



Mostra Gaúcha
de Validação de Produtos
Educativos

1º e 2º
SETEMBRO 2016

Encôntro do
PIBID Física/RS



ATIVIDADE EXPERIMENTAL: A CAMA ELÁSTICA COMO PROPOSTA METODOLÓGICA PARA INTRODUIZIR CONCEITOS BÁSICOS SOBRE GRAVITAÇÃO

Alisson Cristian Giacomelli – alissongiacomelli@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Curso de Física
Passo Fundo – Rio Grande do Sul

Cleci Werner da Rosa – cwerner@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Curso de Física
Passo Fundo – Rio Grande do Sul

Carlos Ariel Samudio Perez – samudio@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Curso de Física
Passo Fundo – Rio Grande do Sul

Resumo: O presente trabalho refere-se a uma proposta de atividade experimental para a abordagem de conceitos básicos relacionados a gravitação. O objetivo do trabalho é fornecer subsídios didáticos aos professores de Física da Educação Básica para que, por meio do uso de uma analogia, possa fomentar o debate entorno da presença da força gravitacional entre os corpos. A proposta é baseada no desenvolvimento de uma atividade experimental que permite instigar os alunos a refletir sobre fenômenos físicos (relacionados com a gravitação) e que estão presentes no seu mundo vivencial. Inicialmente o texto a seguir, descreve como construir o equipamento necessário para a atividade experimental (cama elástica) e na sequência, apresenta a proposta de uso metodológico para essa atividade.

Palavras-chave: cama elástica, gravitação, ensino de Física.

1 INTRODUÇÃO

Um dos fenômenos físicos mais comuns presentes no dia a dia dos estudantes é a observação de corpos caindo verticalmente com velocidade variável em direção ao solo. Cotidianamente são observadas gotas de chuva deslocando-se em direção ao chão, as folhas de plátano no outono, sendo levadas em direção ao solo, objetos soltos do topo de um prédio movendo-se em direção à calçada. No entanto, muitas vezes, o ensino em sala de aula privilegia a teoria e a abstração, enfatizando a utilização de fórmulas, em situações artificiais desvinculadas do mundo vivido pelos estudantes e professores, tornando um ensino vazio de significados e com interpretações equivocadas dos fenômenos (Darroz e Pérez, 2011).

Um dos objetivos do ensino de física na escola de nível médio é levar o estudante à interpretação ampla e crítica dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando-o e dimensionando a interação do ser humano com a natureza e como parte da própria natureza em transformação (Brasil, 2002). Para isso, é essencial considerar como ponto de partida para o estudo dos fenômenos físicos o mundo vivencial dos estudantes, sua realidade próxima, os objetos e fenômenos que rotineiramente estão presentes em seu cotidiano. Cabe ao professor organizar estratégias de ensino que façam o estudante perceber e questionar o mundo que o cerca. Perguntas que o levem a compreender cientificamente os fenômenos físicos presentes.

Nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho é sugerir uma atividade prática e sua respectiva proposta metodológica, no intuito de servir como alternativa para o professor de nível médio criar situações onde os estudantes possam compreender cientificamente alguns fenômenos relacionados à gravitação. Nesse sentido, o presente trabalho inicialmente descreve como construir uma cama elástica e seguidamente a proposta de uso metodológico para a mesma.

2 O EXPERIMENTO DA *CAMA ELÁSTICA*

Buscando possibilitar ao aluno a percepção de alguns dos fenômenos associados à gravitação dos corpos assim como o funcionamento do universo pode-se utilizar o experimento da cama elástica. A experiência constitui-se de uma analogia utilizada para explicar o efeito gravitacional tal como é compreendido pela teoria da relatividade geral de Albert Einstein. Teoria esta que melhor explica nos dias atuais o funcionamento do universo em larga escala e em situações extremas.

O objetivo da atividade proposta não é discutir física moderna e a teoria da relatividade geral de forma direta (por mais que isso possa acabar acontecendo), mas sim, fazer uma aproximação dessas teorias para tratar fenômenos simples que envolvem a gravitação. Nesse sentido, como se apresentará a seguir, pode-se utilizar a cama elástica para explicar a natureza do fenômeno gravitacional, assim como introduzir o conteúdo de movimento em queda livre. Embora não seja o principal objetivo, o professor também poderá abordar tópicos envolvendo a teoria da relatividade geral de Einstein.

2.1 Montagem do equipamento

Os materiais necessários para a montagem da cama elástica são: 8 canos de PVC de 1/2" de diâmetro, 4 deles com comprimento aproximado de 1m e 4 canos com comprimento de 70cm; 4 conexões de 90° e quatro conexões em T para fazer os encaixes; 8 pregos 16x21; 1m²

de tecido (com elasticidade); uma bola de gude; uma esfera metálica com diâmetro de 8 à 10cm.

Para a montagem da estrutura basta encaixar as curvas e as conexões T com os tubos, montando uma estrutura similar a de uma mesa. Posteriormente fazer oito furos nos tubos (todos bem distribuídos partindo dos cantos da estrutura), esses furos servirão para colocar os pregos utilizados para esticar o tecido.



Figura 1: montagem da estrutura

Na mesma posição que foram feitos os furos nos canos de PVC devem ser costuradas alças para que se possa esticar o tecido, (o tecido deve ficar bem esticado, e de forma uniforme em todas as partes). A cama elástica é desmontável para facilitar o seu transporte.



Figura 2: cama elástica pronta para ser utilizada

3 DISCUTINDO ALGUNS TÓPICOS DE FÍSICA UTILIZANDO A CAMA ELÁSTICA: PROPOSTA METODOLÓGICA

A realização de uma atividade experimental proposta permite introduzir a discussão de vários fenômenos associados à gravitação. Com este intuito sugere-se realizar a atividade seguindo a sequência descrita a seguir. Inicia-se a atividade sem colocar nenhum objeto sobre

a cama, observa-se que o tecido está plano, sem deformação alguma. O professor, atuando como mediador, sugere que os alunos imaginem que o tecido da cama representa o espaço que rodeia todos os planetas e estrelas no cosmo. No caso a cama representa uma parte do espaço na ausência de matéria. Nesta analogia, promove-se uma discussão sobre possíveis diferenças entre o espaço no universo e o tecido da mesa?

Conforme a proposta, a bola de gude representaria um corpo qualquer que pode ser abandonado no espaço (superfície do tecido). O professor deve sempre enfatizar que na atividade se tratam analogias até mesmo pelo fato de que na cama elástica consideraremos apenas duas dimensões e o universo não possui apenas duas dimensões. Seguidamente o professor solta a bola de gude sobre a superfície do tecido, e pergunta aos alunos se o estado de movimento da bola se modifica. Como ilustra a figura 4 a bola de gude, desconsiderando o atrito, tende a permanecer no estado de movimento que é abandonada, o que caracteriza um espaço sem aceleração.



Figura 3: bola de gude num espaço vazio

Na sequência pega-se a esfera metálica de massa relativamente maior do que a da bola de gude. Imagina-se que a esfera de maior massa é um planeta ou estrela. Coloca-se então ela sobre o tecido se questiona aos estudantes sobre o que acontece com o mesmo (ele deve se deformar). Agora se abandona a bola de gude sobre o tecido a uma determinada distância da esfera questionando os estudantes sobre o que acontece. Os alunos irão perceber que a bola de gude se acelera em direção a esfera. O professor pode aproveitar a situação para ressaltar que qualquer objeto que seja abandonado nas proximidades da superfície de um planeta ou estrela (em seu campo gravitacional) sofre uma aceleração.

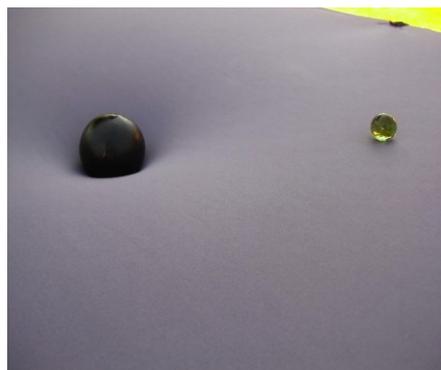


Figura 4: bola de gude se movendo na direção de um corpo massivo.

A aceleração nesse caso depende da curvatura do tecido, portanto, quanto mais deformado ele estiver maior será a aceleração, que é chamada de aceleração gravitacional. Nesse momento ao se falar sobre o valor da aceleração gravitacional da Terra, pode-se utilizar uma esfera com uma massa maior do que a anterior e outra menor, mostrando que quanto maior for a massa do corpo maior será a deformação no tecido, e conseqüentemente, maior será a aceleração gravitacional em sua vizinhança. A partir desse momento pode-se refletir sobre aquilo que é de certa forma uma limitação do conteúdo de queda livre, tal como é abordado no ensino médio. Ou seja, para se trabalhar matematicamente com o conteúdo de queda livre no ensino médio se utilizam as equações do MRUV. Porém no MRUV a velocidade varia, mas a aceleração é constante, no entanto, se soltarmos a bola de gude o mais longe possível da esfera, e depois soltarmos a mesma o mais próximo possível da mesma percebe-se que a aceleração não pode ser considerada a mesma em todos os pontos, ou seja, quanto mais próximo à bola de gude estiver da esfera maior será a aceleração. Essa ideia também é aplicável ao campo gravitacional do planeta Terra, ou seja, o valor da aceleração gravitacional não é constante.

Utilizando a analogia da esfera como sendo a Terra e a bola de gude como sendo um objeto qualquer (pode ser uma bola de gude mesmo) pode-se perceber que a aceleração em nosso planeta depende da altitude em que ela for medida, ou seja, a aceleração no topo de uma montanha muito alta é menor do que ao nível do mar. Sendo assim se considerarmos um objeto caindo de uma grande altura a velocidade é variável e a aceleração também, portanto não se trata exatamente de um MRUV, no entanto por convenção e para evitar complicações matemáticas, se estuda esse tipo de movimento utilizando-se as equações do MRUV. Essas considerações podem nos levar a percepção de que a Física, assim como as demais ciências, se trata de algo aproximado, e para que uma teoria seja aceita ela não precisa ser uma descrição exata da realidade (até hoje não se sabe se existe tal descrição), basta que passe por

alguns testes, teóricos e experimentais e explique uma gama razoavelmente ampla de fenômenos.

Pode-se também utilizar o experimento da cama elástica para demonstrar de forma introdutória algumas consequências da teoria da relatividade geral de Einstein, consequências estas que a partir do início do século XX modificaram significativamente a compressão que se tem sobre o universo. Uma das previsões da TRG consiste no fato de que, quando a luz passa próxima a uma estrela, a sua trajetória deve ser curvada. Esse curvamento na trajetória do feixe de luz ocorre porque o próprio espaço é curvo, e, nas proximidades de grandes concentrações de massa, essa curvatura é mais acentuada. A cama elástica pode ser utilizada para demonstrar de forma análoga como ocorre esse curvamento de um feixe de luz ao passar próximo a uma estrela, fenômeno conhecido como “deflexão da luz”.

Inicialmente nenhuma massa é posta sobre o tecido, ou seja, nenhuma massa existe no universo, portanto, também não há campos gravitacionais. Para esse caso, o nosso espaço é plano como mostra a Figura 6. Em um espaço com essas características, podemos testar qual seria a trajetória de um feixe de luz. Por analogia, vamos imaginar o feixe de luz como sendo uma bola de gude. Se a lançarmos sobre o tecido, a bola de gude seguirá em linha reta e, se desprezássemos o seu atrito com o tecido e com o ar, ela permanecerá nesse estado de movimento indefinidamente. A Figura 7 mostra a trajetória da bola de gude (feixe de luz) em um espaço sem matéria (plano).

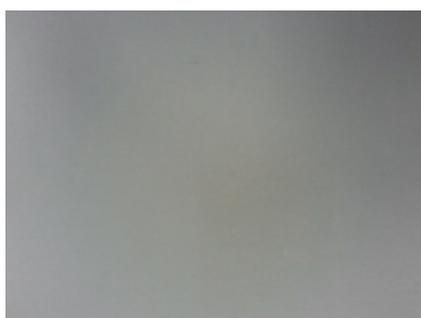


Figura 5: Espaço “vazio”



Figura 6: Trajetória de um feixe de luz

Agora colocamos uma grande concentração de massa em um determinado ponto do espaço, ou seja, colocamos uma esfera metálica com massa razoavelmente grande e densa sobre o tecido. Para essa situação, o espaço já não pode mais ser considerado plano, como mostra a Figura 8. Nesse espaço, lançamos novamente o feixe de luz (bola de gude), de forma que este passe pelas proximidades da esfera metálica maior. Como se pode ver pela Figura 9, agora a trajetória não é mais uma linha reta. Ou seja, a luz defletiu ao passar nas proximidades

da esfera. Na verdade, a luz (bola de gude) seguiu o que era o caminho mais próximo de uma linha reta, porém, em um espaço curvo.



Figura 7: Espaço na presença de matéria

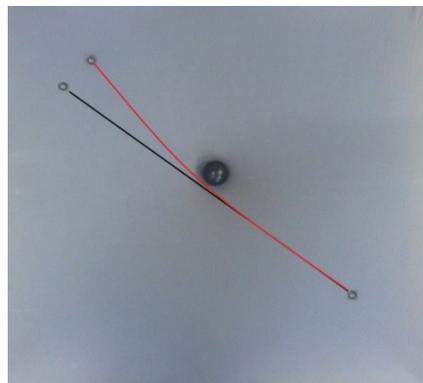


Figura 8: Trajetória de um feixe de luz

Em razão da curvatura no espaço-tempo, além da matéria, a luz, ao passar nas proximidades de uma massa, também se torna curvada. Sendo assim, a luz não se propaga em linha reta, mas por uma geodésica, que é o caminho mais próximo entre dois pontos em um espaço curvo. Quanto mais acentuada for a curvatura do espaço-tempo, maior será o ângulo de deflexão da luz ao passar nessa região do universo. Nesse sentido quando a luz de alguma estrela distante passa-se próxima ao Sol poderia se observar esse desvio.

A observação do desvio da luz perto do Sol foi realizada durante um eclipse total do Sol em 1919. Na ocasião, duas expedições britânicas se deslocaram, uma para Sobral, no estado do Ceará, Brasil, na qual foram enviados os astrônomos A. C. D. Crommelin e C. R. Davidson, e outra para a Ilha do Príncipe, no Golfo da Guiné, África, com os astrônomos Cottingham e Eddington. A observação precisava ser realizada durante um eclipse, pois nesse momento o Sol estaria encoberto, permitindo que se observassem as suas proximidades com facilidade. Durante o eclipse, foram fotografadas as posições das estrelas próximas ao sol, e, alguns dias depois, foram realizadas novas fotografias da mesma região do espaço, porém, sem a presença do Sol na direção da propagação da luz das estrelas.

Após alguns meses de análise minuciosa, foram constatados, nas medidas realizadas no Ceará, Brasil, um ângulo de deflexão de 1,98 segundos de arco e, nas medidas realizadas na Ilha do Príncipe, África, um ângulo de 1,61 segundos de arco. A média dessas duas medidas, comparada com as previsões de Einstein, tem uma margem de erro de menos de 2%. Com o passar do tempo, foram desenvolvidos métodos mais precisos para realizar essas medições, tornando a margem de erro cada vez menor. Essa evidência contribuiu para a

aceitação de uma teoria que mudaria significativamente a concepção que se tinha sobre o universo (MOURÃO, 1997).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim como toda a teoria científica os modelos que visam explicar o fenômeno da queda dos corpos e o efeito gravitacional também estão em constante modificação. Fazer os estudantes se questionarem sobre a fragilidade das teorias que estão sendo discutidas em sala de aula é um dos papéis do professor. A bagagem intelectual que os estudantes carregam pode muitas vezes estar um pouco equivocada ou incompleta se for analisada no âmbito da ciência, no entanto não é a função do professor impor a sua “verdade absoluta” sobre os alunos, e sim fazer com que os mesmos percebam que essa “verdade absoluta” não existe e que a ciência é um processo contínuo de transformação. Sendo assim aquele conhecimento prévio que os alunos possuem não deve ser descartado, muito pelo contrário ele servirá de pilar para o novo conhecimento que será construído na escola.

Nesse sentido a atividade proposta neste artigo pode se mostrar eficaz no que diz respeito ao objetivo de se alcançar os estudantes do Ensino Médio, possibilitando que os mesmos desenvolvam um olhar crítico perante as teorias que visam explicar os fenômenos da natureza. Percebe-se também que o equipamento pode ser construído com razoável facilidade pelo professor utilizando-se materiais alternativos e de baixo custo realizando uma atividade que não requer equipamentos ou laboratórios sofisticados. Isso faz com que a atividade possa tornar mais acessível à difusão do conhecimento científico, que deve ser sempre colocado ao alcance dos estudantes por parte do professor, relacionando esses conhecimentos com a vivência de seus alunos.

A cama elástica trata-se de um experimento com potencialidade de ser utilizado em diversos níveis de escolaridade. No presente trabalho foram abordados alguns tópicos apenas, porém, podem ser discutidos muitos outros e com diferentes níveis de profundidade. Nesse sentido destaca-se que o que é apresentado é uma proposta que pode ser adaptada e modificada de acordo com as possibilidades, necessidades e concepções pedagógicas de quem for aplica-la.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EINSTEIN, Albert. A teoria da relatividade especial e geral. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.
- FEYNMAN, Richard. Lectures on Physics. Caltech and The Feynman Lectures Website. Disponível em: <http://www.feynmanlectures.caltech.edu/>. Acesso em: 15/07/2016.
- HAWKING, S. W., Uma nova historia do tempo. Rio de Janeiro. Ediouro, 2005.
- HEWITT, Paul G., Física conceitual. 9º ed. Porto Alegre. Bookman, 2002.
- OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. Astronomia e astrofísica. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.
- PIETROCOLA, Mauricio, Física em contextos: pessoal, social e histórico: movimento, força e astronomia. 1º ed. São Paulo. FTD, 2010.
- THUILLIER, Pierre, De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica. Rio de Janeiro. Zahar Ed., 1994.
- BEM-DOV, Yoav, Convite à Física. Rio de Janeiro. Jorge Zahar Ed., 1996.
- OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza, Astronomia e astrofísica. Porto Alegre. Ed. Universidade/UFRGS, 2000.
- MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. *Explicando a teoria da relatividade*. Rio de Janeiro: Ediouro, 1997.