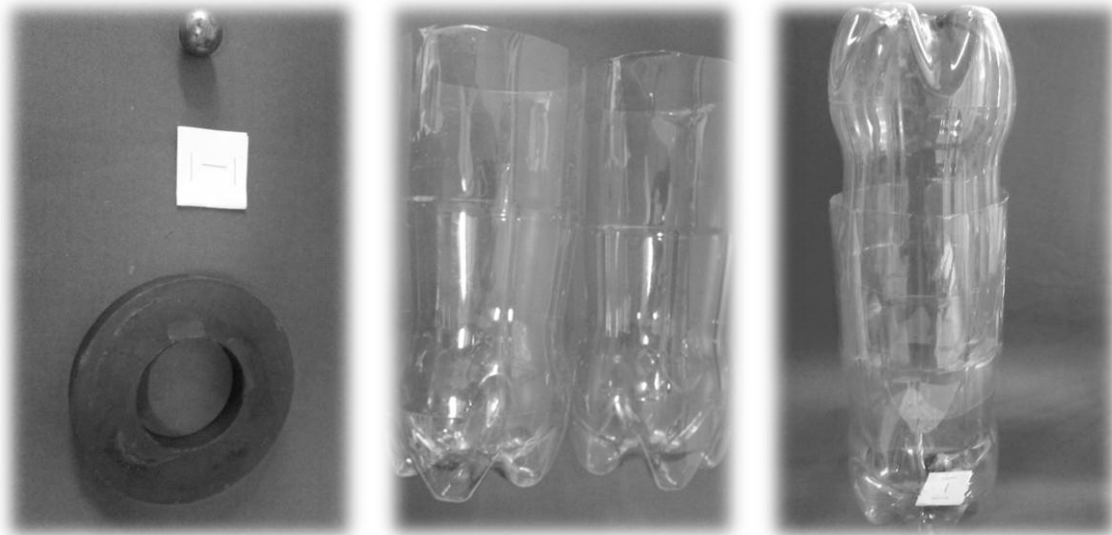


ROTEIRO DA EXPERIÊNCIA – QUEDA LIVRE – GALILEU GALILEI



Objetivos

- Discutir os elementos que influenciam o movimento de queda livre, principalmente refletindo sobre as ideias de Aristóteles e de Galileu;
- demonstrar experimentalmente que dois corpos de diferentes massas, caem com a mesma aceleração conforme proposto por Galileu.

Conceitos envolvidos

- Velocidade e posição relativas;
- Aceleração;
- Pressão;
- Cinemática.

INTRODUÇÃO

O homem, por sua curiosidade nata, desde os tempos antigos, procurava explicar os fenômenos que observava. Aristóteles, filósofo grego que viveu 300 anos antes de Cristo influenciou o mundo com suas ideias por quase 2000 anos. Ele valorizava o uso da razão para tentar compreender as leis da natureza.

Um exemplo disto, é que segundo Aristóteles, corpos mais pesados caíam mais rapidamente que corpos comparadamente mais leves. De fato, uma observação superficial pode nos levar a este tipo de conclusão. Ao deixarmos cair simultaneamente uma folha de papel e um livro grosso - exemplo típico dado em sala de aula - podemos observar que o

livro de fato atinge o solo antes da folha. Mas o que isto de fato representa? Aristóteles estaria certo em suas conclusões?

Galileu Galilei no século XVII por meio de experiências - não se sabe se verdadeiramente realizadas ou somente pensadas ou idealizadas – chegou à conclusão de que as concepções aristotélicas a respeito do movimento (em particular aqui o de queda livre) não estavam corretas. Ele afirmou que os objetos caíam com a mesma aceleração independente do peso que possuíssem. Em realidade, o que Galileu fez foi abstrair de suas análises o fato da resistência do ar influenciar o movimento de queda livre. Ele predisse que se não existisse ar, uma pena e um martelo cairiam juntos ao solo.

Mais tarde, outros cientistas como Newton confirmaram as ideias de Galileu. Séculos mais tarde uma missão da NASA à lua, onde a atmosfera é rarefeita, fez a experiência proposta por Galileu, onde se constatou a verdade dita pelo cientista italiano.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 Visão Aristotélica

Dentre os pensadores da antiguidade, é na obra de Aristóteles (384-322 a.C) que se irá encontrar uma teoria mais elaborada a respeito do movimento. Aristóteles estudou e tratou de diversos assuntos que atualmente fazem parte da Física, Astronomia, Biologia, Medicina, Filosofia, etc.. Deste modo, para entendermos como Aristóteles tratava o estudo do movimento, devemos primeiramente conhecer como ele organizou sua perspectiva sobre a estrutura do universo.

Para Aristóteles, o universo era finito e limitado por uma esfera onde estavam dispostas as estrelas fixas, assim conhecidas por não apresentarem movimento observável umas em relação às outras. Os demais corpos celestes conhecidos na época – Lua, Sol, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno – que se movem relativamente a este fundo de estrelas, eram imaginados presos a esferas que tinham como centro comum o centro do Universo, a Terra, que permanecia em repouso.

Os movimentos observados na esfera celeste eram distintos dos presenciados na Terra. Supunha-se existir então, uma distinção perfeitamente estabelecida entre os objetos celestes e os terrestres. Uma característica fundamental do cosmo aristotélico é a distinção qualitativa entre a região sublunar, onde estaria a Terra, e a região celestial. Todas as coisas existentes na região sublunar eram supostamente formadas pela combinação de quatro elementos: Terra, Água, Ar e Fogo. Estes elementos não eram idênticos aos elementos naturais e vulgares de mesmo nome.

Cada elemento tinha por natural e imutável, uma posição no espaço. Em uma ordem preestabelecida, o elemento Terra estaria mais abaixo; acima estaria o elemento Água, seguido pelo Ar e por fim o elemento Fogo (Figura 1). Através deste pensamento, caso o Fogo fosse deslocado para baixo de sua posição natural, tenderia a subir através dos outros

elementos. Sendo assim, o movimento de cada corpo real dependeria da sua respectiva composição. Uma pedra constituída principalmente pelo elemento Terra, cairia quando solta, passando pelo Fogo, Ar e da Água, até ficar em repouso na Terra, seu lugar natural. Esse tipo de movimento era chamado de natural.

Seguia dizendo que cada corpo após cair de uma dada altura, logo atingiria uma velocidade final previamente determinada pela natureza, estando esta relacionada com sua composição e peso. Esta velocidade não se alteraria, a não ser que houvesse uma interferência externa. Estes movimentos provocados por uma “força” capazes de alterar os movimentos naturais seriam os chamados movimentos violentos.

Deste modo, uma pedra ao ser jogada para o alto, em sua trajetória de subida estaria executando um movimento violento (contrário a sua natureza) e em sua trajetória de descida estaria executando um movimento natural (procurando seu lugar no espaço).

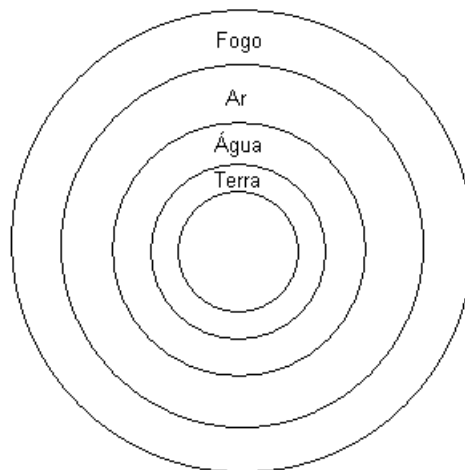


Figura 1.

Em resumo, seguindo o pensamento aristotélico, quando um objeto era solto, ele caía em direção ao centro do universo e atingia rapidamente uma velocidade final, que lhe era natural e previamente estabelecida de acordo com sua constituição. Como fica evidente que uma pedra cai mais rápido que uma pena, Aristóteles pensou que o peso fosse um fator determinante. Do mesmo modo, uma pedra lançada no ar cai mais depressa que quando lançado na água. Logo, a resistência do meio também influenciaria.

Outros pensadores durante os tempos discordaram das ideias aristotélicas sobre o movimento, porém foi preciso esperar pela chegada de Galileu para que houvesse avanços significativos no assunto. Na concepção aristotélica, os movimentos deveriam ser analisados e classificados qualitativamente, não sendo a matemática uma ferramenta necessária para a descrição do movimento.

2.2 Galileu e o movimento de queda livre

Os primeiros estudos de Galileu sobre mecânica integravam-se na tradição das teorias física medievais, embora o próprio Galileu tivesse consciência das limitações destas teorias.

Durante a sua maturidade, o seu principal interesse centrou-se na astronomia. Todavia, quando o Santo Ofício condenou o seu importante livro sobre astronomia – Diálogo sobre os Dois Grandes Sistemas Universais (1632) – e o proibiu disseminar estes conhecimentos, Galileu, já em clausura domiciliar, decidiu concentrar-se novamente na mecânica.

Seu trabalho no estudo da mecânica o levou a publicar o livro Discursos e Demonstrações Matemáticas Relativas a Duas Novas Ciências Pertencentes à Mecânica e ao Movimento Local (1638), vulgarmente referido como As Duas Novas Ciências. Esse trabalho decretou não somente o fim da Teoria Medieval da Mecânica, mas também de toda a cosmologia aristotélica que a suportava.

Através de seu livro As Duas Novas Ciências, Galileu utiliza o diálogo entre três personagens: Salviatti (apresentador das novas ideias de Galileu), Simplício (competente defensor das ideias aristotélicas) e Sagredo (personagem intelectualmente não comprometido e ansioso por aprender), para tentar convencer os leitores, utilizando-se de experiências mentais, de que as concepções aristotélicas eram contraditórias, e que em uma análise mais profunda não se mantinham.

Pelo texto abaixo, extraído do livro As Duas Novas Ciências, podemos ver a exposição de fortes argumentos, contrariando a teoria do movimento de Aristóteles:

Salviatti: Mas mesmo sem qualquer experiência, é possível provar claramente, por meio de um argumento curto e concludente, que um corpo mais pesado que o outro não se move mais rapidamente que este, desde que ambos sejam do mesmo material e, em resumo, tal como os mencionados por Aristóteles. Mas diz-me Simplício, se admities que cada corpo em queda adquire um valor definitivo de velocidade, definido pela natureza, uma velocidade que não pode ser aumentada ou diminuída exceto pelo uso de uma violência ou de uma resistência?

Simplício: Não poderá existir qualquer dúvida de que um corpo movendo-se em um meio simples, tem uma velocidade fixa determinada pela natureza, que não pode ser aumentada senão pela adição de ímpeto ou diminuída senão por alguma resistência que o trave.

Salviatti: Se tomarmos dois corpos com velocidades diferentes é evidente que ao uni-los, o mais rápido seja parcialmente retardado pelo mais lento e que o mais lento será de alguma maneira apressado pelo outro. Não concordas comigo?

Simplício: Sem dúvida.

Salviatti: Mas se isto for verdade e se uma pedra bem grande se move com uma velocidade de, digamos, oito, enquanto uma outra mais pequena se move com uma velocidade de quatro, então quando as duas estiverem unidas o sistema mover-se-á a uma velocidade menor que oito; mas as duas pedras juntas formam uma pedra maior que a que se movia antes com a velocidade de oito. Consequentemente, o corpo mais pesado se move mais devagar que o mais leve, um efeito que é contrário aquilo que supões. Vês assim como, a partir da tua suposição de que o corpo mais pesado se move mais rapidamente que o mais leve, posso concluir que o corpo mais pesado se move mais lentamente.

Simplicio: Não sei que dizer... Isso está, na verdade, para lá da minha compreensão.

Na realidade, devido aos efeitos de resistência do ar, sabemos que dois corpos diferentes, largados a uma mesma altura, não tocam o chão no mesmo momento. Entretanto, Galileu fez algo diferente: observou o movimento de queda livre sobre outro prisma. Ao invés de verificar que os tempos eram ligeiramente diferentes, ele observou que os tempos eram aproximadamente iguais, o que o levou a avaliar esta diferença como um problema secundário. O próprio Galileu atribuiu corretamente, os resultados observados as diferenças no efeito da resistência do ar ao movimento dos corpos com diferentes dimensões e pesos.

Alguns anos após a morte de Galileu, a invenção da bomba a vácuo permitiu que outros mostrassem que Galileu tinha razão.

O que fez Galileu contundir tão fortemente a visão aristotélica foi o fato de ele saber atacar os pontos fracos que a sustentavam, e valer-se da matemática como uma ferramenta de construção e previsão dos movimentos.

Mesmo não estando realmente provado que Galileu realizou experiências com o plano inclinado, as ideias obtidas através deste experimento (idealizado ou não) foram capazes de demonstrar que corpos caem com a mesma aceleração. Galileu tratou o movimento de queda livre como um caso especial onde o plano inclinado estaria a 90°.

3 PARTE EXPERIMENTAL

A presente experiência foi extraída do artigo: “Corpos no interior de um recipiente fechado e transparente em queda livre”, de autoria de José Joaquim Lunazzi e Leandro Aparecido Nogueira de Paula, da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp.

Então agora, vamos à lógica do nosso experimento. Ao deixarmos cair um pedaço de papel e uma pedra, percebemos que ambos caem em tempos diferentes. Logo, poderíamos inferir que o fator responsável seria o peso destes objetos. Contudo, se amassarmos o papel e repetirmos a experiência, veremos agora que ambos caem praticamente juntos. Como ao amassar o papel não fornecemos mais massa para ele, logo poderíamos pensar que a forma é o fator determinante. Porém, o que aconteceria se eliminássemos o ar, ou se, de alguma forma pudéssemos reduzir ao máximo sua interferência no movimento de queda destes objetos?

Neste experimento vamos tentar mostrar aos alunos que todos os corpos, próximos a superfície terrestre, caem com a mesma aceleração, independente da forma, da massa ou de suas composições. E que este fato só não pode ser observado diretamente devido à interferência da resistência do ar no movimento.

3.1 A experiência

3.1.1 Materiais Utilizados

- Pedaco de papel (recorte quadrado ou retangular);
- grampeador;
- garrafa pet incolor;
- pequena esfera de aço;
- imã (tem que ser um capaz de suportar a esfera).

3.1.2 Como Montar

- Grampeie em dois locais o papel;
- enrole cuidadosamente e coloque dentro da garrafa;
- coloque a esfera dentro da garrafa;
- feche a tampa da garrafa.

3.1.3 Como fazer

1° passo: Pegue a garrafa com o papel e a esfera e aproxime o imã fazendo com que os objetos fiquem presos no fundo da garrafa;

2° passo: vire a garrafa de cabeça para baixo, ou seja, deixe o imã do lado de cima. Você deve notar que o papel e a esfera de aço estão grudados na parede da garrafa;

3° passo: em seguida, afaste rapidamente o imã da garrafa, você pode fazer esta parte várias vezes até se convencer que a esfera cai antes que o papel;

4° passo: após o feito acima, repetir o 1° e 2° passos e então largar o conjunto ficando apenas com o imã na mão.

Você observará que o papel e a esfera caem juntos, mantendo um em relação ao outro, a mesma posição durante a queda, o que revela que ambos estão sob a mesma aceleração.

Mas porque isso ocorre? A garrafa vai quebrando a resistência do ar abaixo dela, e o ar de dentro da garrafa se mantém praticamente em repouso em relação à garrafa, pois de outra forma, como o ar é mais leve que a garrafa, esta cairia mais rápido fazendo aumentar a concentração de ar na parte de cima. Isto causaria uma corrente de ar ascendente que faria o papel novamente cair após a esfera. Como isso não ocorre (ou visivelmente não é percebido), tem-se que garrafa e ar possuem a mesma velocidade relativa durante a queda. Logo, o ar dentro da garrafa não influenciará o movimento de queda dos corpos dentro dela. Posto isso, o que se observa na experiência é a confirmação de que papel e esfera caem juntos.

REFERÊNCIAS

Queda Livre – Experiência de Galileu. Disponível em: <<http://cienciatube.blogspot.com.br/2008/10/queda-livre-experincia-de-galileu.html>>. Acesso em 02 out 2012.

A queda livre – Galileu descreve o movimento. Harvard Physics Project. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=hpp&cod= _aquedalivregalileudescre>. Acesso em 30 set 2012.

LUNAZZI, José Joaquim;PAULA, Leandro Aparecido Nogueira de. **Corpos no interior de um recipiente fechado e transparente em queda livre.** Instituto de Física, UNICAMP. Disponível em: <<http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0809/0809.1471.pdf>>. Acesso em 01 out 2012.

ZYLBERSZTAJN, Arden. **A evolução das concepções sobre força e movimento.** Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/~arden/evolucaohist.pdf>>. Acesso em 02 out 2012.