



Universidade Estadual de Campinas

F 609 – Tópicos do Ensino de Física I
Professor coordenador: José Joaquim Lunazzi - IFGW

Relatório Parcial:

Construção de um tubo de vácuo para estudo de queda livre.



Aluna: Regina Célia Batista Moretti – RA 019297

Professor Orientador: Dirceu Silva – FE

1. Projeto

1.1. Objetivo

O objetivo desse trabalho é:

- A construção de um tubo de vácuo para estudo de queda livre de corpos;
- A aplicação desse experimento como objeto de avaliação das concepções dos alunos de ensino médio sobre queda livre.

1.2. Planejamento

1.2.1. Construção do tubo de vácuo

Para construção do tubo de vácuo será preciso procurar materiais como:

- Tubo de vidro, policarbonato, acrílico ou de material transparente adequado para vácuo. Com cerca de 10 cm de diâmetro e um metro de altura;
- Tampões para vedar o tubo nas extremidades, de material também adequado. Um dos lados do tubo deve ter conectado no tampão um sistema para saída do ar (vácuo);
- Sistemas para vácuo alternativo.

1.2.2. Aplicação do experimento

O experimento será aplicado em escolas de ensino médio ou outros ambientes de educação não formal. Serão apresentados outros experimentos para observação da queda livre como:

- Folha de papel aberta e outra amassada;
- Duas esferas de tamanho diferente caindo de uma mesma altura;
- Queda de uma garrafa pet contendo uma pedra e uma pena.

Etapas principais:

1. apresentação do experimento, se possível com a participação dos alunos na construção de alguns deles, como um pré-teste para verificação do que os alunos já conhecem sobre o tema, qual são as concepções dos alunos, provocando a refletirem sobre as idéias de Aristóteles e de Galileu;
2. um debate entre os alunos sobre os questionamentos feitos e apresentação de justificativas para os fenômenos observados;
3. uma aula expositiva considerando os conhecimentos apresentados pelos alunos no teste inicial, essa aula seria elaborada a partir dos experimentos;
4. apresentação de experimentos como pós-teste que seria aplicado para avaliação, no final do trabalho.

A aplicação esta sendo negociada com professores de física e coordenadores pedagógicos de escolas públicas. As atividades serão desenvolvidas de acordo com as possibilidades da programação da escola.

1.3. Originalidade

Os experimentos de queda livre são bastante simples e encontrados em diversas paginas da Internet e na pagina da disciplina F 609, porém o tubo de vácuo não foi construído por alunos da disciplina. Existe uma foto de um construído para feira de ciências (http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/05_26.asp), mas, não há o procedimento para construção, apenas instruções de apresentação do experimento. Existem propagandas desses tubos para vácuo, para serem comprados pela Internet.

2. Relatório Parcial

2.1. Construção do tubo de vácuo

Pela disponibilidade de um tubo de acrílico, com 60 cm de comprimento, 9 cm de diâmetro e 5 mm de espessura, foi feita uma primeira tentativa de construção do tubo de vácuo com esse material.

Pesquisando sobre as propriedades do acrílico nada foi encontrado que impedisse a sua utilização para esse fim, porém, em pesquisas sobre materiais utilizados para recipientes de vácuo, foi encontrado somente de vidro.

Em uma consulta ao técnico do Laboratório de Vácuo e Criogenia (Sales), foi mencionada a possibilidade do uso de tubo de policarbonato. Como não houve oportunidade de uma nova consulta ao pessoal técnico do laboratório de vácuo, sobre uso de tubo de acrílico e estando de acordo o professor coordenador da disciplina, foi concluída a construção do tubo com esse material. O sistema é representado na figura 1.

Para vedação do tubo foram utilizados duas tampas de PVC de 4 polegadas e dois anéis de borracha foram colocados antes das tampas para melhor vedação.

Em uma das tampas foi feito um furo para colocação da torneira. Para furar a tampa, utilizou-se uma furadeira com broca de 3/8 de polegadas, com a qual foram feitos vários pequenos furos e depois com uma faca feito um recorte para um furo de tamanho adequado.

A primeira torneira utilizada foi uma de plástico, depois essa torneira foi substituída por uma de metal, própria para gases. Antes de vedar foram colocadas dentro do tubo uma pena e uma rolha de borracha. As juntas foram vedadas com cola de silicone.

Como primeira tentativa para vácuo, utilizou-se uma bomba de vácuo de laboratório, tipo centrífuga (de palhetas), mas, a pressão final de vácuo não foi suficiente para observação de queda livre sem resistência do ar. Após essa tentativa o tubo foi levado para Laboratório de Vácuo e Criogenia do IFGW para testes.

Pela avaliação dos técnicos responsáveis do Laboratório de Vácuo (Sales e Renato) não foi possível vácuo no tubo construído, mesmo não havendo vazamentos e com a possibilidade de se atingir a pressão de vácuo necessária, a previsão para estabilidade das condições de pressão foi de um período de tempo de poucas horas ou até mesmo questão de minutos e não seria possível a utilização do tubo no local de apresentação do experimento, sala de aula, por exemplo. As justificativas foram:

- Material do tubo, acrílico, e das tampas, PVC, sofrerem constante degasagem (alta pressão de vapor), sendo mais crítico esse fenômeno no PVC;
- O tubo de acrílico tinha muitas ranhuras e impurezas, que dificultam a retirada de gases e podem danificar os equipamentos;
- A forma do tubo, não arredondada nas terminações (tampas), também dificulta a retirada de gases;
- Bomba de vácuo utilizada nos primeiros testes não ser eficiente para atingir pressão de vácuo final necessário (mínima de 10^{-2} torr) para observação de queda livre sem resistência do ar.

Após essa avaliação, decidiu-se pela construção de um novo tubo para vácuo, de vidro, fechado em uma das extremidades, sob temperatura, com uma torneira, também de vidro, soldada na outra extremidade e formas terminais arredondadas. Serviço solicitado para oficina de vidraria. O sistema é representado na figura 2.

A previsão para término do serviço é para 9/10/2008, quando o tubo irá para testes no Laboratório de Vácuo e Criogenia. Após os testes, será então agendada a apresentação do experimento de queda livre em sala de aula.

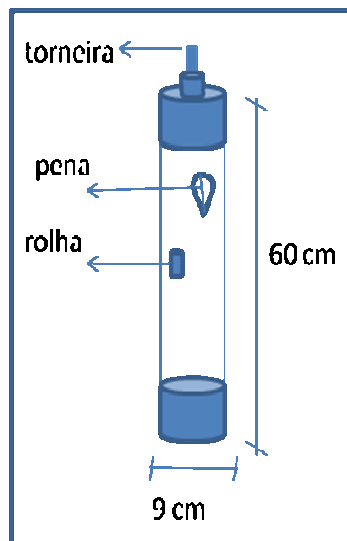


Figura 1. Tubo de vácuo de acrílico.

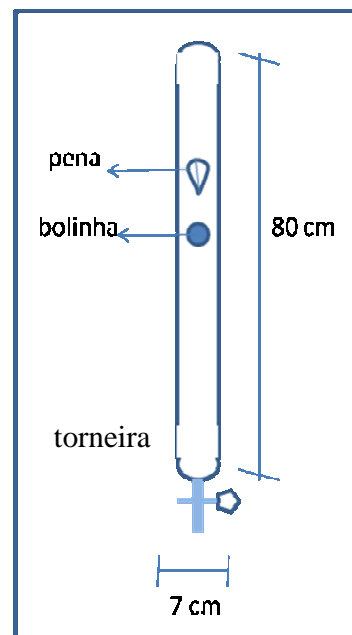


Figura 2. Tubo de vácuo de vidro.

2.2. Aplicação do Experimento

2.2.1. Campo de ação

O projeto está sendo desenvolvido na E.E.P.S.G. Prof.^a Maria de Lourdes de Campos Freire Marques, à Avenida André Toselo, 65, Jardim Santa Terezinha, Campinas. As primeiras aulas foram nas turmas de 1º, 2º e 3º anos do Ensino Médio (noturno). A

disciplina de física dessas turmas constitui-se de duas aulas de 45 minutos cada, sob responsabilidade da Professora Tatiana Cristina Orpinelli (professora tutora). A turma de 1º ano é composta por cerca de trinta e nove alunos, a de 2º ano de trinta alunos e a de 3º ano, quarenta e três alunos, todas as turmas com faixa etária dos 14-16 anos.

2. 2. 2. Desenvolvimento do tema queda livre.

Após autorização da diretora da escola, Professora Maria Helena, foi apresentado o projeto à professora de Física, Tatiana, e negociado como seriam desenvolvidas as atividades em sala de aula. A professora concordou com a realização do trabalho durante suas aulas e achou interessante os alunos terem aulas com experimentos, já que as aulas na escola são somente teóricas. No dia 29/09/08 o tema foi desenvolvido com as turmas dos 2º e 3º anos, utilizando uma aula para cada turma. No dia 30/09/08 foi com a turma do 1º ano.

Após as apresentações aos alunos pela professora, perguntei se já tinham ouvido falar sobre queda livre. Alguns alunos, do 2º e 3º anos, tinham assistido a uma palestra sobre o assunto, no parque Hopi Hari, os alunos, de 3º ano já tinham tido aula sobre o tema. Foi feita então a seguinte pergunta:

- Vou deixar cair uma pena e uma rolha de borracha no chão. Qual vai chegar ao chão primeiro? Por que?

A maioria dos alunos afirmou que a rolha chegaria primeira, no primeiro ano 33 de 39 alunos, no segundo ano 26 de 30 alunos e no terceiro 34 de 43 alunos, tiveram essa opinião. A maioria justificou que seria porque a rolha é “*mais pesada*” que a pena, outros (em menor número) disseram que a rolha tinha “*maior densidade*”, no segundo ano alguns mencionaram ainda “*mais massa*” e no terceiro ano “*mais volume*”.

A rolha e a pena eram soltas e eles viam que a rolha tinha maior velocidade de queda, como a maioria pensava.

A segunda experiência apresentada foi a do livro e da folha. Eram deixados cair separadamente e confirmava a primeira experiência da rolha e da pena, mas, quando a folha era colocada sobre o livro os dois caíam juntos. Foi o experimento que mais intrigou os alunos. Foram questionados sobre o que acontecia. Primeiro achavam que estava sendo feito algum truque, depois de repetir várias vezes, começaram a justificar afirmando com frases do tipo:

“- Não tem gravidade entre a folha e o livro!”.

“- A folha vai no vácuo!”.

Durante a aula no segundo e terceiro anos, os alunos fizeram a experiência da folha aberta e da folha amassada, dizendo que estava provado que não era pelo peso. Tinham visto esta experiência na palestra do parque de diversões. Justificavam que era por causa da densidade ou do volume. Alguns mencionavam *“resistência do ar”*, mas mostravam idéias de que a resistência do ar acelerava a queda da folha amassada, por exemplo. Ou seja, apesar de terem ouvido falar sobre a resistência do ar, a maioria não entendeu o conceito de viscosidade do ar como uma força de oposição à queda dos corpos. Outros alunos que justificaram corretamente a resistência do ar como oposição a queda da folha aberta, mostraram não ter entendido o que isso significava, às vezes se contradizendo falando de densidade, volume ou peso para justificar outras experiências. Nenhum aluno mencionou *“área de superfície”*.

A terceira experiência foi deixar cair duas garrafas PET, iguais, contendo diferentes volumes de água. Quando indagados sobre qual chegaria primeiro ao chão, a maioria afirmou que seria a mais cheia. Mesmo depois de ver a queda das duas, que chegavam “juntas” ao chão, alguns alunos do 3º ano, acharam que a mais cheia caía um pouco antes e continuaram repetindo a experiência sem se convencerem do contrário!

A quarta e última experiência foi a da garrafa PET contendo a rolha e a pena. Antes da queda da garrafa foram questionados sobre o que aconteceria na queda. Muitos disseram:

“- A pena vai flutuar e a rolha vai continuar no fundo da garrafa!”.

Ficaram bem intrigados com esse experimento também. Algumas justificativas foram:

“- A gravidade está só fora da garrafa”.

“- O ar de dentro da garrafa não se move!”.

“- A velocidade da garrafa é que conta!”.

Após essas experiências, foi explicado aos alunos que Aristóteles, na Grécia antiga, assim como seus discípulos, afirmava que o mais pesado sempre cai primeiro na queda livre e que alguma coisa atrapalhava o fenômeno quando isso não era observado. Por não poder se medir o tempo de queda com precisão não tinha como comprovar, e

poderíamos às vezes pensar que dois corpos caem ao mesmo tempo. Já Galileu dizia que os corpos caem ao mesmo tempo, mas que a presença de ar impede que uma pena caia ao mesmo tempo em que a rolha, por exemplo, caso fosse possível fazer a experiência sem a presença de ar, poderia provar que estava certo. Ele e seus discípulos fizeram diversas experiências medindo o tempo de queda de corpos e afirmaram que os corpos caem sempre com mesma velocidade.

Após essa exposição sobre Aristóteles e Galileu, foi solicitado aos alunos que escrevessem em uma folha de papel, com qual dos dois eles concordavam, com Aristóteles que dizia que os corpos mais pesados caem com maior velocidade ou com Galileu que afirmavam que caem com mesma velocidade.

Todos os alunos escreveram na folha.

As respostas estão sendo avaliadas e utilizadas para preparação da próxima aula, quando será exposta a explicação para queda dos corpos dada pela comunidade da Física, hoje, e apresentado o experimento de queda livre utilizando o Tubo de Vácuo construído. Será proposta uma nova questão para os alunos escreverem em uma folha de papel e avaliado se houve mudanças em suas concepções sobre o assunto após essas aulas e o que mudou.

2.3. Desafios

Para construção do tubo de acrílico, houve dificuldade em encontrar informações técnicas sobre materiais utilizados para vácuo. O uso do tubo de acrílico era incerto, mas, somente confirmado como inadequado, pelo pessoal técnico do laboratório de vácuo, depois de já concluído. Havia a dúvida se, para o uso de experimento de queda livre, não seria possível sua utilização.

Várias questões surgiram, como:

Qual a pressão de vácuo necessária para o fenômeno ser observado? O tubo de acrílico seria eficiente para conservar as condições de pressão necessárias para o experimento? Quanto tempo essas condições ficariam preservadas?

Foi interessante essa etapa por ter possibilitado o aprendizado, mesmo que não tenha sido atingido o objetivo proposto.

Outro desafio será avaliar em poucas aulas (duas) as concepções dos alunos. Eles participaram bem das atividades, isso pode ajudar na conclusão do trabalho. A professora da escola também colaborou para a evolução do trabalho em sala de aula.

Até a presente data, as etapas estão sendo concluídas antecipadamente, com prazo para recomençar, caso necessário, como aconteceu com a construção do tubo.

*Para o relatório final serão anexadas **fotos** e alguns textos dos alunos.*

2.3. Aprovação do Orientador

Meu orientador, o Professor Dirceu Silva, concorda com o expressado neste relatório parcial.

2.4. Escolha da data para apresentação

A data para apresentação seria no Evento 2, dia 12 de novembro das 18 às 20 horas.

2.5. Referências

D'AMORIM; M. A. M.; SILVA, P.S.L.. *Seis estudos de Psicologia*. Tradução da obra de Jean Piaget (1964). Rio de Janeiro, 1971.

Hülsendeger; Margarete. *Uma Análise das concepções dos alunos sobre queda dos corpos*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 21, n.3: p. 377-391, dez 2004.

LUNAZZI, J.J.; PAULA, L. A . N.. *Corpos no Interior de um Recipiente Fechado e Transparente em Queda Livre*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 24, n. 3: p.319-325, dez.2007.

SILVA, D.. *O Ensino Construtivista da Velocidade Angular*. São Paulo, Edusp, 1990.

- [http:// www. quedalivrepqd.com.Br](http://www.quedalivrepqd.com.Br) (Junho 2, 2008 – Andréa Barreto M. da Poça).
- http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/05_26.asp - Queda Livre no Vácuo (A bolinha e a pena) Prof. Luiz Ferraz Netto
leobarretos@uol.com.br

- **Tubos de queda livre**

Instrumento de guinea e de pena

Para provar que o aceleração gravitacional e a duração da queda no vácuo é igual para todos os corpos, quando a



resistência e a presença(*) forç...

Referência: U8422090
R\$ 315,43 incl. ICMS
