



Microgravidade na Sala de Aula

Introdução

O que é microgravidade? Por que ir ao espaço para obtê-la? Por que a microgravidade oferece uma situação ótima para determinados estudos e investigações científicas?

Ainda que algumas questões como estas sejam de difícil compreensão para o público, respondê-las pode não ser tarefa tão árdua se houver maior proximidade do público com o tema.

Como tentativa de atacar o problema elaborou-se, no Clube de Ciências Quark em São José dos Campos, um projeto com alunos de nível médio (antigo segundo grau) de escolas da região para investigar o tema. Entre outras atividades realizadas abordando microgravidade^{1,2}, relatamos aqui experiências vivenciadas com a construção de um dispositivo simples e de baixo custo para reproduzir em sala de aula o ambiente de microgravidade experimentado pelos astronautas. Com ele reproduzimos em pequena escala e a custo acessível o ambiente de microgravidade obtido em “torres de queda livre” e nos vôos parabólicos de aeronaves especialmente adaptadas para esta finalidade.

Descrição do Projeto

A Figura 1 ilustra os equipamentos utilizados na criação do ambiente de microgravidade em sala de aula. Uma pequena câmera de vídeo alojada dentro de uma caixa metálica captura imagens de experiências em queda livre permitindo uma posterior análise do seu comportamento. A caixa é suspensa por meio de roldanas pre-

sas no teto e, ao ser liberada, as imagens da câmera são gravadas em um videocassete normal. A reprodução posterior da fita, no modo quadro-a-quadro ou em câmera lenta, possibilita a análise e a discussão do fenômeno a ser estudado durante a queda. Como para uma gravação em videocassete o intervalo entre sucessivos quadros é de 33 milissegundos, para uma altura de apenas 3 m (do teto ao solo), pôde-se obter aproximadamente 23 imagens instantâneas da experiência em microgravidade. Constatou-se que, para a maioria dos fenômenos, este número de imagens é mais do que suficiente para uma visualização das diferenças de comportamento entre uma experiência realizada sob a ação da gravidade normal e em microgravidade.

Os materiais envolvidos nas experiências são de fácil aquisição e de baixo custo. O item mais oneroso é a microcâmera que pode ser um modelo simples, preto e branco, do tipo

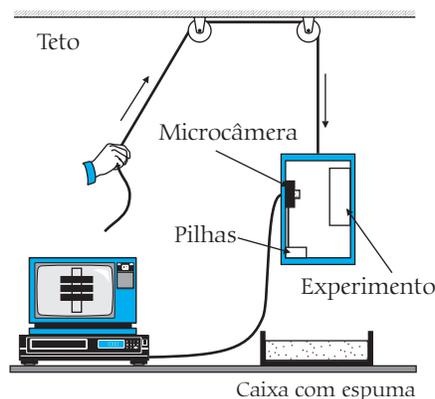


Figura 1. Esquema geral dos equipamentos utilizados.

.....
Marcelo M.F. Saba

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

C.P. 515 - 12201-970

S. José dos Campos, SP, Brasil

e-mail: saba@dge.inpe.br

.....

Bruno B. Silva e Paulo R.J. de Paula

Clube de Ciências Quark

R. Teopompo de Vasconcelos, 86

12243-830

S. José dos Campos, SP, Brasil

.....

Neste trabalho descrevemos alguns experimentos simples que facilitam o entendimento, pelos alunos e o público em geral, de conceitos relativos à microgravidade. A observação de experimentos comuns em microgravidade por queda livre pode ser obtida utilizando-se equipamentos de baixo custo. Um gravador de videocassete, uma microcâmera CCD monocromática do tipo utilizada para vigilância e uma caixa é tudo o que se necessita para “eliminar” os efeitos da gravidade terrestre.

usado para vigilância. Esta deve ser alimentada com 8 pilhas pequenas que podem ser acondicionadas em porta-pilhas presos dentro da caixa. Dois longos fios finos ligam a câmera ao videocassete (*video input*). O videocassete e a televisão, para o monitoramento das imagens, são equipamentos já usuais na maioria das escolas, de modo que o leitor não deverá encontrar dificuldade em obtê-los.

Experimentos

Ao todo foram realizadas várias experiências, envolvendo diferentes tópicos da física: *escoamento de fluidos, tensão superficial, empuxo, movimentos oscilatórios, magnetismo, convecção, difusão gasosa* etc. Descrevemos alguns destes experimentos.

a) Repulsão entre ímãs

Diante da microcâmera fixe um lápis com três ímãs em formato de arruela ao seu redor (Figura 2). Os ímãs estão dispostos de forma a repelirem-se mutuamente. Observe que a distância entre o ímã do meio e o de baixo é menor que entre este e o de cima.

Durante a queda, em microgravidade, os três ímãs ficam igualmente espaçados. Para a câmera que cai junto com os ímãs, tudo se passa como se apenas a força magnética de repulsão atuasse sobre os ímãs.

b) A chama de uma vela

Prenda uma vela na caixa, de maneira que sua chama fique em frente à câmera. Observe a chama. Ela é alongada e brilhante.

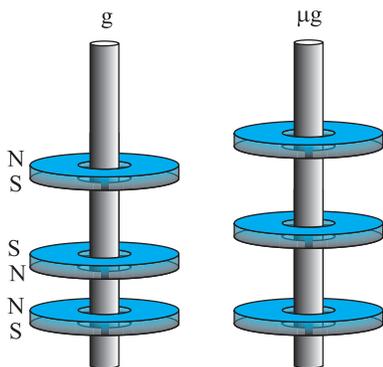


Figura 2. Ímãs se repelindo sob a ação da gravidade e em microgravidade.

Depois de acesa a vela, a caixa é solta. Em sua queda livre pode-se observar que a chama se torna esférica e menos intensa. Em microgravidade cessam os movimentos de convecção do ar e, com isso, a chama passa a ter um formato esférico. Com uma ausência de renovação de oxigênio por convecção a chama torna-se menos intensa e a renovação do ar se faz somente por difusão.

c) Pêndulo

Fixe na lateral da caixa, em frente à câmera, o pivô de um pêndulo. Este pêndulo deverá ser feito com uma haste metálica rígida, portando um peso em sua extremidade.

É possível verificar que o pêndulo que oscilava normalmente sob a ação da gravidade, descreve um círculo em torno do seu ponto de apoio quando em microgravidade (Figura 3). A grande maioria das pessoas irá prever o cessar completo do movimento pendular durante a queda. No entanto, isso somente ocorrerá se a caixa for largada no exato momento em que a velocidade tangencial do pêndulo for zero, o que é muito improvável.

Pode ser interessante desafiar os alunos a calcularem a velocidade tangencial do pêndulo durante a queda. Para isto deve-se ter em conta que o tempo entre os sucessivos quadros filmados é de 0,033 segundos.

d) Peso com a mola

Pendure um peso em uma extremidade de uma mola, de forma que a mola fique distendida. Fixe o conjunto em frente à câmera.

Observe que assim que a caixa é solta, a mola contrai-se, mostrando que a força peso que a distendia “desaparece” na situação de microgravidade.

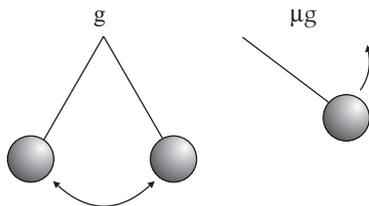


Figura 3. Pêndulo oscilando sob a ação da gravidade e em microgravidade.

e) Peso e elástico

Pendure um peso qualquer na parte central de uma tira elástica esticada.

Observe que em queda livre este peso oscilará em torno de uma linha horizontal imaginária que une os dois pontos de fixação do elástico (Figura 4).

f) Bolha de ar no xampu

Encha um tubo de ensaio grande com xampu colorido e viscoso. Faça uma marca bem visível no seu centro (por exemplo: com corretor de texto). Deixe um pouco de ar dentro do tubo ao tampá-lo com uma rolha. Fixe o tubo em frente à câmera. Segure a caixa com o lado de cima para baixo e quando tudo estiver pronto para gravar, volte a caixa para a posição normal. Observe pelo monitor a bolha subindo. Quando ela atingir a marca no centro do tubo de ensaio, solte a caixa.

Observe que a bolha de ar pára de subir durante o tempo de queda.

g) Gota de mercúrio

Coloque uma gota de mercúrio de 1 cm de diâmetro dentro de um frasco com uma face frontal plana e transparente. Lacre o frasco.

Ao colocá-la em microgravidade, a gota torna-se praticamente esférica, mostrando claramente a atuação da tensão superficial no líquido. É possível observar também que sua superfície oscila em torno de uma posição de equilíbrio durante a queda.

h) Filete de água

Faça um furo embaixo de um frasco. Encha de água e coloque outro embaixo para coletá-la (Figura 5).

Observe como o filete de água, em queda livre, se desmancha em gotas aproximadamente esféricas. Em queda livre o volume líquido que ten-

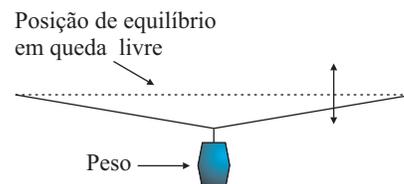


Figura 4. Elástico e peso em oscilação.

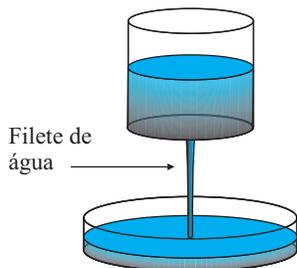


Figura 5. Filete de água escoando de um frasco para o outro.

de a possuir a menor superfície possível assume um formato esférico. No passado, as melhores esferas de chumbo para caça eram feitas derramando, de alguns metros de altura, pequenas gotas de chumbo derretido.

Discussão

Para uma frutuosa discussão do que ocorre em cada experimento é, sem dúvida, necessária uma correta compreensão do conceito de microgravidade. Se entendermos microgravidade como uma redução na aceleração gravitacional ambiente por um fator de 10^6 , isso só seria viável a uma distância de $6,37 \times 10^6$ km da Terra (quase 17 vezes a distância Terra-Lua!).

O termo microgravidade utilizado em astronáutica corresponde apenas a uma situação em que o **peso aparente** do sistema é pequeno se

comparado ao **peso real** devido à gravidade. Uma pessoa sobre uma balança dentro de um elevador pode entender isto facilmente. O peso real será dado pela massa vezes a aceleração da gravidade, enquanto que a força que o chão exerce sobre a pessoa – que é o que mede a balança – será o seu peso aparente. Se o elevador subir, uma nova força entra em jogo devido à aceleração do elevador e o peso aparente aumenta. Se o cabo do elevador quebrar, descontando os efeitos da resistência do ar, a pessoa estará caindo livremente com a aceleração da gravidade e o seu peso aparente será zero. É uma situação também conhecida como de queda livre, e se apresenta sempre que a única força atuante sobre um corpo for a força da gravidade. Portanto, é nesta situação que os experimentos de microgravidade são realizados e não obviamente a $6,37 \times 10^6$ km da Terra.

Microgravidade em laboratório é obtida por três meios:

- Torres de queda de diferentes alturas. No Japão existe uma de 490 m, na qual a experiência pode atingir 10^{-5} g durante 11,7 segundos!
- Vôos parabólicos com aeronaves e foguetes. Os primeiros alcançam 10^{-3} g durante 15 segundos e 25 segundos. Os foguetes atingem 10^{-5} g durante 4 minutos e 6 minutos.
- Espaçonaves que podem atin-

gir 10^{-6} g durante o tempo em órbita.

Assim, com o aparato descrito neste trabalho podemos reproduzir as torres de queda livre dentro de uma sala. Caso se deseje também simular um voo parabólico, basta dispensar o cabo que sustenta a caixa e arremessá-la para cima, tomando o cuidado de não imprimir nenhum movimento de rotação nesta. O objeto a ser filmado nesse caso pode ser um “boneco-astronauta”.

Conclusões

Ao final do projeto todos os estudantes envolvidos entenderam melhor o que vem a ser a microgravidade. A sua importância e seus usos em ciência espacial foram amplamente discutidos e a física de cada um dos experimentos pôde ser também melhor compreendida. A participação de todos foi surpreendente, a ponto de sugerirem diversas experiências inéditas quase sempre através do questionamento: “O que aconteceria se colocássemos ... em queda livre??”.

Referências Bibliográficas

1. Vogt, G. & Wargo, M. *Microgravity – Teacher’s Guide with Activities for Physical Science*, EG-103, National Aeronautics Space Administration, Washington, DC (1995).
2. Saba, M.M.F. “Learning Microgravity” – Relatório do I Workshop Brasileiro de Microgravidade, p. 115-116, 19 a 21 de maio de 1999, São José dos Campos.

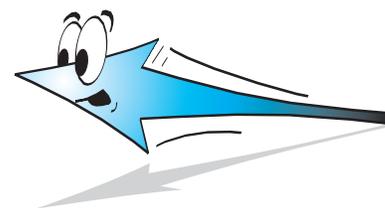


Calendário da Olimpíada Brasileira de Física 2000

A OBF2000 conta com a participação de 22 unidades da Federação, estando as coordenações nestas unidades a cargo de professores de universidades federais e/ou estaduais. A OBF2000 compreende três fases. A primeira fase foi realizada nas escolas em 5/8/2000, e teve a participação de cerca de 25.000 estudantes; na segunda fase, ocorrida em 23/9/2000 e realizada nas sedes e sub-sedes das coordenações estaduais (basicamente

universidades), participaram cerca de 10.000 alunos classificados na fase anterior; a terceira fase está prevista para o dia 28/10/2000 e também ocorrerá nas coordenações estaduais – dela participarão os alunos classificados na segunda fase.

Todos os alunos participantes e professores recebem certificados da SBF; os vencedores recebem medalhas da SBF e certificados com a classificação obtida, em solenidades promo-



vidas pelas coordenações estaduais.

Os quarenta alunos da primeira série melhor classificados na terceira fase serão preparados, a partir de setembro/2001, pelo professor J. Evangelista Moreira da UFC e pelos coordenadores dos respectivos Estados, visando a formação da equipe brasileira para as Olimpíadas Internacionais de 2002.

Outras informações podem ser encontradas no site da SBF, em www.sbf.if.usp.br/olimpiadas.