

Versão Online ISBN 978-85-8015-094-0
Cadernos PDE

VOLUME II

**OS DESAFIOS DA ESCOLA PÚBLICA PARANAENSE
NA PERSPECTIVA DO PROFESSOR PDE
Produções Didático-Pedagógicas**

2016

Ficha para identificação da Produção Didático-pedagógica – Turma 2016

Título: CATAPULTAS E FOGUETES – UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTAÇÃO PARA AS AULAS DE FÍSICA	
AUTOR: LUIZ NOWACKI	
Disciplina/ Área	FÍSICA
Escola de Implementação do Projeto	Colégio Estadual Professor Júlio César
Município da escola	Rebouças - PR
Núcleo Regional de Educação	Irati – PR
Professor Orientador	Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos
Instituição de Ensino Superior	UNICENTRO – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Resumo	<p>Há muitos anos na função de professor de Física, tenho me deparado com diversos tipos de dificuldades apresentadas pelos alunos do ensino médio. De fato, a física sempre foi uma disciplina que exige raciocínio, atenção e concentração. Entretanto, percebe-se que, atualmente, a maioria dos estudantes manifestam grandes dificuldades na resolução de exercícios que envolvam cálculos. Em consequência, tende a ocorrer uma desmotivação, um desinteresse pelo aprendizado na disciplina. Esta falta de motivação é devida, muitas vezes, ao fato das aulas serem monótonas, privilegiando muito a teoria, abordando pouca a prática.</p> <p>Sendo assim, pretende-se investigar qual a contribuição das atividades experimentais com lançamentos de foguetes para a aprendizagem de conceitos físicos, especialmente os relacionados a movimento parabólico, velocidade, aceleração, força, energia e pressão.</p>
Palavras-chave	Alcance, Altura, Velocidade, Energia
Formato do Material Didático	Unidade Didática
Público	Alunos das 1 ^{as} Séries A e B do Colégio Estadual Professor Júlio César da cidade de Rebouças

Produção Didático-Pedagógico

Apresentação

A realização de experimentos, especialmente aqueles em que os alunos participam da confecção dos materiais, pode se constituir numa atividade bastante interessante para os estudantes. A experimentação, no ensino de Física, é uma importante metodologia de ensino que contribui para um melhor aproveitamento das relações entre os estudantes e o seu professor, principalmente pelo seu caráter ilustrativo de conceitos, cuja principal característica é a abstração. Além disso, a experimentação envolve manipulação e transformação do objeto, permitindo ao estudante verificar os conceitos físicos de forma concreta, mensurar, inferir, conjecturar, enfim, desenvolver seu senso de observação científica.

Dessa forma, a atividade de experimentação permite ao estudante interagir com o objeto físico, vislumbrando, inclusive, como o homem pode transformar o meio em que vive. Essa é uma atividade inerente ao ser humano, que promove esse tipo de transformação em função da produção da sua subsistência. Com isso, passa a se produzir enquanto homem e se diferenciar dos demais animais.

É nesse sentido que o trabalho aqui apresentado pode contribuir com a prática pedagógica. A perspectiva prática envolvida no trabalho pedagógico com materiais manipuláveis permite converter a sala de aula num ambiente de experimentação, de conjecturas e discussões sobre os resultados, aproximando o fazer pedagógico da atividade científica, que tem caráter essencialmente investigativo.

A proposta consiste no estudo experimental de dispositivos mecânicos e suas características. Tais dispositivos são as catapultas e os foguetes, os quais permitem o estudo experimental de diversos conceitos pertencentes à cinemática, à dinâmica, à conservação da energia e à mecânica de fluidos. A seguir, são detalhadas as atividades com esses dispositivos.

Orientações metodológicas

Atenção Professor! Em quadros como esse você encontrará orientações metodológicas para a realização das atividades.

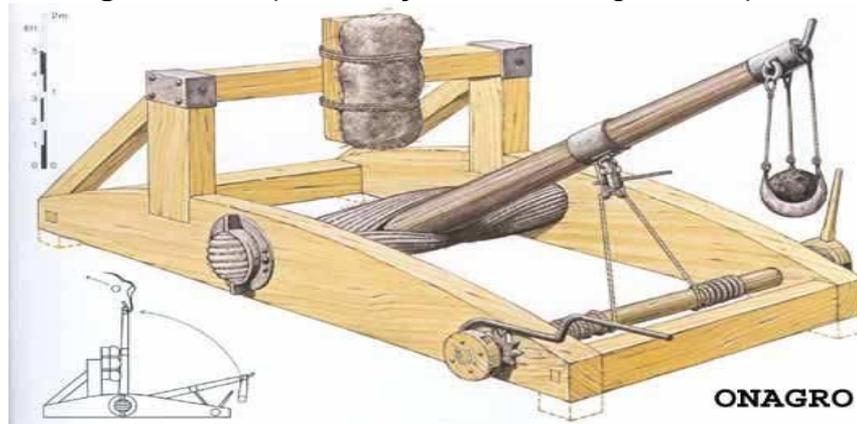
Catapultas

Inicialmente, são apresentados aspectos relacionados à história desse dispositivo, desde seu surgimento até a abolição do seu uso. Na sequência, são abordados aspectos relacionados ao seu funcionamento.

A catapulta é um dispositivo bélico, utilizado em operações de cerco, que tem o propósito de lançar objetos a grandes distâncias. Existem vários tipos de catapultas: o *trebuchet*, também denominado trabuco, o onagro ou mangonel, a balista, entre outros. O modelo de catapulta denominado *trebuchet*, foi o sucessor

do modelo conhecido por *onagro* (Burro), que recebeu esse nome decorrente dos “coices” que dava ao lançar os projéteis. O onagro utilizava cordas trançadas para gerar a energia de lançamento; o lançador ficava preso no meio dessas cordas que eram torcidas e, quando liberadas, lançava o projétil, localizado na extremidade desse lançador, conseguindo arremessar pedras de 30kg a uma distância de 160m, sem, contudo, causar muitos danos em muros, por conta da grande energia desperdiçada nos coices que ela dava ao disparar.

Figura 01: Representação de um onagro, um tipo de catapulta



Fonte: Blog Catapulta Trebuchet, disponível em <http://catapultasenai.blogspot.com.br/2013/03/historia-referente-catapulta-desdeseu.html>, acesso em 09 dez 2016.

A catapulta trebuchet é de origem chinesa e foi introduzida na Europa pelo leste mediterrâneo entre os povos árabes ao fim do século VI. Com as invasões muçulmanas, acabou sendo levada para o resto da Europa, substituindo as antigas catapultas devido ao seu incomparável poder de destruição. Logo no início, foi chamada de Pierrière (Utilizava a força humana como auxílio), já era capaz de lançar projéteis três a seis vezes maiores que o onagro.

Figura 02: Ilustração de um trebuchet



Fonte: Blog Catapulta Trebuchet, disponível em <http://catapultasenai.blogspot.com.br/2013/03/historia-referente-catapulta-desdeseu.html>, acesso em 11 dez 2016.

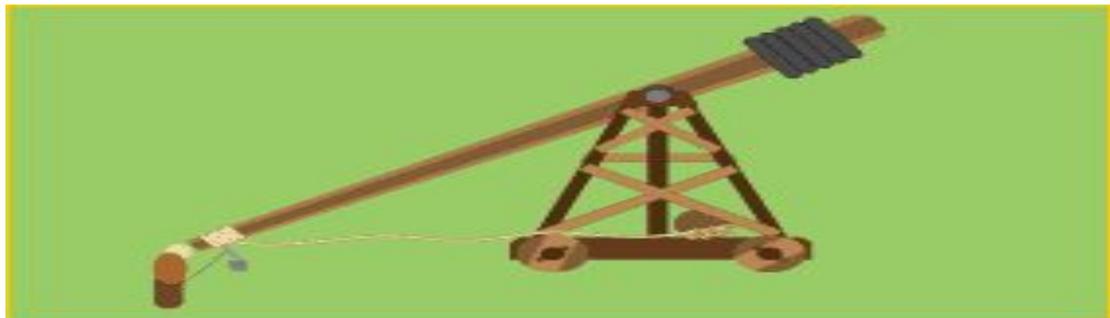
A força humana era utilizada para puxar o braço de alavanca a fim de realizar o lançamento.

Este tipo de acionamento já dava um grande diferencial em relação às outras catapultas, mesmo com seu funcionamento necessitando da força humana. Porém com a chegada da idade média os engenheiros da época conseguiram atingir o maior estágio em relação ao potencial desse mecanismo, quando utilizaram a força da gravidade ao seu favor, e criaram a catapulta trebuchet com um contrapeso pênsil. Com uma carga muito superior que o projétil, esse novo modelo conseguia lançar objetos a distâncias muito maiores e causando danos extremos ao seu alvo, visto que agora os objetos lançados adquiriam uma altura muito maior, conseguindo mais energia potencial gravitacional.

O funcionamento da Trebuchet é muito simples, consiste-se em um gigantesco braço de alavanca, com um tipo de bolsa de couro em uma extremidade, onde colocava-se o projétil, enquanto na outra extremidade ficava o contrapeso, que era erguido. Travava-se o mecanismo e quando liberado, o contrapeso descia em velocidade, erguendo a extremidade da outra ponta realizando o lançamento.

O contrapeso inicialmente era preso diretamente ao braço de alavanca, porém com o aperfeiçoamento do sistema, percebeu-se que havia um ganho de eficiência se o contrapeso estivesse dentro de uma caixa suspensa, que girava livremente na hora do disparo. Com essa melhoria, estava pronta a tão famosa e temida catapulta trebuchet!

Figura 03: Trebuchet com contrapeso preso diretamente no braço de alavanca.



Fonte: Blog Catapulta Trebuchet, disponível em <http://catapultasenai.blogspot.com.br/2013/03/historia-referente-catapulta-desdeseu.html>, acesso em 11 dez 2016.

Figura 04: Lançamento com o contrapeso diretamente no braço de alavanca.



Fonte: Blog Catapulta Trebuchet, disponível em <http://catapultasenai.blogspot.com.br/2013/03/historia-referente-catapulta-desdeseu.html>, acesso em 11 dez 2016.

Figura 05: Trebuchet com a caixa onde era colocada o contrapeso



Fonte: Blog Catapulta Trebuchet, disponível em <http://catapultasenai.blogspot.com.br/2013/03/historia-referente-catapulta-desdeseu.html>, acesso em 11 dez 2016.

Figura 06: Lançamento de um projétil com o mecanismo do contrapeso utilizando o cesto.

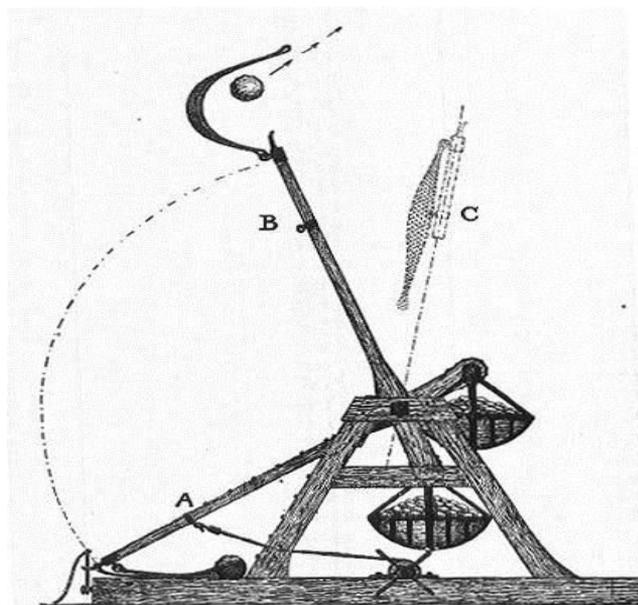


Figura 07: Projétil sendo lançado mostrando a trajetória.

Fonte: Blog Catapulta Trebuchet, disponível em <http://catapultasenai.blogspot.com.br/2013/03/historia-referente-catapulta-desdeseu.html>, acesso em 11 dez 2016.

As catapultas em geral eram usadas para destruir muros de castelos. Para atacar um castelo, normalmente era necessária mais de uma. As catapultas também eram usadas para arremessar lanças contra um exército inimigo quando este avançava.

Os exércitos usavam catapultas grandes e pequenas. As menores eram montadas sobre rodas e levadas para as batalhas. Carpinteiros que viajavam com os exércitos construíam catapultas ao longo do percurso até as batalhas. As de grande porte geralmente ficavam em um só lugar e eram usadas pelos moradores das cidades e dos castelos para se defender.

As primeiras catapultas surgiram no século XIII a.C. Os romanos da Antiguidade aprimoraram o artefato e construíam catapultas sobre rodas. Os exércitos de hoje usam equipamentos baseados na catapulta para lançar mísseis e aviões.

Disponível em: <<http://escola.britannica.com.br/article/480925/catapulta>>. acesso em 26 out 2016.

Foguetes

Se não fossem os testes do americano Robert Goddard com o primeiro foguete de combustível líquido da história, que subiu apenas 12 metros em 16 de março de 1926, o homem nunca teria chegado a Lua, os meteorologistas dificilmente teriam emprego, e provavelmente muitas pessoas ainda acreditavam que os marcianos poderiam invadir a Terra a qualquer momento.

Os foguetes são a peça fundamental no desenvolvimento da astronomia, pois lançaram e ainda hoje lançam instrumentos muito poderosos ao espaço, como sondas interplanetárias, que nos revelam os segredos dos planetas mais distantes, telescópios espaciais, que nos revelam os segredos das estrelas e galáxias mais distantes, e satélites voltados para a própria Terra, lembrando-nos que ainda existem muitos segredos a serem revelados aqui mesmo. Como já foi citado, os satélites também são de extrema importância na astronomia, pois orbitando a Terra eles capturam dados científicos impossíveis de serem obtidos do solo.

O desenvolvimento de todos esses equipamentos começou no início do século XX, que talvez ficará marcado como "o século em que o homem saiu da Terra". Já que eles são extremamente importantes, nós vamos fazer um resumo de sua evolução ao longo do século.

É óbvio que no começo do século XX já existiam alguns objetos que poderiam ser chamados de foguetes: algumas armas militares e até os fogos de artifício. No entanto, esses foguetes utilizavam combustível sólido (pólvora, por exemplo), e os cientistas que começaram a pensar em utilizar os foguetes para voos espaciais já sabiam que esses combustíveis não eram poderosos o suficiente. Os foguetes precisam utilizar combustível sólido. Outro desenvolvimento importante: os foguetes deveriam usar estágios para ir mais longe, ou seja, o foguete teria várias partes, e a medida que ia acabando o combustível de uma parte, ela se desprende do conjunto, tornando ele mais leve.

Três homens, Robert Goddard (americano), Hermann Oberth (alemão) e Konstantin Tsiolkovsky (russo) trabalharam seriamente na ideia de desenvolver os foguetes, quando a comunidade científica achava que não valia a pena. Os três estudaram seriamente a viabilidade de se construir um foguete espacial, e chegaram a conclusões bem próximas. Nunca se encontraram e desconheciam os trabalhos individuais dos outros demais dois entre si. Isso foi no final do século XIX e começo do século XX, mas eles começaram a apresentar resultados entre 1903 e 1926 (data do teste do foguete de Goddard). Por isso, os três podem ser considerados os pais da astronáutica, apesar de cada um ser considerado pai da astronáutica em seu país.

Foi apenas em 30 de maio de 1942 que foi lançado o primeiro foguete com capacidade para sair realmente da atmosfera: o V-2 alemão. Esse foguete foi desenvolvido por um aluno de Oberth: o alemão Wernher Von Braun. O foguete foi projetado para servir de arma na Segunda Guerra Mundial, e grande parte dos cientistas foram obrigados a trabalhar no projeto –inclusive Von Braun, que chegou a ser preso por estar fazendo pesquisas que se desviavam de fins militares, mas ele foi logo solto porque os alemães perceberam que ele era essencial ao projeto.

O foguete chegou a ser usado na guerra, especialmente nos bombardeios contra Londres e Paris, por exemplo, e apesar de ter matado milhares de pessoas não impediu a derrota dos alemães, pois ficou pronto muito tarde.

Com o fim da guerra, a equipe de Von Braun foi para os Estados Unidos como prisioneiro de guerra. Era isso ou ficarem na Alemanha e serem mortos, pois Hitler já havia ordenado a execução deles, para que a tecnologia dos V-2 não se espalhasse a outros países.

Nos Estados Unidos a equipe foi obrigada a continuar o desenvolvimento dos V-2, o que fizeram. Eles então desenvolveram o Bumper, primeiro foguete de dois estágios a ser lançado (em 1948), que usava o V-2 como primeiro estágio.

Um fato curioso é que todos os foguetes, mesmo hoje em dia, seguem os mesmos padrões, sejam eles americanos, russos ou de outro país. Isso acontece porque os foguetes se desenvolveram do V-2 alemão, já que as pesquisas continuaram, com a mesma equipe, nos Estados Unidos, e já que os russos tinham bastante informações sobre o desenvolvimento científico alemão. Esses fatos fizeram com que atualmente os foguetes sejam bem parecidos entre si (CDCC, 2016).

AULA 1

Orientação metodológica

Professor: num lançamento oblíquo a trajetória é parabólica. Para que ocorra um lançamento adequado, há alguns conceitos que devem ser trabalhados. O lançamento de uma bola de futebol americano é um bom exemplo, além da parábola, ainda há uma maneira correta de girar a bola.

Vídeo: como arremessar uma bola de futebol americano (1min)
<https://www.youtube.com/watch?v=y3MmLsfr98w>.

A Mecânica envolve movimento, força e equilíbrio. Estão ligadas à ela, entre outras, as atividades de trabalhadores como por exemplo, pedreiros, marceneiros e motoristas. Ela também está presente em todas máquinas e ferramentas, no treinamento esportivo de pessoas e atletas, nas construções e em muitas outras.

1) Podemos lançar uma bola de futebol americano e uma bola de futebol da mesma maneira? Justifique.

2) Na sua opinião, os carros com formato achatado na frente são mais rápidos que os carros com formato pontiagudo? Justifique.

3) Num fuzil existem ranhuras em espiral no interior do cano por onde sai o projétil. Na sua opinião, qual a finalidade dessas ranhuras?

AULA 2

Professor: mostrar vários exemplos de corpos em movimento e de corpos em repouso usando cotidiano. A importância do referencial para fazer a classificação.

Quando é falado em movimento, é dada a impressão que é qualquer objeto que se move está em movimento. Para poder classificar se o objeto está em movimento ou repouso precisamos de um conceito denominado referencial.

Referencial é um sistema onde é feita uma comparação entre os objetos para saber se o objeto está em movimento ou repouso. Exemplo: um passageiro dentro de um ônibus que está viajando a 80 km/h, ele está em movimento em relação à estrada mas, está em repouso em relação a um colega sentado ao seu lado.

1) Imagine uma situação, duas catapultas sendo puxadas por cavalos. Os dois soldados que estão dirigindo os cavalos começam uma discussão sobre o movimento que está ocorrendo. As catapultas estão viajando lado a lado. O soldado A afirma que eles estão em movimento e o soldado B afirma que eles estão em repouso. Quem está com a razão? Faça uma justificativa para explicar a situação.

2) Uma equipe construiu um foguete e colocaram um paraquedas na sua parte frontal para que quando ele abrisse iria reduzir a velocidade da queda. Foi feito o lançamento. Justifique quando o foguete está movimento e justifique se há algo que podemos afirmar que está em repouso.

AULA 3 e 4

Professor: Fazer um conjunto de questões para entregar aos alunos sobre a aerodinâmica, ângulo de lançamento, centro de massa, centro de pressão, aletas e contrapeso de um foguete.

Alcance no lançamento de projéteis

Aerodinâmica é parte da Física que estuda a força do ar sobre os corpos sólidos em movimento e a dinâmica dos fluidos. Por exemplo, ao fazer um projeto de um novo carro e um avião, cientistas e engenheiros têm que estudar os princípios da aerodinâmica para criar modelos que minimizem a resistência do ar e mantenham o desempenho. A capacidade aerodinâmica está relacionada a maior capacidade de o objeto enfrentar a resistência do ar. A sustentação é a força aerodinâmica que se

opõe ao peso do objeto permitindo que se eleve e se mantenha no ar. No caso dos aviões, é o movimento das asas que contribui para a sua sustentação. Há outros objetos, como os submarinos, as pontes e os arranha-céus que estão sujeitos às forças aerodinâmicas.

Ângulo de lançamento: Para lançar um projétil devemos considerar ao que se pretende conquistar. Se o objetivo é obter uma altura máxima ou um alcance máximo, e, para que isto ocorra devemos considerar sempre o ângulo formado com a horizontal.

O alcance máximo ocorre quando o ângulo de lançamento é de 45° . Se o ângulo de lançamento não for 45° , existirão duas opções de ângulos para se obter o mesmo alcance. Estes ângulos são complementares, ou seja, sua soma será 90° .

Se um lançamento for efetuado com inclinação de 35° com a horizontal, então, com inclinação de 55° , o alcance será o mesmo ($35^\circ + 55^\circ = 90^\circ$). Obviamente as alturas serão diferentes.

Quando são usados canhões no lançamento de projéteis, e, estes são armas que servem para destruir e abrir caminho no território inimigo, são considerados alguns tipos de tiros.

Tiro esmagador: o ângulo formado com a horizontal é maior que 45° .

Tiro derrubador: o ângulo formado com a horizontal é menor que 45° .

Tiro de alcance máximo: ao ângulo formado com a horizontal é igual a 45° .

Centro de massa: O centro de massa de um sistema de partículas é o ponto que se move como se toda a massa do sistema estivesse concentrada nesse ponto e todas as forças externas estivessem aplicadas nesse ponto. Todo corpo, sem importar seu tamanho, massa ou forma, tem um ponto chamado centro de massa (CM) ou centro de gravidade. O CM de um taco de beto ombro, por exemplo, é o ponto no qual devemos apoiá-lo para que ele fique na horizontal.

Centro de pressão: Há maior concentração de pressão quando o ar está passando num foguete em movimento, por exemplo. O ar em movimento passa com maior impacto na cauda do que na ponta, e, portanto, a cauda sofre um “arrasto” ou resistência maior e é por isso que a cauda deverá ser maior que a ponta do foguete. A maior pressão fica concentrada entre ambos. Para que tudo ocorra com sucesso é imprescindível que o centro de pressão do foguete esteja próximo da cauda e o centro de massa perto do bico. Para que o voo do foguete tenha estabilidade, os centros de massa e de pressão não devem estar muito próximos.

Aletas: São as pequenas asas estabilizadoras de voo, que servem para indicar a direção do trajeto percorrido pelo foguete. Elas podem ser feitas de material leve e fino, para minimizar a massa do foguete. As aletas exercem uma função importante na estabilidade do voo.

contrapeso do foguete: É o que mantém estável o movimento do objeto numa trajetória segura e eficiente ao seu destino. Cada um, dependendo do foguete,

coloca um pouco de contrapeso que pode ser areia, bolinhas de gude, terra ou uma bexiga com um pouco de água.

Aula 5 e 6

Professor: Mostre o lançamento de uma bolinha de papel. Faça algumas indagações a respeito, como por exemplo, a trajetória descrita, a altura máxima, a distância máxima atingida. Pode ser feito no pátio do colégio e pode ser usado uma catapulta, foguete ou mesmo uma bola de futebol.

Ainda poderá usar um simulador de lançamentos disponível em:

http://phet.colorado.edu/sims/projectile-motion/projectile-motion_en.html

Velocidade no lançamento oblíquo

Vamos considerar a seguir um caso especial de movimento bidimensional: Uma partícula que se move em um plano vertical com velocidade inicial v_0 e com uma aceleração constante, igual a aceleração de queda livre g , dirigida para baixo. Uma partícula que se move dessa forma é chamada de projétil (0 que significa que é projetada ou lançada), e seu movimento é chamado de movimento balístico. Um projétil pode ser uma bola de tênis ou de pingue-pongue, mas não um avião ou um pato. Muitos esportes (do golfe e do futebol ao lacrosse e ao raquetebol) envolvem os movimentos balísticos de uma bola; jogadores e técnicos estão sempre procurando controlar esses movimentos para obter o máximo de vantagem. (HALLIDAY et al., 2008- p.70)

Num lançamento oblíquo de projéteis há inúmeros exemplos no nosso cotidiano, vamos usar, como exemplo, quando o goleiro lança a bola para frente.

O lançamento é feito obliquamente, ou seja, formando uma parábola com a horizontal e com uma velocidade inicial v_0 . Essa velocidade é inclinada de um ângulo " α " com a horizontal. Considerando que a aceleração da gravidade (g) seja considerada constante. Após o lançamento, a bola tem características de um lançamento horizontal.

No eixo x (horizontal), não há aceleração. O movimento é uniforme, e, pode ser estudado de uma forma independente, com base nas equações apropriadas. No eixo y (vertical), onde há aceleração da gravidade, o movimento será uniformemente variado e pode ser estudado de forma independente também, com as equações apropriadas.

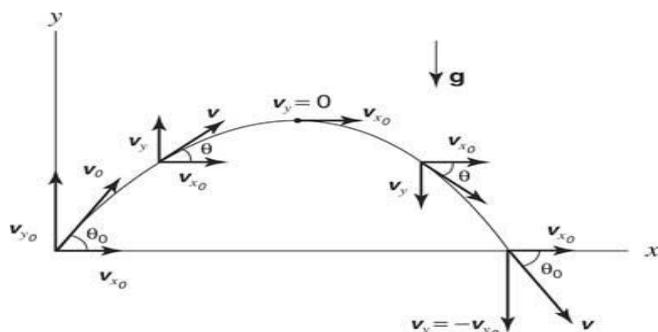
A velocidade inicial da bola pode ser decomposta nos eixos x e y . Para o movimento horizontal, considerando que a velocidade inicial é a componente v_x de v_0 . Para o movimento vertical, consideramos a velocidade inicial como sendo a componente v_{0y} de v_0 . Utilizaremos as equações:

$$v_x = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$$
$$v_y = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - g \cdot t$$

A posição da bola pode ser calculada em cada instante pelas coordenadas x e y . A abscissa x varia num movimento retilíneo uniforme; a ordenada y , é um

movimento retilíneo uniformemente variado. É neste instante, que a velocidade é dada pela soma das velocidades em cada eixo.

Na subida, o valor da velocidade vertical (v_y) vai diminuir gradativamente, e anula-se no momento em que o objeto atinge a altura máxima. Neste intervalo de tempo a velocidade horizontal (v_x) permanece constante e diferente de zero.



Quando a bola está descendo, a intensidade da velocidade v_y aumenta cada vez mais, até que atinja o solo. Nesse tempo, a velocidade horizontal v_x permanece constante e diferente de zero.

Na direção horizontal, o movimento é uniforme e podemos calcular a posição do projétil pela expressão:

$$x = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$$

Na direção vertical, o movimento é uniformemente variado e podemos calcular a posição do projétil pela expressão:

$$y = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - g \cdot t^2 / 2$$

Tempo gasto para atingir a altura máxima

O instante em que o projétil é lançado obliquamente atinge a altura máxima, a componente vertical de sua velocidade se anula.

Podemos utilizar a relação:

$$T_m = v_0 \cdot \sin \alpha / g$$

Altura máxima

Ela pode ser calculada pela seguinte relação e sabendo que no ponto mais alto da trajetória a velocidade é nula:

$$h_m = v_0 \cdot \sin^2 \alpha / 2 \cdot g$$

Alcance horizontal

O tempo gasto para que o projétil lançado retorne ao nível do lançamento é o dobro do tempo gasto para que ele atinja a altura máxima.

$$A = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot 2t_{\text{subida}}$$

$$t_{\text{subida}} = v_0 \cdot \sin \alpha / g$$

Substituindo a segunda equação na primeira temos:

$$A = 2v_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha / g \quad \text{ou ainda} \quad A = v_0^2 \cdot \sin 2\alpha / g$$

O máximo alcance será alcançado quando o ângulo for 45° e usamos a seguinte equação:

$$A_m = v_0^2 / g$$

Podemos usar um simulador de lançamento.

disponível em:

http://phet.colorado.edu/sims/projectile-motion/projectile-motion_en.html acesso em 11 dez 2016.

Questões:

1) No lançamento oblíquo de um objeto, no vácuo, analise as afirmações abaixo, marcando V para verdadeira e F se for falsa:

- a) O movimento pode ser considerado como um resultado da composição de um lançamento vertical para cima e de um movimento horizontal.
- b) O movimento de lançamento vertical é um movimento uniformemente variado, sob a ação exclusiva da aceleração da gravidade.
- c) No ponto mais alto da trajetória, a velocidade do corpo se anula.
- d) O movimento horizontal é um movimento uniforme, pois não existe na direção horizontal nenhuma aceleração.
- e) O movimento é retardado durante a subida e acelerado durante a descida.

2) Encontrar um local, quadra esportiva ou pátio da Escola e usar uma trena, medir uma distância de 10 m. Usar a base de lançamento de foguetes, feita com canos de pvc, acoplar um foguete, inclinar o foguete a 0° com a horizontal e disparar contra um anteparo ou uma parede numa distância de 10 m. Usando um cronômetro, pode ser do celular, registre:

a) Qual o tempo gasto para ocorrer o choque do foguete contra a parede?

.....
.....

b) Usando a equação da velocidade média, $V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$, calcule a velocidade com que o foguete é lançado. Sendo que $\Delta S = S - S_0$ e $\Delta t = t - t_0$.

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

c) O resultado encontrado será em m/s. Transforme este resultado em km/h usando a seguinte processo (resultado em m/s multiplique por 3,6. Se fosse o inverso poderíamos dividir por 3,6).

.....
.....

d) Agora, lançar o foguete para cima com uma inclinação de 30° . Calcule as componentes horizontal (v_{0x}) e vertical (v_{0y}).

pois a distribuição de massa do corpo está mais longe do eixo de rotação. Podemos usar bolinhas de gude para mostrar o momento linear ou bolas de sinuca.

Momento Linear

Qualquer corpo que possui uma massa m e uma velocidade v possui momento linear. A palavra momento possui vários significados na linguagem comum, mas apenas um significado, bastante preciso, na física e na engenharia. O momento linear de uma partícula é uma grandeza vetorial. Pode ser também chamado de Quantidade Movimento. A unidade de medida do momento linear é $\text{kg}\cdot(\text{m/s})$ (HALLIDAY et al., 2008- p.225).

$$Q = m \cdot v$$

Momento Angular



Figura 08: Trajetória do objeto em vários instantes num lançamento.

O centro de massa (ponto preto) de um taco de beisebol arremessado para cima com um movimento de rotação segue uma trajetória parabólica. Mas todos os outros pontos do taco seguem trajetórias curvas mais complicadas (HALLIDAY et al., 2008- p.218).

O momento angular está associado a um objeto e este objeto tem um movimento de rotação ao redor de um ponto fixo.

No momento angular a grandeza se conserva, ou seja, a soma desses momentos transferidos de um objeto para outro objeto num sistema fechado é sempre zero.

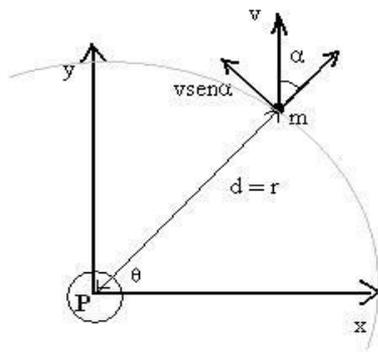


Figura 09

$$L = Q.d.\text{sen } \theta$$

Onde:

L é o momento angular; e **Q** é a quantidade de movimento linear do corpo;

d é a distância do corpo à origem do ponto fixo.

sen α é o seno do ângulo entre a força e o braço de alavanca **d**.

Lembrando que $\text{sen } \alpha = 90^\circ = 1$ então a equação ficará:

L = Q.d Ou **L = m.v.d** Mas **d** é o raio **r** de uma circunferência. Deste modo:

$$L = m.v.r$$

A velocidade **v** pode ser calculada com uma relação da velocidade angular ω :

$$v = \omega.r \quad \Rightarrow \Rightarrow \quad L = m.\omega.r^2$$

Existe uma grandeza física chamada de momento de inércia que é calculada pela equação:

$$I = m.r^2 \quad \ni \quad L = I.\omega$$

Questões

1) Um sabiá de 0,4 kg de massa está voando a 20 m/s num vôo horizontal e indo de encontro a um gavião de 8 kg de massa e este voando a 1 m/s. Quando ocorre o choque entre eles, o gavião engole o sabiá. Analise as seguintes proposições e marque V (verdadeiro) ou F (falso):

- a) O sabiá arrasta o gavião.
- b) O gavião arrasta o sabiá.
- c) As velocidades dos pássaros se anulam e eles iniciam uma queda livre.

d) () O gavião, por ter uma maior massa, arrastará o sabiá.

e) () O sabiá, por ter uma maior velocidade, arrastará o gavião.

2) Em uma competição de cadeiras giratórias o atleta deve sentar e girar com a maior velocidade possível. Cabe à equipe conseguir uma cadeira com o menor atrito possível e ao atleta encolher se após o impulso inicial dado por seu companheiro de equipe. Pode haver duas modalidades: livre, onde o competidor não pode usar nenhum acessório para aumentar a velocidade e a peso pesado, no qual o competidor usa pequenos halteres de ginástica.

a) Por que a velocidade aumenta quando se encolhe os braços?

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

b) O momento de inércia é maior quando se usa halteres? Por quê?

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

c) Uma pessoa inicia o giro com 1 rad/s de velocidade e 3 kg.m² de momento de inercia. Quando se encolhe, fica com 1,5 kg.m² de momento de inércia. Qual será sua velocidade angular?

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

Aula 9 e 10

Professor: Se possível, peça para algum aluno que traga um skate numa aula. Poderá usar para explicar as leis de Newton. Um foguete de garrafa pet pode ser uma boa opção para explicar as leis.

Leis de Newton

Antes de Newton formular sua mecânica pensava-se que uma certa influência, uma "força", era necessária para manter um corpo em movimento com velocidade constante, e que um corpo estava em seu "estado natural" apenas quando se encontrava em repouso. Para que um corpo se movesse com velocidade

constante tinha que ser impulsionado de alguma forma, puxado ou empurrado; se não fosse assim pararia "naturalmente" (HALLIDAY et al., 2008- p.96).

Quando se fala em dinâmica de corpos, a imagem que vem à cabeça é aquela velha história de Isaac Newton, que, lendo um livro sob uma macieira. De repente cai uma maçã na sua cabeça. Para muitos entende-se que aí ele descobriu e formulou leis e entendeu a gravidade. Na verdade, ele viu a Lua no céu e fez uma comparação da maçã caindo e a Lua caindo.

Na cinemática, estudamos o movimento sem compreender suas causas. Na dinâmica, estudamos a relação entre o movimento e a força.

Força é o resultado da aceleração que produz. A aceleração é uma grandeza vetorial, porque possui um módulo e uma orientação. A *força* também é uma grandeza vetorial. Podemos facilmente atribuir uma orientação a uma força (basta atribuir-lhe a orientação da aceleração). Mas isso não é suficiente. (HALLIDAY et al., 2008- p.97).

Devemos provar experimentalmente que forças são grandezas vetoriais. As forças são grandezas vetoriais; porque elas têm um módulo e uma orientação, e se combinam de acordo com as regras vetoriais.

Quando duas ou mais forças atuam sobre um corpo podemos calcular a força total ou *força resultante*. Somando vetorialmente as forças. Uma única força com o módulo e a orientação da força resultante tem mesmo efeito sobre um corpo que todas as forças agindo ao mesmo tempo.

Aceleração: faz com que o corpo altere a sua velocidade, quando uma força é aplicada.

Deformação: faz com que o corpo mude de formato, quando sofre a ação de uma força.

Força Resultante: É a força que substitui e causa o mesmo efeito que todas as outras aplicadas a um corpo. (HALLIDAY et al., 2008-p.97)

Dadas várias forças aplicadas a um corpo qualquer:

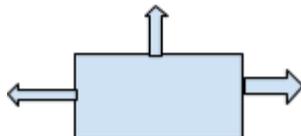


Figura 10

A força resultante será igual a soma vetorial de todas as forças aplicadas:



Figura 11

1ª Lei de Newton - Princípio da Inércia

Se nenhuma força resultante atua sobre um corpo ($f_{\text{resul}} = 0$), sua velocidade não pode mudar, ou seja, o corpo não pode sofrer uma aceleração.

Assim, um corpo pode estar submetido a várias forças, mas se a resultante dessas forças for zero a corpo não sofre uma aceleração.

A primeira lei de Newton não se aplica a todos os referenciais mas podemos sempre encontrar referenciais nos quais essa lei (assim como o resto da mecânica newtoniana é verdadeira).

Esses referenciais são chamados de referenciais inerciais.(HALLIDAY et al., 2008-p.97,98).

Quando estamos em um carro em movimento e este freia repentinamente, nos sentimos como se fôssemos atirados para frente, porque o nosso corpo continua em movimento. Por isso devemos sempre utilizar o cinto de segurança.

Um corpo em repouso ficará em repouso, e um corpo em movimento ficará em movimento. Para que este fenômeno mude é necessário que alguém, ou alguma coisa aplicar nele uma força resultante diferente de zero.

2ª Lei de Newton - Princípio Fundamental da Dinâmica

Força resultante que age que age sobre um corpo é igual ao produto da massa do corpo pela sua aceleração.

Em termos matemáticos:

$$F = m.a$$

Esta equação é simples. Mas devemos usá-la com cautela. Primeiro devemos escolher o corpo ao qual vamos aplicá-la; F_{resul} deve ser a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre esse corpo. Apenas as forças que atuam sobre esse corpo devem ser incluídas na soma vetorial. Não as forças que agem sobre outros corpos envolvidos na mesma situação. Por exemplo, se você disputa a bola com vários adversários em um jogo de futebol, a força resultante que age sobre você e a soma vetorial de todas as empurrões e puxões que você recebe. Ela não inclui um empurrão ou puxão que você dá em outro jogador.(HALLIDAY et al., 2008 - p.99,100).

A Força é sempre diretamente proporcional ao produto da aceleração de um corpo pela sua massa, ou seja:

$$F=m.a$$

Onde:

F é a resultante de todas as forças que agem sobre o corpo (em N);

m é a massa do corpo a qual as forças atuam (em kg);

a é a aceleração adquirida (em m/s²).

A unidade de força, no sistema internacional, é o N (Newton), que equivale a kg m/s² (quilograma metro por segundo ao quadrado).

3 Lei de Newton - Princípio da Ação e Reação

Quando uma pessoa empurra um objeto com uma força **F**, podemos dizer que esta é uma força de ação. Toda vez que isso ocorre, há uma outra força com módulo e direção iguais, e sentido oposto a força de ação, esta é chamada força de reação.

"A toda ação corresponde uma reação de mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos".

Força Peso

O peso **P** de um corpo e o módulo da força necessária para impedir que o corpo caia livremente em relação ao solo. Assim, por exemplo, para manter uma bola em repouso em sua mão enquanto você está parado de pé você deve aplicar uma força para cima para equilibrar a força gravitacional que a Terra exerce sobre a bola.

No movimento vertical, introduzimos um conceito de aceleração da gravidade, que sempre atua no sentido a aproximar os corpos em relação à superfície.

Relacionando com a 2ª Lei de Newton, se um corpo de massa **m**, sofre a aceleração da gravidade, quando aplicada a ele o princípio fundamental da dinâmica poderemos dizer que:

$$F = m \cdot a$$

A esta força, chamamos *Força Peso*, e podemos expressá-la como:

$$P = m \cdot g$$

Pesar um corpo significa medir seu peso. Uma forma de fazer isso e colocar corpo em um dos pratos de uma balança de braços iguais e colocar corpos de referência (de massas conhecidas) no outro prato até se estabelecer o equilíbrio (até que as forças gravitacionais dos dois lados sejam iguais). Nessa situação as massas nos dois pratos são iguais ficamos conhecendo a massa do corpo.(HALLIDAY et al., 2008-p.103,104).

O Peso de um corpo é a força com que a Terra o atrai, podendo ser variável, quando a gravidade variar, ou seja, quando não estamos nas proximidades da Terra.

A massa de um corpo, por sua vez, é constante, ou seja, não varia. Se você estiver no monte Everest ou a nível do mar, a sua massa é a mesma, o que muda é o seu peso.

Existe uma unidade muito utilizada principalmente quando tratamos de força peso, que é o quilograma-força, que por definição é:

1kgf é o peso de um corpo de massa 1kg submetido a aceleração da gravidade de 9,8m/s². A sua relação com o newton é:

$$P = m \cdot g$$

$$1\text{kgf} = 1\text{kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$1\text{kgf} = 9,8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 9,8 \text{ N}$$

Na maioria dos cálculos é utilizado o valor de 10 m/s^2 .

Quando falamos no peso de algum corpo, normalmente, lembramos do "peso" medido na balança.

Mas este é um termo fisicamente errado, pois o que estamos medindo na realidade, é a nossa massa.

A Força Normal

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 a superfície. (HALLIDAY et al., 2008-p.104).

Analisando um corpo que encontra-se sob uma superfície plana verificamos a atuação das duas forças.

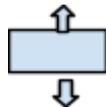


Figura 12

Para que este corpo esteja em equilíbrio na direção vertical, não se movimente e não altere sua velocidade, é necessário que forças Normal e Peso sejam iguais, assim, atuando em sentidos opostos elas se anulam.

Questões

1) Fazer um lançamento do foguete feito com garrafa pet. Para isso devemos fazer algumas anotações.

a) Usar uma balança e calcular a massa do foguete já preparado para o lançamento.

.....

b) Fazer um lançamento com uma inclinação de 45° com a horizontal, no pátio do Colégio ou quadra, e registrar com um cronômetro ou celular o tempo de retorno do foguete ao solo. Lembrando que o tempo de subida é praticamente o mesmo de descida.

.....

c) Meça com uma trena o alcance horizontal com que o foguete atingiu.

d) Utilizando a equação do máximo alcance horizontal, calcule a velocidade inicial em módulo do lançamento (v_0). Use para $g= 10\text{m/s}^2$.

$$Am = \frac{v_0^2}{g}$$

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

e) Calcule a aceleração média com que o foguete é disparado usando a equação $a_{m=\frac{\Delta v}{\Delta t}}$, onde $\Delta v = v - v_0$ e $\Delta t = t - t_0$.

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

f) Calcule a força utilizada no lançamento, usando os resultados anteriores, com a equação $f = m \cdot a$.

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

AULA 11 E 12

Professor: Peça para os seus alunos fazerem uma experiência dividindo-os em grupos. Aqueles que têm bicicleta deverão medir a calibragem do ar que enche o pneu, e o mesmo deverá ser realizado pelo outro grupo que possui carro, trazendo o respectivo resultado para possível comparação das pressões encontradas. Pode ser usado o vídeo disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=G73H18TR1H8>

PRESSÃO

Pressão hidrostática

Os fluidos também exercem pressão sobre outros como nos corpos sólidos, devido ao seu peso.

Para obtermos esta pressão, consideremos um recipiente contendo um líquido de densidade d que ocupa o recipiente até uma altura h , em um local do planeta onde a aceleração da gravidade é g .

A Força exercida sobre a área de contato é o peso do líquido.

$$p = F/A \qquad p = m \cdot g / A \qquad \text{a densidade } d = m / V$$

e a massa do líquido é $m = d \cdot V$ então $p = d \cdot V \cdot g / A$

mas $V = A_{\text{base}} \cdot h$, logo $p = d \cdot h \cdot g$

A pressão hidrostática não depende do formato do recipiente, apenas da densidade do fluido, da altura do ponto onde a pressão é exercida e da aceleração da gravidade.

Pressão atmosférica

O barômetro de mercúrio simples é um aparelho usado para medir a pressão da atmosfera. O tubo de vidro é enchido com mercúrio e invertido com a extremidade aberta mergulhada em um recipiente com mercúrio. O espaço acima da coluna de mercúrio contém apenas vapor de mercúrio, cuja pressão é tão baixa à temperatura ambiente que pode ser desprezada.

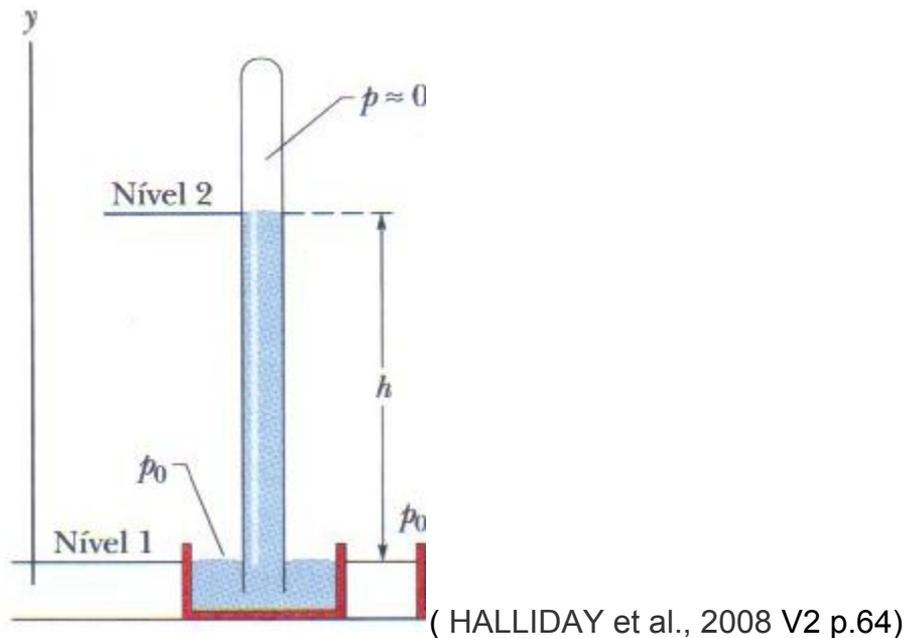


Figura 13

O ar é formado por moléculas que tem massa, o ar também tem *massa* e por consequência *peso*.

Pressão Atmosférica é o peso do ar exerce sobre a superfície da Terra e seu valor depende da altitude do local onde é medida.

Quanto maior a altitude menor a pressão atmosférica e vice-versa.

Teorema de Pascal

Quando apertamos uma extremidade de um tubo de pasta de dente para fazer a pasta sair pela outra extremidade, estamos pondo em prática o Princípio de Pascal. Este princípio também é usado na manobra de Heimlich, na qual uma pressão aplicada ao abdômem é transmitida para a garganta, liberando um pedaço de comida ali alojado. O princípio foi enunciado com clareza pela primeira vez em 1652 por Blaise Pascal (em cuja homenagem foi batizada a unidade de pressão no SI):

Uma variação da pressão aplicada a um fluido incompressível contido em um recipiente é transmitida integralmente a todas as partes do fluido e às paredes do recipiente.

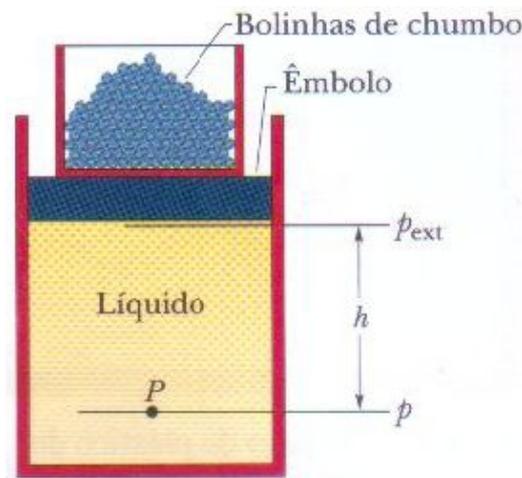


Figura 14

Bolinhas de chumbo colocadas sobre o êmbolo criam uma pressão p_{ext} no alto de um líquido confinado (incompressível). Se mais bolinhas de chumbo são colocadas sobre o êmbolo, fazendo aumentar p_{ext} , a pressão aumenta do mesmo valor em todos os pontos do líquido.

A atmosfera, o recipiente e as bolinhas de chumbo exercem uma pressão p_{ext} sobre o êmbolo e, portanto, sobre o líquido. A pressão p em qualquer ponto P do líquido é, portanto,

$$p = p_{ext} + pgh$$

Vamos adicionar mais algumas bolinhas de chumbo ao recipiente para aumentar p_{ext} de um valor Δp_{ext} . Como os valores dos parâmetros p, g e h permanecem os mesmos, a variação de pressão no ponto P é:

$$\Delta p = \Delta p_{ext}$$

Como esta variação de pressão não depende de h , é a mesma para todos os pontos do interior do líquido, como afirma o princípio de Pascal. (HALLIDAY et al., 2008 - V.2 p.64,65).

O Princípio de Pascal e o Macaco Hidráulico

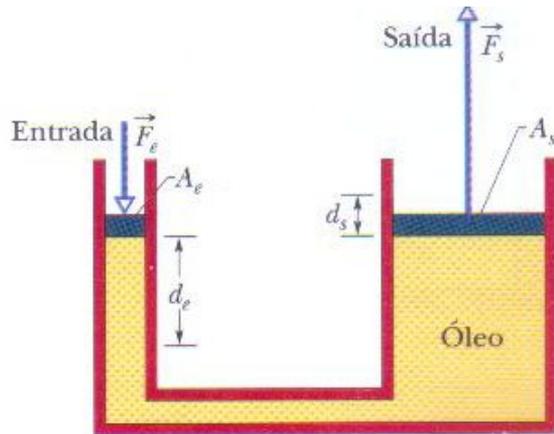


Figura 15

Suponha que uma força externa de F_e seja aplicada de cima para baixo ao êmbolo da esquerda (ou de entrada), cuja área é A_e . Um líquido incompressível produz uma força de baixo para cima, de módulo F_s , no êmbolo da direita (ou de saída), cuja área é A_s . Para manter o sistema em equilíbrio deve existir uma força para baixo de módulo F_s no êmbolo de saída, exercida por uma carga externa (não mostrada na figura). A força F_e aplicada no lado esquerdo, e a força F_s para baixo exercida pela carga no lado direito produzem uma variação Δp da pressão do líquido que é dada por:

$$\Delta p = \frac{F_e}{A_e} = \frac{F_s}{A_s}$$
$$F_s = F_e \frac{A_s}{A_e}$$

Se deslocamos o êmbolo de entrada para baixo de uma distância d_e , o êmbolo de saída se desloca para cima de uma distância d_s , de modo que o mesmo volume V de líquido incompressível é deslocado pelos dois êmbolos. Assim:

$$V = A_e d_e = A_s d_s,$$

que pode ser escrita como

$$d_s = d_e \frac{A_e}{A_s}$$

O êmbolo de saída percorre uma distância menor que o êmbolo de entrada.

Podemos escrever o trabalho da saída na forma:

$$W = F_s d_s = \left(F_e \frac{A_s}{A_e} \right) \left(d_e \frac{A_e}{A_s} \right) = F_e d_e,$$

Mostra que o trabalho W realizado sobre o êmbolo de entrada pela força aplicada é igual ao trabalho W realizado pelo êmbolo de saída ao levantar uma carga. A vantagem do macaco hidráulico é a seguinte:

Com um macaco hidráulico uma certa força aplicada ao longo de uma dada distância pode ser transformada em uma força maior aplicada ao longo de uma distância menor (HALLIDAY et al., 2008 - V.2 p.65).

Questões:

- 1) A pressão de um gás contido no interior de um recipiente cúbico é de 6000 N/m². A aresta do recipiente mede 0,2 m. Qual é o módulo da força média exercida pelo gás sobre cada face do recipiente?
 - a) 40 N
 - b) 240 N
 - c) 1200 N
 - d) 2400 N
 - e) 30000 N
- 2) Uma força de 2 N é aplicada perpendicularmente a uma superfície por meio de um pino de 1 mm² de área. A pressão exercida pelo pino sobre essa superfície é:
 - a) 2 x 10⁶ N/m²
 - b) 2 x 10⁻⁶ N/m²
 - c) 2 x 10⁴ N/m²
 - d) 2 x 10⁻⁴ N/m²
 - e) 2 N/m²

AULA 13 E 14

Energia

O termo energia é tão amplo que é difícil pensar em uma definição concisa. Tecnicamente, a energia é uma grandeza escalar associada ao estado de um ou mais objetos; entretanto, esta definição é excessivamente vaga para ser útil para quem está começando.

Uma definição menos rigorosa pode servir pelo menos de ponto de partida. Energia é um número que associamos a um sistema de um ou mais objetos. Se uma força muda um dos objetos, fazendo-o entrar em movimento, por exemplo, o número que descreve a energia do sistema varia. Após um número muito grande de

experimentos, os cientistas e engenheiros confirmaram que se o método através do qual atribuímos números à energia é definido adequadamente, esses números podem ser usados para prever os resultados de experimentos e, mais importante, para construir máquinas capazes de realizar proezas fantásticas, como voar. (HALLIDAY et al., 2008 V.1, p.153).

Energia Cinética

A energia cinética E_c é a energia associada ao estado de movimento de um objeto. Quanto mais depressa o objeto se move, maior é a energia cinética. Quanto um objeto está em repouso, a energia cinética é nula.

Para um objeto de massa m cuja velocidade v é muito menor que a velocidade da luz.

$$E_c = m.v^2 / 2$$

A unidade de energia cinética (e de qualquer outra forma de energia) no SI é o **joule** (J), em homenagem a James Prescott Joule, um cientista inglês do século XIX. Ela é definida em termos das unidades de massa e velocidade:

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

(HALLIDAY et al., 2008, V.1 , p.153)

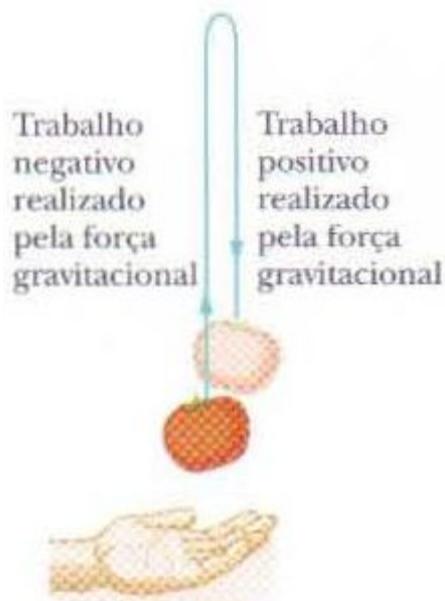
Energia Potencial Gravitacional

É a energia que corresponde ao trabalho que a força Peso realiza.

É calculado quando consideramos o deslocamento de um objeto na vertical, tendo sua origem o nível de referência (solo, chão de uma sala, ...).

$$E_{pg} = P.h = m.g.h$$

Quando o objeto cai vai ficando mais rápido, ou seja, ganha Energia Cinética, e como a altura diminui, perde Energia Potencial Gravitacional.



(HALLIDAY et al., 2008, V.1,p.181).

Figura 16

Um tomate é arremessado para cima. Enquanto sobe, a força gravitacional realiza um trabalho negativo sobre o tomate, diminuindo sua energia cinética. Quando desce, a força gravitacional realiza um trabalho positivo, aumentando sua energia cinética.(HALLIDAY et al., 2008, V.1,p.181).

Energia Potencial Elástica

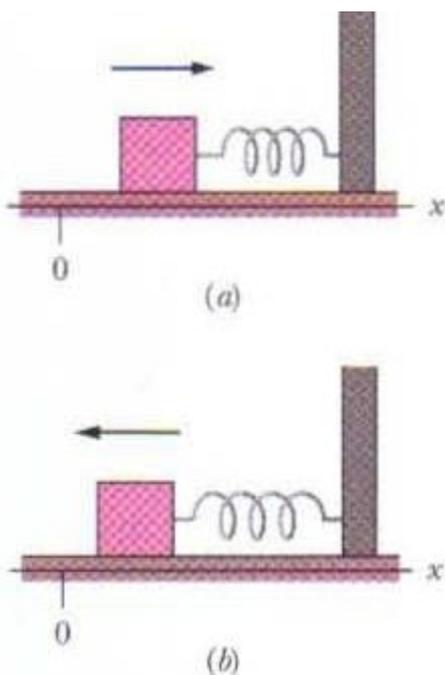


Figura 17

Um bloco, preso a uma mola e inicialmente em repouso em $x = 0$, é colocado em movimento para a direita. (a) Quando o bloco se move para a direita (no sentido indicado pela seta) a força elástica da mola realiza trabalho negativo sobre o bloco.

(b) Mais tarde, quando o bloco se move para a esquerda, em direção ao ponto $x = 0$, a força da mola realiza trabalho positivo sobre ele. (HALLIDAY et al., 2008, V.1, p.182).

Como a força elástica é uma força variável, seu trabalho é calculado através do cálculo da área do seu gráfico, cuja Lei de Hooke diz ser:

$$E_{p \text{ elas}} = k \cdot x^2 / 2$$

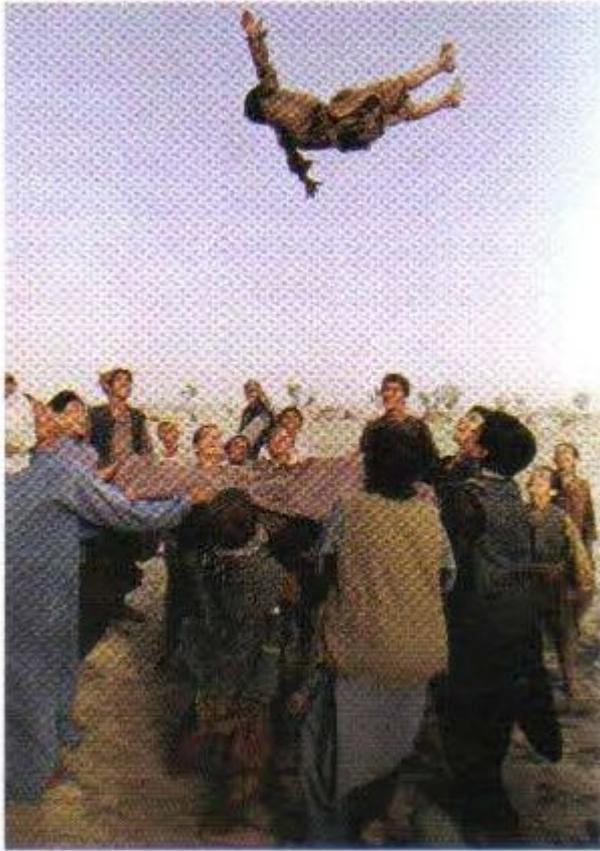
Conservação de Energia

Em um sistema isolado, onde apenas forças conservativas causam variações de energia, a energia cinética e a energia potencial podem variar, mas sua soma, a energia mecânica E_{mec} do sistema, não pode variar.

Quando a energia mecânica de um sistema é conservada, podemos relacionar a soma da energia cinética com a energia potencial em um instante à soma em outro instante sem levar em conta o movimento intermediário e sem calcular o trabalho realizado pelas forças envolvidas. (HALLIDAY et al., 2008. V.1, p.188).

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

$$E_{\text{mec}} = E_c + E_p$$



(HALLIDAY et al., 2008. V.1, p.187).

Figura 18

No passado costumava-se arremessar as pessoas para o alto, usando um cobertor, para que pudessem enxergar mais longe. Hoje em dia isto é feito apenas por diversão. Durante a subida da pessoa que aparece na fotografia a energia é transferida da energia cinética para energia potencial gravitacional. A altura máxima é atingida quando a transferência se completa. Durante a queda a transferência ocorre no sentido inverso. (©APIWide World Photos). (HALLIDAY et al., 2008. V.1, p.187).

Questões

1) Usando o foguete de garrafa PET, uma balança, cronômetro, caderno, trena, caneta, lápis e o pátio da escola.

a) Encha o foguete até a metade com água e faça a medida de sua massa usando a balança e anote no caderno.

b) Faça um lançamento usando uma inclinação de 45° com a horizontal utilizando a equação do máximo alcance horizontal, calcule a velocidade inicial em módulo do lançamento (v_0). Use para $g = 10 \text{ m/s}^2$. Use a trena e calcule a distância horizontal que o foguete atingiu.

$$Am = \frac{v_0^2}{g}$$

c) Meça com uma trena o alcance horizontal com que o foguete atingiu.

.....
.....

d) Calcule a energia cinética do foguete no instante em que foi lançado utilizando a equação da energia cinética.

e) Qual a energia cinética no ponto de altura máxima? Justifique.

f) Usando a equação da energia potencial gravitacional, calcule a energia antes do lançamento. Justifique.

g) Agora use a equação da altura máxima e encontre o valor do seu ponto mais alto.

h) Utilize a equação do item f, calcule a energia potencial gravitacional no ponto mais alto da trajetória. Justifique o resultado.

Avaliações fazer um atividade para avaliar, o que deu certo o que deu

a) Há diferença no lançamento de um foguete de garrafa pet com uma ponta mais fina do que num foguete com ponta mais grossa? Justifique.

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

b) Qual a importância de usar uma inclinação correta, ou seja, um ângulo para conseguir um lançamento eficaz?

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

c) Qual a importância de fazer com que o foguete fique bem encaixado na base de lançamento? Justifique.

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

d) Qual a sua opinião sobre a apresentação dos conteúdos trabalhados nas aulas.

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

e) As catapultas, atualmente, são utilizadas da mesma maneira que antigamente? Onde elas são usadas?

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

Referências

CDCC. Centro De Divulgação Científica E Cultural. Século Xx – Astronomia E Astronáutica: Foguetes E Satélites (breve História). Disponível Em: [Http://www.cdcc.usp.br/cda/sessao-astronomia/seculoxx/textos/foguetes-e-satelites.html](http://www.cdcc.usp.br/cda/sessao-astronomia/seculoxx/textos/foguetes-e-satelites.html), Acesso Em 06/12/2016.

CATAPULTAS TREBUCHET. Blog das catapultas e trebuchets. Disponível em <http://catapultasenai.blogspot.com.br/2013/03/historia-referente-catapulta-desdeseu.html>, acesso Em 06/12/2016.

GRAF. Grupo De Reelaboração Do Ensino De Física. Leituras De Física: Mecânica 1 A 10. São Paulo: Ifusp, 1998. Disponível Em [Http://if.usp.br/graf/mec/mec1.pdf](http://if.usp.br/graf/mec/mec1.pdf)

HALLIDAY, D.; RESNICK, R; WALKER, J. Fundamentos De Física: Mecânica. V.1. 8.ed. Rio De Janeiro: LTC, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R; WALKER, J. Fundamentos de física: mecânica. v.2. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009

PHET. Universidade Do Colorado. Simulações Interativas Em Ciências Em Matemática. Disponível Em [Http://phet.colorado.edu/sims/projectile-motion/projectile-motion_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/projectile-motion/projectile-motion_en.html), Acesso Em 06/12/2016

Anexos

Montar equipes de três alunos e fazer uma competição usando as catapultas e os foguetes.

Esta competição tem como foco principal a verificação dos questionamentos, o entendimento das variáveis na construção dos foguetes e catapultas.

O objetivo é lançar o projétil para que ele atinja o ponto mais distante.

Cada equipe deverá montar uma catapulta do modelo desejado e fazer um lançamento.

Os lançamentos com a catapulta poderão ser feitas na quadra coberta do Colégio e os lançamentos com o foguete poderão ser feitos no campo do estádio de futebol.

Os três primeiros colocados em ambas as competições serão premiados.