

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Física

Energia, suas formas e transformações: uma abordagem contextualizada por meio do material não-formal.

Henrique Scicia Gabriel da Silva

Profa.Dra. Alzira C. M. Stein-Barana

Rio Claro (SP)

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Câmpus de Rio Claro

HENRIQUE SCICIA GABRIEL DA SILVA

ENERGIA, SUAS FORMAS E TRANSFORMAÇÕES: UMA  
ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA POR MEIO DE  
MATERIAL NÃO-FORMAL

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro,  
da Universidade Estadual Paulista Júlio  
de Mesquita Filho, para obtenção do grau  
de Bacharel ou Licenciado em Física.

Rio Claro - SP

2011

HENRIQUE SCICA GABRIEL DA SILVA

ENERGIA, SUAS FORMAS E TRANSFORMAÇÕES: UMA  
ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA POR MEIO DE  
MATERIAL NÃO-FORMAL

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro,  
da Universidade Estadual Paulista Júlio  
de Mesquita Filho, para obtenção do grau  
de Bacharel ou Licenciado em Física.

Comissão Examinadora

\_\_\_\_\_ Profa. Dra. Alzira C. M. Stein-Barana

\_\_\_\_\_ Profa. Dra. Deisy Piedade Munhoz

\_\_\_\_\_ Profa. Dra. Maria Antonia Azevedo

Rio Claro, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

## **Agradecimentos:**

Agradeço a professor Alzira C. M. Stein-Barana por ser minha orientadora desde o meu segundo ano dentro da Universidade e me proporcionar a oportunidade de estagiar na Brinquedoteca Científica, onde tive a oportunidade de conhecer a licenciatura e por consequência me tornar um professor.

Agradeço também a professora Deisy Piedade Munhoz que também me ajudou muito no desenrolar do meu curso e também na Brinquedoteca Científica, me dando a honra de fazer juntamente com ela a divulgação do vestibular da UNESP na região de Bragança Paulista no ano de 2010.

Aos meus amigos, Priscilla Freddi, Luis Felipe Gonçalves, Marília Mollina, Bruno Marconi Riboldi, Leandro Lima, Alexandre Rigo Deberaldini, Bruno Moser, Rafael Vichiatti pelas longas noites de muitos estudos e pouco sono, estresses de provas, trabalhos, listas, etc. pois me ajudaram e muito para minha formação.

A minha família e namorada por me darem todo o apoio durante esses longos anos de graduação me aturando, sustentando e sempre querendo o meu melhor.

A professora Maria Antonia Ramos de Azevedo por ter aceitado fazer parte da minha banca referente ao meu trabalho de conclusão de curso.

E por fim e tão importante quanto eles estão os professores Eugenio Maria de Fraça Ramos e Jorge Pimentel, que me ajudaram a descobrir realmente a minha vocação para a licenciatura

Um muito obrigado a todos.

## SUMÁRIO:

|   |    |
|---|----|
| Resumo .....  | 1  |
| Abstract.....   | 1  |
| Introdução.....   | 1  |
| Capítulo 2 - Material Não Formal E O Ensino De Física.....                            | 3  |
| 2.1 Como Lidar Com o Ensino.....  | 3  |
| 2.2 Material não-formal.....  | 4  |
| Capítulo 3 – Trabalho e Energia.....  | 9  |
| Trabalho.....   | 9  |
| Energia Cinética.....   | 11 |
| Energia Potencial.....  | 12 |
| Energia Potencial Gravitacional.....  | 12 |
| Energia Potencial Elástica.....   | 13 |
| Conservação da Energia Mecânica.....  | 14 |
| Quantidade de movimento e sua conservação.....  | 15 |
| Energia Térmica.....  | 15 |
| Capitulo 4 – Transformando Energia Potencial Gravitacional em Energia Cinética.....   | 18 |
| 4.1 Energia Potencial Gravitacional em Energia Cinética .....                         | 18 |
| Carrinho Saltador.....  | 18 |
| Berço de Newton.....  | 21 |
| Desafio do Looping.....   | 23 |
| Ping-Pong.....  | 27 |
| Capítulo 5 – Transformando Energia Potencial Elástica em outros tipos de Energia..... | 30 |
| 5.1 Energia Potencial Elástica / Energia Cinética.....                                | 30 |
| Estilingue.....   | 30 |

|  |    |
|--|----|
| Arco e flecha.....   | 31 |
| 5.2 Energia Potencial Elástica / Energia Cinética / Energia Potencial Gravitacional..... | 32 |
| Astroblaster.....  | 32 |
| Popper.....  | 36 |
| Capítulo 6 – Transformando Energia Térmica em Energia Cinética.....                      | 39 |
| Barco Pop-Pop.....   | 39 |
| Pássaro Sedento.....   | 41 |
| Conclusão.....   | 43 |
| Referências.....   | 44 |

## SUMÁRIO DE FIGURAS:

|  |    |
|--|----|
| Figura 01 – Guindaste segurando um carro a uma altura $H$ do solo, nesta situação associa-se ao carro uma energia potencial gravitacional $MgH$ .....  | 12 |
| Figura 02 – Montagem da pista e do elevador do brinquedo - Carrinho Saltador, uma das extremidades da pista fica presa na porta e a outra livre no chão.....   | 19 |
| Figura 03 – Em vermelho mostra-se o elevador do carrinho e em azul a base de onde o carrinho é abandonado.....   | 19 |
| Figura 04 – A extremidade inferior da pista e sua regulagem que permite elevá-la a uma altura máxima $d$ em relação ao solo. As diferentes alturas ou ângulos com que o carrinho deixa a pista determinam o seu alcance; o aro por onde o carro pode passar é livre para ser posicionado a qualquer distancia $D$ do final da pista..... | 20 |
| Figura 05 – Fotografia do brinquedo Berço de Newton.....   | 21 |
| Figura 06 – A elevação da esfera 1 a uma altura $h$ em relação a posição de repouso das demais esferas.....  | 22 |
| Figura 07 – Na posição de contato da esfera 1 com a 2, a esfera 1 tem energia potencial gravitacional nula ( $h=0$ ) e energia cinética máxima. Esta energia cinética é transferida até a esfera 6, que por ser livre, transforma esta energia em potencial gravitacional, elevando-se à altura $h$ .....                                | 22 |
| Figura 08 – A figura mostra em primeiro plano o disparador e em segundo plano os carrinhos e a pista com suas duas possíveis entradas: a entrada preta (que leva ao percurso interno ou looping) e a entrada verde(percurso externo).....  | 24 |
| Figura 09 – O carrinho na sua posição $2R$ (em relação ao solo) de máxima energia potencial gravitacional.....   | 25 |
| Figura 10 – O carrinho se aproximando do looping, e em seguida o carrinho no ponto mais alto do looping. Os vetores velocidade e aceleração gravitacional são mostrados nas duas posições do carrinho.....   | 26 |
| Figura 11 – Vetores velocidade, aceleração centrípeta e aceleração gravitacional na posição $2R$ do carrinho.....  | 26 |
| Figura 12 – Representação das forças atuantes no carrinho na posição $2R$ .....  | 27 |
| Figura 13 – O brinquedo artesanal conhecido como “Ping-Pong” ou Catapulta.....   | 28 |
| Figura 14 – Seta vermelha indica o local onde se pressiona a extremidade livre da catapulta de modo a lançar a esfera.....   | 28 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 15 – Ilustração da esfera ganhando Energia Potencial Gravitacional à medida que perde Energia Cinética.....   | 29 |
| Figura 16 – A altura máxima que a esfera pode atingir é limitada pelo fio esticado.....  | 29 |
| Figura 17 – Desenho do estilingue e suas diferentes partes.....  | 30 |
| Figura 18 – Foto do brinquedo comercial arco e flecha.....   | 31 |
| Figura 19 – Foto da astroblaster composto de um eixo e quatro esferas de diferentes massas e volumes.....  | 33 |
| Figura 20 – Foto do brinquedo Popper : uma calota esférica de polímero especial.....   | 36 |
| Figura 21 – Popper em diferentes posições: na forma cônica convexa e apoiada no solo, após se lançar do solo e na altura máxima com a forma côncava (original) recuperada..... | 37 |
| Figura 22 – Foto do barquinho Pop-Pop comercial.....   | 39 |
| Figura 23 – Desenho ilustrativo da caldeira, tubos metálicos e da fonte de calor.....  | 40 |
| Figura 24 – Foto do brinquedo pássaro sedento.....   | 41 |
| Figura 25 – Ilustração do funcionamento do pássaro sedento.....  | 42 |



## Resumo

Energia é uma grandeza física bastante presente na Física. Embora seja extremamente útil, seu conceito também é bastante abstrato para a maioria dos estudantes de ensino médio e superior. Identificar a presença e a forma de energia em um dado fenômeno não é simples, assim como não é imediata a compreensão relativa à sua transferência e transformação. Este trabalho prioriza o estudo da energia mecânica nas suas diferentes formas bem como da energia térmica, considerando as possíveis transformações entre elas. Para tanto, faz-se uso de brinquedos, explorando seu potencial como material alternativo complementar a ser usado em sala de aula no ensino de nível básico e médio. Esta proposta de uso da ludicidade na pedagogia leva em conta a experiência do autor como estagiário do projeto Brinquedoteca Científica do Departamento de Física e sua atuação como mediador nas oficinas oferecidas pelo projeto aos escolares destes níveis de ensino.

**Palavras chave:** ensino de física, energia, transformações

## Abstract

Energy is a physical quantity very present in physics. Although extremely useful, its concept is very abstract for most students in high school and college. Identify the presence and form of energy in a given phenomenon is not simple, as there is immediate understanding on the transfer and transformation. This work emphasizes the study of mechanical energy in its different forms as well as the thermal energy, considering the possible transformations between them. To this end, use is made of toys, exploring its potential as an alternative material to be used in supplement classroom teaching in primary and secondary levels. The proposed use of ludic pedagogy takes into account the author's experience as an intern project Toy Scientific Department of Physics and its role as mediator in the workshops offered by the project to school at these levels.

**Keywords:** physics teacher, energy, transformations

## INTRODUÇÃO

Neste trabalho propõe-se estudar a energia nas suas diferentes formas, transformações e conceituações. Energia é uma das grandezas mais presentes na Física. Embora seja extremamente útil, seu conceito também é bastante abstrato para a maioria dos estudantes de ensino médio e superior. Identificar a presença e a forma de energia em um dado fenômeno não é simples, assim como não é imediata a compreensão relativa à sua transferência e transformação.

Inicialmente faz-se uma revisão conceitual dos conteúdos específicos e depois uma imersão no uso e desenvolvimento de material não-formal como alternativa didática complementar ao tema. Deste modo busca-se contemplar a verticalidade e a horizontalidade propostas na Matriz Curricular, segundo as recomendações das diretrizes curriculares nacionais.

A orientação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN's) se firma na máxima: *Educação para a vida*. Nela espera-se que os conteúdos sejam aplicados a situações e objetos do cotidiano dos alunos, preparando-os para perceberem o mundo e atuarem nele de modo crítico, criativo e versátil. A interdisciplinaridade e a contextualização são dois pilares desta orientação, por meio dos quais busca-se respectivamente a integração de diferentes áreas ou disciplinas e aplicação do conhecimento no contexto em que o aluno está inserido. A contextualização proposta neste trabalho envolve o uso de brinquedos para elucidar um conceito ou fenômeno previamente apresentado e discutido teoricamente em sala de aula ou sua apresentação/manuseio como recurso para iniciar um tema ou assunto visando despertar o interesse para a posterior discussão teórica deste tema.

O trabalho de conclusão de curso aqui apresentado contribui para a formação inicial docente estimulando o estudo e entendimento dos conteúdos específicos de Física bem como a interação com materiais instrucionais não-formais. Busca também incorporar objetos do cotidiano e elementos da ciência contemporânea de modo a propiciar uma visão de mundo aplicada e atualizada, por meio de uma compreensão básica dos princípios físicos em que essas aplicações se baseiam. Considera ainda a realidade vivencial dos jovens estudantes da escola contemporânea, os objetos e fenômenos com os quais eles se relacionam e que movem sua curiosidade.

## **CAPÍTULO 2**

### **MATERIAL NÃO FORMAL E O ENSINO DE FÍSICA**

#### **2.1 Como Lidar Com o Ensino**

A educação formal relaciona-se com uma estrutura organizada, hierarquizada e administrada sob normas rígidas, ligadas a um sistema educacional estabelecido na escola. A educação não-formal refere-se a uma ampla variedade de atividades educacionais organizadas e desenvolvidas dentro ou fora do sistema educacional formal. Nas escolas estas atividades não formais podem acontecer na sala de aula, nas quadras esportivas e estão diretamente ligadas ao material e ao método não formais utilizados, enquanto que fora da instituição escolar elas ocorrem em museus, centros de ciências, zoológicos, jardins botânicos, planetários, visitas monitoradas a indústrias, etc. As duas, no entanto são modalidades de ensino intencional.

O ensino formal nos remete a educação tradicional na qual, os conceitos disciplinares são transmitidos do professor para o aluno por meio de um ensino presencial usando livro texto, lousa, exercícios de fixação e às vezes experimentos guiados por roteiros e busca de dados e medidas bem definidas. Estas atividades estão submetidas a um sistema pouco maleável com relação aos objetivos, conteúdo programático e metodologia. Este tipo de ensino persiste através dos tempos e ainda acontece na maioria das escolas, no entanto, parece não resultar na aprendizagem desejada. Os alunos da escola contemporânea sofrem de desinteresse e pouca motivação, levando-os a um aprendizado deficiente.

O uso de material que não seja o livro texto e os experimentos prontos ou destinados a uma demonstração/medida previamente conhecida, pode envolver objetos do cotidiano dos alunos. A pedagogia da ludicidade tem sido alvo de estudo por diferentes pesquisadores e nela o brincar é considerado como um momento de aprendizagem em si mesmo ou de preparação para o aprofundamento/aprimoramento do conhecimento. Sabe-se que a busca e criação de novas

atividades e materiais não é uma tarefa fácil para o professor que em geral teve sua formação inicial nos moldes do ensino universitário formal. Compete aos cursos superiores de formação de professores (licenciaturas) a responsabilidade de incluírem nas grades curriculares o uso de métodos /ambientes /materiais não formais bem como oferecerem cursos de formação continuada com o mesmo objetivo.

Em se tratando de das diversas formas de ensino/aprendizagem há que se considerar ainda a existência do aprendizado que acontece por meio da socialização na família, nas atividades sociais e que permite a assimilação de princípios, valores, culturas e conhecimentos gerais. Esse ensino é conhecido ou classificado como educação informal, não havendo a intencionalidade do ensino, mas com consequências educativas. Do ponto de vista das ciências, ele pode trazer contribuições corretas ou incorretas que vêm do senso comum. Quanto à Física, olhando para o aluno e a bagagem que ele traz, é muito comum a presença de erros conceituais que precisam ser trabalhados adequadamente e corrigidos. O uso de objetos do cotidiano pode se apresentar também como um facilitador para a correção destas idéias e conceitos pré-concebidos, pois mostra a Física inserida na realidade do aluno.

## **2.2 Material não-formal**

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio destacam que um dos grandes objetivos do ensino de Ciências( a Física está aí incluída) é a compreensão por parte dos estudantes dos aspectos técnicos e científicos presentes no cotidiano da sociedade contemporânea, seja nos seus objetos de consumo direto ou naqueles que indiretamente afetam sua vida. Uma tomada de decisão significativa ou uma postura política diante de fatos socioambientais, por exemplo, dependem de um preparo que nem sempre se observa nos indivíduos jovens ou adultos. Esse despreparo pode torná-los reféns de idéias, interesses e experiências que um conhecimento técnico/científico adequado permitiria opinar ou tomar decisões contrárias.

Neste contexto, ambientes e materiais não-formais têm um papel importante, pois permitem trabalhar com objetos comumente manuseados nas atividades diárias, sejam elas de lazer ou de sobrevivência. Este primeiro contato entre tais objetos e a Física no nosso caso, além de estimular a curiosidade por ser um recurso educativo atraente também abre horizontes para se ver a presença da ciência ou da Física no cotidiano da sociedade. Embora a decisão de aprender seja do aluno, o estímulo oferecido pode influenciar na decisão de participar mais intensamente da ação pedagógica. Exemplos de material não formal são: filmes, tirinhas ou histórias em quadrinhos, games, objetos de decoração, eletrodomésticos, objetos de higiene, brinquedos, etc...

**Filmes:** Estes podem ser filmes comerciais destinados ao entretenimento ou lazer, mas que em seu enredo, fotografia ou som trazem contribuições corretas ou erradas sobre temas científicos. A discussão de conteúdos específicos de Física é realizada a partir do que é apresentado no filme.

Há também filmes e documentários especializados, desenvolvidos intencionalmente para o ensino. O ano de 1888, foi "ano-zero" do documentário científico, neste período foi fundado a NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY, com o objetivo de difundir o conhecimento geográfico em todo o mundo; daí para às demais áreas do conhecimento foi um passo. No final do século XX surgiu a TV voltada para documentários da qual a National Geographic é um exemplo.

Os recursos de vídeo começam a aparecer especificamente no ensino de física na década de 50. Zollmann (2002) conta que, em 1961, o psicólogo J. Bruder concluiu uma discussão acerca de materiais inovadores para o ensino desenvolvidos no final da década de 50 afirmando: "O uso inteligente de recursos audiovisuais dependerá de como podemos integrar a técnica do *filmmaker* ou do produtor de programas com a técnica e o conhecimento de um hábil professor". Este recurso se apresenta como vídeos para ensino de Óptica, Termodinâmica, Gravitação, Mecânica entre outros e que servem para ilustrar uma aula formal com desenvolvimentos analíticos e conceituais.

**Quadrinhos:** A literatura relata experiências de abordagem de temas de Física utilizando Histórias em Quadrinhos (HQs). Testoni e Abib (2004) explicam que as

imagens e os textos são complementares, pois o texto deve contemplar aquilo que a imagem não consegue demonstrar e isto é o que garantirá a eficácia dos quadrinhos. Além disso, esta interação torna possível que o sistema texto-imagem seja dinâmico e represente a “realidade”.

Caruso, Carvalho e Silveira (2002) esclarecem que um desafio a ter sempre em mente é a utilização de textos curtos e simples, pois a linguagem da imagem é muito importante. Outro desafio é não se trabalhar com a memorização, mas sim, além de despertar a curiosidade do aluno, permitir que ele aprenda e reflita o conteúdo abordado através de deduções e conclusões próprias. Portanto, o material não pode ser óbvio e nem conter explicações que não deixem espaço para que o aluno tire suas próprias conclusões.

**Games:** O uso de jogos como material não formal se apresenta com eficácia, em particular na Física, onde os conceitos abstratos estão sempre presentes e podem ser explorados. A UNESP em seu Instituto de Física Teórica (IFT) desenvolveu o jogo eletrônico Sprace Game como mídia para divulgar a física de partículas. Para seus criadores, trata-se de conceitos intrincados e que precisam ser repetidos para que sejam assimilados e os games têm esta característica repetitiva.

Todos os jogos com finalidade de ensinar ciências têm como grande ou maior desafio proporcionar entretenimento sem perder a precisão científica. A frase de um dos membros do grupo do IFT revela esta preocupação: "Não podíamos fazer um jogo somente divertido e que tivesse incorreções científicas, nem fazer algo muito preciso e que fosse chato de jogar", afirmou.

Enriquecer os conhecimentos de Física de estudantes ensino médio com essas informações mais atualizadas é o objetivo principal do Sprace Game. Segundo as palavras de Novaes, Sérgio Ferraz (2010), coordenador do Sprace, um colega seu resumiu o ensino de física nesses termos: "Um professor do século 20 ensina física do século 19 para um estudante do século 21".

**Mecânicos e Eletrodomésticos:** A partir dos conhecimentos em eletromagnetismo, surgiram as tecnologias que influenciam e movem a sociedade moderna: a energia

elétrica, os eletrodomésticos, as telecomunicações e a informática. Projetos simples podem ser elaborados tendo como ponto de partida para estudo de temas de Física, os eletrodomésticos ou outros como aparelhos mecânicos que facilitam nosso dia a dia. Desmontar objetos em desuso observá-los, ler informações impressas no próprio objeto ou em seus manuais são modos eficazes de abordar tópicos de Física aplicados ao cotidiano. Visitas monitoradas às empresas produtoras bem como às lojas de manutenção também são recursos não formais válidos e realizáveis.

**Brinquedos:** Educadores como Piaget (1978); Winnicott (1979); Vygotsky (1991); Kishimoto (1999) convergem suas conclusões quanto às atividades lúdicas e suas contribuições para a aprendizagem do aluno. Quando o jovem interage com um determinado brinquedo, mais do que brincar, muitas vezes ele se sente estimulado a buscar respostas sobre o seu funcionamento. A opção do professor em trabalhar com brinquedos e jogos poderá a princípio lhe dar mais trabalho, pois pouco se explora esses recursos nos textos didáticos. Sua implementação implica em disposição e ousadia para se deparar com dificuldades operacionais e conceituais relacionadas ao brinquedo e até mesmo rejeições quanto a sua utilização em sala de aula.

Pimentel e Verdeaux (2009) aplicam brinquedos como material não formal em suas aulas de Física e trazem em seu artigo frases e comentários registrados por seus alunos: *“inovadora”, “gera mais participação dos alunos”, “permite uma visão mais ampla sobre os brinquedos”, “fica mais fácil de entender”, “faz com que o aluno tenha mais interesse pela Física”, “divertido”, “deu para aprender brincando”. Um aluno escreveu: “A utilização dos brinquedos para explicar Física foi algo extraordinário, que nos dá uma visão mais ampla sobre os brinquedos porque a partir do momento que você entende toda a formação de algo, em especial os brinquedos, você já passa a olhá-los com os olhos da Física e não como um brinquedo qualquer.”*

Finalizando, recorda-se o que a observação diária em nosso país e a literatura especializada nacional e internacional tem mostrado: que a educação formal como única modalidade de ensino é inadequada para atender às necessidades do

estudante contemporâneo. A necessidade de se oferecer um ensino mais motivador, em todos os níveis, para um número cada vez maior de pessoas, tem mostrado aos pesquisadores em educação a urgente necessidade de se buscar alternativas educacionais para enfrentar esses problemas. Ambientes e materiais não formais são uma contribuição a ser considerada e aplicada.



## CAPÍTULO 3

### TRABALHO E ENERGIA

#### 3.1 Trabalho

Do ponto de vista da Física o conceito de Trabalho é diferente daquele usado diariamente, onde qualquer tipo de serviço ou tarefa é designado trabalho. Fisicamente, trabalho é a grandeza que mede a energia de um corpo. Para conceituar energia, busca-se definir trabalho e uma maneira de fazê-lo é observar o efeito de uma força ou da resultante de várias forças sobre um corpo, provocando seu deslocamento.

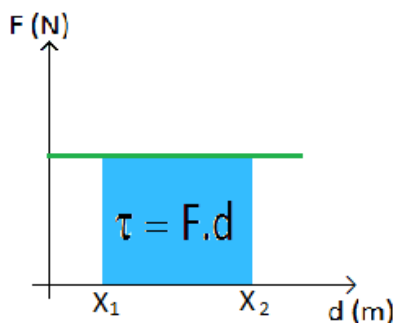
Se uma força constante ( $F$ ) age sobre um corpo e produz um deslocamento ( $d$ ), o trabalho realizado é expresso por:

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos \theta \quad (3.1)$$

onde  $\theta$  é o ângulo entre os vetores força e deslocamento. Considerando a força e o deslocamento na direção  $x$ , teremos para o trabalho:

$$\tau = F_x \cdot \Delta x \quad (3.2)$$

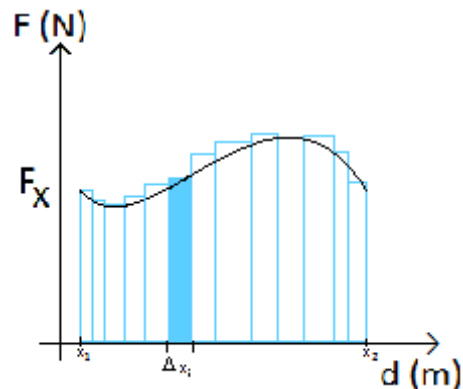
Graficamente, o trabalho realizado por uma força constante na mesma direção e sentido do deslocamento (de  $x_1$  para  $x_2$ ) é a área sob a reta  $F_x \cdot \Delta x$ , destacada em azul no gráfico abaixo.



Diz-se que uma força é conservativa quando o trabalho por ela realizado é independente da trajetória, ou seja, para um corpo que se move de um ponto A para outro ponto B sob

ação dessa força, o trabalho é independente da trajetória percorrida entre esses dois pontos.

Para o caso de trabalho realizado por uma força variável, atuando no mesmo direção do deslocamento provocado, o gráfico da força versus posição é mostrado abaixo.



Onde a curva  $F \times d$  foi dividida em pequenas regiões de força constante, que provocam um deslocamento infinitesimal  $\Delta x_i$ . O trabalho é obtido pela soma de todos os retângulos de área  $F_x \cdot \Delta x_i$ :

$$\tau = \sum F_x \cdot \Delta x_i \quad (3.3)$$

No limite de  $\Delta x_i$  tendendo a zero

$$\tau = \lim_{\Delta x_i \rightarrow 0} \sum F_x \cdot \Delta x_i$$

$$\tau = \int_{x_1}^{x_2} F_x \cdot dx \quad (3.4)$$

A definição de trabalho acima elaborada é uma forma ou maneira de se representar matematicamente esta grandeza. Ela não fornece o significado de trabalho, mas decorre do modelo matemático que descreve de maneira mais adequada possível a situação física em que essa grandeza está envolvida. O conceito de energia pode agora ser explorado.

### Energia Cinética:

Energia Cinética é a capacidade que os objetos, partículas ou corpos possuem para realizar Trabalho ,capacidade esta devida ao movimento . A segunda Lei de Newton relaciona a força  $F_R$  resultante sobre um corpo de massa  $m$  , com aceleração  $a$  que ele adquire sob a ação desta força:

$$F_R = m \cdot a \quad (3.5)$$

A aceleração adquirida pelo corpo é uma medida da variação da sua velocidade ; assim se  $V_0$  for a velocidade inicial ,  $V$  a velocidade final e  $\Delta S$  o deslocamento sofrido ,a equação de Torricelli relaciona estas grandezas como:

$$V^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta S \quad (3.6)$$

$$a = \frac{1}{2\Delta S}(V^2 - V_0^2) \quad (3.7)$$

Substituindo a relação da aceleração que esta a cima na relação da força resultante obteremos que:

$$F_R = m \cdot \frac{1}{2\Delta S}(V^2 - V_0^2)$$

$$F_R \cdot \Delta S = \frac{m}{2}V^2 - \frac{m}{2}V_0^2 \quad (3.8)$$

O Trabalho realizado pela força ao longo do deslocamento é:

$$\tau = F \cdot \Delta S$$

Logo:

$$\tau = \frac{m}{2}V^2 - \frac{m}{2}V_0^2 \quad (3.9)$$

A relação à cima é conhecida como Teorema da Energia Cinética, e afirma que “O trabalho da resultante das forças que atuam sobre um corpo é igual a variação da Energia Cinética sofrida pelo corpo”. A relação que envolve a produto do fator (1/2) pela massa e pelo quadrado da velocidade é conhecida como Energia Cinética  $E_c$  do corpo.

$$E_c = \frac{1}{2}m \cdot V^2 \quad (3.10)$$

## Energia Potencial

Na mecânica a Energia Potencial se apresenta de duas formas : Energia Potencial Gravitacional e Energia Potencial Elástica.

### Energia Potencial Gravitacional:

Esse tipo de energia é uma propriedade de dois corpos, ou seja, está relacionada à atração gravitacional entre corpos . Na interação gravitacional entre a Terra e um dado corpo, energia é armazenada devido à posição do corpo em relação a superfície terrestre ,assim ele tem energia potencial gravitacional . Seja o caso ilustrado na figura a seguir , em que um guindaste sustenta um carro de massa  $M$  a um altura  $H$  do solo.

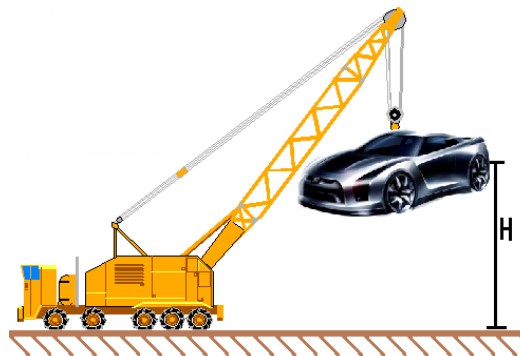


Figura 1 - Guindaste segurando um carro a uma altura  $H$  do solo, nesta situação associa-se ao carro uma energia potencial gravitacional  $MgH$ .

Fonte: [http://www.imagensdahora.com.br/clipart/cliparts\\_path/2236/guindaste\\_01/](http://www.imagensdahora.com.br/clipart/cliparts_path/2236/guindaste_01/)  
(ACESSO EM 31/05/2011)

Neste processo, o carro foi deslocado na vertical à partir do solo, e portanto, houve realização de trabalho . A tração do cabo de aço é igual (em intensidade) e contrária (em

sentido) à força gravitacional (Peso) que a Terra exerce no carro . Deste modo, o trabalho realizado foi:

$$\tau = M . g . H \quad (3.11)$$

Como trabalho é a medida da energia do corpo, nesta situação o trabalho é a medida da energia armazenada no carro enquanto se encontra à altura H do solo. Portanto, a Energia Potencial Gravitacional  $E_{PG}$  é expressa matematicamente como

$$E_{PG} = M . g . H \quad (3.12)$$

A energia potencial gravitacional de um corpo depende da origem do referencial em relação ao qual se mede a distancia ou altura H.

### **Energia Potencial Elástica:**

Esse tipo de energia está relacionada ao trabalho da força elástica. Esta força está associada à compressão ou alongamento de corpos de tal modo que cessada a sua ação , eles conseguem voltar a sua posição inicial ou de descanso . Um bom exemplo para esse caso são as molas e os elásticos que podem sofrer alongamentos ou encurtamentos x em sua extensão original. Esta força se expressa pela Lei de Hooke.

$$F = k . x \quad (3.13)$$

Onde k representa as características elásticas da mola ou elástico e recebe o nome de “constante elástica” . Se houver um corpo acoplado à mola ou ao elástico , ele sofrerá um deslocamento  $d=x$  sob o efeito da força elástica que é uma força variável. Como visto na primeira seção deste capítulo, o trabalho realizado sobre o corpo será:

$$E_{PE} = \int k \cdot x \cdot dx \quad (3.14)$$

Como trabalho é a medida da energia, a energia potencial elástica do sistema mola/corpo se expressa matematicamente como:

$$E_{PE} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 + E_{PE_0}$$

Onde  $E_{PE_0}$  é a Energia Potencial Elástica quando  $x = 0$ , ou seja, na posição de descanso.

$$E_{PE} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 \quad (3.15)$$

### Conservação da Energia Mecânica

Por definição, energia mecânica de um corpo é a soma de suas energias cinética e potencial (gravitacional ou elástica). Se numa determinada situação e num dado instante de tempo, um corpo tem as três formas de energia, sua energia mecânica é:

$$E_M = E_C + E_{PG} + E_{PE} \quad (3.16)$$

Um sistema mecânico no qual só atuam forças conservativas é chamado de *sistema conservativo*, pois a sua energia mecânica (E) se conserva, isto é, mantém-se com o mesmo valor em qualquer momento ou posição, podendo alternar-se nas suas formas cinética e potencial (gravitacional ou elástica). Observando um corpo em dois pontos distintos (A e B) de sua trajetória, nos respectivos instantes de tempo  $t_a$  e  $t_b$ , se não houverem forças dissipativas agindo sobre ele, o Princípio da Conservação da Energia Mecânica garante que:

$$E_C^A + E_{PG}^A + E_{PE}^A = E_C^B + E_{PG}^B + E_{PE}^B \quad (3.17)$$

Em sistemas ideais este princípio se aplica inquestionavelmente. No entanto, sistemas reais sofrem a ação de forças dissipativas como atrito e por isso a energia mecânica final e inicial diferem entre si. Essa variação líquida de energia mecânica equivale a trabalho realizado pela(s) força(s) dissipativa(s). O trabalho é negativo, pois a energia mecânica final  $E_M$  é menor do que a inicial  $E_{M_0}$ .

$$\tau = E_M - E_{M_0} \quad (3.18)$$

### **Quantidade de Movimento e sua conservação**

As idéias de conservação estão muito presentes na Física, assim se considera em diferentes situações a conservação ou não de grandezas físicas como massa, energia, momento linear, momento angular entre outras. Quando se trata de um sistema de muitos corpos e com interação entre eles, como colisões ou choques, uma grandeza importante é quantidade de movimento ou momento. Diferentemente da energia que só se conserva em sistemas conservativos, a conservação da quantidade de movimento não tem exceção ou não foi descoberta ainda.

Define-se a quantidade de movimento  $Q$  como o produto da massa pela velocidade do corpo  $Q = m.v$ , pode-se afirmar que ela diz o quanto de movimento um corpo possui. Sua lei de conservação estabelece que essa grandeza sempre se conserva em um sistema isolado. Para um sistema composto de muitos corpos, a quantidade de movimento do sistema é a soma da quantidade de movimento de cada um de seus componentes.

## Energia Térmica

Denomina-se Energia Térmica de um corpo, a energia transferida de um corpo para outro devido apenas à diferença de temperatura entre eles. Energia Térmica é sinônimo de Calor.

A lei Zero da Termodinâmica estabelece que para um sistema isolado termicamente, a transferência de energia entre corpos deste sistema (a diferentes temperaturas) cessa quando todos eles atingirem a mesma temperatura; tem-se então o equilíbrio térmico.

Várias propriedades térmicas permitem identificar diferentes comportamentos dos mais diversos materiais, são elas: calor de combustão, calor específico, calor latente e condutividade térmica. A explicação de tais comportamentos requer o uso de modelos físicos que descrevem a matéria e dentre estes modelos destaca-se o cinético-molecular. Este modelo se baseia em três admissões: que a matéria é constituída de moléculas, as moléculas estão em movimento caótico e só há interação entre elas à curta distância. Com estes pressupostos, entende-se os estados físicos da matéria como diferentes formas de organização molecular.

Olhando a matéria e seus estados sob o ponto de vista da energia, no estado gasoso as moléculas têm apenas energia cinética e nos estados líquido e sólido têm energia cinética e potencial em proporções que em cada molécula variam incessantemente. A energia total de todas as moléculas se denomina energia interna  $U$  de uma substância. Portanto, Energia Interna  $U$  não é Calor  $Q$  ou energia térmica.

Como foi apresentado nas seções anteriores, relativas à Mecânica, a variação de energia cinética ou potencial de um corpo é uma medida do trabalho realizado pelo(n) corpo como consequência de processos mecânicos exclusivamente. Sistemas conservativos são aqueles em que a energia mecânica não se altera. Mas os sistemas não são ideais, eles sofrem atrito e resistência do meio onde se encontram, provocando uma diminuição da energia mecânica e um aumento da energia interna. Portanto, pode-se afirmar que a realização de trabalho e a troca de calor são formas de se transferir energia entre corpos.



A primeira lei da Termodinâmica, estabelece o balanço energético de um sistema , em termos de Calor trocado  $Q$ , trabalho realizado  $W$  e variação da energia interna  $U$ .

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W \quad (3.19)$$

Dentre as propriedades térmicas citadas acima, faremos destaque de uma delas que nos interessa mais diretamente neste trabalho e que será utilizada nas discussões do capítulo 6 , trata-se do calor de combustão.

A queima ou combustão é um processo em que há liberação de energia pela reação química de uma substância com o oxigênio. As substâncias produzidas após a queima são diferentes das originais e se formam pelo rearranjo dos átomos que constituem as moléculas da substância em combustão e do oxigênio. Para acontecer este rearranjo de átomos é preciso que se forneça muita energia térmica (Calor) ao sistema de modo a aumentar a energia cinética média das moléculas, que colidirão entre si, recombinando-se para formar outras moléculas. As novas moléculas têm grande velocidade e isto se traduz em um aumento de temperatura, deste modo os gases resultantes da combustão passam a ser fonte de calor.

O calor de combustão tem diferentes valores para diferentes substâncias pelo fato de serem diferentes os valores da energia potencial de interação entre os átomos das moléculas. Quanto maior a energia potencial maior a energia que será transformada em cinética durante a reação. A tabela abaixo traz alguns valores do calor de combustão em kcal/kg para diferentes substâncias.

| <b>Substância</b> | <b>Kcal/<br/>kg</b> |
|-------------------|---------------------|
| etanol            | 6400                |
| lenha             | 2800-<br>4400       |
| óleo diesel       | 10800               |

|                |       |
|----------------|-------|
| metanol        | 4700  |
| carvão vegetal | 7800  |
| gás natural    | 11900 |
| gasolina       | 11100 |
| TNT            | 3600  |
| querosene      | 10900 |

## CAPÍTULO 4

### TRANSFORMANDO ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL EM ENERGIA CINÉTICA

Na primeira parte deste capítulo apresenta-se dois brinquedos que em seu funcionamento envolvem transformação de Energia Potencial Gravitacional em Energia Cinética, são eles: o Carrinho Saltador e o Berço de Newton. Na segunda parte apresenta-se aqueles onde há transformação de Energia Cinética para Energia Potencial Gravitacional, que serão: Desafio do Looping e o Ping-Pong.

#### **4.1 Energia Potencial Gravitacional em Energia Cinética**

**O Carrinho Saltador** : é um brinquedo facilmente achado no mercado e está mostrado na figura 2. Ele consta de uma pista, um elevador , carrinhos e um arco por onde o carrinho poderá passar ao deixar a pista.

Para a montagem do experimento é necessário seguir os passos sugeridos no manual que vem junto com o brinquedo. A pista plástica flexível é presa a uma porta e na sua extremidade superior encaixa-se o elevador que leva manualmente o carrinho até o topo da pista, liberando-o em seguida. Na extremidade inferior , em frente a ela , coloca-se um aro ou anel de papelão por onde o carrinho poderá ou não passar. Esta extremidade pode ficar paralela ao chão ou em ângulo com ele, o que se ajusta facilmente. A figura abaixo mostra a montagem do brinquedo (Figura 2), a altura da rampa no final da pista e o anel em frente desta.



**Figura 2 - Montagem da pista e do elevador do brinquedo - Carrinho Saltador, uma das extremidades da pista fica presa na porta e a outra livre no chão.**

O funcionamento do brinquedo passa pelas seguintes etapas :

1. Colocar o carrinho no elevador.
2. Elevá-lo até o topo puxando a cordinha (Fig. 3).



**Figura 3 - Em vermelho mostra-se o elevador do carrinho e em azul a base de onde o carrinho é abandonado.**

3. Ao atingir a altura máxima, o carrinho é liberado para percorrer a pista iniciando sua descida .
4. Ao termino da pista o carrinho passa pela rampa de lançamento e ocorre o salto.
5. O carrinho poderá ou não passar pelo anel, dependendo da distância anel/pista e da altura que o carrinho foi abandonado.

6. Caso o carrinho não atravesse o anel, a regulagem deverá ser modificada, mudando-se a altura  $d$  da rampa e/ou a distância  $D$  do anel até ela (Figura 4).

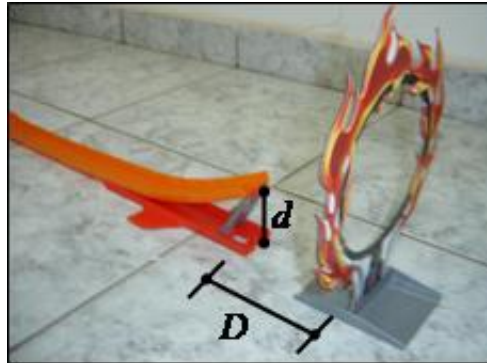


Figura 4 - A extremidade inferior da pista e sua regulagem que permite elevá-la a uma altura máxima  $d$  em relação ao solo. As diferentes alturas ou ângulos com que o carrinho deixa a pista determinam o seu alcance; o aro por onde o carro pode passar é livre para ser posicionado a qualquer distância  $D$  do final da pista.

Quando o carrinho é elevado até a extremidade superior da pista (topo da porta), conforme ele vai ganhando altura vai também armazenando Energia Potencial Gravitacional até que atinja a altura  $h$  em relação ao solo. Após atingir a altura  $h$ , o carrinho é liberado para descer a pista e então vai ganhando a energia de movimento ou Energia Cinética. À medida que ele vai perdendo altura, perde a Energia Potencial Gravitacional e ganha Energia Cinética ficando cada vez mais rápido até atingir o ponto mais baixo da pista. Nesta posição ele encontra uma pequena rampa que o faz saltar podendo atravessar ou não o aro. Os alunos podem variar a posição do aro em relação à rampa e também a altura em que o carrinho é abandonado.

A massa  $M$  do carrinho pode ser aferida em uma balança e a altura  $h$  em que é abandonado pode ser medida com um metro. O produto  $M \cdot g \cdot h$  dará o valor da energia potencial gravitacional do carrinho. Admitindo-se que não há perda por atrito com o ar e a pista, pode-se determinar a velocidade do carrinho ao chegar à rampa. Usando a lei de conservação de energia para o sistema que é o carrinho, tem-se

$$M \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2 \quad (4.1)$$

Com este brinquedo o professor torna mais concreto o estudo das transformações de energia potencial gravitacional em cinética. Em outro contexto, poderá também explorar as questões do movimento em duas dimensões e a independência do movimento em cada uma delas. O estudo do alcance do carrinho, em função da altura que ele é abandonado e da inclinação da extremidade final da pista também pode ser ilustrado e avaliado com este mesmo brinquedo.

**O Berço de Newton** : não é apenas um brinquedo mas também um objeto de decoração. É composto por duas hastes presas em uma base de madeira ou plástico, e nelas estão presos fios de nylon de mesmo comprimento e que sustentam esferas metálicas (um fio de cada lado da haste, ou seja, cada esfera é presa por dois fios de nylon) de mesma massa e volume, como mostra a figura 5 a seguir.



**Figura 5 - Fotografia do brinquedo Berço de Newton**

A interação com o brinquedo e seu “funcionamento” acontece da seguinte maneira: desloca-se a primeira ou a última esfera do conjunto até uma determinada altura  $h$  abandonando-a em seguida. Após a primeira esfera entrar em contato com a segunda, a última esfera inicia seu movimento de subida com a velocidade praticamente igual a da primeira esfera e assim ela consegue subir a uma altura muito próxima de  $h$ , como se ilustra nas figuras 6 e 7. É interessante observar que as demais esferas permanecem em repouso.

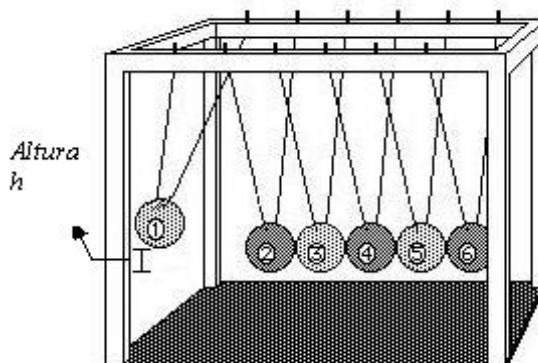


Figura 6 - A elevação da esfera 1 a uma altura  $h$  em relação a posição de repouso das demais esferas.

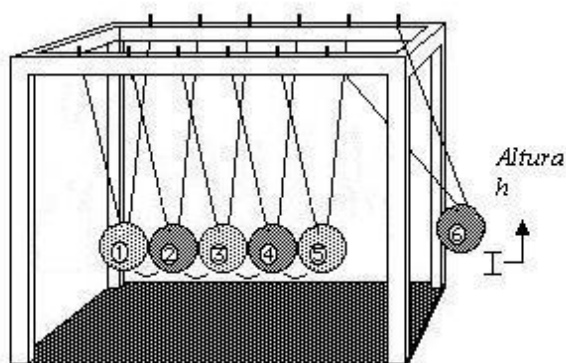


Figura 7 - Na posição de contato da esfera 1 com a 2, a esfera 1 tem energia potencial gravitacional nula ( $h=0$ ) e energia cinética máxima. Esta energia cinética é transferida até a esfera 6, que por ser livre, transforma esta energia em potencial gravitacional, elevando-se à altura  $h$ .

Se ao invés de uma única esfera forem elevadas as duas primeiras até a altura  $h$ , observa-se que as duas últimas esferas vão se deslocar e ganhar altura equivalente a  $h$ .

No início quando se eleva a primeira esfera até a altura  $h$  estamos fornecendo a ela Energia Potencial Gravitacional  $M.g.h$ ; quando ela é solta e vai perdendo altura passa a ganhar velocidade, ou seja, a Energia Potencial Gravitacional é transformada gradativamente em Energia Cinética, até que ao voltar à sua posição inicial junto às demais esferas toda a Energia Potencial Gravitacional é transformada em Energia Cinética. Como esta primeira esfera colide com a segunda, há

transferência de energia cinética e momentum para ela e na sequência para a terceira e assim por diante ,até chegar à última esfera que não possui mais nenhuma outra ao seu lado e então toda essa Energia Cinética é transformada novamente em Energia Potencial Gravitacional elevando-a a altura próxima de  $h$ . O processo se repete, invertendo o sentido de deslocamento das esferas, da primeira para a ultima e da ultima para a primeira. No caso ideal, sem atrito dos fios e esferas com o ar ou dos fios com as hastes de suspensão, o movimento será perpetuado e tanto a altura  $h$  como a velocidade das duas esferas opostas no conjunto , serão sempre iguais. Como há perda de energia pelo atrito, chegará o momento em que as esferas ficarão em repouso, cessando todo o movimento. O fato da ultima esfera atingir uma altura  $h$  equivalente à altura de lançamento da primeira, mostra que ela ganhou praticamente toda a energia e quantidade de movimento da primeira esfera. Deste modo, houve conservação de energia e de quantidade de movimento.

Além de ilustrar e favorecer discussões sobre transformação e conservação de energia, este brinquedo permite explorar também a conservação da quantidade de movimento, o estudo de colisões e o coeficiente de restituição de um corpo ou superfície.

Outros brinquedos permitem entender a transformação inversa à descrita acima, ou seja a transformação de Energia Cinética em Energia Potencial Gravitacional são eles : O Desafio do Looping e o Ping-Pong.

**O Desafio do Looping** : consiste de um carrinho, um disparador de plástico que permite fornecer para o carrinho até sete diferentes velocidades iniciais e uma pista com dois caminhos sendo um deles o looping interno com um raio aproximado de seis centímetros e o outro caminho pelo lado externo ao looping. Segue foto dos elementos que compõem esse brinquedo.





**Figura 8 - A figura mostra em primeiro plano o disparador e em segundo plano os carrinhos e a pista com suas duas possíveis entradas: a entrada preta (que leva ao percurso interno ou looping) e a entrada verde (percurso externo).**

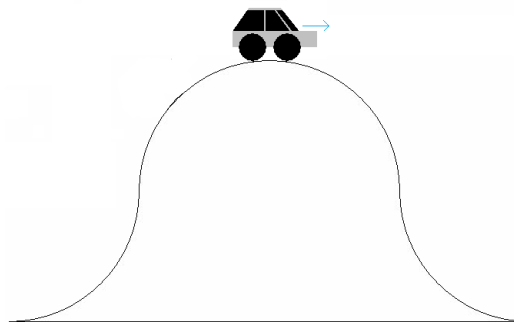
Para o funcionamento deste brinquedo basta encaixar o disparador junto à pista e no seu interior colocar o carrinho. O disparador tem sete dentes que significam diferentes compressões da mola no seu interior e portanto sete diferentes valores da energia potencial elástica. Ao acionar o botão apropriado, libera-se o carrinho em contato com a mola dentada e praticamente toda a energia da mola é transferida para o carrinho na forma de energia cinética.

Pode-se escolher a entrada da pista na qual se colocará o disparador/carrinho. Na figura 8, a entrada preta permite que o carrinho venha a descrever o looping se tiver energia cinética suficiente para tanto. Na entrada verde, o carrinho fará um percurso externo ao looping, que equivale a uma forma semi esférica. Os dois diferentes percursos serão analisados a seguir.

*Caminho externo:* Para que o carrinho complete o percurso externo é necessário que sua Energia Cinética na entrada, seja suficiente para ele chegar ao topo da curva onde essa energia será transformada em Energia Potencial Gravitacional, equivalente a  $Mg(2R)$ , onde  $2R$  é o diâmetro da pista circular. A partir desta situação, a Energia Potencial Gravitacional é transformada em Energia Cinética pois o carrinho vai perdendo altura e portanto ganhando velocidade. Caso a Energia Cinética inicial seja insuficiente, o carrinho

atingirá uma altura menor que  $2R$  e assim retornará pelo caminho que ele veio, invertendo o sentido de sua velocidade .

Como já mencionado anteriormente, Energia Cinética do carrinho é decorrente da Energia Potencial Elástica da mola com a qual ele estava em contato no disparador, sendo assim, cabe ao aluno descobrir qual é o menor nível (dos sete níveis existentes) para o qual o carrinho consiga essa velocidade mínima e assim supere essa altura  $2R$  em relação ao solo de onde foi disparado (figura 8 ). As considerações sobre a altura feitas nestes dois últimos parágrafos, levam em conta que o sistema de referência se encontra na base do looping , como é mostrado na figura 9.

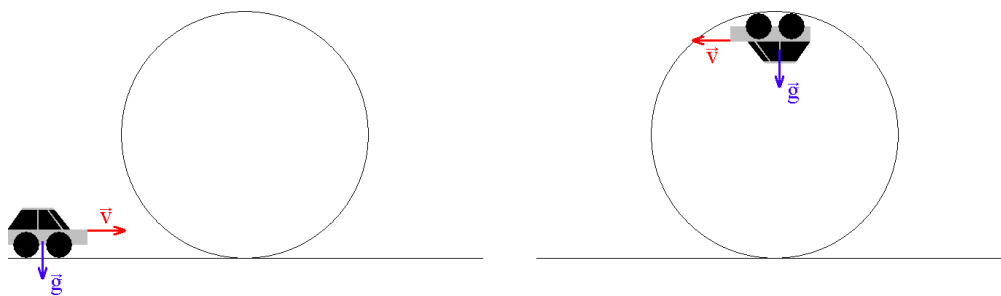


**Figura 9 - O carrinho na sua posição  $2R$  (em relação ao solo) de máxima energia potencial gravitacional.**

*Caminho interno:* O caminho interno corresponde ao chamado “looping” e nesta situação valem as mesmas considerações sobre energia e suas transformações feitas para o caminho externo.

Pode-se destacar , no entanto, que ao descrever o “looping” uma interessante questão pode surgir. Por que o carrinho não cai quando está na parte mais alta do looping ,mas continua o seu movimento até completá-lo? A resposta envolve a análise das forças atuantes no carrinho e para tanto consideremos as figuras 10, 11 e 12.

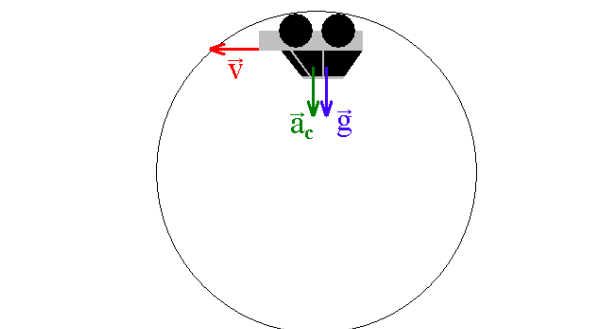
Para facilitar a visualização de alguns vetores sobre o carrinho nestas figuras, utiliza-se a cor azul para representar a direção e o sentido da aceleração gravitacional e a cor vermelha para a direção e o sentido do vetor velocidade.



**Figura 10 - O carrinho se aproximando do looping, e em seguida no ponto mais alto do looping. Os vetores velocidade e aceleração gravitacional são mostrados nas duas posições do carrinho.**

Na parte esquerda da figura acima observa-se o carrinho se aproximando da curva com a velocidade no sentido e direção do movimento e a aceleração gravitacional que está apontando “para baixo”. No ponto mais alto da curva, desenho do lado direito da figura, estes mesmos vetores são mostrados em suas respectivas direções.

Após atingir a curva e começar a percorrê-la, o carrinho começa a sofrer a ação da força centrípeta ganhando portanto aceleração centrípeta (representada na próxima figura por um vetor verde). Essa aceleração tem sempre direção radial em relação a curva descrita pelo corpo e possui o sentido de fora para dentro da curva, como mostrado na figura 11.



**Figura 11 - Vetores velocidade, aceleração centrípeta e aceleração gravitacional na posição  $2R$  do carrinho.**

Força centrípeta é o nome dado à resultante das forças que atuam sobre qualquer corpo em movimento circular uniforme. No topo do percurso interno da pista, duas forças estão agindo sobre o carrinho: a força Peso  $P$  e a força de reação da pista que é a força Normal “ $N$ ” (além da força de

atrito que não é relevante nesta discussão) ,mostradas na figura 12.

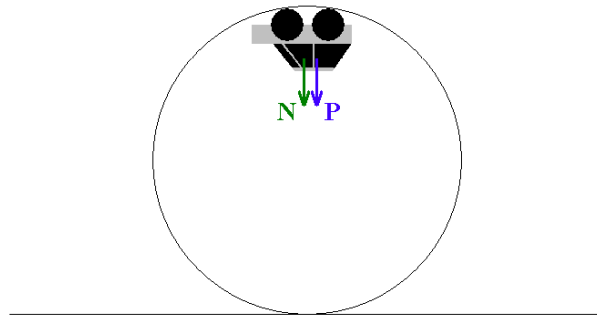


Figura 12 - Representação das forças atuantes no carrinho na posição 2R.

A resultante destas forças é a Força Centrípeta como expressa a relação:

$$\vec{F}_{cp} = \vec{N} + \vec{P} \quad (4.2)$$

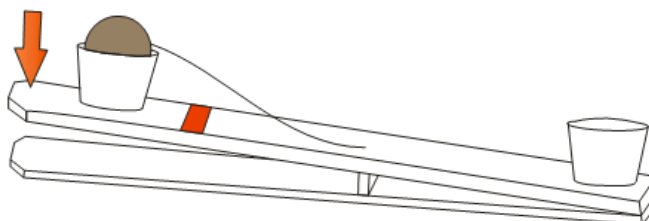
Como P é constante, pois massa do carro e aceleração gravitacional são constantes, a força centrípeta atingirá seu menor valor quando N for nula, o que equivale dizer que o carrinho passa pelo topo sem tocar a superfície da pista apenas acompanhando a sua curvatura. A velocidade neste ponto é mínima e igual a raiz quadrada do produto do raio pela aceleração da gravidade, ou seja,  $v = \sqrt{r \cdot g}$ . Esta é a velocidade mínima que o carrinho precisa ter no topo da curva para não cair e que fornece o valor da sua energia cinética mínima de entrada no percurso interno para executar o looping completo.

**Ping-Pong** : finalizamos com este brinquedo que não possui nenhuma semelhança com o esporte Tênis de Mesa mas sim com uma catapulta: ele é um brinquedo de madeira que possui uma base e uma haste presa a ela. A haste se fixa à base por dois pontos: sua parte central elevada por um apoio e uma das suas extremidades. Em cada extremidade da haste tem-se um copinho e presa ao seu centro encontra-se uma esfera ligada a um barbante, observe a figura 13.



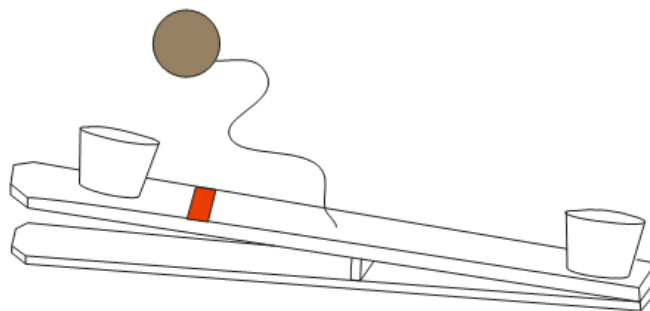
**Figura 13 - O brinquedo artesanal conhecido como “Ping-Pong” ou Catapulta.**

Na sua posição original, antes do manuseio, a esfera de madeira dentro do copo na extremidade livre, tem uma Energia Potencial Gravitacional expressa em termos da sua distância em relação à base do brinquedo. Quando se pressiona esta extremidade de modo a tocá-la na base, a haste armazena energia potencial elástica. A esfera perde energia potencial gravitacional mas ganha com a haste a energia potencial elástica.

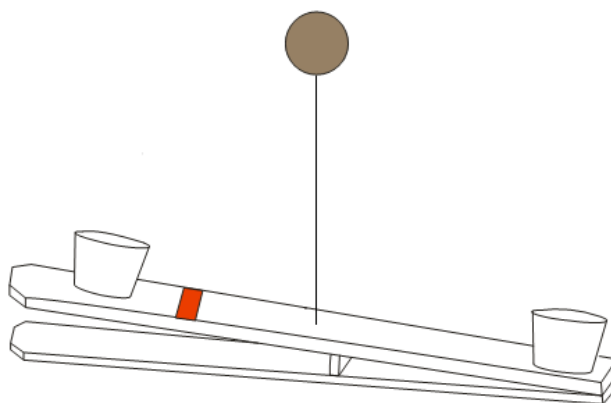


**Figura 14 - Seta vermelha indica o local onde se pressiona a extremidade livre da catapulta de modo a lançar a esfera.**

Ao eliminar a pressão liberando a haste, ela funciona como uma mola que deixou de ser comprimida, e então transfere sua Energia Potencial Elástica para a esfera que ganha movimento e portanto Energia Cinética. Com esta energia ganha, a bola descreve um semi-circulo, pois ela está presa ao barbante, cujo comprimento é calculado de modo que fornecendo-se energia potencial elástica adequada à haste, a bola em movimento venha a cair exatamente no segundo copo. No percurso circular a Energia Cinética aos poucos é transformada em Energia Potencial Gravitacional como consequência do ganho de altura da bola, altura esta limitada ao comprimento do fio ( figura 15 e figura 16).



**Figura 15 - Ilustração da esfera ganhando Energia Potencial Gravitacional à medida que perde Energia Cinética.**



**Figura 16 - A altura máxima que a esfera pode atingir é limitada pelo fio esticado.**

Os brinquedos aqui apresentados não são os únicos que podem ser usados para exemplificar as transformações entre energia cinética e potencial gravitacional. Também o estudo das energias não esgota todas as possibilidades de temas ou tópicos de Física que podem discutidos de forma lúdica com estes brinquedos.

## CAPÍTULO 5

### Transformando Energia Potencial Elástica em outros tipos de energia

Neste capítulo são apresentados quatro brinquedos cujo funcionamento envolve transformação de energia elástica em outros tipos como cinética e potencial gravitacional. Os dois primeiros são bastante conhecidos e de fácil aquisição, enquanto os outros dois foram desenvolvidos com finalidades específicas de ensino de Física. O Astroblaster foi desenvolvido levando-se em conta as observações dos astrônomos quanto ao comportamento das super-novas e o popper foi criado usando um polímero especial que lhe confere propriedades interessantes do ponto de vista da física.

#### 5.1 Energia Potencial Elástica / Energia Cinética

**Estilingue:** As partes que formam esse brinquedo são mostradas na figura a seguir:

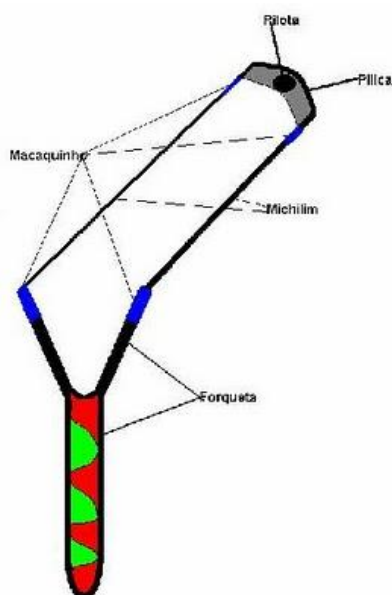


Figura 17 - Desenho do estilingue e suas diferentes partes.

Fonte: <http://estilingueatomico.blogspot.com/2007/04/receita-de-um-estilingue-rs.html> (ACESSO EM 05/02/2011)

Há uma estrutura em forma de um “Y” que recebe o nome de Forqueta, dois elásticos denominados Michilim, um pedaço

retangular de couro e mais alguns pedacinhos de borrachas que são chamados de Macaquinhos.

Estilingues são construídos por crianças e não se requer muita habilidade para tal construção. A Forqueta é feita de galho de árvore em forma de Y, os Michilim podem ser de câmara de ar de pneus de bicicleta ou carro. No pedaço de couro faz-se dois furos ; em cada um deles será presa uma das extremidades do Michilim enquanto a outra extremidade será fixada na Forqueta com o auxílio dos Macaquinhos que podem ser elásticos de prender dinheiro. Para brincar com o estilingue basta segurar a Forqueta com uma das mãos e com a outra esticar o Michilim já com a pedra junto ao couro. Mira-se em algum alvo e solta-se o couro.

Durante o manuseio do brinquedo e a consequente aplicação de força nos Michilim, Energia Potencial Elástica é armazenada nos Michilim deformados e quando se retira a força aplicada eles voltam à configuração não deformada transferindo a energia elástica acumulada para o objeto a ser lançado. Este ganha energia de movimento, que é a Energia Cinética.

**Arco e Flecha** : Este brinquedo comercial simula as armas indígenas é mostrado na figura abaixo.



Figura 18 - Foto do brinquedo comercial arco e flecha.

O brinquedo é composto de um arco plástico com suas extremidades unidas por um barbante, além das “flechas”



plásticas que neste caso são ventosas. Na extremidade oposta das ventosas há um corte perpendicular ao comprimento da vareta para melhor ajustar a “flecha” ao barbante do arco.

Para o manuseio correto do brinquedo segura-se o arco com uma das mãos e com a outra estica-se o barbante, até certa deformação do arco. A seguir solta-se o barbante, liberando a “flecha” para se mover em direção ao alvo escolhido.

Quando se estica o barbante, o arco que está unido a ele e é feito de plástico maleável, sofre uma deformação e assim armazena Energia Potencial Elástica. Como os materiais elásticos tendem a retornar à sua forma original quando se retira a força neles aplicada, o mesmo acontece com o arco. Ao se retirar a força aplicada ao barbante, a energia elástica acumulada no arco é transferida para a flecha que é lançada em direção ao alvo. A energia cinética ganha pela flecha depende da deformação imposta ao arco, quanto maior a deformação maior a energia do movimento .

## **5.2 Energia Potencial Elástica/ Energia Cinética /Energia Potencial Gravitacional**

Apresenta-se nesta seção dois brinquedos distintos nos quais se observa a transformação de Energia Potencial Elástica em Cinética e Potencial Gravitacional. Se após o ganho de Energia Cinética lhes for permitido deslocar livremente, eles atingirão uma altura máxima com posterior movimento de queda livre.

**Astroblaster:** O brinquedo é formado por quatro esferas de silicone presas pelo seu centro em uma haste plástica rígida. A primeira de baixo para cima possui maior volume e massa que as demais e na sequência as outras esferas são cada vez menores em massa e volume. Apenas a esfera situada na extremidade superior da haste pode se soltar dela, diferentemente das outras esferas que ficam sempre presas. A figura abaixo mostra este brinquedo .



**Figura 19 - Foto da astroblaster composto de um eixo e quatro esferas de diferentes massas e volumes.**

Para brincar como o astroblaster, segura-se o brinquedo pela ponta livre da haste, abandonando-o de uma determinada altura  $h$ . É preciso ter cuidado para que o conjunto caia “em pé” sobre o solo, isto é, a haste com as bolas deve se chocar com o solo perpendicularmente a ele. Desta maneira, a bolinha menor que fica na extremidade superior da haste se solta, atingindo uma altura muitas vezes maior do que aquela em que foi abandonada.

Quando o astroblaster colide com o solo, o contato brinquedo /solo é feito pela esfera maior. Esta esfera se deforma elasticamente e ao restituir a sua forma esférica original ela transfere energia elástica para aquelas que estão acima dela e esta energia é transformada em energia cinética da única bola livre do conjunto, que é a última delas. Deste modo, a última bolinha deixa a haste ganhando também energia potencial gravitacional e atingindo uma altura  $H$  muitas vezes maior que  $h$ .

Quando se retira a bolinha menor do conjunto e ela é abandonada da mesma altura  $h$  que no caso anterior (quando ela pertencia ao conjunto), a altura  $Y$  atingida após a colisão como solo é menor do que  $h$ . Portanto, fora do conjunto haste/esferas o comportamento da bolinha livre é diferente. Após a queda e choque com o solo, ela tem inversão da direção do movimento ganhando energia cinética e potencial gravitacional apenas pela deformação elástica sofrida por ela mesma.

Pensando novamente no conjunto de esferas que forma o astroblaster, enquanto o brinquedo está em queda livre, todas as esferas possuem mesma velocidade  $V_0$ . Quando a esfera maior toca o solo ela se deforma e quando volta a sua forma original, devido a Terceira Lei de Newton, ela empurra o chão para baixo que pela reação a empurra para cima. Assim ela sobe com uma velocidade  $V$  encontrando-se com a esfera imediatamente acima dela que está caindo com velocidade  $V_0$ . Essa segunda esfera sobe com uma velocidade de  $2V_0$  e o equivalente acontece com a terceira esfera que sobe com velocidade  $3V_0$ . Por ultimo, a esfera livre é liberada com velocidade  $4V_0$ . Estes valores são calculados utilizando-se valor um para o coeficiente de restituição( caso ideal). Com esta grande velocidade de lançamento, a bolinha ganha uma altura muito maior do que aquela em que se encontrava quando foi abandonada com o conjunto. Portanto, a sua energia cinética foi transformada em potencial gravitacional.

O astroblaster também pode ser utilizado para mostrar que o coeficiente de restituição tem grande influência sobre a velocidade e, portanto sobre a energia cinética de um objeto após a colisão. Baseando-nos no artigo de Marián Kires(2009), reproduziremos os cálculos que demonstram a influencia do coeficiente de restituição no comportamento do astroblaster. O coeficiente de restituição ( $e$ ) de um corpo em colisão com outro é definido como a razão entre as velocidades relativas antes e após a colisão.

Em uma colisão perfeitamente elástica, o coeficiente vale um e quando há algum tipo de dissipação de energia, temos que  $e < 1$ . Para a colisão da primeira bola (massa  $m_1$ ) com o solo, consideraremos que a velocidade do solo antes e depois da colisão é nula, e portanto o coeficiente de restituição é:

$$e = \frac{v_{10}}{v_0} \quad (5.1)$$

Onde  $v_0$  é a velocidade de antes de tocar o solo e  $v_{10}$  é a velocidade no sentido inverso, após a colisão.

Depois da colisão com o solo, a bola de massa  $m_1$  se desloca para cima chocando-se com a bola de massa  $m_2$ . Essa colisão pode ser descrita pela conservação de momento,

atribuindo à esfera  $m_1$  a velocidade  $v_1$  e à esfera  $m_2$  a velocidade  $v_2$ . Deste modo:

$$-m_2v_0 + m_1ev_0 = m_2v_2 + m_1v_1 \quad (5.2)$$

Usando novamente a definição do coeficiente de restituição tem-se que:

$$e = \frac{v_2 - v_1}{v_0(1 + e)}$$

Substituindo esse coeficiente na equação de conservação de momento temos:

$$\frac{v_2}{v_0} = \frac{e(2 + e)m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$$

Como a bola de massa  $m_1$  não pode se movimentar depois da colisão sabemos que  $v_1 = 0$ , e toda a sua energia cinética é transferida para a esfera  $m_2$ . Portanto:

$$em_1 - (1 + e + e^2)m_2 = 0$$

$$m_1 = m_2 \left( 1 + e + \frac{1}{e} \right)$$

$$v_2 = e(1 + e)v_0 \quad (5.3)$$

Para coeficiente de restituição igual a 1 (caso ideal):

$$v_2 = 2v_0 \quad (5.4)$$

Valem as mesmas considerações e os mesmos cálculos para a colisão entre  $m_2$  e  $m_3$ , obtendo-se:

$$v_3 = 3v_0 \quad (5.5)$$

Para as esferas  $m_3$  e  $m_4$ :

$$v_4 = 4v_0 \quad (5.6)$$

Pela conservação de energia, tem-se que a razão entre as velocidades das bolas é proporcional à razão entre as alturas por elas atingidas:

$$\frac{v_4}{v_0} = \sqrt{\frac{h_4}{h_0}}$$

Estas duas relações mostram que a altura atingida pela

esfera menor é 16 vezes a altura em que ela (ou o conjunto) foi abandonada.

A tabela abaixo, retirada do artigo, fornece relações entre diversas grandezas presentes no problema, para diferentes valores do coeficiente de restituição.

| $e$  | $m_1$     | $v_1$     | $m_2$ | $v_2$     | $m_3$     | $v_3$     | $m_4$     | $v_4$     | $h_4$    |
|------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 1    | $3m_2$    | $v_0$     | $m_2$ | $2v_0$    | $0.5m_2$  | $3v_0$    | $0.3m_2$  | $4v_0$    | $16h_0$  |
| 0.75 | $3.08m_2$ | $0.75v_0$ | $m_2$ | $1.31v_0$ | $0.48m_2$ | $1.73v_0$ | $0.27m_2$ | $2.05v_0$ | $4.2h_0$ |

Neste brinquedo, observa-se portanto que na colisão da esfera maior com o solo e também nas consequentes colisões entre as demais esferas, existe troca de energia. O sucesso da troca de energia entre as esferas é descrito em termos do coeficiente de restituição do material do qual elas são feitas.

**Popper:** É uma semi-esfera feita de polímero especial, que pode mudar sua concavidade sob a ação de forças externas aplicadas.



Figura 20 - Foto do brinquedo Popper : uma calota esférica de polímero especial.

Para observar seu comportamento, toma-se o Popper entre as mãos, segurando-o com os quatro dedos do lado de dentro do brinquedo e o dedo polegar sobre o seu ponto central do lado externo. Empurra-se o centro para dentro forçando as bordas para fora de tal forma que o Popper vire “ao avesso”, ou seja, mude a face externa semi-esférica de convexa para côncava. Nesta nova forma, coloca-se cuidadosamente o Popper sobre uma superfície plana qualquer, segundos depois a calota se lança no ar enquanto retoma a forma original.



**Figura 21 - Popper em diferentes posições: na forma cônica convexa e apoiada no solo, após se lançar do solo e na altura máxima com a forma côncava (original) recuperada.**

Inicialmente a força muscular da pessoa deforma a semi esfera dando a ela uma configuração convexa/cônica. A força elástica restauradora traz a forma semi-esférica côncava de volta. Neste processo de restituição da forma original, o Popper “empurra” o solo e este reage exercendo uma força sobre o Popper, lançando-o para cima. Assim energia potencial elástica é transformada em cinética e potencial gravitacional.

Artigo de David Lapp(2008) descreve experiência realizada com o Popper e os cálculos realizados para determinar a velocidade inicial, o tempo de “vôo”, a aceleração do Popper durante seu restauro. Foi avaliada a altura média atingida pelo Popper como sendo 1,25m e a aceleração gravitacional utilizada foi  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

Das equações fundamentais do movimento obtêm-se a velocidade inicial do Popper uma vez que sua velocidade final (no ponto mais alto atingido) é nula:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad \quad (5.7)$$

$$0 = v_i^2 + 2(-9,8 \text{ m s}^{-2})(1,25\text{m})$$

$$v_i = 4,95\text{ms}^{-1}$$

Usando este valor de velocidade inicial, encontra-se o tempo de “vôo” do brinquedo através da equação:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t}$$

$$-9,8\text{m s}^{-2} = \frac{0 - 4,95\text{m s}^{-1}}{t}$$

$$t = 0,505 \text{ s} \quad (5.8)$$

Para o cálculo da aceleração do Popper durante o restauro de sua forma original, considerar-se a distância de um ponto na sua superfície em relação à mesa, nas situações anteriores e posteriores ao restauro. Ela é uma distância equivalente ao seu raio da semi-esfera que é o Popper, ou seja, 1,25 cm:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

$$(4,95\text{ms}^{-1})^2 = 0 + 2a(0,0125\text{m})$$

$$a = 980\text{ms}^{-2} \quad (5.9)$$

Esta aceleração é dez vezes o valor da aceleração da gravidade.

O tempo de restauro é obtido de:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t}$$

$$980\text{m s}^{-2} = \frac{4,95\text{ms}^{-1} - 0}{t}$$

$$t = 0,00505 \text{ s} \quad (5.10)$$

Estes cálculos mostram a importância do restauro à forma original do brinquedo nas suas propriedades pouco comuns, como a aceleração dez vezes a da gravidade. O papel da energia elástica restauradora e sua conversão em outras formas de energia são assim evidenciadas.

## CAPÍTULO 6

### TRANSFORMANDO ENERGIA TÉRMICA EM ENERGIA CINÉTICA

Discute-se neste capítulo a transformação de energia Térmica em energia do movimento, tais como: a Energia Cinética associada ao deslocamento de um barco( Pop-Pop) e a Energia Cinética de Rotação de um objeto(Pássaro sedento) em torno de seu ponto de equilíbrio.

**Barco Pop-Pop:** pelas características de seu funcionamento, geralmente o brinquedo comercial é feito de metal como alumínio ou cobre. Ele tem no seu interior um recipiente para se colocar combustível líquido ou mesmo uma vela de parafina. Há também dois tubos metálicos que se prolongam para fora do barco e em cujo interior corre água aquecida. Em uma das extremidades dos tubos está fixada a caldeira que pode ser vista na figura abaixo, na parte central do barco.



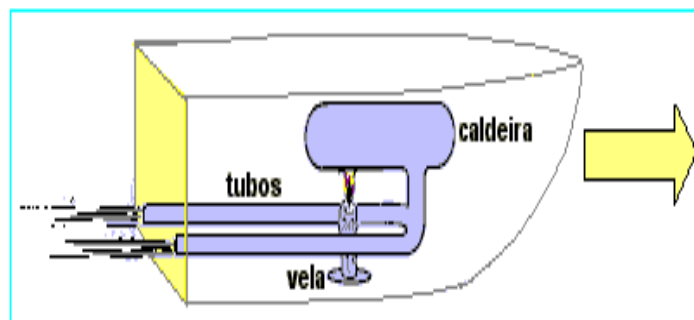
**Figura 22 - Foto do barquinho Pop-Pop comercial.**

Fonte: [http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08\\_39.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_39.asp) (ACESSO EM 15/05/2011)

Para que o barco se locomova é necessário encher a caldeira e os tubos metálicos com água e em seguida colocá-lo num grande recipiente com água. A entrada da água na caldeira deve vencer a força da gravidade e para que isso



aconteça é preciso pegar no barco com a frente voltada para baixo e introduzir água por um dos tubos. O procedimento finaliza quando a água começa a sair pelo segundo tubo, só então coloca-se o barco na água com cuidado para que a água da caldeira não saia. Faz-se a queima da vela ou do combustível líquido e observa-se que o barco em pouco tempo inicia seu movimento pelo recipiente com água. Abaixo se vê um esquema do barco e o lugar onde a vela ou o combustível líquido é queimado.



**Figura 23 - Desenho ilustrativo da caldeira, tubos metálicos e da fonte de calor.**

Fonte: [http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08\\_39.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_39.asp) (ACESSO EM 15/05/2011)

O calor liberado na combustão é transferido para as paredes da caldeira e destas para a água no seu interior. Quando a água é aquecida, parte dela atinge rapidamente o ponto de ebulição transformando-se em vapor que se expande pelos tubos, forçando a água a sair sob a forma de jatos. A água que deixa os tubos do barco “empurra” o meio líquido do recipiente para trás e como reação o meio “empurra” o barco para frente. Desta forma o barco se movimenta. Logo, energia térmica é transformada em energia cinética.

No processo de expansão do vapor a temperatura do vapor diminui e ele condensa conseqüentemente a pressão na caldeira diminui. Esta diferença de pressão, entre exterior do barco e a caldeira, cria uma força capaz de fazer com que esta volte a encher-se de água e o ciclo recomeça novamente.

O barquinho pop-pop é um brinquedo antigo sendo difícil encontrá-lo para a compra. Diversos sites na internet ensinam diferentes construções com materiais alternativos, sucatas, etc.

### ***Pássaro Sedento:***



**Figura 24 - Foto do brinquedo pássaro sedento.**

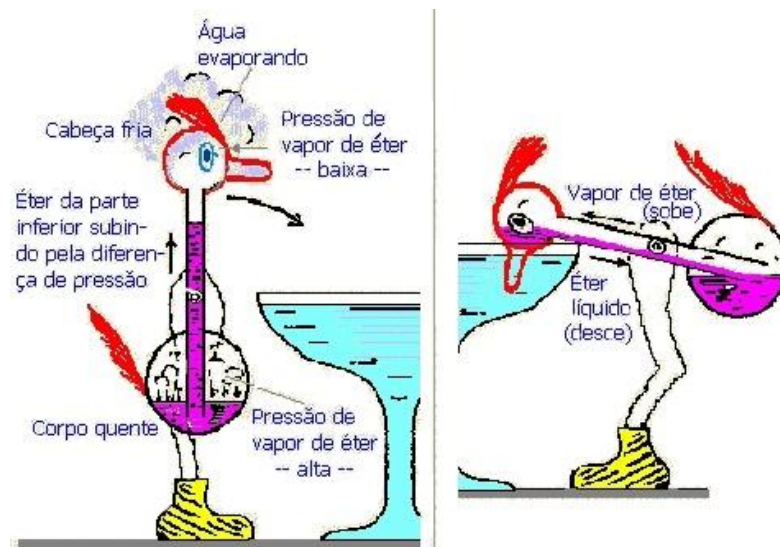
Esse brinquedo de vidro é composto de duas esferas unidas por um tubo, sendo uma ligeiramente maior que a outra. A menor é a cabeça do pássaro e a maior o corpo. No interior do corpo há um líquido de baixa temperatura de evaporação e em equilíbrio com a pressão de seu próprio vapor. Esse vapor também está presente no pescoço e na cabeça. A cabeça do pássaro é coberta por uma camada de feltro que também recobre o bico.

A parte central do brinquedo fica apoiada em duas colunas paralelas que também podem ser suas pernas. Este apoio é tal que o sistema corpo, pescoço e cabeça podem girar livremente quase sem atrito. Em frente ao pássaro coloca-se um copo com água para que ele possa bebê-la.

Para que o pássaro inicie seu movimento pendular, molha-se o feltro com água (ou álcool se a umidade do ar estiver muito alta). Sabemos que o processo de evaporação ocorre em toda superfície molhada e a qualquer temperatura, ao contrário da vaporização que só ocorre a uma dada temperatura característica de cada substância e que também depende da pressão ambiente. Na evaporação as moléculas da substância líquida que estão mais na superfície se desprendem dela com facilidade, bastando receber uma pequena quantidade de calor. No caso do pássaro sedento, seu bico molhado libera

moléculas de água depois de retirar calor do vapor contido na cabeça vítrea. Como o volume do vapor no interior da cabeça permanece inalterado durante o processo, a sua pressão é reduzida e deste modo a pressão do mesmo vapor na parte inferior, que é o corpo do pássaro, fica mais alta. Isto força o líquido do corpo a subir pelo pescoço chegando até a cabeça e nela jorrando. O pássaro apoiado em suas pernas sofre um desequilíbrio, pela nova distribuição de sua massa e oscila, mergulhando o bico e a cabeça na água do copo a sua frente. Na posição horizontal, o vapor e o líquido se redistribuem em todo o pássaro e ele volta à posição vertical inicial, num oscilar constante.

A figura abaixo ilustra o pássaro e os processos envolvidos no seu funcionamento. Neste brinquedo o líquido e o vapor interno é o éter.



**Figura 25 - Ilustração do funcionamento do pássaro sedento.**

Fonte: [http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08\\_01.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_01.asp) (ACESSO EM 27/08/2011)

Este brinquedo se comporta como uma máquina térmica, na qual a transferência de calor do ambiente e da cabeça do pássaro para seu bico molhado resulta em: evaporação, diferença de pressão no interior do pássaro, deslocamento de seu centro de massa, competição entre inércia e a força gravitacional e conseqüentemente um movimento pendular.

## CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho apresentou-se o conceito de Energia Mecânica nas suas formas Cinética, Potencial Gravitacional, Potencial Elástica e as transformações entre elas. Considerou-se também a energia termica - Calor e sua transformação em energia do movimento, translação e rotação.

Pensando em tornar menos abstrato o conceito de energia para alunos do ensino médio e básico, buscou-se no comércio e na observação das atividades de lazer das crianças e jovens, diferentes brinquedos que em seu funcionamento demonstram a transformações de uma forma de energia para outra, levando em conta o princípio da conservação da energia mecânica.

Esta busca de brinquedos e a análise das suas possibilidades de uso, leva-nos a sugerir o uso da ludicidade na pedagogia, ou seja no ensino de Física, visando acrescentar materiais alternativos às aulas formais expositivas de Física e Ciências. Atividades utilizando brinquedos para ensinar tópicos ou temas de Física, podem gerar uma maior participação e interesse dos alunos, uma vez que são inerentes a ela o manuseio, a observação e o questionamento, quesitos fundamentais em todo processo de aprendizagem.

Como consideração final, registra-se o pensamento de Thomaz (2000) sobre a aquisição do conhecimento

*“..o conhecimento tem como origem uma pergunta, logo acreditamos que o primeiro movimento de uma atividade experimental precisa ser o questionamento. Esse questionamento é uma forma de problematizar o conhecimento dos alunos referente ao conteúdo estudado na atividade experimental. Assim a atividade experimental pode gerar a explicitação do conhecimento dos alunos, conhecimento que não precisa necessariamente se reduzir à dimensão conceitual, mas pode abarcar procedimentos, valores e atitudes ”*

## REFERÊNCIAS:

ALVES, D. R. S.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. M. **A educação não formal no Brasil: uma análise das considerações finais em revistas da área de Ensino de Ciências**. Paraná, 2010

BRUNER, J. ***The Process of Education***. Cambridge: Harvard U.P., 1961.

CARUSO, F., CARVALHO, M. & SILVEIRA, M.C. **Uma Proposta de Ensino de Divulga-lo de Ciências através dos Quadrinhos**: Rio de Janeiro, CBPF, Ciência & Sociedade, CBPF-CS-008/02, dezembro de 2002.

CHINELLIL M. V.; PEREIRA G. R.; AGUIAR L. E. V. **Equipamentos interativos: uma contribuição dos centros e museus de ciências contemporâneos para a educação científica formal**. Rio de Janeiro, fevereiro 2009.

CRANE, R., “**How the things work: then pop pop boat**”, *The Physics Teacher*, 35, 1997

DIB, C. Z. **Professor de Física na Educação Não-Formal e o Novo Papel do Livro-Texto**. Gramado, 1992.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **LIÇÕES DE FÍSICA DE FEYNMAN**, volume I; Ed Bookman. Porto Alegre. 2008

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **LIÇÕES DE FÍSICA DE FEYNMAN**, volume II; Ed Bookman. Porto Alegre. 2008

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **LIÇÕES DE FÍSICA DE FEYNMAN**, volume III; Ed Bookman. Porto Alegre. 2008

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários á pratica educativa**; Ed Paz e Terra. 2003

GASPAR, A. **Física: mecânica**. São Paulo: Ática, 2000. V. 1

GASPAR, A. **Física: mecânica**. São Paulo: Ática, 2000. Volume único.

GRAF, **Leituras de Física, física térmica**. São Paulo. 2006

GRAF, **Leituras de Física, mecânica**. São Paulo. 1998

GRAF, **Leituras de Física: Mecânica para ler, fazer e pensar**. São Paulo: V. 1

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: mecânica**. V1. Ed LTC. 2006

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. V2. Ed LTC. 2006

<http://estilingueatomico.blogspot.com/2007/04/receita-de-um-estilingue-rs.html> (ACESSO EM 05/02/2011)

<http://mundodasnoticias.net/dicas-para-comprar-o-seu-carro/> (ACESSO EM 31/05/2011)

[http://pt.wikipedia.org/wiki/James\\_Prescott\\_Joule](http://pt.wikipedia.org/wiki/James_Prescott_Joule) (ACESSO EM 25/01/2011)

[http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08\\_01.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_01.asp) (ACESSO EM 27/08/2011)

[http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08\\_39.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_39.asp) (ACESSO EM 15/05/2011)

[http://www.imagensdahora.com.br/clipart/cliparts\\_path/2236/guindaste\\_01/](http://www.imagensdahora.com.br/clipart/cliparts_path/2236/guindaste_01/) (ACESSO EM 31/05/2011)

<http://www.manualdearqueiria.kit.net/> (ACESSO EM 05/02/2011)

<http://www.mundoeducacao.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm> (ACESSO EM 27/01/2011)

KIREŠ, M., **Astroblaster — a fascinating game of multi-ball collisions**, Physics Educations, p.159-164, March 2009

KISHIMOTO, T. M. (Org.); **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**; São Paulo: Cortez, 1999.

LAPP, D. R., **Exploring ‘extreme’ physics with an inexpensive plastic toy popper**, Physics Educations, p.492-493, September 2008

LOURENÇO, S. R. **Gás Natural: Perspectiva e Utilização**. São Paulo, fevereiro 2003

NASCIMENTO, T. G.; JUNIOR, M. F. R. **Uma análise de Tendências em Eventos de Ensino de Ciências e Física.**

NUSSENZVEIG M. H; **Curso de física básica.** V1. Ed Edgard Blucher. 2002.

PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança.** Rio de Janeiro, Zahar, 1978.

PIMENTEL, E. C. B.; VERDEAUX M. F. S. **A Física nos brinquedos: o brinquedo como recurso instrucional no ensino da terceira lei de Newton,** em [www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/.../T0438-1.pdf](http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/.../T0438-1.pdf), (ACESSO EM 03/08/2011)

SALÉM, S.; KAWAMURA M. R.. **Banco de Referências de Ensino de Física.**

TESTONI, L. A., SANTOS, M. L.. **Histórias em Quadrinhos e o Ensino de Física: uma proposta para o ensino sobre inércia.** Jaboticabal: 2004. Trabalho apresentado ao X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF, 2004.

TIPLER, P. A., **Física,** Mosca, Gene, volume I; Ed LTC. 2000

TIPLER, P. A., **Física,** Mosca, Gene, volume II; Ed LTC. 2000

TIPLER, P. A., **Física,** Mosca, Gene, volume III; Ed LTC. 2000

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1991.

WINNICOTT, D.W. **A Criança e seu Mundo.** Rio de Janeiro: Zahar, 1979.

ZOLLMAN, D. A. **Teaching and Learning Physics with Interactive Video.** Website: <http://www.phys.ksu.edu/perg/dvi/pt/intvideo.html>, 2002.