
Tempo	segundo	s	O segundo equivale a 9.192.631.770 transições hiperfinas de energia de um átomo de Césio.
Massa	quilograma	kg	Atualmente o quilograma passou a ser baseado na constante de Planck, igual a $6,62607015 \cdot 10^{-34}$ J.s.

Corrente elétrica	Ampère	A	O ampère é igual à passagem de $1,602176634 \cdot 10^{19}$ cargas elementares por segundo, corresponde à corrente que produz uma força de $2 \cdot 10^{-7}$ N entre dois fios condutores paralelos, espaçados em 1 m.
Temperatura termodinâmica	kelvin	K	Recentemente, a temperatura termodinâmica passou a ser medida em termos da constante de Boltzmann, de módulo igual a $1,380649 \cdot 10^{23}$ J.s. Antigamente, era relacionada com o ponto triplo da água.
Quantidade de matéria	mol	mol	O mol é definido em termos do número de Avogadro, que define como $6,02214076 \cdot 10^{23}$ o número de partículas contidas em um mol.
Intensidade luminosa	candela	cd	A intensidade luminosa é baseada em uma frequência monocromática de luz igual a $540 \cdot 10^{12}$ Hz.

Fonte: Halliday (2004)

Além dessas unidades básicas, existem outras 22 unidades derivadas, como o newton ($N = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$), o joule ($\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$) e o coulomb (A.s). Para cada unidade do SI, básica ou derivada, pode-se aplicar prefixos de unidade. Ao todo, existem 20 prefixos de unidade, mostrados nesta tabela:

Tabela 1: Múltiplos e submúltiplos; potências de base 10

Prefixo	Símbolo	Potência de base 10
Yotta	Y	10^{24}
Zeta	Z	10^{21}
Exa	E	10^{16}
Peta	P	10^{15}
Tera	T	10^{12}

Giga	G	10^9
Mega	M	10^6
Quilo	k	10^3
Hecto	h	10^2
Deca	da	10^1
Deci	d	10^{-1}
Centi	c	10^{-2}
Mili	m	10^{-3}
Micro	μ	10^{-6}
Nano	n	10^{-9}
Pico	p	10^{-12}
Femto	f	10^{-15}
Atto	a	10^{-18}
Zepto	z	10^{-21}
Yocto	y	10^{-24}

Fonte: Próprio autor

2.6 GRANDEZAS DERIVADAS DO SI

2. 6.1 Densidade

Em física, definimos a *densidade* de um corpo (*ou objeto*) como sendo a razão entre sua massa e seu volume. Por exemplo, para sabermos a densidade de um tijolo, basta sabermos a sua massa total e seu volume total. Matematicamente, temos:

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

Na equação acima temos:

d – representa a densidade

m – representa a massa do corpo (*ou objeto*)

v – representa o volume

De acordo com a definição dada pelo Sistema Internacional de Unidades (**SI**), a unidade de medida de *densidade* é o kg/m^3 (*quilograma por metro cúbico*).

Sendo assim, podemos concluir que o cálculo da densidade de um objeto só depende de sua massa total e de seu volume

2.6.2 Velocidade escalar média

A velocidade é, por definição, a qualidade daquilo que é veloz. É a grandeza física vetorial relacionada à rapidez de um determinado evento e em termos médios é definida pela comparação do evento ao tempo necessário à sua ocorrência (figura P3).

Fig. P3: Velocidade em um movimento



Fonte: <https://www.gettyimages.com.br/>

Na Cinemática, área da Mecânica na qual estudamos os movimentos sem nos preocuparmos com as causas que o provocaram, temos

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t},$$

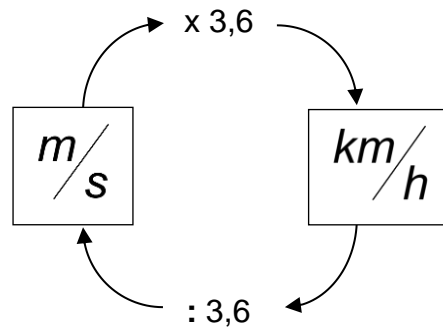
onde

v_m : velocidade média

Δs : deslocamento efetuado

Δt : tempo gasto no deslocamento.

Pela definição matemática da velocidade, é possível determinar suas possíveis unidades de medida, bem com sua dimensão. No nosso cotidiano, no Brasil, expressamos a velocidade em km/h, entretanto, no Sistema Internacional de Unidades, em m/s. Assim, temos o seguinte fator de conversão entre as duas unidades mencionadas:



Exemplo:

Se a velocidade de um objeto é 20 m/s, isso significa que a cada 1 segundo ele percorre 20 m; então em 1 h, que distância percorrerá?

Solução:

Sua velocidade média será:

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

ou seja, em 1 h percorrerá 72 km.

Importante: a direção da velocidade será sempre tangente à trajetória.

2.6.3 Aceleração

A aceleração, \vec{a} , de um corpo é a grandeza física de natureza vetorial (intensidade, direção e sentido) responsável por variações na velocidade do corpo. Pode se apresentar de duas formas distintas: tangencial ou centrípeta.

- **Aceleração tangencial**

É a aceleração responsável pelas variações no módulo (valor) da velocidade instantânea. Sua direção é paralela à da velocidade e seu sentido determina se o movimento é acelerado, retardado ou uniforme:

- Se a aceleração tangencial tem o mesmo sentido da velocidade, ambas terão o mesmo sinal, o módulo da velocidade aumentará com o tempo e o movimento será chamado de *movimento acelerado*.



- Se a aceleração tangencial tem sentido oposto ao da velocidade, elas terão sinais opostos, o módulo da velocidade diminuirá com o tempo e o movimento será chamado de *movimento retardado*.



- Se a aceleração tangencial for nula, a velocidade permanecerá com módulo (medida ou intensidade) constante e o movimento será chamado de *movimento uniforme*.



O valor médio a aceleração tangencial é dado pela seguinte relação:

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

- **Aceleração centrípeta**

É a aceleração que provoca as variações na direção da velocidade instantânea e que será responsável pelos movimentos curvilíneos. Sua direção é perpendicular à direção da velocidade e o seu sentido será sempre para dentro da curva, daí o seu nome.

Na figura P4 os vetores que tangenciam a circunferência representam sua velocidade em quatro instantes distintos da trajetória e os vetores que apontam para o centro da trajetória representam a aceleração centrípeta naquelas instantes.

O módulo da aceleração centrípeta é dado por

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

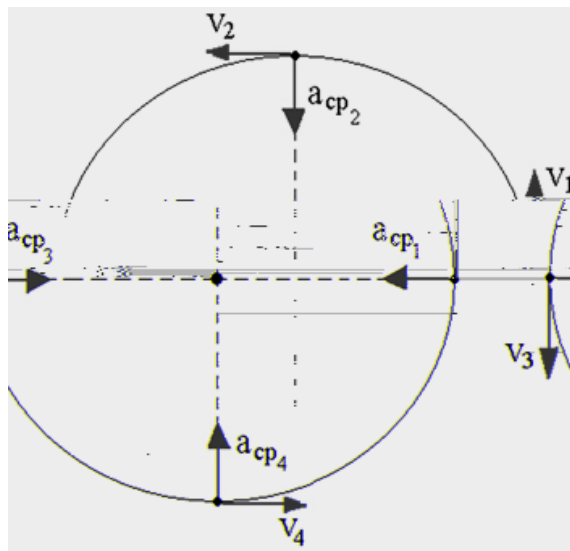
onde:

v - módulo da velocidade instantânea

R - raio da curva.

Importante: em qualquer caso, no Sistema Internacional de Unidades, todas as acelerações serão medidas em m/s^2 . (figura P4).

Fig. P4: Vetor velocidade em um movimento



Fonte: <https://www.preparaenem.com/>

2.6.4 Força

Força é o agente da dinâmica responsável por alterar o estado de **repouso** ou **movimento** de um corpo. Quando se aplica uma força sobre um corpo, esse pode desenvolver uma aceleração, como estabelecem as leis de Newton, ou se deformar. Existem diferentes tipos de força na natureza, tais como a força gravitacional, força elétrica, força magnética, força nuclear forte e fraca, força de atrito, força de empuxo etc.

As forças são grandezas vetoriais que, portanto, precisam ser definidas de acordo com seu módulo, direção e sentido. O módulo de uma força diz respeito à sua intensidade; a direção diz respeito às direções nas quais as forças se aplicam (horizontal ou vertical, por exemplo); cada direção, por sua vez, apresenta dois sentidos: positivo ou negativo, esquerda ou direita, para cima ou para baixo, etc.

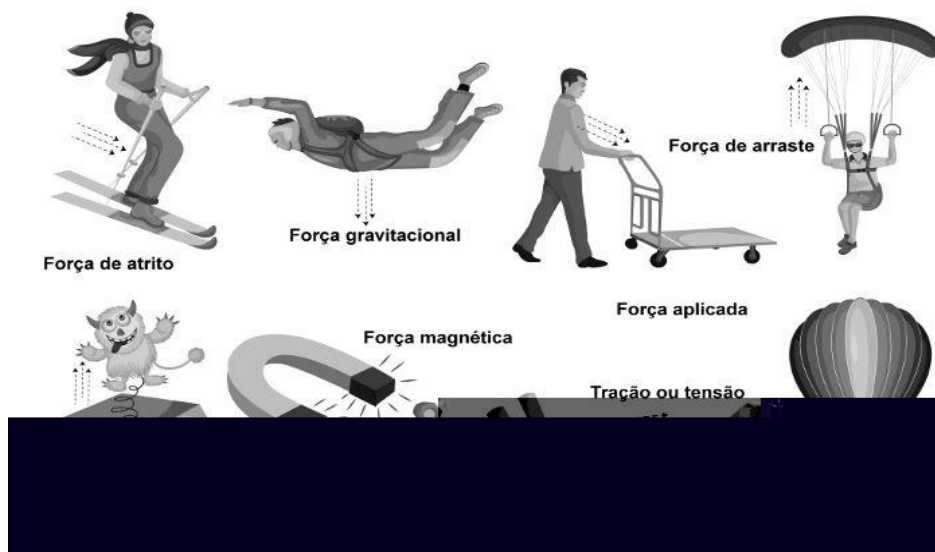
Existem diversos tipos de força na natureza.

De acordo com o Sistema Internacional de Unidades, independentemente de qual seja a sua natureza, a grandeza força é medida na unidade de $kg.m/s^2$, entretanto, costumamos utilizar a grandeza newton (N) para designar tal

unidade, como uma forma de homenagem a um dos maiores físicos de todos os tempos: Isaac Newton. Os dispositivos utilizados para medir forças são chamados de dinamômetros – molas de constantes elásticas conhecidas que se esticam à medida que alguma força é aplicada sobre elas.

Na figura P5, vemos exemplos de vários tipos de forças.

Fig. P5: Algumas forças



Fonte <https://brasilecola.uol.com.br/>

2.7 SISTEMA CONSERVATIVO

Um sistema conservativo, em Física, é aquele onde somente forças conservativas realizam trabalho. Um sistema conservativo jamais deve ser confundido com um sistema isolado de forças externas, em que a grandeza conservada é a quantidade de movimento ao invés da energia mecânica.

Uma força é dita conservativa quando seu trabalho independe da trajetória. A força gravitacional e a força elástica são exemplos de forças conservativas. Uma força que não é conservativa é chamada de dissipativa. Exemplos de forças dissipativas são a força de atrito cinético e a força de arrasto. Forças que agem em um sistema a fim de modifica-lo são ditas forças dissipativas e as forças que não alteram a energia do sistema são chamadas de conservativas. Em parte, isso se deve à propriedade dos sistemas físicos de transformarem uma modalidade de energia em outra.

2.8 SISTEMA DISSIPATIVO

Um sistema dissipativo é um sistema aberto termodinamicamente o qual opera fora, e muitas vezes distante do equilíbrio termodinâmico em um ambiente com o qual troca energia e matéria. Na física, definimos *forças dissipativas*, que também podem ser denominadas de forças não conservativas, como sendo as forças que transformam a energia mecânica em outras formas de energia, como por exemplo, o som, calor e deformação.

A força de atrito faz um objeto parar, transformando sua energia cinética inicial em calor e som. Sempre que houver força de atrito, parte da energia mecânica do sistema vai ser transformada em calor e som. É possível verificar isso quando um carro freia bruscamente: escutamos o som característico da freada e vemos a fumaça dos pneus queimando em virtude do aumento da temperatura devido à força de atrito com o asfalto.

2.9 FORÇA DE RESISTÊNCIA DO AR

É uma força que atua no sentido contrário do movimento de um objeto qualquer, essa força é exercida pelo ar, com a intenção de restringir o movimento do objeto.

Se um corpo se movimenta através de um fluido (um gás, um líquido ou um vapor) surge uma força que se opõe a esse movimento. Em se tratando do ar, essa força é chamada de *força de resistência do ar*. Graças a essa resistência é que o paraquedas funciona.

A força da resistência do ar é dada por

$$F_r = K \cdot v^2$$

Onde k é uma constante que depende da densidade do ar, do acabamento da superfície do corpo, da sua forma e da área da secção transversal, perpendicular à direção do movimento e v , a velocidade relativa entre o corpo e o ar.

2.10 FORÇA DE ATRITO

A força de atrito é uma interação que se manifesta sempre que tentamos fazer deslizar, um sobre o outro, objetos que estejam se comprimindo mutuamente (apoiados uns nos outros). Sua direção é paralela à tentativa de

movimento e seu sentido é oposto. Por exemplo, quando empurramos ou puxamos um determinado objeto tentando movê-lo, percebemos que existe certa dificuldade para colocá-lo em movimento. Essa dificuldade deve-se à força de atrito, que é uma força que se opõe ao movimento de objetos que estão sob a ação de uma força. Ela age paralelamente à superfície de contato e em sentido contrário à força aplicada sobre um corpo.

O fato de não conseguirmos fazer um corpo deslizar sobre uma superfície é justificado pelo aparecimento de uma força entre as superfícies de contato que impede o movimento denominada força de atrito estático, cujo módulo pode variar de zero até um valor máximo, dado por

$$0 < F_{Ae} \leq F_{Ae_{m\acute{a}x}} = \mu_e \cdot N$$

F_{Ae} - Força de atrito estático;

μ_e - Coeficiente de atrito estático

N - Força normal

Quando o corpo desliza sobre outro surge uma força de contato que se opõe ao movimento, chamado força de atrito dinâmico.

$$F_{Ad} = \mu_d \cdot N$$

F_{Ad} - Força de atrito dinâmico

μ_d - Coeficiente de atrito dinâmico.

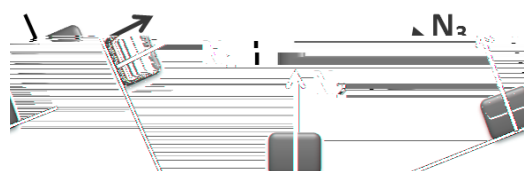
N - Força normal

A força de atrito entre os corpos sólidos é devida às asperezas das superfícies em contato e diminui com o polimento ou com o uso de lubrificantes.

2.11 FORÇA NORMAL

A força normal é a força trocada entre duas superfícies que se comprimem. Sua direção, como sugere o próprio nome, é perpendicular às superfícies e sua intensidade mede o grau de compressão entre elas. Veja a figura P6

Fig. P6: Representações da força normal



Fonte: Próprio autor

2.12 FORÇA RESULTANTE

É a força que, sozinha, representa e substitui, sem prejuízo da análise, um conjunto de forças que estejam atuando simultaneamente sobre um objeto qualquer.

O conceito de força resultante é fundamental na resolução de questões cotidianas envolvendo a aplicação de forças, uma vez que simplifica em muito a análise.

Considerando que na maioria das vezes um objeto interage com todos os objetos à sua volta, se representarmos por \vec{F} cada uma das interações, teremos

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$$

em que a soma representada é uma soma vetorial; ou seja, leva em consideração as direções e sentidos das forças presentes, além de seus módulos (intensidades).

De acordo com a 2ª lei de Newton, a força resultante é a responsável pela aceleração, \vec{a} , do corpo de tal modo que

$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

Visto que a relação acima é de natureza vetorial, e considerando que a massa é sempre uma grandeza positiva, temos que a força resultante e a aceleração que ela produz terão sempre a mesma direção e o mesmo sentido.

2.13 TRABALHO DE UMA FORÇA

O significado da palavra trabalho em Física é diferente do seu significado habitual empregando na linguagem comum. O trabalho é uma grandeza criada para medir as transferências ou transformações de energia. Podemos, deste modo, escrever

$$\tau = \Delta E$$

Uma força constante aplicada em um corpo realiza um trabalho quando produz um deslocamento nesse corpo. Este trabalho é dado por

$$\tau = F.d.\cos \varnothing,$$

onde

τ : Trabalho mecânico,

F : Módulo da força aplicada,

d : Deslocamento,

\emptyset : Menor ângulo entre as orientações da força e o deslocamento.

Se o ângulo entre as orientações da força \vec{F} e do deslocamento estiver entre 0 e 90° , o trabalho é dito motor ($\tau > 0$). Se o ângulo estiver entre 90° e 180° , o trabalho é denominado resistente ($\tau < 0$) e se o ângulo for igual a 90° , o trabalho será nulo: assim, temos que se:

$0 \leq \emptyset < 90^\circ \Rightarrow \tau > 0$ (trabalho motor) $\Rightarrow \Delta E > 0 \Rightarrow$ Sistema ganha energia

$\emptyset = 90^\circ \Rightarrow \tau = 0$ (trabalho nulo) $\Rightarrow \Delta E = 0 \Rightarrow$ Não ocorre variação de energia

$90^\circ < \emptyset \leq 180^\circ \Rightarrow \tau < 0$ (trabalho resistente) $\Rightarrow \Delta E < 0 \Rightarrow$ Sistema cede energia.

2.14 ENERGIA

Na Natureza é possível encontrar a Energia sob várias formas distintas, cada uma delas com uma definição própria ou vinculação característica a um evento, mas não é possível termos uma definição universal para o conceito de Energia. Deste modo é comum que ela seja definida de acordo com a forma como se manifesta; por exemplo, a Energia cinética está associada a todo e qualquer tipo de movimento, a Energia térmica com as diferenças de temperatura ou mudanças de estado de agregação das substâncias, a energia nuclear à fusão ou fissão dos núcleos dos átomos, a gravitacional às diferenças de altura, a elástica às molas e assim por diante.

De qualquer modo dizemos que sempre que houver transferência de energia de uma região para outra ou transformação de uma forma de energia em outra, terá havido realização de trabalho.

Qualquer coisa que esteja trabalhando, movendo outro objeto ou aquecendo-o, por exemplo, estará gastando (transferindo) energia.

Energia é um dos conceitos essenciais da Física e pode ser encontrado em todas as suas áreas de análise (mecânica, termodinâmica, eletromagnetismo, mecânica quântica, etc.), assim como em outras disciplinas,

particularmente na Química.

É uma grandeza escalar, assim como o trabalho que, no Sistema Internacional de Unidades, é expressa em joules (J).

2.14.1 Energia potencial

A energia potencial está associada à posição relativa de um corpo e à sua capacidade de entrar em movimento espontaneamente. Lembrando que a energia relacionada ao movimento é a energia cinética, então diremos que um sistema está dotado de energia potencial sempre que um objeto ao ser abandonado ($v_0 = 0$) adquirir movimento de modo espontâneo e natural.

Como exemplo podem-se citar as seguintes situações:

- Uma pedra abandonada do alto de uma árvore cairá em direção ao solo devido à ação gravitacional;
- Um objeto encostado a uma mola comprimida será arremessado quando a mola for liberada;
- Uma partícula eletrizada abandonada no interior de um campo elétrico sofrerá uma **aceleração** entrando, portanto, em movimento.

São algumas situações, entre outras, em que objetos abandonados sob determinadas circunstâncias, entrarão em movimento espontaneamente. Em cada um dos exemplos acima temos um tipo diferente de energia potencial ... identifique-as.

2.14.2 Energia potencial gravitacional

A energia potencial é uma energia que depende da posição relativa entre os objetos que interagem. Neste caso específico os objetos devem ser massivos e, na maioria dos casos um deles será o planeta Terra, e tomaremos como referência a sua superfície ou uma superfície paralela; assim, esta forma de energia será calculada levando em consideração a altura, h , relativa à referência adotada.

Por estar imerso num campo gravitacional, o objeto estará sujeito à ação da gravidade, g , que o estará atraindo para o centro do planeta e, portanto, sendo

abandonado de uma altura qualquer, cairá.

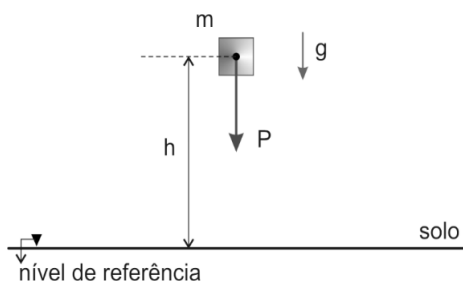
A energia potencial gravitacional é numericamente igual ao trabalho no deslocamento na rampa

$$\tau = F.H,$$

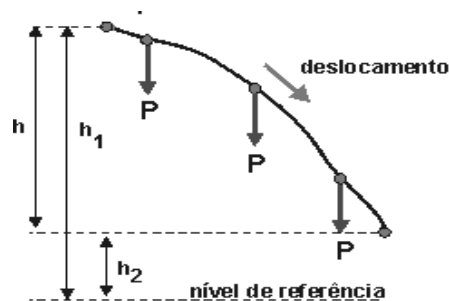
onde H corresponde à altura da qual o corpo é abandonado, com relação a um nível qualquer tomado como referência. Se o corpo desce verticalmente $F = P = mg$ e, portanto

$$\tau = m.g.H$$

Fig. P7: Deslocamento sob ação da força gravitacional



Fonte: Imagem do Google⁷



Fonte: Imagem do Google⁸

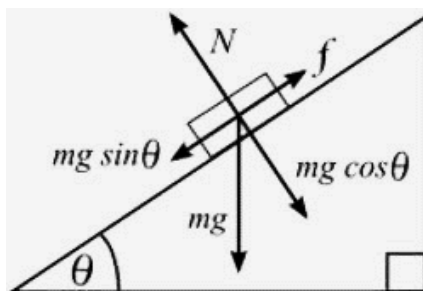
Se o corpo desce por uma rampa, como mostra a figura P7A, cuja inclinação com a horizontal é Θ , a força se torna:

$$F = m.g.\text{sen}\Theta.$$

⁷ Disponível em: https://www.google.com/search?q=Trabalho+do+peso++Energia+potencial+gravitacional&tbm=isch&ved=2ahUKEwjalf6xsa_1AhVkm7kGHWoAA9kQ2-cCegQIABAA&oeq=Trabalho+do+peso++Energia+potencial+gravitacional&gs_lcp=CgNpbWcQAzoHCCMQ7wMQJzoFCAAQgAQ6BggAEA-gQHjoGCAAQBxAeOgQIABAEogQIABAYUJEIwJdHYJNLaABwAHgAgAGFA-ogBgZKSAQYwLjl5LjaYAQCgAQGqAQtn3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scient=img&ei=OnPgYdqQH-Tm5OUP6oCMYA0&bih=789&biw=1440#imgrc=n0ez_du4Sta81M. Acesso em 02/10/2021.

⁸ Disponível em: <https://www.alfaconnection.pro.br/fisica/energias-mecanicas/variacao-da-energia-mecanica/variacao-da-energia-potencial-gravitacional/>. Acesso em 02/10/2021.

Fig. P7A: Deslocamento em uma rampa, sob ação da força gravitacional



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/>

A energia potencial gravitacional não depende da trajetória descrita pelo corpo abandonado e nem de como ele atingiu a altura; depende apenas, das posições inicial e final do corpo com relação ao nível de referência adotado.

2.14.3 Energia potencial elástica

É a energia armazenada como resultado da aplicação de uma força para deformar um objeto elástico. A energia é armazenada até que a força seja removida e o objeto volte à sua forma original, realizando trabalho no processo. A deformação envolve comprimir, esticar ou torcer o objeto.

Muitos objetos são projetados especificamente para armazenar energia potencial elástica, por exemplo:

- A mola espiral de um relógio de corda
- Um trampolim envergado, logo antes do salto dos mergulhadores
- Uma tira de borracha que aciona um avião de brinquedo
- Uma bola de borracha, comprimida no momento em que quica de uma parede de tijolos.

2.14.4 Energia cinética

Levando em consideração que o trabalho realizado por uma força constante é dado por $\tau = F.d$, que a força resultante é $F = m.a$ e substituindo F por ma , o trabalho mecânico fica

$$\tau = m.a.d;$$

lembrando que a velocidade final de acordo com a equação de Torricelli é $v^2 = v_0^2 + 2ad$, considerando que o corpo parte do repouso ($v_0 = 0$) e isolando d fica $d = \frac{v^2}{2a}$; se este resultado for substituído na equação acima, teremos $\tau = m.a \frac{v^2}{2.a}$ e se, finalmente, simplificarmos encontraremos $\tau = m \frac{v^2}{2}$ (trabalho da força resultante) é igual a energia cinética e portanto $E_c = m \frac{v^2}{2}$.

Se admitirmos que o corpo tem velocidade inicial; $v^2 = v_0^2 + 2ad$ e

- 3) Pendurando o objeto na extremidade livre de uma mola, utilizando uma régua medir a deformação da mola (Δx) e obter a sua constante elástica (k).
- 4) Com base nos dados da questão anterior, qual a energia potencial elástica armazenada no sistema?

As orientações para a construção deste produto educacional *Rampa de Inclinação Variável: Um instrumento para a mediação simbólica no Ensino de Física*, bem como sua utilização estão descritos abaixo.

As atividades a serem desenvolvidas por meio do produto educacional para o estudo do conteúdo de Energia mecânica estão descritas na sequência didática. Tais atividades se propõem ainda, como eixo comum para as disciplinas Física, Química e Biologia, o estudo das transformações de energia com olhar de cada área, como preconiza a BNCC.

3.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Os conteúdos a serem trabalhados, utilizando a *Rampa de Inclinação Variável*, aparecem descritos na sequência didática, conforme a tabela 2. Em cada aula foi sugerido alguns exercícios para serem desenvolvidos pelo professor, junto com os alunos.

Tabela 2 Sequência didática sobre energia mecânica e suas transformações

Aula	Tema	Tempo (min)
01	Realização de um projeto para a Construção de uma Rampa de Inclinação Variável para estudo de Energia Mecânica no ensino médio	60
02	Introduzir, através de uma problematização, do tema de energia mecânica e suas transformações. Exercícios resolvidos	60
03	Introduzir o conceito de que as transformações ocorridas na Energia Mecânica são decorrentes das ações das forças atuantes em cada caso. Exercícios resolvidos	60
04	Conceituar Energia cinética. Exercícios resolvidos	60
05	Conceituar Energia potencial gravitacional. Exercícios resolvidos	60

06	Conceituar Energia potencial elástica. Exercícios resolvidos	60
07	Conceituar: Princípio de conservação de energia; Princípio de conservação da energia mecânica; Transformações da energia mecânica e suas aplicações. Exercícios resolvidos	60

Fonte: O próprio autor

3.2 DETALHAMENTOS DAS AULAS

O professor poderá construir sua própria rampa de inclinação variável utilizando os materiais indicados neste produto, mas, podem aparecer diferentes formas e métodos de construção da rampa.

3.2.1 Realização de um projeto de ensino para a Construção de uma Rampa de Inclinação Variável para estudo de Energia Mecânica no ensino médio.

Objetivo Geral

Realizar um projeto de ensino através da construção da rampa de inclinação variável, confeccionada pelo professor e/ou por alunos do ensino médio usando materiais alternativos e de fácil acesso.

Objetivo específico

1. Realizar um projeto para construir a rampa de inclinação variável.
2. Construir a rampa de inclinação de variável.

Métodos

O tema de Energia Mecânica e suas transformações será trabalhado por meio da elaboração de um pequeno projeto de ensino, elaborado por professores e alunos, para construção Rampa de Inclinação Variável utilizando materiais alternativos, de fácil acesso e com características similares às apresentadas no material Manual do Professor - Construção da Rampa.

Entende-se por projeto o “procedimento de trabalho que diz respeito ao processo de dar forma a uma ideia que está no horizonte, mas que admite modificações, está em diálogo permanente com o contexto, com as

circunstâncias e com os indivíduos que, de uma maneira ou de outra, vão contribuir para esse processo” (HERNÁNDEZ, 1998, pag. 52).

A turma será organizada em grupos segundo a preferência deles.

Tema do projeto. Rampa de inclinação variável para o estudo da energia mecânica

Objetivos. Construir a rampa de inclinação variável a partir de um modelo descrito pelo professor.

Desenvolvimento. Propor a ideia da construção da rampa e apresentar um esboço de como a rampa possa ser.

Metodologia

1. Seleção dos materiais de baixo custo.
2. Construção da rampa de inclinação variável.
3. Descrição da rampa
4. Cada grupo entregará o projeto em PDF ou por escrito com fotografias da rampa de forma que seja possível avaliar o trabalho realizado.

O professor poderá construir sua própria rampa de inclinação variável utilizando os materiais indicados neste produto, mas, podem aparecer diferentes formas e métodos de construção da rampa.

3.2.1.1 - Descrição dos Materiais Necessários

Para a confecção do material curricular Rampa de Inclinação Variável sugerimos a utilização dos seguintes materiais:

- 1 prancha de madeira de aproximadamente 1,20m por 0,25 m;

Fig. P8: Prancha de madeira



Fonte: próprio autor

- 1 tubo de PVC (Policloreto de Vinila), tipo eletroduto, de uma polegada de

diâmetro: Ø 1”;

Fig. P9: Tubo de PVC cortado longitudinalmente



Fonte: próprio autor

- 1 pedaço de mangueira plástica flexível de aproximadamente 1,20 m de comprimento e 1 polegada de diâmetro;

Fig. P10: Mangueira plástica



Fonte: próprio autor

- Fita métrica ou régua;

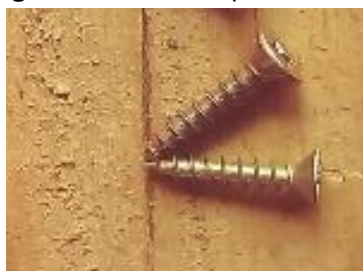
Fig. P11: Fitas métricas



Fonte: próprio autor

- 2 parafusos pequenos, para madeira, (de aproximadamente 6 mm de comprimento);

Fig. P12: Parafusos para madeira



Fonte: próprio autor

- Esferas de diâmetros e massas distintos, que podem ser retiradas de rolamentos de máquinas, contas de colares, ou ainda esferas de outros materiais (vidro, plástico, madeira);

Fig. P13: Esferas diversas



Fonte: próprio autor

- Pequenos pedaços de madeira, pernambuco ou longarina, de bitolas (medidas da secção reta transversal) e comprimentos diferentes, utilizados como espaçadores para variar a inclinação da rampa;

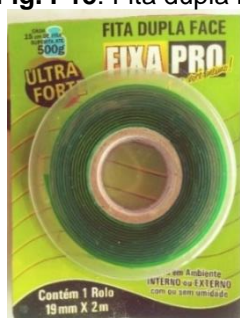
Fig. P14: Espaçadores de madeira



Fonte: próprio autor

- Fita dupla face

Fig. P15: Fita dupla face



Fonte: próprio autor

- Peça de mola ou espiral de caderno

Fig.P 16: Molas ou pedaços de espiral de caderno



Fonte: <https://www.vibramol.com.br/>

- . Balança (não necessariamente balança de precisão)

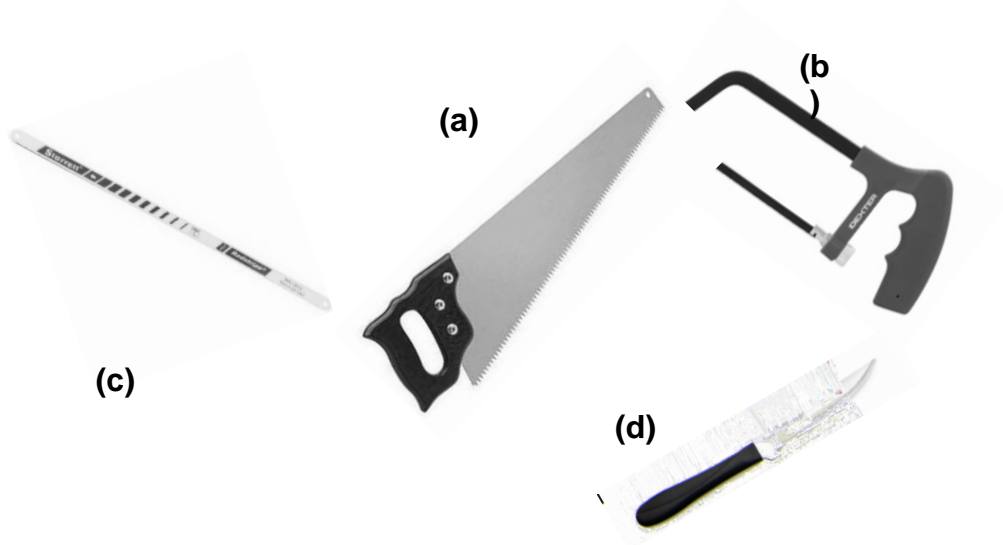
Fig. P17: Balança



Fonte: <https://www.amazon.com.br/>

- Serrote ou Arco de serra ou Lâmina de serra ou Faca de mesa com serra

Fig. P18: (a) serrote; (b) arco de serra; (c) lâmina de serra; (e) faca de mesa



Fonte: <https://www.google.com/search?q=Instrumentos+para+serrar>

3.2. 1. 2 Construção da Rampa. Passo a Passo da Montagem da Rampa

Passo 1: Comece pela prancha de madeira (Fig. P8). Ter cuidado com farpas que possam causar ferimentos durante o seu manuseio - isso pode ser evitado se a madeira for lixada.

Passo 2: Em seguida, deve-se retirar 1,20 m (um metro e vinte centímetros), aproximadamente, do tubo de PVC (Fig. P9) e, posteriormente, cortá-lo de modo longitudinal de forma a obter duas canaletas (lados), como mostra a figura P19.

Obs.: Para cortar o tubo de PVC, sugere-se utilizar qualquer uma das ferramentas constantes da figura P18, tendo cuidado no manuseio da ferramenta de corte para evitar acidentes.

Fig. P19: Tubo de PVC cortado longitudinalmente



Fonte: próprio autor

Passo 3: Por uma questão de estética, sugere-se que a canaleta seja afixada ao longo do eixo longitudinal da prancha, o que deverá ser feito com a utilização dos parafusos (Fig. P12), que poderão ser do tipo fenda ou Philips, dependendo da chave disponível.

É importante que os parafusos não sejam fixados muito próximos das extremidades da canaleta. Ao contrário, as extremidades da canaleta devem ficar livres para elevações proporcionadas pelos pedaços de madeira (Fig. P14) como veremos adiante.

Fig. P20: Fixação da canaleta à prancha de madeira



Fonte: próprio autor

Neste caso, foram fixados a 40 cm (quarenta centímetros) de cada extremidade: procurou-se uma distribuição equânime do comprimento disponível de 1,20 m.

Obs.: se preferir, ao invés de parafusar o tubo, ele poderá ser colado sobre a prancha de madeira e, assim, evitar o uso da mangueira.

Passo 4: Tome o pedaço de mangueira (Fig. P10) e corte-o longitudinalmente conforme foi feito com o tubo de PVC (Fig. P19)

Obs.: Para cortar a mangueira, sugere-se utilizar qualquer uma das ferramentas constantes da figura P18;

Sugere-se ainda, que seja utilizada como referência para o corte da mangueira, o tubo de PVC previamente cortado no sentido longitudinal (ao longo do comprimento do tubo).

A canaleta oriunda da mangueira deverá ser fixada à canaleta de PVC que está parafusada na prancha. A fixação entre as canaletas deverá ser feita mediante o uso da fita autoadesiva tipo dupla face (Fig. P15) com a finalidade de impedir que as cabeças dos parafusos interfiram na movimentação das esferas.

Fig. P21: Fixação da mangueira à canaleta de PVC



Fonte: próprio autor

É importante que as superfícies a serem fixadas com a fita dupla face sejam limpas previamente para evitar impurezas e/ou gorduras que dificultem ou impeçam a aderência.

Passo 5: Separe esferas por tamanho, massa e material e pese-as utilizando uma balança ou pode utilizar esferas de massa conhecida (Fig. P17)

Cada conjunto de esferas semelhantes deve ser pesado separadamente das demais, da seguinte forma:

5.1: Escolha um recipiente qualquer que pode ser, por exemplo, um pote de vidro ou de plástico e leve-o à balança. Registre a massa encontrada (massa do

recipiente - m_r). O recipiente deverá ser o mesmo utilizado em todas as etapas do passo 5.

5.2: A seguir coloque no seu interior todas as (n) esferas idênticas e pese o conjunto. Registre a massa lida (massa total do conjunto - m_{tc});

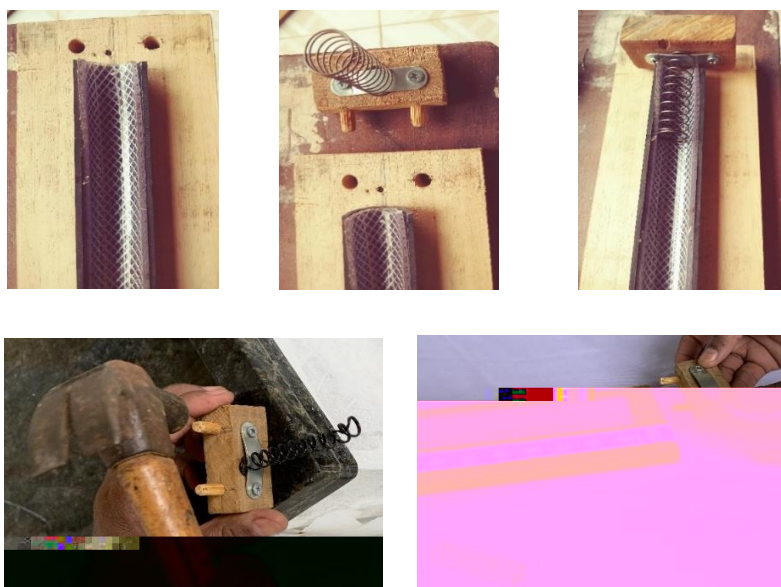
5.3: Obtenha a massa (média) de cada esfera (m_e) utilizando o seguinte algoritmo:

$$m_e = \frac{m_{tc} - m_r}{n}$$

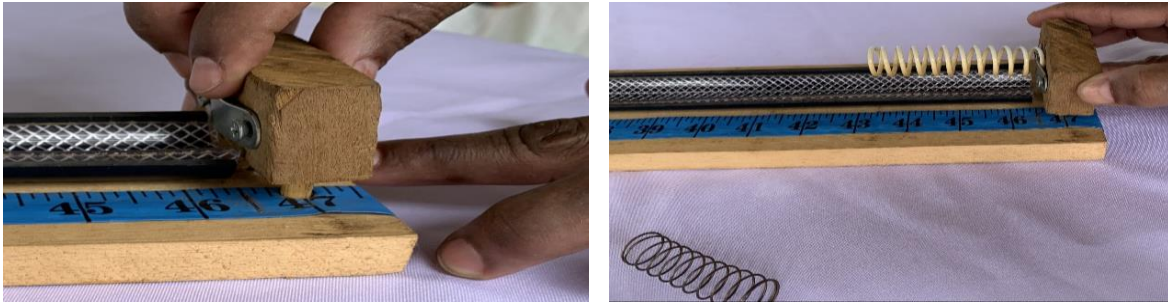
5.4: Repita o procedimento para cada conjunto de esferas idênticas, separando-as e acomodando-as em recipientes distintos, identificados com as massas médias obtidas em cada procedimento.

Passo 6: Observe os detalhes abaixo, nas figuras P22 e P23, sobre a construção de um dispositivo para a utilização de molas que podem ser pedaços de espirais de caderno de materiais e diâmetros distintos.

Fig.P 22: Detalhes de um dispositivo opcional para a utilização de molas



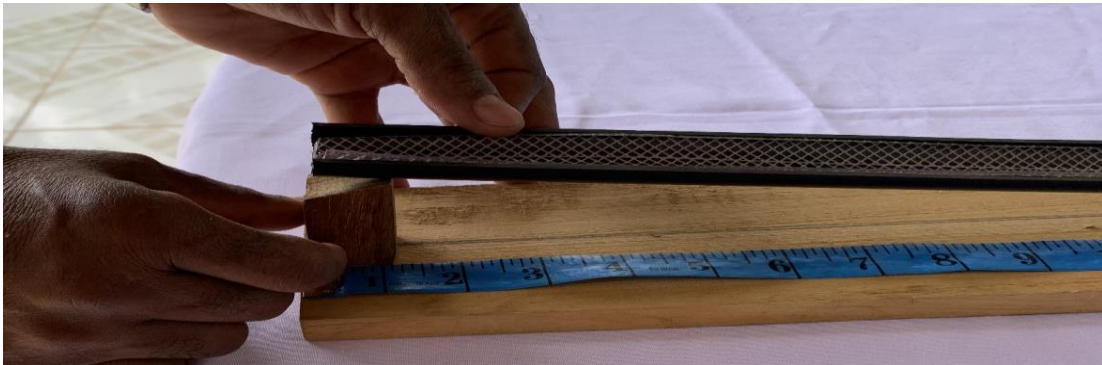
Fonte: próprio autor



Fonte: próprio autor

Passo 7: Se desejar, consulte na tabela da variação da gravidade com a latitude o valor da aceleração local da gravidade, ou calcule-o; caso contrário, adote $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Fig. P24: Fixação do espaçador de madeira na extremidade da rampa



Fonte: próprio autor

Fig. P25: Espaçadores de madeira em ambas as extremidades da rampa



Fonte: próprio autor

Fig. P26: Uma extremidade elevada e a outra com mola



Fonte: próprio autor

Pronto! A rampa já pode ser utilizada!

O professor poderá construir sua própria rampa de inclinação variável utilizando os materiais indicados neste produto, mas, podem aparecer diferentes formas e métodos de construção da rampa.

Essa rampa modelo pode ser utilizada pelo professor para orientar o projeto de ensino de construção da rampa de inclinação variável.

3.2.2 Energia mecânica, sua conservação e suas transformações. Apresentação dos conceitos através de uma problematização.

Objetivo: Apresentar, de forma sucinta, os conceitos relativos à Energia mecânica, suas transformações e eventual conservação através da utilização de *uma Rampa de Inclinação Variável*.

Metodologia: Iniciar fazendo uma avaliação prévia sobre os conhecimentos dos alunos a respeito das possíveis transformações de energia ocorridas em um evento específico e da ocorrência ou não da conservação da energia mecânica por meio da análise do movimento de um objeto (no caso específico, uma esfera) na superfície da Rampa de Inclinação Variável.

Desenvolvimento: O professor poderá optar por utilizar uma rampa modelo como a da figura P27, dotada de mola numa das extremidades e ao mesmo tempo orientar os alunos para a utilização da rampa construída no projeto educacional de maneira que cada grupo trabalhe com sua própria rampa.

Fig. P27: Uma extremidade elevada e a outra com mola



Fonte: próprio autor

1º. Abandonar a esfera do repouso ($v_0 = 0$) de uma determinada altura com relação ao plano - posição A - e observar a sequência de eventos. A bolinha descerá e, com isso, sua altura relativa à superfície do plano de apoio da rampa irá diminuir, enquanto sua velocidade aumentará.

2º. Ao colidir, na posição C, a mola sofrerá deformação por conta da força trocada com a esfera até que esta pare ($v = 0$) por uma fração de segundos.

3º. Uma vez parada a esfera, a mola terá sido comprimida e a sua tendência será a de retornar à condição original, ou seja, sem deformação.

4º. Instantes após, a bolinha entrará novamente em movimento, agora subindo, empurrada pela mola que voltou à condição não deformada.

5º. A bolinha subirá até parar e, novamente, começar a descer.

A partir da observação desta sequência de eventos, o professor poderá inserir os conceitos relativos às transformações de energia mecânica envolvidos: a energia cinética, relacionada ao movimento de um corpo, e a energia potencial, relativa à capacidade de um corpo entrar em movimento espontaneamente.

Explicando os eventos:

No evento 1, a esfera entra em movimento espontâneo, isso sugere a existência de uma energia prévia de natureza potencial, uma vez que está manifestando energia cinética depois de abandonada na extremidade superior da rampa.

No evento 2, na medida que a esfera vai parando sua energia cinética diminui até tornar-se nula. Para onde teria ido esta energia?

Vejamos:

No evento 4 a bolinha é arremessada de volta, ela está manifestando energia cinética novamente. Isto remete ao fato de que no evento 3, com a mola comprimida, ainda existe energia potencial.

Finalmente, durante o evento 5 enquanto a esfera pára, novamente perde energia cinética e ganha energia potencial.

Praticando – Exercícios Resolvidos

1 - Considere uma bolinha de borracha que é abandonada ($v_0 = 0$) de uma posição situada a uma altura h com relação ao solo. Ela cai, colide com o solo,

sofre deformação, para e, em seguida, salta de volta subindo até parar e começar a cair novamente. Com relação à situação descrita, assinale a alternativa que apresenta a sequência correta de manifestações de energia.

- a) potencial, potencial, cinética, cinética.
- b) potencial, cinética, potencial, cinética.
- c) cinética, potencial, cinética, potencial.
- d) potencial, cinética, cinética, potencial.
- e) cinética, cinética, potencial, potencial.

Solução - Alternativa b.

2 – (G1 - IFSP) Um atleta de salto com vara, durante sua corrida para transpor o obstáculo à sua frente, transforma a sua energia _____ em energia _____ devido ao ganho de altura e conseqüentemente ao/à _____ de sua velocidade.

As lacunas do texto acima são, correta e respectivamente, preenchidas por:

- a) potencial – cinética – aumento
- b) térmica – potencial – diminuição
- c) cinética – potencial – diminuição
- d) cinética – térmica – aumento
- e) térmica – cinética – aumento

Solução - Alternativa c.

Um atleta de salto com vara, durante sua corrida para transpor o obstáculo a sua frente, transforma a sua energia cinética em energia potencial devido ao ganho de altura e conseqüentemente à diminuição de sua velocidade.

Conclusão

As análises feitas sugerem que a energia mecânica pode se manifestar de várias formas e se transformar, sucessivamente, durante um evento qualquer.

3.2.3 Introduzir o conceito da ação de uma força constante ou de uma força variável como agente responsável pelas eventuais transformações de energia.

Objetivo: Apresentar aos alunos os conceitos referentes às ações de uma força constante ou de uma força variável e a relação destas ações com as transformações de energia observadas através da utilização de *uma Rampa de Inclinação Variável*.

Metodologia: Fazer um resgate dos eventos e conceitos trabalhados na aula 01 e a partir deles explicar aos alunos que a transformação da energia cinética em potencial, e vice-versa, está relacionada à ação de, pelo menos, uma força.

Desenvolvimento: Utilizando a rampa dotada de mola numa das extremidades (figura P28), o professor deverá:

Fig. P28: Uma extremidade elevada e a outra com mola



Fonte: próprio autor

Como foi visto, ao abandonar a esfera, a partir do repouso, de uma determinada altura com relação ao plano - posição A - a bolinha descera e, com isso, sua altura relativa à superfície do plano de apoio da rampa irá diminuir, enquanto sua velocidade aumentará. Tal evento é justificável pela ação da força de natureza gravitacional, F_G , de atração exercida pela Terra sobre o corpo. O módulo desta força é $F_G = mg$, constante, desde que a aceleração da gravidade (g) não varie.

Ao colidir com a mola, na posição C, esta sofrerá uma compressão por conta da força trocada com a esfera, que irá parar por uma fração de segundos. Esta força relativa à deformação da mola é a força elástica, F_{EL} , cujo módulo é $F_{EL} = kx$, variável, pois depende da deformação (x). A sua tendência será a de retornar à condição original, ou seja, sem deformação; com isso a bolinha

entrará novamente em movimento, agora subindo, empurrada pela mola que voltou à condição não deformada.

A bolinha subirá até parar e, novamente, começar a descer, devido à ação da força gravitacional que a estará atraindo em direção ao centro do planeta.

A partir da observação desta sequência de eventos, o professor poderá justificar as transformações de energia envolvidas a partir da manifestação das forças citadas.

Tem-se como pressuposto que as duas modalidades de energia mecânica, a energia cinética e a potencial, tem, cada uma delas, condições bem definidas de existência, ambas relativas à escolha de um referencial adequado. Uma vez definido o referencial, se houver manifestação de velocidade relativa, então haverá energia cinética e, se houver perspectiva de movimento espontâneo, então haverá energia potencial.

No exemplo acima foi descrita uma sucessão de eventos referentes à ação de forças sobre uma esfera abandonada da extremidade elevada da rampa de inclinação variável. Neste caso, visto que a esfera foi abandonada, assume-se velocidade inicial nula ($v_0 = 0$) e, portanto, energia cinética nula; porém, uma vez abandonada a esfera, verifica-se que sua velocidade aumenta na medida em que desliza a níveis mais inferiores, aumentando assim sua energia cinética simultaneamente à redução de sua altura relativa à base da prancha. Pode-se concluir, desta primeira análise, que a manifestação espontânea de velocidade ocorreu em função da existência prévia de energia potencial, sendo que esta energia potencial está relacionada com a ação da força gravitacional, responsável por puxar a esfera para baixo: energia potencial gravitacional. Neste caso, o trabalho realizado pela força gravitacional possibilitou a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética, enquanto a esfera descia pela superfície da rampa de inclinação variável.

Na sequência, ao colidir com a mola, na outra extremidade da rampa, a esfera teve sua velocidade gradativamente reduzida até que parou, voltando à condição de energia cinética nula como na condição inicial quando foi abandonada. A redução de velocidade da esfera foi acompanhada de uma gradual compressão na mola fixada na extremidade da rampa. Quanto menor a

velocidade da esfera, maior a deformação, x , da mola. Esta deformação está associada à força elástica que, atuando em sentido contrário ao movimento da esfera, fez com que sua velocidade v , conseqüentemente sua energia cinética, fosse reduzida a zero.

Curiosamente, entretanto, após um breve intervalo de tempo a mola comprimida vai voltando à sua condição inicial de repouso - não comprimida -, enquanto empurra a esfera de volta pondo-a, novamente, em movimento restituindo, pelo menos em parte, sua energia cinética. Pode-se concluir, portanto, que a energia cinética da esfera, anterior à compressão da mola esteve armazenada até ser devolvida à esfera; neste caso, armazenada na mola na forma de energia potencial elástica.

Pôde-se perceber, durante o processo, uma sucessão de manifestações de energia: no começo, no alto da rampa, energia potencial gravitacional que foi gradativamente se transformando em cinética enquanto o objeto deslizava para baixo. Ao atingir o nível mais baixo a energia cinética se manifestou até a colisão com a mola, quando teve início um novo processo de transformação; agora de cinética em potencial elástica enquanto a velocidade decrescia e a deformação da mola aumentava.

Findo o processo a energia elástica, armazenada na mola, deu início a uma nova etapa, durante a qual a energia potencial elástica foi cedendo lugar à energia cinética que, por sua vez, foi se transformando em potencial gravitacional enquanto a esfera subia a rampa, perdendo velocidade.

São muitos os exemplos cotidianos em que as transformações de energia se manifestam e se fazem presentes nas nossas ações. Por exemplo, quando uma pessoa se diverte em um balanço, se for desprezada a elasticidade da corda, será possível identificar transformações sucessivas entre energia cinética, enquanto o balanço com a pessoa se movimenta, e a energia potencial gravitacional, enquanto sua altura relativamente ao solo se modifica.

Fig. P29: Imagem cotidiana, ilustrativa das manifestações de energia



Fonte: Próprio autor

Outro exemplo é quando uma criança se balança no galho de uma árvore se preparando para saltar num riacho, como mostra a figura P29, tomando como nível de referência, teremos uma altura relativa a este nível e, portanto, energia potencial gravitacional e ao flexionar o galho, que se comporta como uma mola, energia potencial elástica. Ao abandonar o galho da árvore a energia elástica já não mais existirá; terá dado lugar à energia cinética devida ao movimento, que irá aumentar enquanto a criança cai em direção ao riacho, enquanto diminui sua altura relativa, diminuindo assim a energia potencial gravitacional que havia no início.

Praticando – Exercícios Resolvidos

1 - Um corpo de massa $m = 60 \text{ kg}$ está na superfície da Terra, num local em a aceleração da gravidade é $9,8 \text{ m/s}^2$. Qual será a força gravitacional (peso) com que será atraído pela Terra naquele local?

- a) $F_G = 756 \text{ N}$
- b) $F_G = 600 \text{ N}$
- c) $F_G = 588 \text{ N}$
- d) $F_G = 487 \text{ N}$
- e) $F_G = 376 \text{ N}$

Solução - Alternativa c.

Considerando que a força gravitacional, ou força peso, tem como expressão matemática a relação $F_G = P = mg$, basta multiplicar os valores dados:

$$F_G = P = 60 \times 9,8 = 588 \text{ N}$$

2 - Se o mesmo corpo, de massa $m = 60$ kg, fosse levado pra Lua onde a gravidade é aproximadamente $1/6$ da gravidade terrestre, qual seria o seu peso na Lua?

- a) $F_G = 588$ N
- b) $F_G = 487$ N
- c) $F_G = 376$ N
- d) $F_G = 148$ N
- e) $F_G = 98$ N

Solução: Alternativa e.

$$g_{\text{Lua}} = \frac{g_{\text{Terra}}}{6} = \frac{9,8}{6}$$

$$P_{\text{Lua}} = m \times g_{\text{Lua}}$$

$$P_{\text{Lua}} = \frac{60 \times 9,8}{6}$$

$$P_{\text{Lua}} = 98 \text{ N.}$$

Conclusão: Como na Lua a gravidade é menor que na Terra, um corpo de mesma massa teria peso menor; logo, pode-se concluir que a massa é uma característica do corpo, enquanto seu peso é uma característica do local em que ele está, pois depende da gravidade naquele local.

3 - (UEG - Adaptado) Em um experimento que valida a conservação da energia mecânica, um objeto de $4,0$ kg colide horizontalmente com uma mola relaxada, de constante elástica de 100 N/m. Esse choque a comprime $1,6$ cm. Qual é a força elástica a que a mola ficou submetida?

- a) $F_{\text{EL}} = 0,16$ N
- b) $F_{\text{EL}} = 1,6$ N
- c) $F_{\text{EL}} = 6,4$ N
- d) $F_{\text{EL}} = 16$ N
- e) $F_{\text{EL}} = 160$ N

Solução: Alternativa b.

É preciso observar que a constante elástica da mola, k , está expressa em N/m e que a deformação, x , está expressa em cm; são unidades incompatíveis para efeitos de cálculo; assim, a primeira ação deve ser a de compatibilizar as

unidades envolvidas. Neste caso podemos, por exemplo, transformar a unidade da deformação $x = 1,6 \text{ cm} = 0,016 \text{ m}$

$$F_{EL} = k \cdot x$$

$$F_{EL} = 100 \times 0,016$$

$$F_{EL} = 1,6 \text{ N.}$$

Conclusão: Antes de efetuarmos qualquer operação, devemos observar a compatibilidade entre as unidades envolvidas e, se necessário, adequá-las ao problema.

3.2.4 Energia Cinética

Objetivo: Apresentar aos alunos o conceito de energia cinética, sua formulação matemática e reforçar a ideia de que a energia cinética é a manifestação da energia mecânica relativa à condição de movimento.

Metodologia: Utilizar a Rampa de Inclinação Variável e propor aos alunos que abandonem ($v_0 = 0$) algumas esferas a partir de posições (alturas) diferentes; chamar atenção para que observem a movimentação das esferas enquanto elas descem, ressaltando o fato de que quanto maior a altura da rampa, maior será a velocidade com que as esferas descerão.

Desenvolvimento: Apresentar de forma expositiva que a Energia cinética é a energia relacionada aos corpos que estejam executando qualquer tipo de movimento; mencionar e caracterizar os tipos de movimentos pertinentes; enfatizar os conceitos relativos a cada situação, exemplificar cada um deles, dar ao conceito uma forma matemática e aplicar, de modo, integrado todos estes aspectos.

1º. Esclarecer que, quando se trata de movimentos, existem algumas possibilidades:

- a) movimento de “vai-e-vem” em torno de uma posição fixa: vibração;
- b) movimento de girar em torno de um eixo que passa pelo próprio corpo: rotação;
- c) movimento de ir de um lugar para outro: translação.

2º. Observar que o objeto em questão pode ser um objeto qualquer: um elétron

em um átomo, um satélite em um sistema planetário ou uma galáxia.

3º. Ressaltar que a noção de movimento está diretamente relacionada à mudança de posição com respeito a um sistema referencial (SR) e, conseqüentemente, à existência de uma velocidade (v).

4º. Por fim, enfatizar que todo objeto, por menor que pareça, sempre terá massa (m).

5º. Formular, matematicamente, a energia cinética em termos dos parâmetros mencionados:

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

Praticando – Exercícios Resolvidos

1 - Qual a energia cinética de um ponto material de massa $m = 2$ kg, que se desloca com velocidade escalar $v = 10$ m/s?

- e) $E_c = 20$ J
- f) $E_c = 200$ J
- g) $E_c = 10$ J
- h) $E_c = 100$ J
- i) $E_c = 400$ J

Solução: Alternativa d.

$$E_c = \frac{mv^2}{2} \qquad E_c = \frac{2(10)^2}{2} = 100 \text{ J}$$

2 – Determine a energia cinética de um ponto material de massa $m = 4$ kg, que se desloca com velocidade escalar $v = 5$ m/s. (b) Se a velocidade escalar mudar para 10 m/s, qual a nova energia cinética do ponto material?

(a)

$$E_c = \frac{mv^2}{2} \qquad E_c = \frac{4.(5)^2}{2} = \frac{4.25}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ J}$$

(b)

$$E_c = \frac{mv^2}{2} \qquad E_c = \frac{4.(10)^2}{2} = \frac{4.100}{2} = \frac{400}{2} = 200 \text{ J}$$

Conclusão: Como a energia cinética varia com o quadrado da velocidade, quando a velocidade se torna duas (2) vezes maior, a energia cinética se torna $2^2 = 4$ vezes maior. Dobrar a velocidade implica em quadruplicar a energia cinética; triplicar a velocidade implica em tornar a energia cinética nove (3^2) vezes maior.

3 - Um objeto de massa 500 g possui energia cinética de 2 kJ. Determine a velocidade desse objeto em m/s.

Dado: Adote $\sqrt{5} = 2,23$

- a) 44,7
- b) 50,4
- c) 62,8
- d) 36,6
- e) 31,6

Solução - Alternativa a.

$$m = 500 \text{ g} = 0,5 \text{ kg}$$

$$E_c = 2 \text{ kJ} = 2000 \text{ J}$$

$$E_c = \frac{2(10)^2}{2}$$

$$2000 = \frac{0,5 \cdot v^2}{2}$$

$$4000 = 0,5 \cdot v^2$$

$$v^2 = 8000$$

$$v = (8000)^{1/2}$$

$$v = 40 \sqrt{5}$$

$$v = 20 \cdot 2,23$$

$$v = 44,7 \text{ m/s}$$

4 - (FATEC) Um motorista conduzia seu automóvel de massa 2000 kg que trafegava em linha reta, com velocidade constante de 72 km/h, quando avistou uma carreta atravessada na pista. Transcorreu 1 s entre o momento em que o motorista avistou a carreta e o momento em que acionou o sistema de freios para iniciar a frenagem, com desaceleração constante igual a 10 m/s^2 . Desprezando-

se a massa do motorista, assinale a alternativa que apresenta, em joules, a variação da energia cinética desse automóvel, do início da frenagem até o momento de sua parada.

- a) $+ 4,0.10^5$
- b) $+ 3,0.10^5$
- c) $+ 0,5.10^5$
- d) $- 4,0.10^5$
- e) $- 2,0.10^5$

Solução - Alternativa d.

No momento em que o automóvel parar, não haverá mais energia cinética, de modo que podemos dizer que a energia cinética final é zero. Por meio da equação da energia cinética, podemos determinar a energia inicial do automóvel.

$$m = 2000 \text{ kg}$$

$$v = 72 \text{ km/h} \div 3,6 = 20 \text{ m/s}$$

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$E_c = \frac{2000 \cdot (20)^2}{2}$$

$$E_c = \frac{2000 \cdot 400}{2}$$

$$E_c = \frac{800000}{2}$$

$$E_c = 400000 = 4.10^5 \text{ J}$$

A variação da energia cinética será dada pela subtração da energia cinética final e inicial.

$$\Delta E_c = E_{c \text{ final}} - E_{c \text{ inicial}}$$

$$\Delta E_c = 0 - 4.10^5$$

$$\Delta E_c = - 4.10^5 \text{ J}$$

Conclusão

Nem sempre todos os dados fornecidos no problema precisam ser utilizados; no caso deste exercício nem o tempo de reação do motorista e nem a

desaceleração aplicada fazem qualquer diferença, visto que aqui o objetivo é calcular a variação da energia cinética.

3.2.5 Tema: Energia Potencial Gravitacional

Objetivo: Apresentar aos alunos o conceito geral de que a Energia potencial, seja de que natureza for, depende de uma posição relativa entre o objeto considerado e um nível de referência escolhido convenientemente.

Metodologia: Usar a Rampa de Inclinação Variável alterando sua altura com a utilização dos pedaços de madeira de tamanhos diferentes em uma de suas extremidades como mostra a figura P30; propor aos alunos que abandonem esferas na rampa em suas inclinações (alturas) diferentes e chamar atenção dos mesmos para que observem o que acontece.

Fig. P30: Rampa inclinada



Fonte: **Próprio autor**

Desenvolvimento: A partir do observado o professor deve iniciar o tema explicando que, no caso da Energia potencial gravitacional, a posição relativa do objeto é uma altura medida a partir de um nível de referência escolhido convenientemente.

O professor pode seguir as etapas abaixo em sua explanação sobre o tema da aula.

1º. Escolher um nível de referência adequado à análise que pode ser, por exemplo, a superfície de uma mesa, o solo, ou qualquer outro que se queira adotar.

2º. A partir do nível escolhido, determinar a altura inicial, h , relativa do objeto a ser estudado.

3º. Conhecer a massa, m , do objeto que está sendo estudado.

4º. Conhecer a aceleração da gravidade, g , do local onde a análise está sendo realizada.

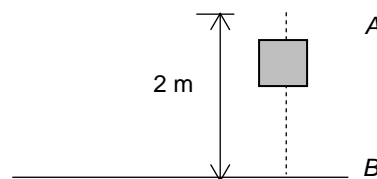
5º. Quantificar a Energia potencial gravitacional, $E_P = mgh$, como estando relacionada à ação da força gravitacional, $F_G = P = mg$ ao longo de uma altura h .

6º. O fato de as velocidades de descida das esferas serem sucessivamente maiores quanto maiores forem as alturas das quais as esferas foram abandonadas, ilustra o fato de que quanto maior a altura de lançamento, maior será a Energia potencial gravitacional inicial.

Praticando – Exercícios Resolvidos

1 - Um pequeno bloco de massa $m = 5 \text{ kg}$ encontra-se em repouso na posição A . O mesmo é abandonado e passa pela posição B , indicada na figura.

Determine a energia potencial gravitacional do bloco nas posições A e B em relação ao plano horizontal de referência que passa por B . É dado $g = 10 \text{ m/s}^2$.



Plano horizontal de referência

Dados: $m = 5 \text{ kg}$

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

$$h_A = 2 \text{ m}$$

$$h_B = 0$$

$$E_{pg} = mgh$$

$$E_{pgA} = mgh_A$$

$$E_{pgB} = mgh_B$$

$$E_{PG_A} = 5 \cdot 10 \cdot 2$$

$$E_{PG_B} = 5 \cdot 10 \cdot 0$$

$$E_{PG_A} = 100 \text{ J}$$

$$E_{PG_B} = 0$$

Conclusão: Uma vez que o nível de referência foi escolhido como sendo o nível de B , para aquele nível a energia potencial gravitacional é zero, visto não haver altura relativa.

2 - Um pequeno bloco de massa $m = 3 \text{ kg}$ encontra-se a 2 m do piso de um apartamento e a 20 m do nível da rua. Determine sua energia potencial gravitacional em relação ao piso do apartamento e em relação ao nível da rua. É dado que $g = 10 \text{ m/s}^2$

Dados: $m = 3 \text{ kg}$

$$h_{\text{piso}} = 2 \text{ m}$$

$$h_{\text{rua}} = 20 \text{ m}$$

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

$$E_{PG} = mgh$$

Com relação ao piso do apartamento:

$$E_{PG} = 3 \times 10 \times 2$$

$$E_{PG} = 60 \text{ J}$$

Com relação ao nível da rua:

$$E_{PG} = 3 \times 10 \times 20$$

$$E_{PG} = 600 \text{ J}$$

Conclusão: A mudança do nível de referência muda a Energia potencial gravitacional do sistema.

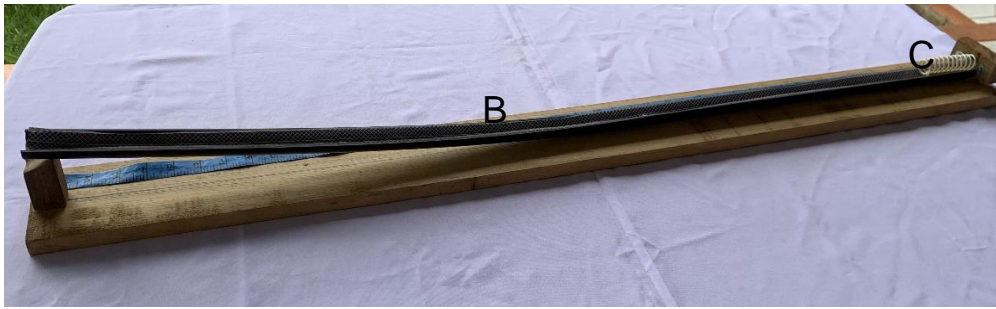
3.2.6 Energia Potencial Elástica

Objetivo: Apresentar aos alunos o conceito geral de que a Energia potencial, seja de que natureza for, depende de uma posição relativa entre o objeto considerado e um nível de referência escolhido convenientemente.

Metodologia: Usar a Rampa de Inclinação Variável alterando sua altura utilizando os pedaços de madeira de tamanhos diferentes em uma de suas extremidades (A) e na outra extremidade usar uma mola (C), como mostra a figura P31;

Propor aos alunos que abandonem esferas na rampa em suas inclinações (alturas) diferentes e chamar atenção dos mesmos para que observem o que acontece.

Fig. P31: Rampa com uma extremidade elevada e uma mola na outra



Fonte: Próprio autor

Desenvolvimento: O professor deve iniciar o tema explicando, a partir das observações, que, no caso da Energia potencial elástica, a posição relativa é uma deformação sofrida por um objeto elástico, ou seja, um objeto capaz de se deformar e voltar à sua condição original como foi verificado na mola da Rampa de Inclinação Variável.

Essa deformação é obtida a partir da diferença de dimensões entre a mola em repouso e a mola deformada.

O professor pode seguir as etapas abaixo em sua explanação sobre o tema da aula.

- 1º. Toma-se uma mola qualquer, que pode ser um pedaço de espiral de um caderno.
- 2º. A mola escolhida deve ser fixada na extremidade da Rampa de Inclinação Variável
- 3º. Deve-se observar os aspectos físicos da espiral como, por exemplo, o material do qual ela é feita, a espessura do fio e o diâmetro da espiral.
- 4º Considerar que espirais de metal tendem a ser mais rígidas que espirais de plástico, por exemplo.
- 5º. As esferas deverão ser abandonadas na extremidade elevada da rampa, a partir de inclinações distintas.
- 6º Ao descerem, colidirão com a mola que se deformará.
- 7º. As esferas serão, então, arremessadas de volta em direção à posição da qual foram abandonadas.
- 8º O fato de as esferas serem arremessadas de volta, justifica a existência de energia armazenada na mola. Essa é a Energia potencial elástica.

Praticando – Exercícios Resolvidos

1 - (FUND. CARLOS CHAGAS) Uma mola elástica ideal, submetida a ação de uma força de intensidade $F = 10 \text{ N}$, está deformada de $2,0 \text{ cm}$. A energia elástica armazenada na mola é de:

- a) $0,10 \text{ J}$
- b) $0,20 \text{ J}$
- c) $0,50 \text{ J}$
- d) $1,0 \text{ J}$
- e) $2,0 \text{ J}$

Dados:

$$F = 10 \text{ N}$$

$$X = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

Para calcular a energia potencial elástica, utilizamos a equação:

$$E_{PE} = \frac{kx^2}{2}$$

Como o exercício não forneceu o valor da constante elástica da mola (k), devemos utilizar a equação da força elástica ($F = kx$) e reescrever a equação da energia da seguinte forma:

$$E_{PE} = Fx/2$$

Substituindo temos

$$E_{PE} = 10 \times 0,02/2$$

$$E_{PE} = 0,1 \text{ J}$$

Solução - Alternativa A

2 - (FATEC 2002) um bloco de massa $0,60 \text{ kg}$ é abandonado, a partir do repouso, no ponto A de uma pista no plano vertical. O ponto A está a $2,0 \text{ m}$ de altura da base da pista, onde está fixa uma mola de constante elástica 150 N/m . São desprezíveis os efeitos do atrito e adota-se $g = 10 \text{ m/s}^2$. A máxima compressão da mola vale, em metros:

- a) $0,80$

- b) 0,40
- c) 0,20
- d) 0,10
- e) 0,05

Dados:

$$m = 0,60 \text{ kg}$$

$$h_A = 2,0 \text{ m}$$

$$k = 150 \text{ N/m}$$

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

A energia potencial gravitacional transforma-se em energia potencial elástica, portanto, elas são iguais e pode-se utilizar a expressão:

$$E_{\text{grav}} = E_{\text{el}}$$

$$mgh = \frac{kx^2}{2}$$

Substituindo os dados, temos:

$$0,6 \times 10 \times 2 = \frac{150x^2}{2}$$

$$12 = 75x^2$$

$$x^2 = \frac{12}{75}$$

$$x^2 = 0,16$$

$$x = \sqrt{0,16}$$

$$x = 0,4 \text{ m}$$

Solução - Alternativa B

Conclusão: Sempre que for possível desprezar os atritos e a resistência do ar, teremos o que em Física se chama de *sistema conservativo*; ou seja, um sistema de forças no qual não ocorrem perdas de energia.

3.2.7 Princípio de conservação de energia; Princípio de conservação da energia mecânica; Transformações da energia mecânica e suas aplicações.

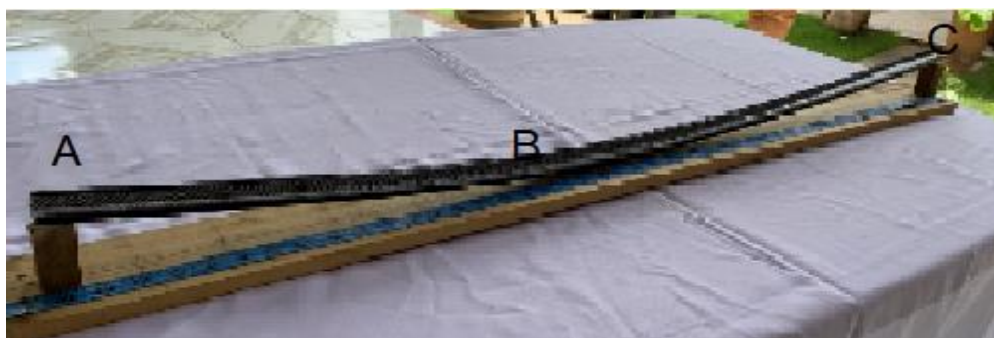
Objetivo: Experimentar através da utilização da Rampa de Inclinação Variável

os conceitos de princípio de conservação da energia, princípio de conservação da energia mecânica e transformações da energia mecânica

Metodologia: Os alunos devem trabalhar com suas próprias rampas para, sob a orientação do professor, realizarem análises acerca dos temas.

Desenvolvimento: O professor deve orientar os alunos a trabalharem com suas próprias rampas, fazendo as seguintes análises:

Fig. P32: Rampa com as duas extremidades elevadas



Fonte: Próprio autor

Tomando como referência o que mostra a figura P32 e considerando que as alturas das posições A e C com relação à prancha de madeira (nível de referência) sejam iguais, será possível verificar que a bolinha ao ir de A para B a altura relativa diminuirá enquanto a velocidade irá aumentando gradativamente; de B para C, a velocidade diminuirá a zero e a altura voltará a crescer sem que, entretanto, o nível C seja atingido. A partir daí todo o processo se reiniciará com a bolinha se deslocando, agora, de volta a B e daí a A sem, entretanto, atingir novamente o nível A inicial.

Nesta análise estão em questão duas formas de energia mecânica: a Cinética, referente à velocidade, e a Potencial Gravitacional, referente à altura relativa. É possível, então, perceber que a cada ciclo de ida e volta completado a bolinha atinge alturas finais sucessivamente menores, o que sugere que a energia potencial gravitacional ao final de cada ciclo é menor do que era ao final do ciclo anterior; ou seja, a cada ciclo a energia total está menor. Este efeito é denominado de dissipação da energia mecânica e é devido à ação de forças dissipativas, como a força de atrito e a de resistência do ar, atuantes sobre a bolinha enquanto ela se movimenta ao longo do trilho. Um sistema como este,

no qual atuem forças desta natureza, é denominado sistema dissipativo ou sistema não-conservativo.

Sistemas mecânicos nos quais não se verificam a existência de forças dissipativas, ou nos quais elas possam ser desprezadas por apresentarem módulos muito menores que os módulos das demais forças envolvidas, são denominados sistemas conservativos e neles, muito embora as energias cinética e potencial possam se alternar ou até coexistir, a soma total das parcelas cinética e potencial será constante.

Praticando – Exercícios Resolvidos

1 - Uma pedra que é abandonada de um penhasco. Em um primeiro momento, antes de ser abandonada, a pedra tem energia cinética nula (já que não está em movimento) e energia potencial total. Quando a pedra chegar ao solo, sua energia cinética será total, e a energia potencial nula (já que a altura será zero).

Dizemos que a energia potencial se transformou, ou se converteu, em energia cinética.

Quando não são consideradas as forças dissipativas (atrito, força de arrasto, etc.) a energia mecânica é conservada, então:

$$E_{M, \text{ inicial}} = E_{M, \text{ final}}$$

$$E_{C, \text{ inicial}} + E_{P, \text{ inicial}} = E_{C, \text{ final}} + E_{P, \text{ final}}$$

Para o caso de energia potencial gravitacional convertida em energia cinética, ou vice-versa:

$$\frac{1}{2}mv_{\text{inicial}}^2 + mgh_{\text{inicial}} = \frac{1}{2}mv_{\text{final}}^2 + mgh_{\text{final}}$$

Para o caso de energia potencial elástica convertida em energia cinética, ou vice-versa:

$$\frac{1}{2}mv_{\text{inicial}}^2 + \frac{1}{2}kx_{\text{inicial}}^2 = \frac{1}{2}mv_{\text{final}}^2 + \frac{1}{2}kx_{\text{final}}^2$$

2 - Uma maçã presa em uma macieira a 3 m de altura se desprende. Com que velocidade ela chegará ao solo?

Solução: como o problema se refere a altura, temos o envolvimento da energia potencial gravitacional.

$$E_{M, \text{ inicial}} = E_{M, \text{ final}}$$

$$E_{C, \text{ inicial}} + E_{PG, \text{ inicial}} = E_{C, \text{ final}} + E_{PG, \text{ final}}$$

$$\frac{1}{2}mv_{\text{inicial}}^2 + mgh_{\text{inicial}} = \frac{1}{2}mv_{\text{final}}^2 + mgh_{\text{final}}$$

$$\frac{1}{2}m \cdot 0 + m \cdot 10 \cdot 3 = \frac{1}{2}m \cdot v_{\text{final}}^2 + m \cdot g \cdot 0$$

$$30m = \frac{1}{2}mv_{\text{final}}^2$$

$$30 = \frac{1}{2}v_{\text{final}}^2$$

$$v_{\text{final}}^2 = 60$$

$$v_{\text{final}} = \sqrt{60}$$

$$v_{\text{final}} = 7,75 \text{ m/s}$$

Conclusão:

A energia mecânica de um corpo é igual a soma das suas energias potenciais e cinética.

Então:

$$E_M = E_C + E_P$$

Qualquer movimento é realizado através de transformação de energia, por exemplo, quando você corre, transforma a energia química de seu corpo em energia cinética. O mesmo acontece para a conservação de energia mecânica.

Assim sendo, pode-se resolver vários problemas mecânicos conhecendo os princípios de conservação de energia.

Utilização da Rampa

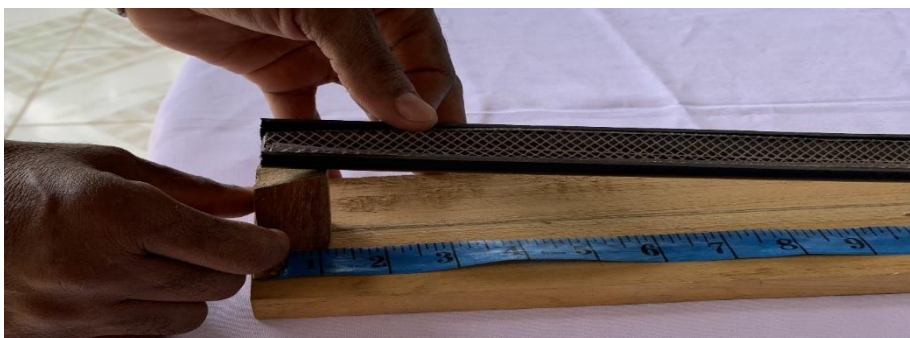
A Rampa de Inclinação Variável: Um instrumento para a mediação simbólica no Ensino de Física pode ser utilizada como instrumento de apoio, suporte e materialidade no ensino de temas referentes à Energia Mecânica no Ensino Médio.

Vejamos:

Como a rampa possui as extremidades livres, em cada abordagem será possível utilizar apenas um, ou dois, dos pequenos pedaços de madeira (Fig.

P7) mencionados na etapa de montagem da rampa, de modo que, uma vez instalados, as alturas de cada extremidade do trilho, relativamente à prancha de madeira (Fig. P1), possam ser previamente conhecidas e anotadas.

Fig. P33: Instalação do espaçador de madeira



Fonte: próprio autor

Uma das extremidades será escolhida como sendo a de lançamento (figura P33), da qual serão abandonadas sucessivamente esferas de massas, dimensões e materiais distintos, para que possa ser observado e anotado o comportamento de cada esfera durante o seu movimento livre ao longo do trilho.

Para tal, propomos duas linhas de abordagens.

Abordagem 1

Nesta abordagem seria inicialmente levantada a bagagem de conhecimentos prévios dos alunos acerca de conceitos fundamentais como espaço (localização), comprimento, tempo, velocidade, aceleração, massa, volume, densidade e força.

A partir deste levantamento, em havendo a necessidade, tais conceitos poderiam ser revisados ou reconstruídos, utilizando-se os meios julgados mais adequados a cada situação e a cada grupo de alunos.

Concluída a etapa de verificação dos conhecimentos prévios, seriam então propostas as ideias de referencial e a de movimento (como sendo algo relativo a um dado referencial); uma boa prática neste sentido consiste em buscar apoio na Geografia ou na Astronomia no que se refere ao movimento de translação da Terra em torno do Sol e o aparente movimento do Sol ao redor da

Terra. Esta costuma ser uma discussão interessante: quem, de fato, gira em torno de quem? o que é, e o que parece ser? ... por que esta aparente inconsistência?

Resposta: O referencial (ponto de vista) adotado para a observação.

O passo seguinte consistiria na apresentação da ideia de energia (o que não é nada fácil!), na conceituação e definições matemáticas das Energias cinética (E_c) e potencial gravitacional (E_{pg}):

$$E_c = \frac{mv^2}{2} : \text{energia relativa ao que está em movimento (velocidade)}$$

$E_{pg} = mgh$: energia relativa à capacidade de entrar em movimento (diferença de altura)

O último passo antes da utilização efetiva da rampa seria a discussão sobre as eventuais transformações entre as várias manifestações de energia, particularmente entre a cinética e a potencial gravitacional; isto porque, na verdade, são apenas formas distintas de manifestação de uma única forma de energia: a Energia Mecânica (E_m), de tal modo que:

$$E_m = E_c + E_{pg}$$

Finalmente chegamos à utilização da rampa na materialização destes dois últimos e novos conceitos. Para isto, sugerimos que apenas seja elevada a extremidade de lançamento, deixando que a outra extremidade do trilho permaneça na horizontal.

O procedimento consiste na efetiva medição e registro das alturas de lançamento em cada experimento, da medição do tempo de percurso em cada uma delas até que a esfera abandone o trilho, na avaliação da velocidade média de percurso:

$$v_m = \frac{d}{\Delta t}$$

onde, d é o comprimento do trilho (distância percorrida pela esfera) e Δt é o tempo decorrido entre o momento em que a esfera foi solta até o instante em que abandonou o trilho; o cálculo do intervalo de tempo pode ser obtido dispondo, de preferência, de cinco alunos com celulares ou relógios, na função

cronômetro, para que façam as medidas deste tempo, descartam-se o maior e o menor tempo obtidos e faz-se uma média aritmética (Δt) dos três restantes (t_1 , t_2 e t_3):

$$\Delta t = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$$

O cálculo da energia cinética poderá ser feito a partir do valor da velocidade

densidade, peso, velocidade, aceleração, altura, distância, entre outros e, se necessário, reforçar ou reformular alguns daqueles conceitos.

Um possível próximo passo, a partir deste mapeamento, seria estabelecer a diferença entre grandezas físicas escalares e grandezas vetoriais, utilizando como exemplos aqueles conceitos previamente discutidos na etapa progressiva e inserindo, já, neste momento a ideia geral de energia (relativamente ao estar em movimento ou à possibilidade de vir a entrar em movimento).

Acreditamos que agora já haja um melhor embasamento para, finalmente, conceituar as energias cinética (E_c), potencial gravitacional (E_{pg}) e potencial elástica (E_{pe}) envolvidas nas observações.

O passo seguinte seria a definição de Energia Mecânica (E_m) como uma grandeza que abarca todos dois conceitos de energia propostos anteriormente, com a possibilidade de manifestação simultânea, e da transformação de uma em outra, de modo reversível. A partir daí teria início a matematização destas ideias:

$$E_m = E_c + E_p$$

$$E_c = \frac{mv^2}{2} : \text{energia relativa ao que está em movimento (velocidade)}$$

$E_{pg} = mgh$: energia relativa à capacidade de entrar em movimento por diferença de altura

$$E_{pe} = \frac{kx^2}{2} : \text{energia relativa à capacidade de entrar em movimento por}$$

deformação de uma mola

Dependendo da profundidade a que se queria levar a discussão, novas observações poderão ser feitas nos moldes iniciais, sendo que agora pode-se contar com o suporte matemático para dar robustez e quantificidade aos resultados e conclusões; isso certamente vai levar a um impasse e uma pergunta surgirá:

“Porque a esfera, ao final, não importando suas características, nunca atinge a altura inicial?”

Para respondê-la serão necessários os conceitos de força, neste caso, as Forças de atrito e de Resistência do Ar e os das Energias Sonora e Térmica para que se possa justificar a diferença (dissipação da energia) verificada na

comparação dos cálculos com as observações ... se será factível, oportuno, sensato ou viável somente as condições específicas de cada situação - escola, turma, tempo disponível, entre outras - poderão determinar.

REFERÊNCIAS DO PRODUTO EDUCACIONAL

ALVARENGA, B. A.; MÁXIMO, A. R. L. **Curso de Física**, volume 1, n° ed.; São Paulo: Scipione, 2000.

BRASIL. BASE NACIONAL CURRICULAR COMUM.

Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf
Acesso em: 06/02/2020.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **LEI DE DIRETRIZES E BASES DA EDUCAÇÃO NACIONAL**: seção 4, Brasília, DF, 1996. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1996/lei-9394-20-dezembro-1996-362578-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em 06/02/2022.

BRASIL. **PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS**; MEC, Brasília, DF, 1995. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/pcn/pcn-parametros-curriculares-nacionais-do-ensino-medio>. Acesso em: 06/02/2020.

COSTAS, F. A. T. **Formação de conceitos em crianças com necessidades educacionais especiais**: contribuições da Teoria Histórico-Cultural. Santa Maria: Editora UFSM, 2012. 200 p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K.S. **Física 3**; Rio de Janeiro: LTC, 2004

HERNÁNDEZ, F. **Transgressão e mudança na educação**; Porto Alegre: Artmed, 1998.

SEARS, F.W.; ZEMANSKY, M.W.; YOUNG, H.D. **Física, mecânica da partícula e do corpo rígido**, volume 1, 2ª ed.; Rio de Janeiro: LTC, 1993.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**; São Paulo: Martins Fontes, 1984.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**; São Paulo: Martins Fontes, 1987.

ZABALA A. **A Prática Educativa**