

Faculdade de Educação da USP
Metodologia do Ensino de Física I

Módulo de Ensino Inovador

A Física da Propulsão

Critérios Escala 1 a 4

Organizacao geral e fluxo	3
Clareza e detalhamento das orientacoes	2
Qualidade das atividades	3
Diversidade das atividades	3
Apoio ao professor	2
Qualidade do texto	3
Estimativa temporal	3

total - 22pt 7,5

Professor: Maurício Pietrocola

Grupo: Carlos Fernandez	(caedfer@yahoo.com.br)
Maurício Cunha	(cunhausp@hotmail.com)
Raul do Vale	(rauldovale@gmail.com)
Dylan Cecchi	(dcecchi@nidera.com.br)

Modulo de Ensino Inovador

Apresentação:

Este módulo de ensino visa apresentar o conceito de conservação de momento linear. Para tanto usaremos a propulsão como tema.

Introdução/Justificativa:

Os conceitos de conservação de momento são muito importantes no dia a dia, assim, no nosso ver, constituem uma faceta da Física importante para um cidadão pleno. A exposição a este assunto, em alguns dos livros didáticos, **esta** bastante reduzida. Assim sendo consideramos interessante ter um subsídio adicional para a explanação do mesmo.

Objetivo Geral:

Espera-se que os alunos entendam a conservação de momento ao final deste curso. Como tal comportamento físico é relevante para sua vida. Também como tal comportamento é usado em várias situações.

Publico Alvo:

Este minicurso destina-se a alunos do segundo semestre do primeiro ano, ou do primeiro semestre do **sendo** ano do Ensino Médio. Deve ser apresentado como introdutório aos conceitos de conservação de momento, mas espera-se que os alunos já saibam o que seja movimento retilíneo uniforme, e acelerado.

Número de aulas:

O minicurso esta previsto para ser ministrado em 4 atividades que tomarão de 9 a 10 aulas.


Temática de interesse:

Como já dito este minicurso abrange temas de muito interesse. Seja na colisão de veículos, seja na propulsão de foguetes fora da atmosfera terrestre, seja no cuidado ao se empurrar um balanço.

Conteúdo físico abordado:

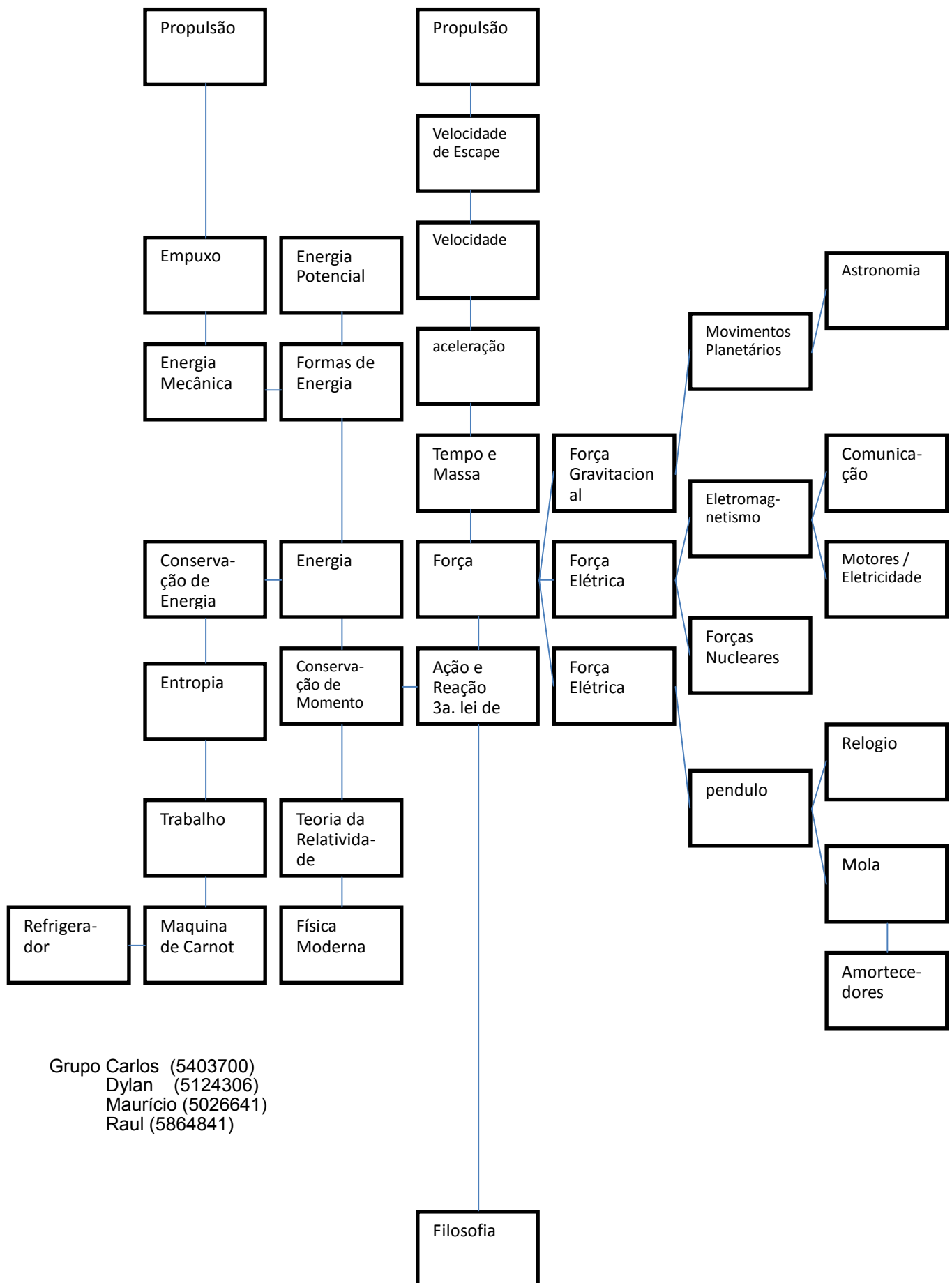
Colisões, Momento, Conservação de Momento, Impulso.

Temática de interesse:

A Conservação de momento é um dos pilares da física, e explica muitos dos fenômenos. A própria relatividade conserva o momento. Pelo que andamos pesquisando alguns livros didáticos não dão a devida atenção a este assunto assim resolvemos abordá-lo e conectá-lo ao interesse dos alunos apresentando propulsão que culmina com o lançamento do foguete. 

Mapa Conceitual:

O objetivo deste mapa é determinar uma sequência de assuntos partindo de força passando por conservação de momento e chegando a propulsão.



Grupo Carlos (5403700)
Dylan (5124306)
Maurício (5026641)
Raul (5864841)

Sequência Didática:

Do mapa conceitual, iniciando pela conservação do momento e terminando com a experiência do foguete temos:

Conservação de Momento → Ação e Reação → Colisão → Impulso → Propulsão → Lançamento do Foguete.

Quadro Sintético:

Foram colocadas as atividades 0 e Encerramento já que achamos necessário e importante reservar estes espaços de tempo.



Atividade 0	introdução	apresentação do grupo e proposta do mini-curso.	15 minutos	
Atividade 1	colidróromo	Fazer experiências com os colidróromos..	25 minutos	aula 1
	discussão	discussão sobre a experiência	10 minutos	
		Continuação da discussão sobre a experiência	10 minutos	
	apresentação teórica sobre colisões	Explicação sobre colisões	25 minutos	Aula 2
	Avaliação	atividade avaliativa sobre colisões	10 minutos	
Atividade 2	Experiência Prática - momento	Atividade com os Skates	35 minutos	Aula 3
	discussão	discussão sobre a experiência	10 minutos	
		Continuação da discussão sobre a experiência	10 minutos	
	Explicação Teórica	Explicação teórica sobre conservação de momento, não esquecer de mencionar as colisões	35 minutos	Aula 4
	Experiência Prática - momento	canhão sobre rodas	20 minutos	
	Discussão	discussão sobre a experiência	10 minutos	Aula 5
Atividade 3	Avaliação	atividade avaliativa sobre conservação de momento	10 minutos	
	filmes sobre propulsão	mostra de dois ou três vídeos sobre propulsão.	20 minutos	Aula 6
	Discussão/ Explicação Teórica	Explicação/Discussão sobre Propulsão	25 minutos	
Atividade 3	Experiência Prática - propulsão	Atividade com as bexigas	25 minutos	Aula 7
	discussão sobre a experiência	discussão sobre formas de propulsão	20 minutos	
Atividade 4	Propulsão do Foguete	Apresentação do que fará a propulsão do foguete	20 minutos	Aula 8
	Montagem do foguete	Montagem dos foguetes 1a parte	25 minutos	
		montagem dos foguetes 2a parte	20 minutos	
	Lançamento do foguete	lançamento dos foguetes	15 minutos	Aula 9
Encerramento	Encerramento	Avaliação do mini-curso – discussão	10 minutos	

Atividade 1: Entendendo Colisões.

Tema: Colisões como elas ocorrem, como podemos simulá-las.

Objetivo: Esta atividade visa chamar a atenção para as colisões que ocorrem no dia a dia, e um modelo simplificado das mesmas que iremos usar. As atividades serão qualitativas nesta parte do minicurso.

Conteúdo físico: Colisões

Recursos instrucionais: A ideia é apresentar colisões. Para isto devem ser elaborados dois colidódromos. O primeiro pensado para colisões lineares está na figura 1. O segundo seria apenas uma placa com marcas quadradas como na figura 2. Ambos os experimentos devem ser filmados junto com um relógio. Nesta atividade as discussões serão mais qualitativas, mas assim mesmo deveremos estar coletando informações quantitativas a serem usadas na atividade 2.

Momentos:

1.o momento: O professor apresenta os colidróromos, se a turma for grande seria interessante ter vários de cada tipo, para que os grupos sejam de no máximo cinco alunos. Assim para 20 alunos achamos interessante ter 2 colidróromos de cada tipo. Realmente a parte mais difícil é a câmara, assim os grupos devem estudar o que irão filmar/fotografar para depois fazê-lo, podendo compartilhar a câmara. Duração 25 minutos

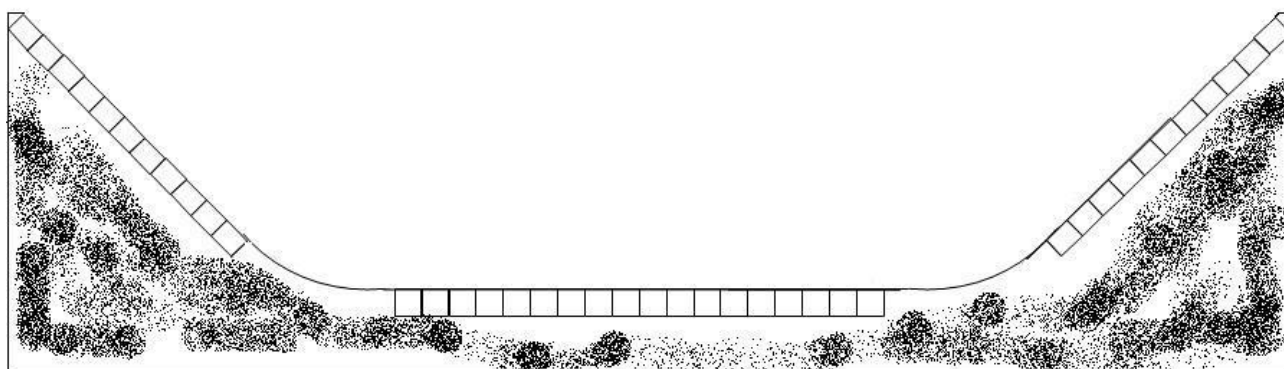
2.o momento: Discussão sobre o experimento. Os alunos devem discutir entre si, e posteriormente com o professor o que observaram. Este momento é dividido em duas partes para dar continuidade entre uma aula e outra. Duração 20 minutos (10 minutos em cada aula).

3.o momento: Explicação sobre as colisões. A ideia é falar sobre os tipos de colisões, elástica e inelástica, bem como comentar os experimentos para fixar estes conceitos. O texto do anexo 1 pode ajudar.

4.o momento: Atividade avaliativa. Algumas questões para os alunos pensarem sobre os experimentos e as explicações.

Sugestões: Como dito a ideia é fazer os alunos pensarem sobre colisões. Em ambos os colidróromos a ideia é que se usem bolas de pesos distintos, na medida do possível de tamanhos iguais, mas pelo menos semelhantes. Também é interessante usar massinha para que as bolas passem a viajar junto em um dos experimentos. Um vídeo pode ser interessante, desde que haja facilidade em exibi-lo, não está nos momentos, pois achamos não essencial nesta etapa, e em algumas escolas a exibição de filmes pode representar uma grande alteração da rotina da classe.

Dinâmica: A atividade abrange duas aulas, a primeira basicamente experimental, e a segunda teórica. Termina com uma atividade avaliativa para fixar os conceitos.



Colidódromo

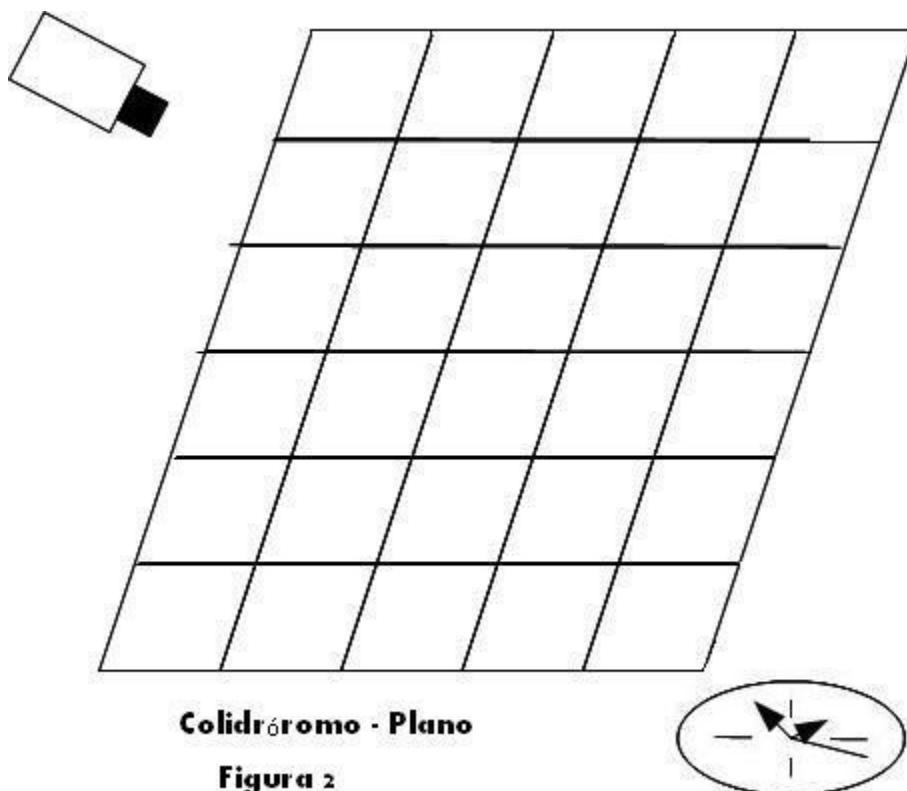
Figura 1

O colidódromo da figura 1 são três canos PVC, dois inclinados e um na horizontal. Régua são colocadas na lateral de todos eles e um suporte é montado para que ele fique com a disposição acima.

O colidódromo plano nada mais é que um pedaço de cartolina com retas que representarão uma medida de comprimento.

No colidódromo linear (Figura 1) duas bolinhas são soltas de uma altura qualquer e uma câmera será usada para tirar várias fotos antes e depois das colisões. A diferença para o colidódromo plano é que as bolinhas serão lançadas por alguém enquanto fotos são tiradas.

O relógio pode ser colocado ou não próximo dos colidódromos. Se não for, o tempo do vídeo, no player do computador poderá ser usado para medir o tempo.



Colidódromo - Plano

Figura 2

Textos de apoio: Textos de apoio e sugestões no anexo.


Atividade 2: Momento e Conservação de Momento

Tema: Momento e Conservação de Momento

Objetivo: Nesta atividade os alunos irão fazer experiências com conservação de momento. Também devem usar os dados da Atividade 1 para chegarem a algumas fórmulas matemáticas.

Conteúdo físico: Momento e conservação de momento.

Recursos Instrucionais: Nesta atividade teremos duas atividades práticas, sendo que a primeira é para introduzir o assunto e a segunda para confirmar a teoria. Apesar desta segunda atividade ainda temos uma atividade avaliativa na qual incluímos a solução de problemas numéricos.

Motivação: Os alunos estarão envolvidos em uma atividade de conservação de momento. Também se deve discutir onde isto ocorre na vida em geral. 

Momentos:

Momento 1: Os alunos formam pares, sendo que o par deve ser formado com alunos de pesos diferentes. Na vez de cada para, cada um dos alunos devem sentar em um skate e se empurrarem. Os demais alunos devem observar o ocorrido. Duração 35 minutos

Momento 2: Discussão sobre a experiência dos skates e como ela relaciona-se com as experiências das colisões. Nesta discussão deve ser inserida a ideia de fazer um modelo matemático, especialmente com os dados da atividade 1. Esta atividade esta dividida em duas aulas. Duração 20 minutos (10 minutos em cada aula).

Momento 3: Explicação teórica sobre conservação de momento. Esta explicação visa trazer os conceitos de momento e conservação de momento. Espera-se que as discussões tenham levado ao conceito de centro de massa e ao modelo matemático ou próximo, de qualquer maneira, o modelo matemático deve ser aqui apresentado. Espera-se que os dados da atividade 1 propicie informações suficientes para servir de base para a elaboração de alguns problemas. Também se pode trazer alguns problemas numéricos. Duração 35 minutos.


Momento 4: Retomada da explicação sobre conservação de momento. A ideia é introduzir o experimento que segue e fazer os alunos preverem o que se espera que aconteça. Duração 5 minutos.

Momento 5: Canhão sobre rodas. Este experimento mostra o coice. Novamente pode-se filmar e tentar obter dados numéricos. De qualquer forma a ideia é lançar bolas de pesos distintos, agora o tamanho é irrelevante. Duração 20 minutos.

Momento 6: Discussão sobre o experimento do canhão sobre rodas. A ideia aqui é saber se as previsões correspondem ao observado. Também se deve discutir porque os canhões ficam sobre rodas. Duração 10 minutos

Momento 7: Atividade avaliativa. Nesta etapa é viável a inclusão de alguns problemas numéricos. Duração 10 minutos

Sugestões: Nesta atividade se estará tratando a parte central do minicurso, já que a ideia é apresentar propulsão como conservação de momento. Assim é bastante interessante que os alunos consigam chegar à equação de conservação de momento. Esperamos ter propiciado suficientes experimentos para que isto ocorra.

Dinâmica: Esta atividade inicia-se com um experimento onde se procura envolver todos os alunos, assim, espera-se, que haja certa empatia quando for feita a discussão sobre o que ocorreu. Tal empatia deve ser recuperada no início da segunda aula (aula 4) para poder transmitir os conceitos de centro de massa, conservação de momento e colisões. 

Textos de apoio são encontrados nos livros didáticos, incluímos uma página do livro de Serway e Jewett. Também algumas perguntas para a avaliação.

Atividade 3: Propulsão, o que impulsiona os objetos a se moverem.

Tema: Saber como os objetos mudam de parado para em movimento, e vice versa.

Objetivo: Despertar a curiosidade sobre como os objetos deixam uma posição de descanso, parado, para uma posição de movimento. Especialmente quando não há apoio.

Conteúdo físico: Propulsão, conservação de energia.

Recursos Instrucionais: O professor prepara alguns filmes sobre colisões e propulsão. Pelo menos um dos filmes deve mostrar um objeto mudando sua velocidade no espaço. Também tem uma atividade prática sobre propulsão usando bexigas.

Motivação: Despertar o interesse de como os objetos passam a se movimentar. Também tem uma pequena revisão pelo conteúdo dos filmes.

Momentos:

Momento 1: Apresentação de alguns filmes. Uns que ilustram colisões, e de certa forma a conservação de momento. Outros que ilustram propulsão, especialmente de foguetes, sendo importante ter um que mostra um objeto (foguetes, satélite, etc) mudando de posição(velocidade) no espaço. Duração 20 minutos

Momento 2: Discussão e explanação sobre impulso e conservação de energia. Duração 25 minutos

Momento 3: Atividades com bexigas. Esta atividade visa mostrar uma das formas de propulsão. De certa forma o canhão sobre rodas antecipa isto, assim esta atividade visa reforçar esta forma de propulsão. Seria interessante ter um manômetro para medir a pressão colocada na bexiga, e compará-la com o tempo que a bexiga fica no ar.

Momento 4: Discussão sobre formas de propulsão. A experiência foi com propulsão elástica, tal qual o canhão sobre rodas. No foguete teremos uma propulsão também à pressão, mas por reação química.

Sugestões: A atividade inicia dando um apanhado geral da motivação de todo o minicurso ao abranger colisões e propulsão. Assim a explanação/ discussão deve ser uma pequena revisão e introduzir o conceito de conservação de energia.

Dinâmica: Esta atividade começa com os filmes e termina com a atividade prática das bexigas. A discussão sobre propulsão será importante para conectar o minicurso à atividade 4, que é a de maior impacto.

Textos de Apoio: No anexo reproduzimos um artigo sobre um processo revolucionário de propulsão proposto por uma estudante egípcia. Naturalmente há as propulsões por explosão como os motores a gasolina, e as a vapor, etc.

Atividade 4: A construção e Lançamento do Foguete de Água

Tema: Fazer uso da conservação de momento e propulsão para lançar o foguete.

Objetivo: O objetivo desta atividade é proporcionar uma ação lúdica no intuito de fixar os conceitos aprendidos no minicurso.

Conteúdo físico: propulsão, conservação de momento.

Recursos Instrucionais: Neste momento estaremos construindo e lançando o foguete. Assim deverá ser providenciado os materiais necessários para montá-lo e lançá-lo. Novamente os grupos devem ser de no máximo 5 alunos.

Motivação: Os alunos devem usar dos conhecimentos para montar o foguete, observando os cuidados para manter a atividade segura.

Momentos:

Momento 1: Deverá ser apresentada a forma de propulsão do foguete. Utilizaremos a água e pressão para o lançamento. Parte da discussão do final da atividade 3 deve ser retomada para que os alunos relacionem esta atividade com o resto do minicurso. Duração 20 minutos

Momento 2: Montagem do Foguete. Neste ponto os diversos componentes do foguete devem ser montados e acertados para o teste de lançamento. O professor deve aproveitar para questionar alguns conceitos sendo usados durante a construção do foguete. Duração de 45 minutos, em 2 aulas, 25 minutos na primeira e 20 na segunda aula.

Momento 3: Lançamento do foguete. Nesta etapa os diversos foguetes estarão sendo testados. O maior cuidado é com a montagem e quantia de componentes para evitar problemas. Também, como ressalta o texto da montagem do foguete, a rolha que fecha a garrafa precisa estar firme, mas não muito, para o foguete sair, e não explodir.

Sugestões: A maior preocupação é para a atividade proceder com segurança. Assim a montagem deve ser feita com cuidado, propiciando oportunidade de questionamento. Os lançamentos devem ser controlados, talvez apenas um ponto sob supervisão do professor.

Dinâmica: Esta atividade é muito excitante, assim o importante é mantê-la sob controle. Também usar das oportunidades para questionar sobre os conceitos do minicurso.

Textos de apoio: Apenas orientações de como construir um possível foguete.

Anexo

Os integrantes do grupo que aplicarem esse módulo podem consultar o livro *Princípios de Física 1*, de Serway e Jewett Jr, capítulo 8.

Nesse capítulo é descrito a parte teórica sobre Momento e Colisões e pode servir como auxílio teórico a professores e alunos.

Apresentamos abaixo algumas questões que podem servir de base para questionários durante as atividades do módulo.

Atividade 1.

Questões

O que são colisões?

Que tipo de colisões existem?

Você acha que seria possível montar um modelo matemático?

Neste modelo o que acha que deveria assumir?

Atividade 2.

Questões

É possível após a colisão de dois corpos um ficar parado e o outro seguir? O que seria necessário para isto ocorrer?

No espaço não tem matéria, nem onde se apoiar, como um foguete pode mover-se no espaço?

Temos duas bolas de igual tamanho, uma com 2 Kg e outra 3Kg de massa. A velocidade da de menor massa é de 10 m/s e da outra 20 m/s movendo-se uma em direção à outra. Solicita-se qual a direção e velocidade de cada bola após a colisão?

Uma bola de bilhar de massa 200g colide simultaneamente com outras 2 bolas paradas de mesmo peso. Qual a velocidade e direção das 3 bolas após a colisão?

Atividade 4.

Nessa parte do anexo elucidaremos a construção do foguete e da base de lançamento. O material necessário para construção do foguete será descrito abaixo, assim como a base de lançamento.

Construção do Foguete

Para a construção do foguete utilizaremos:

- 2 garrafas descartáveis de refrigerante (PET) de dois litros. Utilize somente PET, pois este material pode suportar altíssimas pressões internas;
- placa pluma ou isopor de alta densidade (facilmente encontrada em supermercados na forma de bandejas para embalagem de alimentos);
- fita adesiva transparente;
- 1 rolha de cortiça grande;
- 1 válvula de pneu de bicicleta
- 1 tubo de caneta vazio;
- 1 mangueira com até 6 mm de diâmetro
- 1 bomba de encher pneu de bicicleta

As duas garrafas PET são os principais componentes do foguete já que serão utilizadas para a construção da fuselagem, que é composta pela câmara de combustão (no nosso caso chamaremos de câmara de compressão) e pelo nariz, região frontal do foguete.

Para a câmara de compressão utilizaremos uma garrafa PET inteira sem alterações. Esta é a parte do foguete em que estará contido o seu combustível (a água). Para o nariz, utilizaremos apenas a parte de cima da garrafa, cônica, como mostra a Fig. 1a.

Essa peça tem a função de minimizar o atrito do ar durante o voo do foguete e fornecer um formato mais aerodinâmico. Em seguida, fixe a parte cônica no fundo da outra garrafa inteira com a fita adesiva, conforme mostra a Fig. 1b. É importante que se tenha um bom alinhamento entre estas partes (Fig. 1c), para que não haja maiores complicações durante o voo.

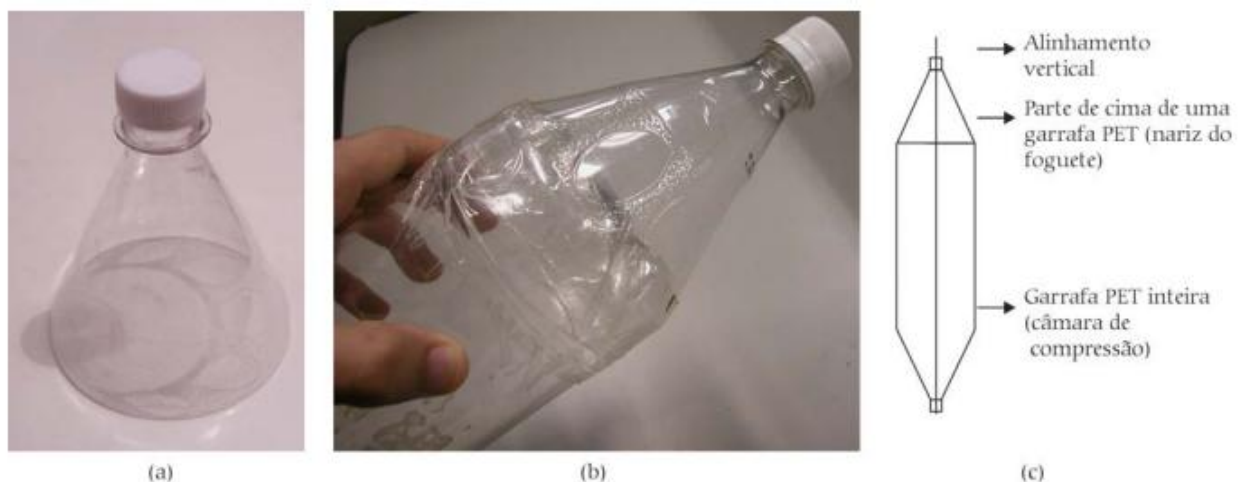


Figura 1. (a) Nariz do foguete obtido cortando-se a parte de cima de uma garrafa PET; (b) nariz fixado ao fundo da outra garrafa e (c) máximo alinhamento possível entre as partes.

O próximo passo é a construção das aletas do foguete. As aletas são fundamentais para a estabilidade durante o voo. Pegue as bandejas de isopor de alta densidade e recorte-as no formato de trapézios, de modo que eles se encaixem na parte cônica da garrafa inteira (Fig. 2).

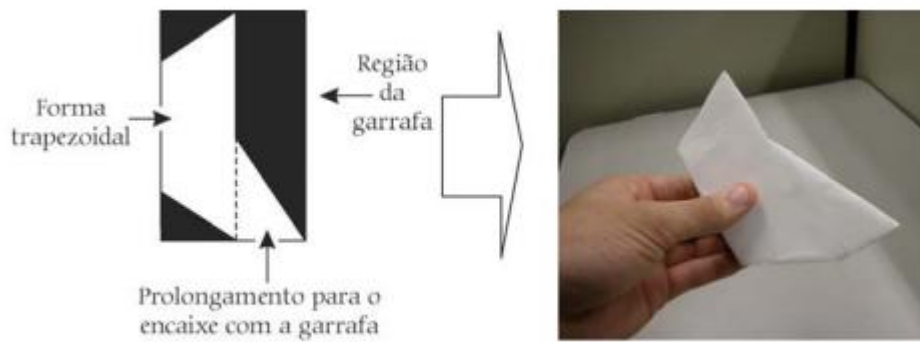


Figura 2. Formato das aletas do foguete.

Utilizando a fita adesiva, fixe as quatro aletas na parte cônica da garrafa inteira, na região inferior do foguete, de modo que fiquem bem alinhadas duas a duas, conforme a figura 3a.

Se os passos descritos até o momento forem bem sucedidos, o foguete estará pronto, como mostra a Fig. 3b.

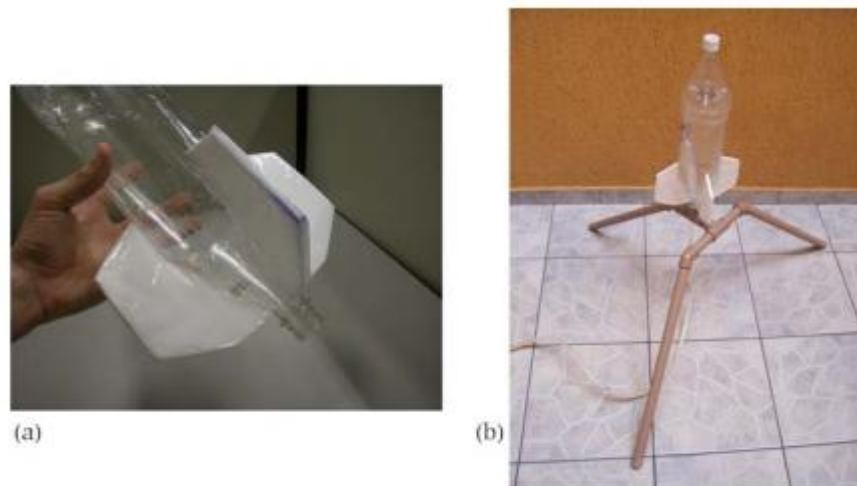


Figura 3. (a) As aletas devem ser fixadas simetricamente duas a duas. (b) Foguete pronto sobre a base de lançamento.

Sistema de propulsão

O sistema de propulsão consta da base de lançamento e o aparato de pressurização que será conectado à câmara de compressão do foguete.

Pegue a rolha de cortiça e faça um furo com diâmetro um pouco menor que o diâmetro externo da mangueira, para que a mesma passe pelo furo e fique bem justa (Fig. 4). Deixe a mangueira com uma ponta sobrando e encaixe o tubo de caneta nesta ponta (Fig. 4).

Apesar de não ser essencial, esse tubo tem a função de evitar alguns incômodos, como não deixar entrar água na bomba ou evitar que a mangueira escape da rolha, pois seu encaixe provoca um estrangulamento na ponta da mangueira.

Esse conjunto será encaixado no bocal da garrafa e é importante que fique firme, pois será a parte do sistema de propulsão que suportará o aumento da pressão interna do foguete. Se não for possível conseguir uma rolha grande que satisfaça essa condição, pode-se optar por uma rolha menor e revesti-la com uma capa de pé de cadeira, como fizemos neste trabalho (Fig. 4).

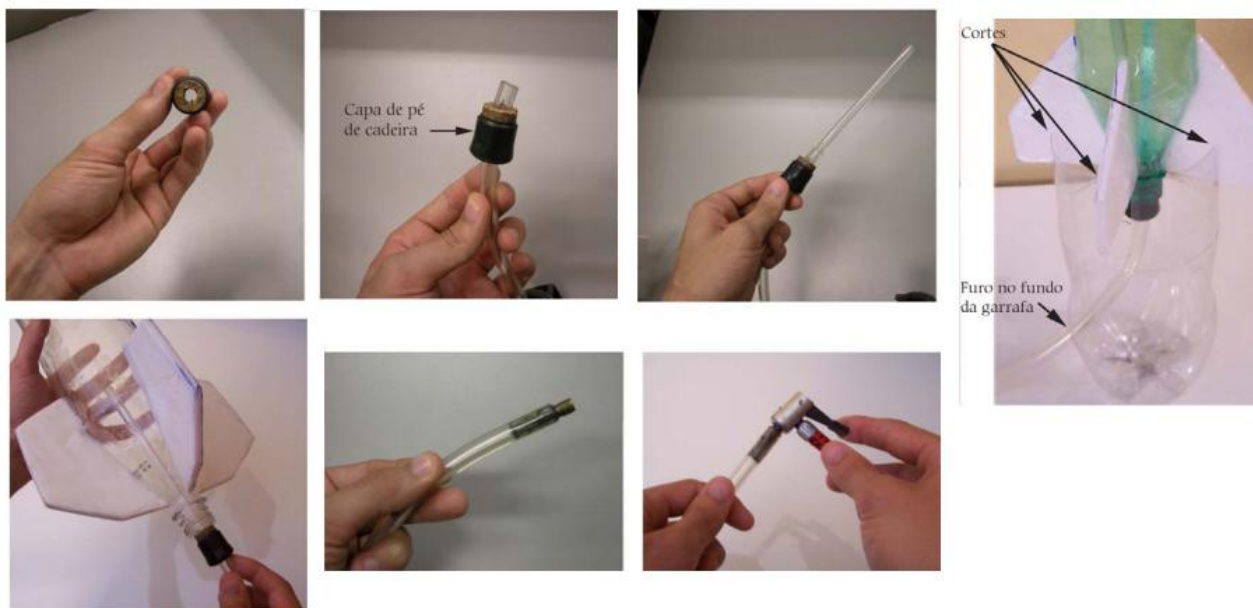


Figura 4. Sistema de propulsão do foguete. (a) Encaixe da mangueira na rolha. (b) Encaixe do tubo de caneta na ponta saliente da mangueira; esse sistema será colocado no bocal da garrafa inteira. (c) Encaixe da válvula de pneu de bicicleta na outra extremidade da mangueira, para uma boa fixação da bomba.

Agora encaixe a válvula de pneu de bicicleta na outra extremidade da mangueira, de maneira que a mesma fique bem encaixada na bomba de encher pneus. Se a bomba não contiver o encaixe mostrado na Fig. 4, será preciso retirar o pino da válvula de pneu, pois este impossibilitará o bombeamento de ar para câmara. Nesse caso o tubo de caneta é indispensável.

Pegue a parte inferior de uma garrafa e faça cortes em suas laterais na direção das aletas do foguete, para que o mesmo fique apoiado na vertical. Em seguida faça um furo na lateral inferior da garrafa para inserção da mangueira conectada à rolha e a base estará concluída.

Uma outra opção é fazer uma base mais sofisticada com tubos e conexões de PVC na forma de tripé (Fig. 4). Foram utilizados três cotovelos de 45° e duas junções em T, sendo que a da parte central, onde o foguete se apoia, foi perfurada para a passagem da mangueira com a rolha. Os canos são de 3/4"; essa medida proporciona o encaixe perfeito do bocal da garrafa na junção em T. É interessante não colar as junções assinaladas na figura para que se tenha liberdade de ajuste da base em locais irregulares, fazendo com que o foguete fique na vertical e também permitindo diferentes inclinações para lançamentos oblíquos. Na verdade, todas as partes dessa base podem ser somente encaixadas, mas para garantir firmeza é bom colar as outras conexões. Utilize cola adesiva própria para PVC.

Lançamento

O voo de um foguete real se dá pela queima de combustível. A explosão faz com que haja ejeção dos gases provenientes da combustão em sentido contrário ao do movimento do foguete, impulsionando-o para frente. Na nossa montagem, a água substitui os gases quentes e sua ejeção se dá pela compressão do ar em vez de explosão. Para o lançamento do foguete siga os seguintes passos:

1° - Pegue o foguete e preencha-o com um pouco de água. Procure otimizar a quantidade para maior ascensão do foguete, pois acrescentando-se muita água ele ficará pesado, dificultando sua subida; com pouca água não haverá propulsão suficiente para subidas longas.

2° - Em seguida encaixe a rolha com o tubo de caneta no bocal da garrafa, vedando-a para que a água não derrame. A rolha deve ficar bem apertada, pois esse será um dos fatores mais

importantes para maior ascensão do foguete.

3° - Feito isso é só bombear o ar para dentro da câmara de compressão até que o foguete seja lançado. Um esquema final da montagem está ilustrado na Fig. 9a. Mas qual a física envolvida no lançamento?

O que temos é uma aplicação direta da conhecida lei da ação e reação ou terceira lei de Newton. Ao bombearmos o ar para dentro da câmara de compressão, o mesmo vai se comprimindo e exercendo uma força (pressão) cada vez maior sobre a superfície da água ali contida. No momento em que essa força se torna maior que a força de atrito que mantém a rolha presa à garrafa, a rolha e a água saem com uma velocidade muito grande, ação, fornecendo ao foguete um impulso vertical em sentido contrário e possibilitando o seu vôo, reação, ou seja, a água dá um “empurrão” no foguete (Fig. 9b). Em física dizemos que há uma transferência de momento linear da água para o foguete.

Você poderia perguntar: por que não lançar somente uma garrafa PET para reproduzir o vôo de um foguete?

A resposta é simples; uma garrafa sem as aletas e o nariz seria lançada como um projétil seguindo uma trajetória parabólica e girando em torno de seu CM. Pode-se mostrar este fato para enfatizar a importância dos aparatos acrescentados para que se tenha estabilidade e reprodução do vôo de um foguete real.

A seguir, exploraremos um pouco mais a física para obtermos uma aproximação da aceleração que o foguete pode atingir durante a ejeção de água e sua velocidade ao final desse processo pelo cálculo da velocidade de escape da água.

Bibliografia

Souza, J. A., Um foguete de garrafa PET, Física na Escola, v.8, n.2, 2007.