



CONSERVAÇÃO DA ENERGIA: VÍDEO, EXPERIMENTAÇÃO E SIMULAÇÃO PARA O AMBIENTE ESCOLAR

Salézio Francisco Momm

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.
Orientador: Prof. Dr. Oswaldo de Medeiros Ritter

Florianópolis
Outubro de 2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Momm, Salézio Francisco

Conservação da energia: vídeo, experimentação, e simulação
para o ambiente escolar / Salézio Francisco Momm ;
orientador, Oswaldo de Medeiros Ritter - Florianópolis, SC,
2016.

120 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e
Matemáticas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física.

Inclui referências

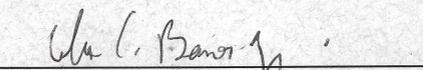
1. Ensino de Física. 2. Conservação da energia. 3.
Experimentação. 4. Simulação. I. Ritter, Oswaldo de
Medeiros. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Título.

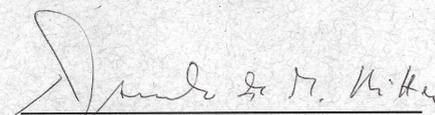
Conservação da energia: Vídeo, experimentação e simulação para o ambiente escolar.

Salézio Francisco Momm

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de **MESTRE EM ENSINO DE FÍSICA**, aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, nível Mestrado Profissional.

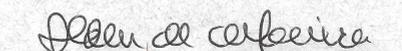

Prof. Dr. Oswaldo de Medeiros Ritter
(UFSC - orientador)


Prof. Dr. Celso de Camargo Barros Jr.
(UFSC/FSC - Coordenador do Programa)


Prof. Dr. Oswaldo de Medeiros Ritter
(UFSC - presidente)


Prof. Dr. Wagner Figueiredo
(membro titular) - UFSC/FSC


Prof. Dr. Nilton da Silva Branco
(membro titular) - UFSC/FSC


Prof. Dr. Ildeu de Castro Moreira
(membro externo) - UFRJ

Dedico esta dissertação à minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer o auxílio, a paciência, o apoio, o incentivo e o entendimento que a minha família – Angelita, a esposa, Inácio, Anna e Beatriz, os filhos-proporcionou ao longo desses dois anos de abdições.

Agradeço ao Professor Oswaldo de Medeiros Ritter pela paciência e pela colaboração durante o planejamento e execução do projeto.

Agradeço aos demais professores que colaboraram de uma forma ou de outra para o meu crescimento pessoal e/ou profissional.

Agradeço a toda equipe da Escola de Educação Básica Governador Ivo Silveira que sempre apoiou e proporcionou a aplicação do projeto nesse distinto ambiente escolar.

Agradeço ao Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, em especial ao Chefe do Departamento e amigo Professor Paulo Rodrigues Machado que possibilitou o desenvolvimento do curso e a sua conclusão.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente puderam proporcionar e colaborar com todo esse processo construtivo.

A todos o meu sincero muito obrigado.

RESUMO

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA: VÍDEO, EXPERIMENTAÇÃO E SIMULAÇÃO PARA O AMBIENTE ESCOLAR

Salézio Francisco Momm

Orientador:

Prof. Dr. Oswaldo de Medeiros Ritter

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Neste trabalho apresentamos um conjunto de materiais versando sobre energia e sua conservação, dado o papel fundamental deste conceito para a ciência moderna. Este conjunto é composto por vídeos, experimento para demonstração e/ou investigação, simulação e texto. Foi desenvolvido visando uma apresentação didática contextualizada e motivadora para ser aplicada em sala de aula.

Palavras-chave: Ensino de Física, Conservação da Energia, Experimentação, Simulação.

Florianópolis
Outubro de 2016

ABSTRACT

ENERGY CONSERVATION: VIDEO, EXPERIMENTATION AND SIMULATION FOR SCHOOL ENVIRONMENT

Salézio Francisco Momm

Supervisor:

Prof. Dr. Oswaldo de Medeiros Ritter

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This work presents a set of materials about energy and its conservation, considering the important role of this concept in modern science. This set of materials is formed by videos, experiments for demonstration and/or investigation, simulation, and text. This research was developed in order to make a contextualized and motivating didactic presentation to be applied in the classroom.

Keywords: Physic teaching, energy conservation, experimentation, simulation.

Florianópolis
October of 2016

Sumário

Capítulo 1- Introdução	15
Capítulo 2- Referencial teórico	19
Capítulo 3- A energia ao longo da história.....	23
Capítulo 4- A conservação da energia.....	33
Capítulo 5- A transposição didática	49
Capítulo 6- O projeto.....	59
Capítulo 7- Resultados do projeto	73
Capítulo 8- Considerações finais.....	81
Apêndice A- Autorização da escola	85
Apêndice B- Produto do mestrado	86
Apêndice C- Listas de exercícios	91
Referências Bibliográficas	117

Capítulo 1

Introdução

Vive-se em um mundo que constantemente sofre modificações. Tais mudanças geram, para toda a sociedade, uma necessidade de readaptação, e tais readaptações se fazem necessárias, pois com as mudanças, os diversos segmentos sociais, muitas vezes, assumem novos papéis, com diferentes perspectivas.

Nos dias atuais, com a globalização da economia, percebe-se uma mudança significativa na sociedade. Cada vez mais dentro do ambiente familiar, temos pais e mães envolvidos com atividades remuneradas e desta forma, observamos que seus descendentes permanecem, em muitos casos, mais tempo nos ambientes escolares que em sua própria casa, na companhia de seus familiares. Assim, Pietrocola (2001, p.11) nos diz que

“Ela (a escola), como instituição social, incumbe-se de boa parte da tarefa de transmissão das formas de entendimento culturalmente estabelecidas em determinado momento histórico. Todo tipo de conhecimento sistematizado socialmente, ou seja, que transcende o dito *senso comum* fica a cargo da escola. Ela tem, como um de seus papéis, a função de sistematizar a transmissão das experiências coletivas passadas bem-sucedidas e adaptá-las às necessidades atuais, visando preparar as futuras gerações para enfrentar o mundo de hoje.”

Percebe-se nitidamente que tais instituições sociais, e entre elas está a escola, precisaram e continuam precisando passar por mudanças para que possam exercer com excelência o seu papel social. O conservadorismo que hoje observa-se na instituição escolar faz com que prevaleçam metodologias ultrapassadas e desestimulantes para os alunos. Embora exista no ambiente escolar um caráter conservador, cabe ao educador

tentar modificar tal situação, propondo novas formas, criativas e estimulantes, de transmissão do conhecimento.

Não se pode negar totalmente os resultados da escola tradicional, mas é imprescindível que sejam inseridas novas práticas pedagógicas no ambiente escolar para que seja oportunizada aos nossos educandos uma maior motivação para o ato de aprender. Também é desejável que as aprendizagens adquiridas possam estar relacionadas com a vida cotidiana, dotando o aluno de recursos para entender e interagir com o meio que o cerca.

Buscando oferecer uma possibilidade de mudança no que tange ao ensino de física na educação básica, propõe-se um trabalho que continua usando, em alguns momentos, o modelo tradicional de ensino, mas vai além, quando traz para a sala de aula vídeos com cunho pedagógico, que visam não somente informar, mas estimular o desejo de aprender. Também propõe-se experimentos de baixo custo com o objetivo de incrementar o alcance pedagógico. Tais experimentos poderão ser usados pelo professor, tanto como um momento de descoberta pelo aluno da relação entre as variáveis envolvidas ao longo do conteúdo, bem como para comprovar as suas conclusões, se as mesmas forem apresentadas em um primeiro momento.

É impossível negar que uma grande parcela dos jovens de hoje está cada vez mais conectada a um mundo virtual. Para muitos passar horas a fio na frente de uma tela de TV ou computador é algo corriqueiro. Nesses momentos muita informação é passada e pouca formação é alcançada. Pensando nisso, foi possível trazer para o ambiente educacional o uso de simulação que atrai a atenção dos educandos, apresentando aos mesmos a possibilidade de, através da TV ou do computador, também conseguir instrução para o seu dia-a-dia.

Enquanto o projeto ia se desenhando, houve a necessidade de fazer a escolha de um assunto a ser abordado no mesmo. Pensando dentro dessa perspectiva, restrita ao ambiente escolar, o PCN-FIS (parâmetros curriculares nacionais da disciplina de física) prevê que

“O vasto conhecimento de Física, acumulado ao longo da história da humanidade, não pode estar todo presente na escola média. Será necessário sempre fazer escolhas em

relação ao que é mais importante ou fundamental, estabelecendo para isso referências apropriadas. A seleção desse conhecimento tem sido feita, tradicionalmente, em termos de conceitos considerados centrais em áreas de fenômenos de natureza física diferentes, delimitando os conteúdos de Mecânica, Termologia, Ótica e Eletromagnetismo a serem abordados (BRASIL, 1998, p. 4). ”

Tentando auxiliar o professor de física a resolver e orientar tal seleção de conteúdo a ser abordada no ensino médio, o PCN-FIS propõe o estudo de seis grandes grupos ao longo dos três anos letivos do ensino médio, com o objetivo de diversificar e homogeneizar os conteúdos que serão abordados e proporcionar uma visão geral da física. Tais frentes de trabalho se subdividem em:

“F1 Movimentos: variações e conservações
F2 Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia
F3 Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações
F4 Som, Imagem e Informação
F5 Matéria e Radiação
F6 Universo, Terra e Vida (BRASIL, 1998, p. 19).”

Dentro dessa perspectiva, e buscando auxiliar o professor que está em sala de aula com novas possibilidades de ensino e aprendizagem, o tema proposto nesse projeto tem o intuito de promover alternativas para abordar o conceito de energia e sua conservação no ambiente escolar. Nessa perspectiva, a conservação da energia se enquadraria simultaneamente na frente F1- movimentos: variações e conservações- e na frente F2- calor, ambiente, fontes e usos de energia- citadas anteriormente, atendendo a critérios dos parâmetros curriculares nacionais.

Outra justificativa, importante para a escolha do tema, está associada à importância do mesmo no estudo das ciências da natureza. Qualquer processo que ocorre ao nosso redor deve

ocorrer com o gasto de energia. Tal energia teve que obrigatoriamente ter sido retirada de alguma fonte e será transformada em outras formas de energia o tempo todo.

Como exemplos do nosso cotidiano, verificamos que ao ligarmos um chuveiro o mesmo irá transformar energia elétrica em energia térmica. A mesma transformação ocorre em um ferro de passar roupas ou em uma secadora de roupas. Para colocar um carro em movimento o mesmo precisa transformar a energia térmica liberada pela queima do combustível em energia cinética, ou seja, energia associada ao movimento. Enquanto você está lendo esse texto o seu corpo está queimando moléculas de energia (ATP) para transformá-las em movimento através dos seus músculos e fazer as ligações nervosas entre os seus sentidos e o seu cérebro.

Como nos diz a lei de conservação da energia, ela “não pode ser criada nem destruída apenas transformada de uma forma em outra, ou seja, a quantidade de energia total permanece constante.”

Perceba que tais observações feitas anteriormente podem ser utilizadas na biologia, química, medicina, engenharia, ou seja, em todos os ramos da ciência, ou se preferir, em todos os eventos que nos rodeiam.

Tem-se convicção que o projeto pode contribuir para uma melhoria no processo ensino-aprendizagem tanto por parte do professor que tem dificuldades em fazer recortes em um livro didático que muitas vezes é inadequado à realidade, bem como fazer com que o estudante tenha a oportunidade de estar sendo apresentado a outras tecnologias com cunho pedagógico que estão presentes no seu dia-a-dia.

Tudo isso tem o objetivo principal de fazer com que o processo ensino-aprendizagem possa melhorar significativamente, aliando os conteúdos curriculares previstos com inovações educacionais para que todos os envolvidos, docentes e discentes, possam se tornar mais participativos e que os mesmos venham a se sentir parte integrante de todo esse processo escolar.

Capítulo 2

Referencial teórico

A educação é um direito fundamental e é essencial para o exercício da cidadania, nos diz a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). Tendo em vista tão nobre objetivo, pretende-se fazer um esforço para que o educando tenha acesso a uma educação integral que lhe permita buscar o exposto acima em toda a sua plenitude.

Uma educação integral é aquela que engloba em suas concepções, práticas e ações, todas as dimensões e níveis de consciência do ser humano. Dessa forma, o processo ensino-aprendizagem deve buscar não apenas privilegiar os aspectos cognitivos, mas envolver também aspectos associados à afetividade, às atitudes e à sociabilidade.

Assim sendo, a educação deve proporcionar uma construção de conhecimentos de forma crítica e significativa, tentando não promover uma educação mecânica e reprodutora, para que o estudante, enquanto futuro cidadão, possa intervir de maneira consciente na sociedade na qual está inserido. Com esse pensamento estamos trabalhando para possibilitar às pessoas criarem as ferramentas necessárias para garantir o seu próprio crescimento, bem como de todos a sua volta através de um desenvolvimento sustentável.

Como a atual sociedade exige que tais aspectos sejam levados em consideração dentro do ambiente escolar, faz-se necessário uma abordagem pedagógica diferenciada para que esses novos objetivos sejam alcançados.

Dentro dessa perspectiva, buscamos como porto seguro a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. A aprendizagem significativa nada mais é que o processo através do qual um novo conhecimento se relaciona de maneira não arbitrária e não literal à estrutura cognitiva do aluno, promovendo mudanças na sua estrutura cognitiva, como nos diz Silva (2014).

Promover mudanças efetivas na estrutura cognitiva das pessoas não é tarefa fácil. Muitas vezes o processo educacional se resume, para os alunos, em um momento no qual grava-se na memória momentaneamente as respostas que devem ser apresentadas no momento certo para atender as exigências do

processo avaliativo, conseguir a nota desejada para, posteriormente, tudo ser apagado da memória.

De acordo com a teoria de Ausubel, o profissional da educação deve, a priori, buscar conhecer a realidade na qual o estudante está inserido. Quando o educador possui tal conhecimento, torna-se mais fácil propor situações através das quais o aluno sinta-se envolvido, com o objetivo de tornar o tema interessante ao mesmo, fazendo com que ele possa expor as suas ideias, ou pelo menos, questionar-se internamente sobre aquilo que ele conhece sobre o tema que está sendo abordado. Sentindo-se envolvido, acredita-se estar motivando o mesmo e dessa forma o nível de atenção às aulas aumenta. Mas esse é apenas o primeiro passo para uma aprendizagem significativa. Segundo Moreira (1999, p.152) as

“Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos. “

Esse conhecimento prévio do aluno sobre um determinado tema é chamado por Ausubel de subsunçor. O cérebro é uma estrutura complexa que usa os subsunçores para ancorar novos conhecimentos e promover a mudança cognitiva do educando. Convém ressaltar aqui que muitas vezes esses subsunçores estão lá, porém não vem sendo usados pelos alunos e, se estimulados da maneira certa, podem ser acessados para que o processo ensino-aprendizagem se desenvolva. Para atingir esse objetivo sugere-se o uso de organizadores prévios. Estes organizadores visam despertar tais conhecimentos adormecidos, para que possam servir de ponto de partida para a construção do novo conhecimento. Podemos usar como organizadores prévios textos, filmes, esquemas, desenhos, fotos, perguntas, entre outras possibilidades. Caso não existam os subsunçores, faz-se necessário construí-los para que possa haver a aprendizagem.

Dessa forma o conhecimento que o aluno já trazia da sua experiência pessoal passa a ter novos significados e estes por

sua vez, são produtos da aprendizagem significativa. Silva (2014, p.42) nos diz que “no processo de assimilação, tanto a nova informação quanto a ideia ou conceito inicial se modificam, surgindo um novo conceito”.

Dentro dessa perspectiva, o conteúdo programático precisa sempre se associar a outros anteriormente vistos ou que estejam presentes no conhecimento prévio do aluno dentro da sua interação com o mundo a sua volta, conforme descrito anteriormente.

Todo esse processo ensino-aprendizagem se torna efetivamente significativo quando o profissional da educação consegue fazer com que o novo conhecimento se agrupe com as estruturas que já estavam presentes na memória do aluno. Dessa maneira, o conhecimento prévio do aluno ganha novos significados e somente dessa forma eles serão fixados por um tempo maior na sua memória. Teremos alcançados dessa forma a aprendizagem significativa.

Tendo alcançado tal objetivo, criamos um novo subsunçor que servirá de ponto de partida para um novo processo ensino-aprendizado.

Caso tal processo não ocorra, temos uma grande possibilidade de que todo o conhecimento tenha sido adquirido pelo aluno de forma mecânica e, dessa forma, o mesmo provavelmente será esquecido dentro de pouco tempo. Ocorrendo isso, o processo se quebra e novos conteúdos que dependam desse ponto de partida provavelmente não serão assimilados de maneira adequada pelo aluno. Moreira (1999, p.154) afirma que

“a aprendizagem mecânica (ou automática) como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva... O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos.”

Tendo por base o exposto anteriormente o trabalho tem por objetivo fazer com que o educando adquira ao longo do

processo um conhecimento que seja significativo, para que o mesmo, no momento oportuno da sua vida, possa acessar a essa memória e faça as escolhas de maneira adequada usando os conceitos científicos adequados à solução dos problemas que porvir surjam.

Capítulo 3

A energia ao longo da história

Uma parte significativa do conhecimento humano que hoje adquirimos vem sendo debatido e organizado oficialmente desde o século VI a.C. com o surgimento dos primeiros filósofos nas colônias gregas da Jônia, Ásia menor. Segundo Oliva (2003), tal busca sempre esteve associada à necessidade de saciar a curiosidade intelectual e à de ter algum tipo de controle sobre a ambiência. Não podemos negar que, anterior a esse fato histórico, os egípcios já haviam desenvolvido a construção das pirâmides e para tal feito, exigiu-se cálculos precisos em sua época. Os egípcios também desenvolveram a sua própria escrita e tudo isso feito a 4000 a.C.. Por sua vez os sumérios inventaram a sua primeira “calculadora”, o ábaco, em torno de 2500 a.C..

Esses primeiros filósofos fizeram, por exemplo, previsões de eclipses, cálculos da distância de navios em relação à costa, construção de mapas terrestres, invenção do relógio de sol, entre tantas outras contribuições para o conhecimento humano.

Nessas civilizações antigas, os fenômenos da natureza (da *physis*), eram descritos de forma qualitativa e não de forma quantitativa. Por mais que nesse período já houvesse o conhecimento de uma linguagem matemática, os filósofos limitavam-se a fazer descrições dos fenômenos naturais que observavam, sem ser um objetivo associar tais observações a qualquer simbologia matemática. Segundo Bunge (1974) esses pensadores escreveram livros interessantes e duradouros pois se ocupavam com problemas autênticos, originais e de envergadura.

A princípio, na antiguidade, era muito comum justificar os fenômenos naturais através de razões mitológicas ou de divindades. Os desastres naturais (tempestades marinhas, deslizamentos costeiros, terremotos) eram atribuídos a Poseidon, a invenção do fogo e da astronomia a Hermes. No século V a.C. a explicação sobre a formação da matéria envolvia a combinação dos quatro elementos- água, ar, terra e fogo- e tal ligação só acontecia por razões místicas. Essas razões místicas estavam associadas ao amor e amizade quando os elementos se uniam

ou ao ódio e inimizade quando se separavam, como descreve Ornellas (2006).

Anaxágoras de Clazômena, ainda no século V a.C. começa a busca por algo diferente para explicar tais fenômenos. Surge nesse momento o uso do termo “*nuos*”, que autores associam à “energia”. O “*nuos*” está associado a algo que proporcione a estruturação, ligação ou modificação das infinitas variedades de meios materiais. Vemos assim a primeira tentativa de buscar uma justificativa para a forma com que os componentes se agregam.

No século IV a.C. surge Aristóteles. Para ele, além dos quatro elementos, existe um quinto elemento, o éter, que permeia o universo permitindo aos corpos celestes um único tipo de movimento cíclico, estável e permanente. Nesse mesmo período surge a palavra grega “*energeia*” (que deu origem à sua forma latina energia) que traz como significado, ato, que expressa força, algo que atua, que transforma, que movimenta. A “*energeia*” faz alusão à realidade, à perfeição, a Deus, à efetivação do ser, um estado estacionário, um aprimoramento do ser, um lugar natural a todo ser. Aristóteles associa o movimento dos quatro elementos a uma busca do seu lugar natural.

Após um grande período de aceitação da teoria aristotélica, na idade média Tomás de Aquino começa a repensar tais conceitos vigentes até então através de um racionalismo matemático. A divergência entre as ideias de Aristóteles e de Tomás de Aquino está associada à ideia aristotélica de que todo movimento exige a ação de uma força (motor) que está em contato permanente com o objeto que está em movimento, ao passo que, para Tomás de Aquino tal ideia necessitaria de uma cadeia infinita de agentes para os movimentos.

Outro crítico da teoria aristotélica foi o monge Roger Bacon. Para ele a força era algo que se propagava no espaço do mesmo modo que raios de luz. Concebia também a ideia de que os corpos celestiais se mantinham interligados através de uma rede de ações recíprocas, sendo chamadas de “virtudes celestiais”.

Constatamos que até aqui os conceitos de força e energia continuam bem diferentes daqueles que temos como verdadeiros hoje e ainda não há uma definição clara do que é força e do que é energia. Inicialmente temos a contribuição de

Simon Stevinus que percebeu que em um sistema de polias o produto dos pesos de corpos suspensos através de polias pelos seus respectivos deslocamentos possuíam o mesmo valor. Fica dessa forma estabelecida a conservação da variação da energia potencial gravitacional como conhecemos hoje, porém sem existir o uso de tal denominação. Logo após as ideias de Stevinus, Galileu Galilei, estudando o equilíbrio dos líquidos para tratar do problema do sifão, reforça as ideias de Stevinus. O próprio Galileu, nos seus últimos dias de vida, estabelece a ideia que corpos descendo planos inclinados de mesma altura, chegam ao solo com a mesma velocidade. Tal descrição contribui para o conceito atual de que o trabalho realizado por uma força conservativa é independente do caminho escolhido entre o seu ponto de partida e de chegada, em um movimento vertical. A este último confere-se a instituição de uma metodologia de análise científica, pois passou a se valer da razão e do uso da matemática para descrever fenômenos naturais, diferentemente de Aristóteles que privilegiava uma análise qualitativa e um empirismo observacional.

Descartes, por sua vez, introduz o termo quantidade de movimento, referindo-se a esta quantidade como um efeito de uma força atuando sobre um corpo em movimento. Descartes usava como princípio filosófico o racionalismo clássico que está centrado na razão humana e na capacidade que o ser humano possui de estabelecer a verdade e de modelar a natureza. Porém foi Isaac Newton, em 1687, quem estabeleceu o conceito de quantidade de movimento como temos hoje. Enquanto Newton definiu a quantidade de movimento como sendo o produto entre a massa e a velocidade do objeto, Descartes usava a quantidade de movimento como sendo o produto do volume do corpo pela sua velocidade. Em 1668, estudando a colisão de corpos, John Wallis demonstrou a conservação da quantidade de movimento.

Em 1669 Cristian Huygens mostrou que em uma colisão elástica o que se conservava era a soma dos produtos das massas pelo quadrado da velocidade. Nesse momento Leibniz, aluno de Huygens, introduz a “*vis viva*” (força viva) que expressa o produto da massa pela velocidade ao quadrado (mv^2). Percebe-se aqui algo muito próximo do que se tem hoje para a energia cinética.

Daniel Bernoulli, filho de John Bernoulli, fazendo uso do formalismo matemático, apresenta a conservação da energia mecânica (cinética mais potencial). Fazendo uso da conservação da força viva de Leibniz, conseguiu chegar a um teorema relacionado ao escoamento dos fluidos em tubos horizontais, denominado princípio de Bernoulli. Posteriormente seu pai, John Bernoulli, generaliza as ideias do filho, levando em consideração o escoamento do fluido não somente na horizontal, mas também na vertical, passando a considerar a variação da energia potencial gravitacional que seu filho a priori não considerou.

Em 1743, D'Alembert publica o "*Traité de Dynamique*" que põe fim nesse tema controverso entre as definições de Descartes e Leibniz. Um corpo sob ação de uma força leva um certo tempo para percorrer uma determinada distância e, usando o seu efeito no tempo e no espaço, D'Alembert, a partir da lei de movimento de Newton ($\vec{F} = m\vec{a}$), mostra que a medida da força se faz através da variação da quantidade de movimento cartesiana [$\vec{F}t = \Delta(m\vec{v})$]. Por outro lado, usando a ideia de Leibniz, o produto da força pelo deslocamento está associado à variação da "força viva" produzida.

Desse modo, a variação da quantidade de movimento cartesiana está associada à força exercida sobre um corpo, durante certo tempo, e a variação da "*vis força*" de Leibniz está relacionada com a força atuando sobre um corpo ao longo de determinada distância [$F_x X = \Delta(mv^2)$].

Olhando com atenção a última equação reconhecemos o teorema do trabalho como é visto atualmente, ou seja, o trabalho ($F_x X$) é igual a variação da energia cinética [$\Delta(mv^2)/2$]. Assim, Kuhn (2011, p. 109 e 110, apud GOMES p. 425 e 426) nos diz que

"[...] essa nova concepção dinâmica do conceito de trabalho não foi realmente empregada e difundida antes de 1819-1839, quando recebeu plena expressão nas obras de Navier, Coriolis, Poncelet e outros. Todos eles se ocupavam da análise de máquinas em movimento. Disso resulta que o trabalho – a integral da força em relação à distância – foi seu parâmetro conceitual fundamental.

Entre outros resultados típicos e significativos dessa reformulação estavam a introdução do termo “trabalho” e de unidades para a sua mensuração, a redefinição da vis viva como $\frac{1}{2} mv^2$, a fim de preservar a propriedade conceitual da medida do trabalho, e a formulação explícita da lei de conservação em termos da igualdade entre o trabalho realizado e a energia cinética gerada...”

No ano seguinte, Euler, na busca pelo desenvolvimento do princípio da mínima ação, usa o nome de “*vis potentialis*” ao que hoje conhecemos como energia potencial. Em 1788, Lagrange publica o livro mecânica analítica (“*Mecanique Analytique*”) e através dele, dentro da nossa visão atual, conseguimos perceber a diferença entre força e energia.

A mecânica clássica de Euler/Lagrange é consolidada no início do século XIX juntamente com as contribuições de Hamilton, Jacob, Poisson, Poincaré, fazendo com que muitos problemas de natureza mecânica fossem resolvidos. Mesmo havendo a clara distinção entre o que é força e o que é energia, ainda se mantinham os nomes de força viva cinética e força viva potencial.

Thomas Young é a pessoa de consenso entre muitos autores a quem credita-se usar pela primeira vez a palavra energia, na terminologia científica, para denotar uma expressão matemática (mv^2). Isso aconteceu em 1807 e está registrado em uma coletânea das conferências proferidas por ele na *Royal Institution* em “*A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts*”. Porém, a energia cinética da forma com que conhecemos hoje, ainda difere por um fator $\frac{1}{2}$.

O estudo das máquinas simples teve uma grande contribuição no desenvolvimento da lei de conservação da energia. Durante os experimentos percebe-se que, ao usar sistemas de polias, temos velocidades diferentes na corda que é puxada e no objeto que está sendo suspenso. Além dessa diferença, a distância que cada corda percorria também era diferente. Mas acreditava-se que qualquer eventual vantagem mecânica que pudesse aparecer deveria vir acompanhada de uma compensação.

Entre as contribuições, podemos citar Galileu Galilei que ao colocar dois planos inclinados, um em frente ao outro, percebia que o objeto que descia um plano inclinado, jamais alcançava a mesma altura do outro lado. Isso só seria verdade se, ao longo do caminho, não houvesse uma ação de retardamento. Por exemplo, enquanto estudava o movimento nos planos inclinados, Galileu afirma que, independente do ângulo de inclinação do plano, tendo o objeto em uma dada altura iniciado um movimento com velocidade nula, ao passar por pontos de mesma altura, as velocidades são as mesmas, mantendo-se a condição de não haver dissipação ou ação de retardamento ao longo do movimento.

A busca pelo moto-perpétuo e a conclusão experimental que isso seria algo impossível, ajudou no conceito de conservação da energia.

A revolução industrial, na busca por novas tecnologias que fizessem com que as máquinas produzissem cada vez mais com o menor consumo de energia, foi talvez a principal motivação para o avanço e desenvolvimento da lei da conservação da energia. O francês Lazare Carnot, aluno de d'Alembert, participando de um concurso promovido pela Academia Real de Ciências de Paris, escreveu um ensaio que envolveu experiências sobre atrito, princípios das máquinas em geral, máquinas simples em equilíbrio e máquinas em movimento. Ao final de uma demonstração presente em seu trabalho, Carnot escreve a equação $2MpH=MV^2$, tendo definido as variáveis envolvidas como, Mp o peso, H a altura e V a velocidade, como descreve Gomes (2015). Tal equação hoje nos permite calcular, por exemplo, a velocidade com que um objeto atinge o solo no caso de queda a partir do repouso de uma determinada altura, mas em sua época era associada a “força viva” e “momento de atividade” ou “momento de ação”.

A pessoa que substitui o nome de “momento de atividade” para trabalho é Gaspard Coriolis, isso em 1829 na sua obra *“Du calcul de l'effet des machines”*.

Mas à medida que o tempo passa, outras áreas da física começam a se interessar por estudos envolvendo eletricidade juntamente com o magnetismo (Oersted), afinidade química (a bateria de Alessandro Volta) e calor (Seebeck e Peltier) que, nas mentes de Faraday e Grove, deveriam estar de alguma forma,

possuindo uma causa em comum, embora tal relação ainda não estivesse clara.

Mayer em 1842 escreveu um artigo intitulado “Observações sobre as forças da natureza inanimada”. Para Mayer o que o mesmo chamou de “força” começava a ter características diferentes daquelas que até então eram adotadas por Newton, d’Alembert, Leibniz ou Descartes. Para ele essa “força” era indestrutível e mutável, permitindo que fosse transferida de um objeto para o outro. Dentro dessa perspectiva, e analisando movimentos, Mayer começa a avaliar dois corpos atritados que após um certo tempo cessam o movimento. O mesmo percebe que a “força” não pode ter desaparecido e começa a acreditar que essa “força” é a responsável pelo calor que aquece as partes à medida que o movimento vai acabando. De maneira análoga, Mayer começa a pensar na queda de um corpo, quando atinge o solo. Nessa situação, a “força” simplesmente desaparecia (não observava aquecimento, nem outro corpo em sua proximidade entrando em movimento como em uma colisão) e ele começa a não aceitar isso, a se questionar, pois parecia estar faltando alguma coisa nessa situação, já que a “força” não poderia ter sido destruída.

Gomes (2015) nos diz que Mayer admite que a “força de queda”, o “movimento” e o “calor” “[...] são diferentes formas de uma mesma coisa, mas que essa coisa – a ‘força’, em abstrato – não é propriamente nenhuma dessas três coisas”. Mayer (1842 *apud* MARTINS, 1984, p. 93) se questiona:

[...] de quão grande seja a quantidade de calor correspondente a uma determinada quantidade de força de queda de movimento. Por exemplo, podemos determinar a que altura devemos erguer um determinado peso acima do solo da Terra para que seu poder de queda seja equivalente ao aquecimento de um igual peso de água de 0° a 1°C [...]

O próprio Mayer (1842 *apud* MARTINS, 1984, p. 93-94) responde a essa importante questão com o seguinte raciocínio:

“Pela aplicação das leis estabelecidas às relações de calor e volume dos gases encontra-se que o abaixamento do mercúrio que comprime um gás iguala-se à quantidade de calor liberada pela compressão e segue-se daí – sendo o índice de proporcionalidade das capacidades [térmicas] do ar atmosférico sob pressão constante e sob volume constante = 1,421, que o abaixamento de um peso de uma altura de aproximadamente 365 m corresponde ao aquecimento de um igual peso de água, de 0° a 1°. Compara-se com estes resultados as realizações de nossas melhores máquinas a vapor, e ver-se-á que apenas uma parte medíocre do calor aplicado sob a caldeira se transformou realmente em movimento ou erguimento de carga; e isto pode servir como justificação para a procura de outra forma vantajosa de produção de movimento, ao invés do desperdício da diferença química entre C e O, a saber: pela transformação da eletricidade, produzida por meios químicos, em movimento.”

Percebe-se aqui que Mayer começa a buscar uma explicação plausível para a transformação da “força” de uma modalidade para outra. Tal descrição envolve estudos sobre os gases, o calor e o efeito mecânico. A expansão de um gás no vácuo acontece sem mudança de temperatura, ao passo que, se a mesma expansão ocorresse contra uma pressão, a temperatura decresceria. Dessa forma, Mayer está dizendo que existe uma relação entre o calor e o efeito mecânico observado, no caso a expansão do gás.

James Prescott Joule, filho de cervejeiros, e que devido a problemas de saúde foi instruído em casa por tutores como Dalton, nunca fez faculdade, porém quando assumiu a cervejaria dos pais, aos 15 anos de idade, começou a buscar solução para melhorar a eficiência dos motores elétricos. Em 1840 publicou um trabalho onde descreveu o que hoje conhecemos como o “efeito Joule”, tendo obtido uma relação entre o calor e a eletricidade. Joule começou a concluir que o calor era produzido

pela passagem da corrente elétrica e não pela existência de aquecimento devido a pontos sob temperaturas diferentes ao longo do circuito, fazendo com que o mesmo fosse transportado de um ponto mais quente para um ponto mais frio, o que poderia explicar o aquecimento do circuito. Concluiu isso a partir do momento em que usando uma bobina e um ímã se deslocando em seu interior (precursor do dínamo moderno) também aparecia aquecimento no sistema.

Em 1845 Mayer e Joule publicam trabalhos sobre o equivalente mecânico do calor. Joule continuou aprimorando os seus estudos até chegar ao seu clássico experimento. Kelvin, ao ouvir uma apresentação de Joule em 1847, ficou impressionado com o seu trabalho e quando entrou em contato com o mesmo, iniciou uma amizade de 40 anos. Tal relacionamento promoveu o trabalho de Joule, pois Kelvin tinha prestígio junto à academia. Joule, assim como Mayer, admitia que a “força” não podia ser destruída.

Kelvin foi a primeira pessoa a trocar a palavra “força”, que incomodava a tantos, pela palavra energia. Rankine, logo em seguida, propôs o uso das palavras energia mecânica, que logo se separou em “energia mecânica do tipo estática” (potencial ou latente) e “energia mecânica do tipo dinâmica” (atual ou sensível). Kelvin aceitou os termos energia potencial e energia cinética, respectivamente.

Capítulo 4

A conservação da energia

Vamos começar esse capítulo analisando o movimento de queda de um objeto a partir do alto de um edifício. Na Física, para analisar um movimento precisamos definir um referencial. Uma vez definido o sistema de referência, escolhemos um sistema de coordenadas. O sistema de coordenadas define o sentido positivo das grandezas e a origem, isto é, o ponto em relação ao qual medimos as posições e os deslocamentos. Dessa forma, as grandezas positivas terão o mesmo sentido do respectivo eixo e as grandezas negativas terão o sentido oposto. O marco zero do referencial adotado aqui será o solo e o seu sentido positivo será do solo para o alto do edifício. Observe a figura a seguir.

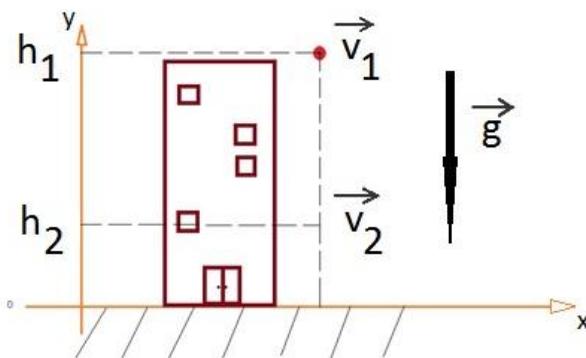


Figura 4-1

O objeto está iniciando o movimento do ponto h_1 , com uma velocidade v_1 , indo de encontro ao ponto h_2 , onde alcançará uma velocidade v_2 . Tal movimento acontece porque próximo da superfície terrestre os objetos ficam sujeitos à aceleração da gravidade g , decorrente da força gravitacional da Terra. Devido ao sistema de coordenadas de referência adotado anteriormente, essa aceleração será negativa.

Levando em conta essas informações na equação de Torricelli, que faz parte das equações associadas ao movimento uniformemente variado, obtemos:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2(-g)(h_2 - h_1)$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2g(h_1 - h_2).$$

(4-1)

De maneira análoga, vamos analisar o movimento de descida de um plano inclinado perfeitamente liso (sem atrito). Observe a figura a seguir.

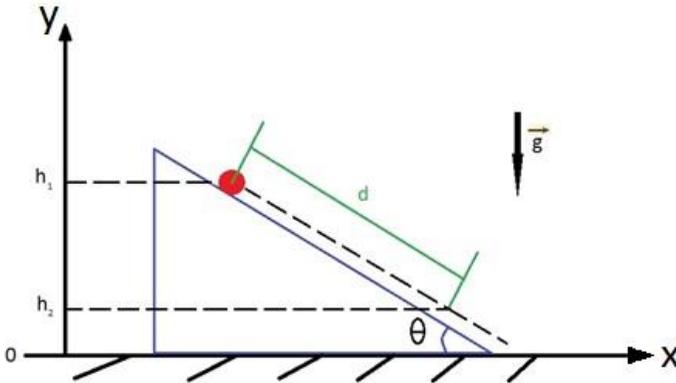


Figura 4-2

O objeto ao descer o plano inclinado percorre uma distância d . Como o movimento ocorre numa direção paralela ao plano, a aceleração do objeto não é a mesma do exemplo da queda do objeto do alto do edifício. É necessário nesse momento fazer a decomposição da aceleração da gravidade e levar em consideração apenas a componente que efetivamente promove a variação da velocidade no movimento em questão. Fazendo isso, chegamos à conclusão que a aceleração que devemos usar é $a = g \sin \theta$. Assim sendo, fazendo a devida substituição na equação de Torricelli citada anteriormente, obtemos:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ad$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2dgsen\theta.$$

(4-2)

Mas vamos analisar o triângulo retângulo a seguir.

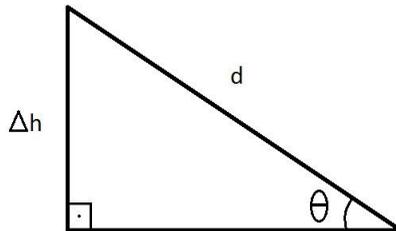


Figura 4-3

Aplicando as relações trigonométricas nesse triângulo retângulo, obtemos:

$$sen\theta = \frac{\Delta h}{d}$$

$$\Delta h = dsen\theta.$$

Levando em consideração que o movimento é descendente, podemos escrever:

$$\Delta h = h_1 - h_2$$

$$h_1 - h_2 = dsen\theta.$$

Substituindo essa informação na Equação (4-2), obtemos:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2g(h_1 - h_2).$$

(4-3)

Podemos observar que a Equação (4-1) é idêntica à Equação (4-3). Analisando várias situações similares em que a força gravitacional atua, percebe-se que a trajetória não influencia no movimento de descida do objeto. Dessa forma, tal equação pode ser usada na análise do movimento de um skatista em uma pista de skate, ou no movimento de um pêndulo simples. Observe as figuras a seguir.

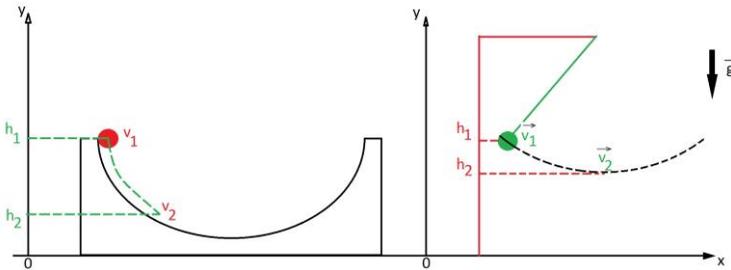


Figura 4-4

Pensando nos casos analisados até aqui, podemos afirmar que a força peso apresenta algumas características importantes, pois independentemente do caminho adotado para ir de h_1 para h_2 , obtemos rigorosamente o mesmo resultado (Equação (4-1) ou Equação (4-3)).

Fazendo manipulações algébricas nas equações (4-1) ou (4-3), chegamos a:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2g(h_1 - h_2)$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2gh_1 - 2gh_2$$

$$v_2^2 + 2gh_2 = v_1^2 + 2gh_1.$$

Vamos multiplicar toda a equação pela variável m e dividir por 2, e dessa forma obtemos:

$$\frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 = \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1.$$

(4-4)

Percebe-se que $\frac{mv^2}{2} + mgh$ é uma grandeza constante ao longo dos movimentos avaliados. Independentemente do caso podemos afirmar que o seu valor permanece imutável em qualquer ponto ao longo da queda de um corpo do alto de um edifício até o chão, ou ao longo da descida de um plano inclinado perfeitamente liso, ou ao longo do movimento de uma pista de skate ou no movimento de um pêndulo simples.

Analisemos outra situação simples: um bloco numa superfície sem atrito sofre a influência de uma força constante paralela a essa superfície. Observe a figura a seguir.

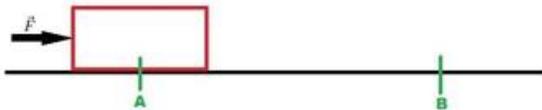


Figura 4-5

Imaginemos que no instante em que a força começa a ser aplicada o bloco já tinha uma velocidade constante v_1 . A força age durante um certo tempo no mesmo sentido do movimento. Quando a força aplicada deixa de agir o bloco tem uma velocidade v_2 e percorreu uma distância horizontal d . Nesse caso, usando a equação de Torricelli vamos obter:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ad.$$

Mas

$$a = \frac{F}{m},$$

logo,

$$v_2^2 = v_1^2 + 2\frac{F}{m}d.$$

Podemos reescrever essa expressão como

$$Fd = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2. \tag{4-5}$$

Dois aspectos sobressaem imediatamente: a) o termo $\frac{1}{2}mv^2$ aparece novamente e é chamado de energia cinética (E_c), uma forma de energia associada ao movimento da partícula; b) Aparece o produto Fd . Esse produto aparece em muitas situações e é chamado de trabalho realizado pela força F constante aplicada na direção do deslocamento d . O trabalho é tanto maior quanto maior for o deslocamento ou a força que o realiza.

Podemos, observando a equação acima, conceituar energia como a capacidade de realizar trabalho.

Voltando ao nosso primeiro exemplo (Equação (4-4)), vimos que, além da energia cinética apareceu o termo mgh . Essa forma de energia depende só da posição em que o bloco se encontra e chama-se energia potencial gravitacional (U). A Equação (4-4) mostra que a energia mecânica total (E) de um objeto de massa m à altura h com velocidade v , na vizinhança da superfície terrestre é dado por:

$$E = E_c + U$$

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + mgh.$$

(4-6)

Esta energia mecânica (desprezando a resistência do ar) se conserva e é igual à soma da energia cinética com a potencial.

Ainda em referência à Equação (4-5), conhecemos esse resultado como o teorema trabalho-energia e, embora tenha sido obtido numa situação simples, vale em qualquer situação física mais geral. Vimos que no caso em que a força aplicada tem o mesmo sentido e direção que o deslocamento, o trabalho é igual à variação da energia cinética.

Vamos generalizar o conceito de trabalho para uma força variável ainda em uma dimensão. O valor desse trabalho realizado sobre uma partícula, por uma força F_x , quando a partícula se move de x_1 para x_2 , pode ser obtido como a área sob a curva do gráfico F_x versus x , entre x_1 e x_2 .

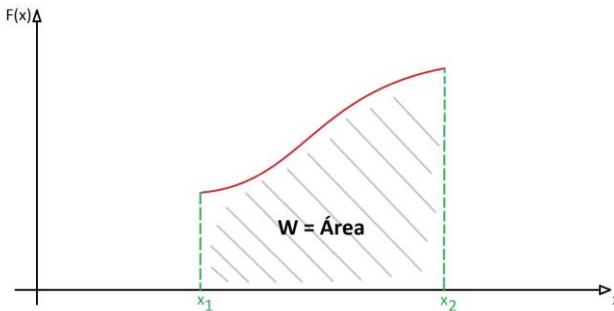


Figura 4-6

Para calcular a referida área, aplicamos a seguinte equação:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F dx.$$

As dimensões do trabalho são as da força vezes distância. No Sistema Internacional de unidades (SI), tal unidade é definida como Joule (J). Pensando nas unidades fundamentais, podemos escrevê-la da seguinte forma:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ kgm}^2\text{s}^{-2}.$$

Como aplicação, no caso de uma força variável em uma dimensão, podemos pensar no caso de uma massa presa a extremidade de uma mola. No caso de não haver qualquer deformação, a força da mola sobre o bloco é nula (ver figura 4-7).

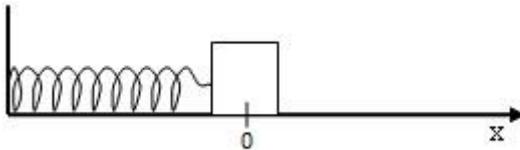


Figura 4-7

Quando a massa está em movimento aparece uma força feita pela mola sobre a mesma. Tal força obedece a Lei de Hooke:

$$F = -kx.$$

Percebemos que existe uma dependência do valor da força (F) com a elongação da mola (x). Entende-se como elongação da mola a distância que a mola é comprimida ou esticada, tendo como referência a posição quando a mola está livre. À medida que a massa se desloca, o valor da força também se altera. Quanto mais queremos afastar a massa da posição zero (posição de equilíbrio da mola), maior será a força necessária para isso. A constante k nada mais é que a constante elástica da mola. O sinal negativo que se faz presente à frente da equação da Lei de Hooke, refere-se ao fato da força F que a mola faz ser uma força restauradora. Lembrando que a força e o deslocamento, nesse caso, possuem a mesma direção, e

aplicando a definição de trabalho, para irmos de x_1 para x_2 , obtemos:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} (-kx)dx.$$

Como k é uma constante, podemos escrever:

$$W = -k \int_{x_1}^{x_2} xdx.$$

Resolvendo a integral, chegamos a:

$$W = -k\left(\frac{x_2^2}{2} - \frac{x_1^2}{2}\right),$$

ou

$$W = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}.$$

(4-7)

Como por definição o trabalho está associado a uma quantidade de energia, a parcela $\frac{kx^2}{2}$ é definida como a energia potencial elástica da mola.

De maneira análoga podemos aplicar a definição de trabalho a uma força constante. Vamos analisar o movimento de queda dos corpos. Observe a figura 4-1.

Nessa situação, desprezando a resistência do ar, a força responsável para que o objeto saia, por exemplo, de h_1 e vá para h_2 , é única e exclusivamente a força peso (\vec{P}) e a mesma é definida como sendo $\vec{P} = m\vec{g}$, sendo m a massa da partícula e \vec{g} a aceleração da gravidade. O referencial adotado na situação

acima faz com que a aceleração gravitacional seja negativa por ser oposta ao sentido positivo do referencial. Aplicando a equação geral do trabalho, para ir de h_1 para h_2 , obtemos:

$$W = \int_{h_1}^{h_2} P dy.$$

Substituindo a definição da força peso:

$$W = \int_{h_1}^{h_2} m(-g) dy,$$

sendo a massa e a aceleração gravitacional, independentes da variável y (altura), podemos escrever:

$$W = -mg \int_{h_1}^{h_2} dy.$$

Fazendo o cálculo da integral, obtemos:

$$W = -mg(h_2 - h_1),$$

ou

$$W = mgh_1 - mgh_2.$$

(4-8)

Como já foi dito anteriormente, o trabalho está associado a uma quantidade de energia e, nesse caso aparece a energia potencial gravitacional.

Uma outra situação que será analisada é o caso de um movimento horizontal unidimensional sob ação de uma força resultante.

A força resultante sobre uma partícula é, pela 2° lei de Newton, expressa da seguinte forma:

$$\vec{F}_r = \frac{d\vec{p}}{dt},$$

sendo:

\vec{F}_r a força resultante atuando sobre a partícula;

\vec{p} a quantidade de movimento da partícula, sendo definida como o produto da massa pela velocidade da partícula ($m\vec{v}$);

$\frac{d}{dt}$ a derivada temporal.

Aplicando todas essas considerações à definição do trabalho, podemos escrever:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} \vec{F}_r \cdot \vec{dx}.$$

Como \vec{F}_r e \vec{dx} possuem a mesma direção (movimento unidimensional):

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_r dx.$$

Substituindo a relação pertinente à 2ª lei de Newton, obtemos:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} \frac{dp}{dt} dx.$$

Como $p = mv$, obtemos, para m constante:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} m \frac{dv}{dt} dx.$$

Mas a diferencial de x é:

$$dx = v dt,$$

logo:

$$W = \int_{t_1}^{t_2} m v \frac{dv}{dt} dt,$$

onde a massa foi tomada como constante, $x(t_1)=x_1$ e $x(t_2)=x_2$.

Com uma mudança de variável pertinente, obtemos:

$$W = m \int_{v_1}^{v_2} v dv,$$

onde $v(t_1)=v_1$ e $v(t_2)=v_2$.

Resolvendo-a, obtemos:

$$W = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Obtemos assim uma generalização do teorema trabalho-energia cinética para o caso de uma força qualquer variável, no movimento unidimensional. Esse teorema é geral e podemos enunciá-lo na forma: O trabalho realizado pela força resultante atuando sobre uma partícula é igual à variação da energia cinética entre as posições inicial e final.

Em decorrência das Equações (4-7) e (4-8), percebemos que:

$$W_{x_1 \rightarrow x_2} = -\Delta U. \tag{4-9}$$

Sendo que na Equação (4-7) temos a energia potencial elástica e na Equação (4-8) a energia potencial gravitacional. Desta forma, forças como $F=-mg$ e $F=-kx$, que podem ser

associadas a uma função escalar, chamada energia potencial (através de um gradiente dessa função escalar), chamam-se forças conservativas, pois nesses casos a energia mecânica é conservada.

A partir deste momento vamos analisar o movimento que acontece em um plano inclinado sem atrito. O objetivo de ser sem atrito é para garantir que o sistema seja conservativo. No caso do plano inclinado sem atrito, a força resultante que atua no movimento é a componente da força peso na direção paralela ao plano inclinado. Força peso é uma força conservativa, como foi visto anteriormente.

Tendo essa garantia, e observando a figura 4-2, podemos analisar o movimento do corpo ao longo do plano inclinado. Saindo de uma altura h_1 e terminando em uma altura h_2 , podemos calcular o trabalho da força peso, usando a equação que definimos anteriormente:

$$W = mgh_1 - mgh_2.$$

Ao descrever o movimento ao longo do plano inclinado, foi desprezado o atrito e, portanto, a força resultante é a componente da força peso sendo possível utilizar o teorema da energia cinética deduzido anteriormente:

$$W = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Ao analisar com um pouco mais de cuidado essas duas equações, percebemos que os dois trabalhos envolvem o cálculo do trabalho da força peso e, dessa forma, podemos igualar as duas equações, da seguinte maneira:

$$W = \Delta E_c$$

$$W = -\Delta U$$

$$-\Delta U = \Delta E_c$$

$$mgh_1 - mgh_2 = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Não existe qualquer impedimento de colocar em um lado da igualdade as parcelas de índice “1” e do outro lado da igualdade as parcelas de índice “2”. Ao fazer isso chegamos a seguinte igualdade:

$$mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} = mgh_2 + \frac{mv_2^2}{2}.$$

Usando as definições anteriormente estabelecidas, podemos concluir que somando a energia potencial gravitacional com a energia cinética no ponto de altura “1” e efetuando o mesmo cálculo no ponto de altura “2”, obtemos um valor constante. Ao olhar a equação com um pouco mais de atenção, podemos afirmar que tal valor é constante e não depende do ângulo do plano inclinado, podendo ser aplicado, por exemplo, em uma queda livre, ou em qualquer outra trajetória, mantendo-se as características descritas anteriormente (sistema conservativo). Essa igualdade é conhecida como lei de conservação da energia mecânica.

A energia mecânica é, nos sistemas analisados, a soma das energias potenciais com a energia cinética. Dessa forma, analisando um sistema conservativo, a energia mecânica em um determinado ponto da trajetória será rigorosamente a mesma em qualquer outro ponto da trajetória.

Respeitadas as condições do problema, tal lei de conservação estende-se a toda física, seja o sistema macro ou microscópico, clássico ou quântico. Tais princípios estão entre as leis físicas mais fundamentais.

Tal lei de conservação está associada a propriedades de simetria de sistemas físicos. A simetria em um sistema físico

ocorre quando, ao efetuarmos nele uma operação, a propriedade em questão permanece inalterada.

No caso da lei de conservação da energia mecânica tem uma simetria por translação temporal do sistema, e isso nos permite escrever:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt}(T + U) = 0,$$

sendo:

E a energia mecânica, que é a soma da energia potencial mais a energia cinética;

T a energia cinética;

U a energia potencial.

Capítulo 5

A transposição didática

Faz-se necessário uma adequação didática para que o referido conteúdo possa vir a ser aplicado no ambiente escolar. A esse processo damos o nome de transposição didática.

Nessa perspectiva a transposição didática estabelece três níveis distintos de saberes. Num primeiro nível temos o saber sábio. Esse nível de conhecimento é aquele presente nos trabalhos dos cientistas ou intelectuais, sendo a forma de entendimento da realidade. Tal entendimento é apresentado à comunidade através de artigos, teses e dissertações que trazem consigo uma formatação muito peculiar à comunidade na qual o cientista está inserido. O principal objetivo desse nível de conhecimento é fazer parte do acervo da humanidade.

Um outro nível de conhecimento na transposição didática é o saber a ensinar. Nesse estágio encontramos os livros-textos e os manuais de ensino. Esse material tem o objetivo de fazer com que o saber sábio se torne acessível aos futuros profissionais da área.

Mas existe ainda um outro nível, o saber ensinado. Esse é o conhecimento que efetivamente é apresentado aos alunos. Nesse momento temos presente a influência sobre o professor do ambiente escolar. Aqui temos a influência da direção da escola, dos pais, dos alunos, dos supervisores e orientadores escolares e responsáveis pelas instituições de ensino.

Dentro dessa perspectiva, tentando ajudar o professor nessa tarefa, trazemos um texto intermediário que simplifica um pouco o capítulo anterior, traz outros pontos de vistas, e possibilita a construção de subsídios para uma futura intervenção do profissional de educação no produto final apresentado, ou quem sabe, a criação de um outro produto que o mesmo julgue ser mais adequado à realidade escolar na qual está inserido.

Pelo teorema trabalho-energia, o trabalho realizado pela força resultante é igual à variação de energia cinética que é adicionada ou retirada do sistema.

Pode-se imaginar um objeto deslocando-se na horizontal e em linha reta, saindo de um ponto “A” e indo para um ponto “B”. Vamos supor que, durante esse movimento está sendo

utilizada uma força de intensidade “ F ” que também é horizontal e tem sentido de “ A ” para “ B ”, conforme a figura 4-5.

Nessas circunstâncias, vemos que o vetor força e o vetor deslocamento possuem a mesma direção e sentido, e definimos o trabalho (W) realizado pela força constante (F) como

$$W = Fd, \tag{5-1}$$

onde F é o módulo da força constante e d é o módulo do deslocamento entre os pontos A e B .

Pensando nas variáveis envolvidas, podemos concluir que, quanto maior for a força ou quanto maior for o deslocamento, teremos um maior trabalho sendo realizado, ou, pensando em termos de energia, teremos uma maior quantidade de energia sendo injetada no sistema.

Por outro lado, caso tenhamos uma inversão no sentido da força que está sendo aplicada (imaginemos agora um objeto que já esteja inicialmente em movimento), iremos verificar que o objeto irá, ao longo do trajeto, sofrer uma diminuição da energia associada ao sistema. Nesse caso, diferentemente do caso anterior, observamos que o trabalho calculado será negativo. Ao primeiro caso damos o nome de trabalho motor (quando a força e o deslocamento possuem o mesmo sentido) e ao segundo caso damos o nome de trabalho resistente (quando a força e o deslocamento possuem sentidos opostos).

Podemos definir o trabalho como sendo o produto escalar do vetor força pelo vetor deslocamento e dessa forma podemos escrever a equação da seguinte forma:

$$W = Fd \cos \alpha, \tag{5-2}$$

onde α representa o ângulo entre os dois vetores envolvidos (força e deslocamento). Convém ressaltar aqui que o produto escalar de dois vetores é uma grandeza escalar. Isso quer dizer que o trabalho é uma grandeza escalar, ou seja, não possui direção e sentido e, assim sendo, fica perfeitamente bem definido com um número e uma unidade de medida. Por falar em unidade de medida, no sistema internacional de unidades (SI) a

unidade associada ao trabalho é o Joule (J), em homenagem a James Prescott Joule.

Essa definição permite distinguir com mais clareza quando acontece um trabalho motor e quando acontece um trabalho resistente. Quando o ângulo entre a força e o deslocamento estiver compreendido entre $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$, teremos um cosseno positivo e, por consequência, um trabalho positivo (motor). Caso o ângulo esteja compreendido entre $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$, teremos um cosseno negativo e por consequência o trabalho também será negativo (resistente). Caso tenhamos um $\alpha = 90^\circ$, temos um cosseno igual a zero e, portanto, não haverá realização de trabalho físico nessa circunstância.

Todas as considerações feitas até aqui sobre trabalho foram realizadas com a suposição de que o corpo considerado estava sob ação de uma única força de valor constante. Quando começamos a analisar situações reais, percebemos que, na prática, normalmente existe mais de uma força atuando sobre o objeto. Para esses casos, temos o teorema do trabalho-energia ou teorema da energia cinética.

Vamos avaliar um movimento única e exclusivamente horizontal. Observe a figura 4-5.

Começamos relembando a equação de movimento com aceleração constante da cinemática, conhecida como equação de Torricelli:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ad, \tag{5-3}$$

sendo que v_1 é a velocidade inicial do movimento, v_2 é a velocidade final do movimento, a a aceleração e d a distância entre o ponto 1 e o ponto 2, respectivamente, ponto inicial (A) e final (B). Ao isolar nessa mesma equação a aceleração, obtemos:

$$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2d}. \tag{5-4}$$

Fazendo uso da segunda lei de Newton, que é o princípio fundamental da dinâmica, e fazendo uso de uma simbologia física, podemos escrever a referida lei da seguinte forma:

$$\vec{F}_r = m\vec{a}, \tag{5-5}$$

sendo que \vec{F}_r é a força resultante, ou seja, a soma vetorial de todas as forças que estão atuando sobre o objeto, m a massa do objeto e \vec{a} o vetor aceleração do objeto.

Pensando no caso do movimento unidimensional, podemos escrever a equação da seguinte maneira:

$$F_r = ma. \tag{5-6}$$

Fazendo uso da equação definida anteriormente:

$$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2d}.$$

E substituindo-a na segunda lei de Newton (Equação (5-6)), obtemos:

$$F_r = m\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2d}\right).$$

Fazendo uma manipulação matemática básica, podemos reescrever a equação da seguinte forma:

$$F_r d = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}. \tag{5-7}$$

Ao observar atentamente a equação anterior, percebemos que a grandeza que está do lado esquerdo da equação é o trabalho (W) como fora definido anteriormente, sendo que a força (F_r) é a força resultante que está atuando sobre o objeto. A grandeza que aparece no lado direito da equação $(\frac{m.v^2}{2})$ é denominada de energia cinética da partícula.

A energia cinética da partícula é a energia que o objeto possui associada à sua massa e a sua velocidade, isto é, associada ao movimento. A referida grandeza, que é escalar assim como o trabalho, tem o seu valor aumentado proporcionalmente à medida com que a sua massa aumenta. Quando fazemos a mesma analogia com a velocidade, percebemos que a energia aumenta com o quadrado da velocidade, ou seja, se a velocidade dobrar, a energia cinética irá quadruplicar. Acompanhe o raciocínio:

$$E_c = \frac{m(2v)^2}{2}$$

$$E_c = \frac{m4v^2}{2}$$

$$E_c = 4\frac{mv^2}{2}.$$

Podemos concluir que o trabalho da força resultante que atua sobre uma partícula em movimento é igual a variação da energia cinética associada ao mesmo. Tal conclusão é conhecida como o Teorema do trabalho-energia. Convém ressaltar que esse resultado foi obtido analisando movimentos que acontecem na horizontal. No entanto, esse resultado é geral, valendo para quaisquer tipos de força, constantes ou variáveis.

Vamos analisar também movimentos verticais, começando pelo movimento de queda de um objeto, conforme a figura 5-1. Tal movimento será analisado desconsiderando a resistência do ar e, dessa forma, durante a queda observamos

um aumento de velocidade que é associado à aceleração gravitacional que atua sobre o mesmo.

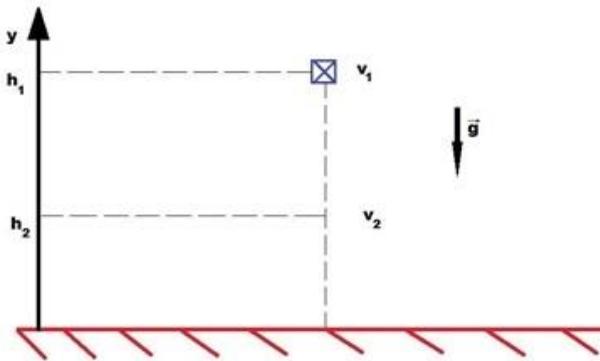


Figura 5-1

Já sabemos que o trabalho de uma força atuando sobre um corpo é o produto da força pela distância ($W=Fd$). A força responsável pela queda do corpo, nesse caso, é a força peso (P), que é o produto da massa do objeto (m) pela aceleração gravitacional (g), que nada mais é do que a mera aplicação da segunda lei de Newton na situação. Quando passamos a avaliar a distância envolvida no caso descrito, percebemos que a mesma nada mais é do que a diferença de altura envolvida entre o ponto inicial e final. É conveniente adotar um referencial que sirva em todas as situações e, nesse caso, a origem do mesmo será o solo como apresentado na figura 5-1.

Dessa forma podemos escrever:

$$\begin{aligned}
 W &= Fd \\
 W &= (-P)(h_2 - h_1) \\
 W &= Ph_1 - Ph_2 \\
 W &= mgh_1 - mgh_2 \quad (5-8) \\
 W &= -mg(h_2 - h_1) \\
 W &= -[U(h_2) - U(h_1)] \\
 W &= -\Delta U.
 \end{aligned}$$

Sendo W o trabalho da força peso, P o módulo da força peso, que é negativa por apontar no sentido contrário ao do eixo y , h_1 a altura inicial, h_2 a altura final e m a massa do corpo. Como visto anteriormente, o trabalho está associado a uma energia e, portanto, a grandeza mgh também é uma energia. A essa quantidade de energia dá-se o nome de energia potencial gravitacional (U).

Podemos concluir que a referida energia é dita potencial, pois a mesma pode ser armazenada no sistema corpo-terra, ou seja, podemos “guardá-la” para ser usada em um momento oportuno. A mesma tem uma dependência proporcional na massa e na altura, ou seja, se dobramos o valor de uma delas teremos a energia potencial gravitacional sendo dobrada também.

Até agora a análise foi feita de maneira separada. Vamos agora analisar o movimento vertical levando-se em consideração a variação da velocidade. Vamos usar a equação de Torricelli citada anteriormente e, dessa forma, vamos encontrar a seguinte equação:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2(-g)(h_2 - h_1),$$

sendo que as variáveis continuam exatamente como foram definidas anteriormente. Fazendo algumas manipulações matemáticas:

$$\begin{aligned}v_2^2 &= v_1^2 - 2gh_2 + 2gh_1 \\v_2^2 + 2gh_2 &= v_1^2 + 2gh_1 \\v_1^2 + 2gh_1 &= v_2^2 + 2gh_2.\end{aligned}$$

Podemos dividir toda a equação por dois. Ao fazer isso obtemos:

$$\frac{v_1^2}{2} + gh_1 = \frac{v_2^2}{2} + gh_2,$$

e para finalizar, multiplicamos toda a equação pela massa m e assim obtemos:

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2.$$

(5-9)

Agora, com uma observação mais cuidadosa, percebemos que em cada lado da igualdade temos uma parcela referente à energia cinética e uma parcela referente à energia potencial gravitacional. Continuando a observação, percebemos que, do lado esquerdo da equação, temos as referidas energias associadas ao ponto 1 (início) e, do lado direito da equação, as mesmas energias associadas ao ponto 2 (final).

À soma da energia cinética com a energia potencial gravitacional damos o nome de energia mecânica associada a esse problema. Quando observamos a equação acima, percebemos que existe uma igualdade entre a energia mecânica associada ao ponto 1 e a energia mecânica associada ao ponto 2. Essa igualdade vale para qualquer ponto da trajetória. Dizemos então que a energia mecânica se conserva.

A conservação da energia mecânica como está descrita acima é válida quando não há forças dissipativas atuando sobre o sistema. Pensando na energia mecânica, uma força é considerada conservativa quando a mesma proporciona a conversão de energia potencial em energia cinética e a sua conversão inversa sem qualquer perda energética. Ou seja, a lei de conservação expressa pela equação (5-9) é consequência da existência de uma energia potencial $U(h)$ que satisfaz a equação (5-8). Forças como a força-peso para as quais isso acontece (conservação da energia mecânica) chamam-se forças conservativas. Uma outra característica é que, definidos os dois pontos, o trabalho realizado é independente da trajetória adotada entre esses dois pontos. Todas as forças que não forem conservativas são chamadas de dissipativas ou não-conservativas. No exemplo usado na construção da equação, foi desconsiderada qualquer resistência do ar sobre o sistema, pois a mesma ofereceria uma força de resistência (força não-

conservativa) e, dessa forma, teríamos uma perda de energia mecânica ao longo do movimento.

Caso se queira levar em consideração as forças não-conservativas ao longo do sistema, é preciso calcular a energia dissipada por tais forças, para que a mesma seja levada em consideração nos cálculos entre o ponto inicial e final.

A força dissipativa que se faz presente nos movimentos que até aqui foram analisados, porém foi desprezada, é a força de atrito. A força de atrito surge entre dois corpos quando existe o contato e quando existe a tendência de movimento relativo entre eles devido a ação de forças. Enquanto não existe o movimento anteriormente descrito, a força de atrito juntamente com a força que está tentando realizar o movimento nos fornece uma resultante nula. Nesse momento temos a força de atrito estático atuando sobre o corpo. Caso a força seja suficiente para fazer com que um corpo deslize sobre o outro temos a força de atrito cinético atuando sobre o corpo.

Independente do corpo estar ou não deslizando sobre o outro, a força de atrito é contrária a força aplicada. Os fatores que influenciam no seu valor são o coeficiente de atrito, que leva em consideração a rugosidade dos materiais que estão sendo atritados, e a força que a superfície de apoio faz sobre o corpo que está deslizando, ou não, sobre ela.

A atuação de forças não-conservativas faz com que no decorrer do percurso, parte da energia seja transformada em calor, em ruído, em faíscas (luz). Todas essas modalidades de energia nos mostram que a energia mecânica inicial é maior que a energia mecânica final, quando são levadas em consideração as forças dissipativas.

Essa diferença de energia mecânica pode ser calculada através do trabalho realizado pelas forças não-conservativas ao longo do movimento. Assim podemos escrever que:

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 + W_{dis} = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2, \quad (5-10)$$

ou

$$W_{dis} = \Delta E, \quad (5-11)$$

onde W_{dis} é o trabalho da força não-conservativa que atua entre os pontos 1 e 2.

Capítulo 6

O projeto

O projeto vem com o intuito de promover uma melhora na qualidade de ensino em sala de aula. Tenta-se buscar tal objetivo através da sugestão de uma sequência didática para o professor com possibilidade de novas tecnologias educacionais e para que o aluno possa estar se motivando, se envolvendo mais com as aulas e conseqüentemente melhorando os resultados do processo ensino-aprendizagem como um todo. Passamos à descrição do projeto.

Uma condição importante nesse projeto é a postura do professor. Mudar a postura aqui, refere-se a proporcionar uma maior abertura ao aluno durante o processo educacional, sendo que ele (o aluno) também tem responsabilidade sobre o processo e, como tal, o professor precisa assumir um caráter de mediador entre o conhecimento prévio do aluno e o conhecimento científico estabelecido. De acordo com Oliveira (2010, p. 89),

“[...] a ideia de mediação é a ideia mesmo de intermediação: ter uma coisa interposta entre uma e outra coisa. No caso do ser humano, a ideia básica do Vygotsky é que a relação do homem com o mundo não é uma relação direta, mas é uma relação mediada. A mediação pode ser feita através de instrumentos e de signos. “

De maneira análoga ao que foi dito anteriormente, Freire (1979, p. 27-28) nos diz que

“[...] no processo de aprendizagem, só aprende verdadeiramente aquele que se apropria do aprendido, transformando-o em aprendido, com o que pode, por isto mesmo, reinventá-lo; aquele que é capaz de aplicar o aprendido-aprendido a situações existenciais concretas. Pelo contrário, aquele que é enchido por outro de conteúdos cuja

inteligência não percebe; de conteúdos que contradizem a forma própria de estar em seu mundo, sem que seja desafiado, não aprende.”

Uma das primeiras atividades propostas no projeto é a inserção de vídeos educacionais.

Segundo Moran (1993, p. 40) “o vídeo está umbilicalmente ligado à televisão e a um contexto de lazer e entretenimento, que passa imperceptivelmente para a sala de aula. Vídeo, na cabeça dos alunos, significa descanso e não "aula", o que modifica a postura, as expectativas em relação ao seu uso”. Cabe ao professor usar esse momento diferenciado dentro do ambiente escolar para que essa expectativa criada no aluno seja canalizada para um lado positivo do processo ensino-aprendizagem. Para tanto é necessário que o professor tenha conhecimento prévio do que será apresentado e estejam bem claros os objetivos que se quer alcançar com a apresentação do vídeo.

Dentro dessa perspectiva, no início do projeto existe uma discussão de como a ciência é produzida. Sugere-se aos alunos que os mesmos assistam ao filme “A GUERRA DO FOGO”. Esse filme retrata um período pré-histórico onde duas tribos de homínídeos vivem. Uma delas se comunica através de gestos e grunhidos e acha que o fogo é algo sobrenatural por não saber como gerá-lo. Em uma disputa com uma tribo rival, pelo fogo e território, o fogo é apagado. Essa situação faz com que exista uma perda de qualidade de vida dessa tribo. Ao entrar em contato com uma outra tribo, percebem que ela domina a técnica de produzir o fogo. Além de passarem a dominar a técnica de produção do fogo, aprenderam novas maneiras de viver, com modos diferentes de comunicação, de ferramentas, construção de cabanas e pintura corporal.

Assim como acontece no filme, o ser humano ao longo de sua história vem aprendendo e desenvolvendo técnicas para melhorar a sua qualidade de vida. Tudo isso é conhecimento. Tudo isso é ciência.

À medida que o tempo passa, percebemos que a evolução humana de maneira geral fez com que as pessoas fossem se aglomerando em pequenos povoados, bairros, municípios, ou seja, centros populacionais cada vez maiores. Tal

situação fez com que essas comunidades necessitassem administrar a produção de alimentos, vestuários, aquecimentos, entre outros. Isso exigiu o desenvolvimento de tecnologia para que todas essas necessidades fossem supridas.

Como ilustração de um desses períodos, foi apresentado aos alunos um vídeo sobre o matemático e engenheiro escocês James Watt. O referido vídeo se encontra no sitio [Youtube-Watch] e apresenta um breve relato da sua vida. O mesmo era graduado, trabalhava construindo instrumentos para a universidade e teve oportunidade de estudar e se dedicar pela busca de uma melhor eficiência energética para as máquinas a vapor da sua época. No desenrolar do filme, Watt estudou as máquinas que já existiam em sua época e aos poucos consegue ir melhorando o funcionamento das mesmas, fazendo que, com menos consumo energético, aumentasse a produção industrial. Tal situação vem com o intuito de desmistificar a ideia de que a ciência é obtida através de lampejos de poucos ao longo dos séculos.

Dessa forma, tendo justificado a necessidade de aprender as coisas básicas para realizar feitos maiores, inicia-se a discussão sobre energia. A parte histórica não foi apresentada com tanta riqueza de detalhes como no capítulo 3, entretanto, foi feita uma explanação oral aos alunos sobre a mesma. Assim como foi visto no capítulo 5, é praticamente impossível falar de energia sem falar em trabalho, e tem-se início a apresentação das definições e discussões sobre tais grandezas.

Como já foi dito na introdução, tal projeto não pretende descartar por completo toda a bagagem presente na vida do profissional de educação. Dessa forma, foi discutido o trabalho realizado por forças com o mesmo sentido do movimento e sentido contrário ao movimento, como em uma aula tradicional de física. Seguindo essa lógica, foi apresentado um movimento horizontal, calculado o trabalho e as implicações dessas variáveis no seu cálculo e também foi apresentado um movimento vertical para cálculo do trabalho da força peso. Convém ressaltar que foi apresentada a forma da força peso, já que cotidianamente o referido conceito é usado de maneira não-científica.

Após toda essa explanação, começa a discussão sobre a energia potencial gravitacional. Mas agora, ao invés de

simplesmente apresentar o conceito, foi proposto aos alunos a montagem de um experimento para que eles mesmos chegassem a algumas conclusões sobre a relação entre a altura e a energia potencial gravitacional. Ao optar por um experimento, quer-se enfatizar a importância de fazer medidas, pois ainda que simulações sejam de grande valia para o ensino, não substituem o ato de medir, experimentar e, assim, investigar.

Ao buscar a opção do uso experimental em sala de aula, usamos novamente a ideia de Vygotsky, pois cabe ao professor mediar o processo educacional ao longo do experimento. Gaspar (2005, p.112) nos diz que

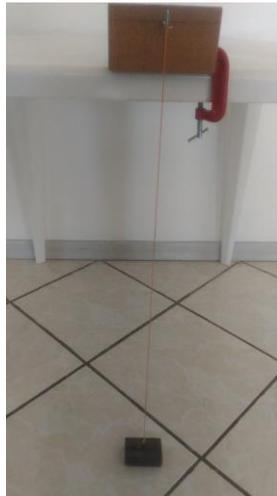
“[...] o destaque dado por Vygotsky ao professor, a nosso ver, valoriza também a atividade de demonstração em sala de aula na medida em que ela é um instrumento que serve prioritariamente ao professor, agente do processo e parceiro mais capaz a ser imitado. Cabe a ele fazer, demonstrar, destacar o que deve ser observado e, sobretudo, explicar, ou seja, apresentar aos alunos o modelo teórico que possibilita a compreensão do que é observado, estabelecido cultural e cientificamente.”

Dentro dessa perspectiva, buscou-se desenvolver um aparato experimental que mostrasse a relação entre a energia potencial gravitacional e a altura da qual um objeto é solto. A montagem do aparato experimental, dentro da perspectiva anteriormente apresentada, consiste no seguinte:

- Comece fixando o suporte à mesa com o auxílio do prendedor de acordo com a imagem:



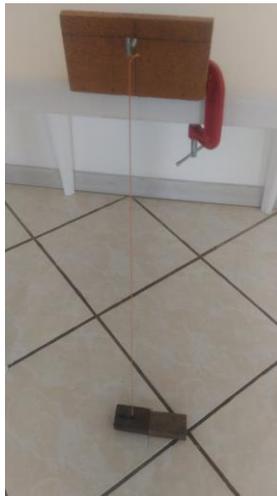
- Com o auxílio de um barbante amarre um corpo de massa m para que o mesmo fique pendurado e rente ao solo, conforme a imagem:



- Espere o objeto ficar em repouso e faça um risco ao lado do corpo, conforme a imagem:



- Coloque outra massa m fornecida, conforme a imagem:



- Inicialmente, levante o corpo que está suspenso até uma altura de 20 cm, conforme a imagem e solte-o em seguida:



- O objeto irá colidir com o corpo que está apoiado no solo e, após a colisão, meça a distância conforme a imagem:



Após todos esses passos o aluno repetia o processo mais uma vez para a altura de 20 cm, a fim de fazer uma média aritmética entre as duas medidas horizontais feitas, com o objetivo de minimizar os erros. Eram feitas mais duas medidas com o corpo sendo solto da altura de 30 cm e 40 cm. Todas

essas medidas eram organizadas em uma tabela presente no material do aluno.

De posse dessas medidas, o aluno achava a razão entre a altura da qual ele havia solto o corpo incidente e a distância que o corpo que se encontrava apoiado no chão se deslocava. Alguns alunos obtinham valores bem próximos do esperado, entretanto outros alunos obtinham valores bem diferentes, no caso, a razão entre as duas alturas. A partir da discussão dos resultados, pode-se verificar que a relação entre a altura e a energia potencial gravitacional eram diretamente proporcionais e, nos casos em que não se achou um valor muito preciso, discutiu-se um pouco sobre a presença dos erros durante a execução dos experimentos.

Na verdade, o modelo teórico utilizado como guia do experimento, supõe que a energia mecânica seja conservada (choque elástico), o que no experimento real não acontece, pois perdas de energia mecânica importantes aparecem na forma de calor e de energia sonora durante o choque. É importante ressaltar nesse ponto a ocorrência de erros e incertezas inerentes ao processo de medição. Uma discussão interessante poderia ser proposta aos alunos nesse ponto: pensar sobre formas de diminuir as perdas de energia mecânica e os erros de medida.

Supondo uma colisão elástica entre as duas massas, esse valor calculado para a razão entre a altura e a distância deveria ser igual sempre, pois à medida que o corpo era solto de uma altura maior a distância horizontal que o mesmo percorria deveria ser proporcionalmente maior, conforme a equação:

$$0 - E_{pg} = W_{fat}$$

$$-E_{pg} = W_{fat}$$

$$mgh = f_{at} d$$

$$\frac{h}{d} = \frac{f_{at}}{mg},$$

sendo E_{pg} a energia potencial gravitacional associada ao corpo que está sendo solto, W_{fat} o trabalho da força de atrito

responsável por parar o corpo que entrou em movimento após a colisão, m a massa do corpo que fora solto, g a aceleração da gravidade e f_{at} a força de atrito entre o corpo apoiado no solo com o próprio chão.

Supondo que a força de atrito, a massa e a aceleração da gravidade são constantes durante o experimento, se a altura for dobrada, a distância horizontal também será dobrada. Dessa forma, ao preencher os dados conforme proposto no material do aluno, o mesmo deveria encontrar aproximadamente o mesmo valor nos seus cálculos. Pode-se verificar dessa forma a relação proporcional entre a altura e a energia potencial gravitacional.

Se as massas envolvidas na colisão forem iguais, e aplicando a equação para o cálculo da força de atrito ($f_{at} = \mu N$) onde μ é o coeficiente de atrito e N a força normal, podemos chegar ao seguinte resultado:

$$\frac{h}{d} = \frac{f_{at}}{mg}$$
$$\frac{h}{d} = \frac{\mu N}{mg},$$

mas como o corpo em repouso está na horizontal a força normal tem a mesma intensidade da força peso, e nesse caso,

$$\frac{h}{d} = \frac{\mu mg}{mg}$$
$$\frac{h}{d} = \mu.$$

Dessa forma pode-se concluir que a razão entre a altura e a distância horizontal percorrida pela massa que estava no solo após a colisão é exatamente o coeficiente de atrito cinético entre a madeira e o solo.

Nos exercícios propostos nesse momento, fez-se uma relação entre a energia potencial gravitacional e a energia liberada por alimentos ao serem ingeridos. Em uma das questões havia a informação nutricional de um pacote de bolachas. Após uma leitura do mesmo, os alunos puderam perceber que a

unidade de medida presente era a mesma da energia que havia sido estudada até o momento. Solicitou-se então que essa quantidade de energia fosse substituída na energia potencial gravitacional e, supondo um ser humano de 50 quilos, perguntou-se qual seria o movimento vertical que o mesmo deveria fazer para conseguir gastá-la integralmente. Nesse momento, os alunos começam a perceber a possibilidade de transformação de energia entre uma modalidade e outra. Ainda como desafio, foi solicitado aos alunos que calculassem a força de atrito entre o solo e a massa m que se arrastava após a colisão pelo chão até atingir o repouso.

Após toda essa discussão passou-se a apresentar aos alunos a energia cinética. Foi apresentado o conceito bem como a equação matemática associada ao mesmo. Foi feita uma explanação adicional sobre a relação de proporcionalidade entre a energia cinética e o quadrado da velocidade.

O trânsito é um tema que deve ser tratado de maneira transversal entre as disciplinas, como sugerem os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e esse foi o momento oportuno para o mesmo. O PCN (BRASIL, 2008, p. 15), no que diz respeito aos temas transversais, nos diz que, “O compromisso com a construção da cidadania pede necessariamente uma prática educacional voltada para a compreensão da realidade social e dos direitos e responsabilidades em relação à vida pessoal, coletiva e ambiental. Nessa perspectiva é que foram incorporadas como Temas Transversais as questões da Ética, da Pluralidade Cultural, do Meio Ambiente, da Saúde e da Orientação Sexual”. Além do material apresentado em aula, como sugestão, apresenta-se ao aluno a possibilidade de visita ao sítio [Velocidade- Default] que foi citado no material do aluno e que traz diversas simulações diferentes referentes a situações reais associadas ao trânsito.

Nesse momento, foi feita uma associação relacionando as chances de sobrevivência no caso de uma pessoa sendo atropelada por um carro com diferentes velocidades. Quando aumentava-se um pouco a velocidade, a energia envolvida na colisão aumentava proporcionalmente ao quadrado da velocidade e, em consequência, as chances de sobrevivência reduziam-se drasticamente, pois havia uma energia substancialmente maior envolvida no abalroamento.

Após todas essas considerações, foi apresentado ao aluno o teorema trabalho-energia cinética. Propositamente, na primeira lista de exercícios foi proposto um exercício que fazia necessário ao aluno lembrar, naquele momento, a 2ª lei de Newton, as equações do movimento uniformemente variado para que o mesmo fosse resolvido. Naquela ocasião, o nível do exercício foi considerado de extrema complexidade. Agora com a aplicação do teorema do trabalho-energia cinética, tal exercício tornava-se significativamente menos complexo. Nesse momento discutiu-se sobre o fato de que na física um mesmo problema pode ser resolvido, muitas vezes, de diferentes maneiras.

Ao iniciar a explanação sobre a conservação da energia, Feynman descreve uma história lúdica sobre o tema. Ele sugere que uma mãe disponibilizou para seu filho em um ambiente caseiro 28 cubos idênticos. Tais cubos não podem ser divididos em pedaços e são absolutamente indestrutíveis. Durante um dia inteiro seu filho brincou nesse ambiente e, ao final do dia, a mãe foi conferir se todos os cubos estavam lá, e de fato estavam. Dia após dia o processo se repetia e, para a sua surpresa, num determinado dia encontrou apenas 27 cubos. Após uma procura mais cuidadosa, percebeu que na realidade esse cubo estava entre outros brinquedos. E assim passaram os dias e para a sua surpresa num determinado dia havia 30 cubos. Após conversar com seu filho, descobriu que um amigo seu havia trazido outros cubos iguais e havia esquecido dois cubos no ambiente. Após devolver os cubos ao amigo, tudo voltou a sua “normalidade”. Dessa maneira a mãe havia descoberto uma lei fenomenal: não importa o que fizesse, os 28 cubos estariam lá.

Eventualmente, a mãe do menino dava pela falta de alguns cubos, mas de uma forma ou de outra, acabava encontrando-os, “escondidos”. A analogia dos cubos indestrutíveis com a energia é perfeita nesse caso, pois os “cubos escondidos” representam as diferentes e variadas formas de energia encontradas no nosso universo e que extrapolam em muito a energia mecânica.

Com o objetivo de parafrasear Feynman e fazer algo mais próximo da realidade do aluno foi apresentado no projeto uma piscina de bolinhas onde não havia a possibilidade de perder ou destruir nenhuma delas, ou seja, poderíamos voltar até ela daqui a algum período de tempo e as bolinhas continuariam

lá. Transferindo a situação para a conservação da energia, podemos dizer que a energia no universo também se conserva. Aproveitando a discussão e expandindo a conversa sobre a transformação de energia, recordou-se o exercício feito anteriormente sobre a relação entre a energia potencial gravitacional e a energia presente nos alimentos. Essas relações não terminam por aí e situações similares acontecem diuturnamente a nossa volta e, graças a essa possibilidade, podemos garantir energia para a nossa sobrevivência.

Antes de apresentar a conservação da energia mecânica como vimos no capítulo anterior, foi apresentado aos alunos uma simulação que está presente no Phetcolorado [Phet- Simulation].

As simulações computacionais no ensino de física têm trazido para o ambiente escolar a possibilidade de fazer com que, no decorrer das aulas, as imagens estáticas presentes nos livros e desenhos feitos na lousa pelo próprio professor passem a ser substituídos por imagens dinâmicas, na tentativa de atrair o aluno para algo mais realista e próximo de seu cotidiano. De acordo com Anjos (2008, p. 589)

“[...] parece-nos que os recursos computacionais constituem uma boa alternativa de solução para os problemas que o ensino de Física enfrenta. O uso de animações, simulações e possibilidades de outros recursos oferecidos pelos computadores podem contribuir substancialmente para facilitar o ensino e a aprendizagem em Física, podendo, em alguns casos, suprir, ainda que parcialmente, a ausência de equipamentos para experimentos. “

Outro ponto positivo encontramos em Medeiros e Medeiros (2002, p. 79) quando nos diz que

“[...] desta forma, por exemplo, para ilustrar o movimento de um projétil, uma simulação computacional permite ao estudante a escolha de parâmetros relevantes tais como a velocidade inicial e o ângulo de tiro, para os

quais o programa fornece as respectivas animações geradas a partir de grandes bancos de dados. ”

A partir de uma simulação, podemos fazer e refazer o experimento quantas vezes forem necessárias e não necessariamente no ambiente escolar. Caso o estudante tenha se interessado pelo simulador, o mesmo poderá repetir o procedimento em casa, por exemplo, no momento em que o mesmo vai dedicar um tempo aos estudos.

A simulação presente no sítio anteriormente citado apresenta um skatista que entra em movimento em uma pista de skate e vai apresentando a possibilidade de manipular diversas variáveis associadas à energia que os alunos já haviam discutido anteriormente. O programa também possibilita a análise gráfica da energia potencial gravitacional, energia cinética e a energia mecânica. Ao avaliar as informações apresentadas no simulador percebe-se que, enquanto a energia potencial diminui, no momento em que o skatista desce a rampa, a energia cinética aumenta e, quando o skatista começa a subir a rampa, observa-se o contrário. Entretanto, durante as observações percebe-se que o simulador apresenta uma variável que permanece constante o tempo todo.

Após todas essas discussões apresenta-se a conservação da energia mecânica e suas implicações. Sendo discutido inicialmente a conservação da mesma em uma situação ideal, somente com forças conservativas, e posteriormente em uma situação real, com a presença de forças dissipativas. Além da apresentação teórica, foram propostos alguns exercícios sobre o conteúdo em questão, como montanha russa, plano inclinado, entre outros.

Capítulo 7

Resultados do projeto

O projeto foi aplicado na Escola de Educação Básica Governador Ivo Silveira, localizada à avenida Barão do Rio Branco, sem número, no centro de Palhoça (SC). Conforme documento em anexo, a aplicação aconteceu com o consentimento da direção geral da referida escola (Apêndice A), representada pela pessoa do Senhor Ademir Stahelin. Na ocasião, eu era professor efetivo da instituição.

A aplicação aconteceu em uma turma do terceiro ano do ensino médio pois, como estão mais amadurecidos, buscando cada vez mais conhecimento às vésperas do vestibular, o retorno através dos seus relatórios individuais seria mais confiável. Tal relatório foi solicitado no primeiro dia de aula e o mesmo deveria ser preenchido individualmente em horário de sua escolha, porém deveria referir-se a cada aula individualmente e ser entregue ao final da aplicação. Esta teve início no dia 27 de outubro de 2015 e terminou em 24 de novembro do mesmo ano. No referido período a aplicação abrangeu nove períodos de 45 minutos cada, respeitando o calendário escolar da instituição.

Os alunos acima de dezoito anos e o responsável legal dos menores de idade assinaram um termo de autorização para a aplicação do projeto. Nesse documento era relatado aos envolvidos como seria o projeto e quais os seus objetivos.

No primeiro dia de aula, foi entregue aos alunos o material que seria usado como norteador da aplicação. Tal material, com as modificações sugeridas ao longo da dissertação, está presente no apêndice B ao final dessa dissertação. Logo na sequência, no apêndice C, estão também as listas de exercícios que foram apresentadas aos alunos. Tais listas foram entregues no decorrer das aulas, cada uma no seu tempo, de acordo com o conteúdo apresentado em sala. As listas de exercício tinham por objetivo avaliar o nível de compreensão alcançado pelo aluno, buscando que o mesmo usasse ao longo da sua resolução análise qualitativa e quantitativa sobre os assuntos.

A primeira aula do projeto foi aplicada no dia 27 de outubro. Nessa aula foram apresentados os seguintes pontos:

- Apresentação da evolução do ser humano que, inicialmente, vivia em grupos com poucas pessoas e, com o passar do tempo, aumentava o número de pessoas em cada grupo e, dessa forma, foi se tornando necessário um aumento na produção de alimentos, de vestuário, de infraestrutura como um todo. Dessa forma, o aumento da necessidade de energia para manter tudo isso (desde alimentação até a manutenção da estrutura geral) fez com que o ser humano buscasse cada vez mais melhorar a eficiência energética dos seus sistemas produtivos;
- Foi comentado sobre a necessidade do aumento da produção industrial que aconteceu nos tempos da revolução industrial;
- Foi apresentado o vídeo sobre James Watt. No decorrer da apresentação o vídeo foi paralisado algumas vezes para fazer intervenções sobre as diversas modificações feitas pelo próprio Watt nas suas máquinas térmicas;
- Foi ressaltado aqui que a ciência é feita não em um estalar de dedos, mas através de muito suor e dedicação além de envolver muitas pessoas no processo. Da mesma forma foi citado o exemplo de Foucault, que com o seu pêndulo demonstrou experimentalmente a rotação da Terra, mas que nunca foi reconhecido pela comunidade científica do seu tempo;
- Os alunos se reportaram ao filme “Tempos Modernos” associando-o ao processo de produção industrial citado no vídeo de James Watt, onde a produção de vestuário é feita através de suas máquinas a vapor;
- Também foi comentado brevemente sobre o sistema de patentes, já que Watts ao fazer a patente do seu sistema fez com que outros cientistas esperassem expirar a licença para passar a investir e estudar sobre o processo de máquinas a vapor.

Aparentemente, tendo em vista a análise dos relatórios, tal momento pedagógico alcançou os seus objetivos. Como apresentado no capítulo anterior, o vídeo chamou muito a atenção dos alunos. Por se tratar de um vídeo de cunho educacional, trouxe surpresa o nível de interesse e atenção dos estudantes, bem como a quantidade de informações retidas pelos alunos sobre o assunto e que foi apresentada nos relatórios. Tal atividade, se bem programada, traz bons resultados.

Tendo agora consciência de tal fato, fica a sugestão de que em uma eventual aplicação, se façam recortes no filme “A GUERRA DO FOGO” para enfatizar a ideia da importância do domínio da tecnologia em seu tempo, e apresentar em sala para os alunos é uma boa ideia.

A segunda aula aconteceu no dia 29 de outubro. Nessa aula foram apresentados os seguintes pontos:

- No início da aula foi feito um comentário sobre os itens importantes da última aula (de maneira muito resumida: energia, desenvolvimento da ciência);
- Apresentação do conceito básico de energia e sua relação com o trabalho;
- Com o objetivo de esclarecer o que é trabalho, primeiramente foi apresentado a diferença entre os diversos significados de trabalho (trabalho escolar, trabalho com retorno financeiro, trabalho físico);
- Foi apresentado um movimento horizontal e a partir desse ponto foi discutido o trabalho da força F , da força de atrito e da força peso, que atuam no referido movimento. Foi discutida inicialmente a questão de uma força paralela e com mesmo sentido do movimento (trabalho motor), força paralela e sentido oposto ao movimento (trabalho resistente) e força perpendicular ao sentido do movimento (força peso) que não realiza trabalho;
- Trabalho motor (injeção de energia) e trabalho resistente (remoção de energia);
- Ao final foi discutido o uso do cosseno agregado à fórmula $W = \vec{F} \cdot \vec{d}$. Infelizmente, alguns alunos nunca haviam visto a função cosseno.

Novamente a aula parece ter atingido os seus objetivos. Alguns comentários fizeram referência a conteúdos que não foram vistos com o passar dos anos, principalmente associados a matemática e que agora acabam fazendo falta. Nesse momento, convém pensar na forma como o sistema educacional público não consegue manter um padrão mínimo de qualidade e quantidade de assuntos previstos nos parâmetros curriculares nacionais.

A terceira aula, aplicada no dia 03 de novembro, trouxe a seguinte sequência de apresentação:

- No início da aula foi feita uma breve revisão relembrando como calcular o trabalho, em que situação ele é um trabalho motor, um trabalho resistente e quando não há realização de trabalho;
- No prosseguimento da aula foi relembrado a definição de força peso, massa e aceleração gravitacional;
- Após isso, foi feito uma análise similar àquela feita na última aula, onde foi analisado um movimento vertical, buscando como exemplo um balde que sobe através de uma roldana. Foi enfatizado que no movimento horizontal a força peso não realizava trabalho, entretanto, no movimento vertical a força peso passa a realizar trabalho. Na subida temos um trabalho resistente e na descida um trabalho motor feito pela força peso;
- Também foi comentado sobre o trabalho da força exercida por alguém ou algo para erguer o balde;
- Foi detectada uma dificuldade de entender o movimento retilíneo uniforme (MRU), no que tange à força resultante, já que os alunos não recordavam que no MRU a força resultante é zero. Foi lembrado também como ocorre um movimento acelerado e retardado.

Nesse momento, ao iniciar a resolução formal de exercícios, alguns alunos relataram a dificuldade matemática de resolver as equações que surgem no momento em que vão se dedicar aos exercícios. Além da dificuldade com os cálculos, foi relatada também a dificuldade com a interpretação de um modo geral.

Infelizmente tal situação é rotineira. Alunos apresentam muitas dificuldades no que diz respeito a encontrar a variável desconhecida, mesmo que essa equação seja uma simples equação do primeiro grau. Talvez exista a necessidade de mais exercícios para que o processo seja incorporado definitivamente como uma ferramenta efetivamente dominada pelos alunos.

Sobre a dificuldade associada à interpretação, percebe-se que no ambiente escolar os estudantes não possuem o hábito da leitura. Tal costume poderia ajudar na interpretação pois aumentaria o vocabulário dos mesmos.

A quarta aula, aplicada no dia 05 de novembro, trouxe a seguinte sequência de apresentação:

- Foi feita a parte experimental: relacionar altura da queda com a energia potencial gravitacional;

- Diversas dificuldades encontradas tais como, a escola não possuir um laboratório devidamente equipado, os alunos nunca terem frequentado um laboratório de física e, dessa forma, apresentarem muitas dificuldades de interpretação, de montagem e de retirada dos dados;
- Estive presente em todos os grupos, pois as dificuldades foram muitas;
- Após a coleta de dados foi feito um comentário sobre como acontece a prática da física experimental. Foram feitas observações de como e porque seria necessário fazer mais medidas em uma mesma situação para que eventuais erros sejam diminuídos.

Como era de se esperar, o experimento aguçou a curiosidade dos alunos. Nos relatórios muitos deles associaram essa aula como a melhor do projeto, argumentando que visualizar na prática os conceitos é muito mais proveitoso.

Vale a pena ressaltar nesse momento que todos os apetrechos utilizados no experimento foram adquiridos através da bolsa mensal que recebemos, havendo assim uma limitação na qualidade dos mesmos.

A quinta aula, aplicada no dia 10 de novembro, trouxe a seguinte sequência de apresentação:

- Basicamente nessa aula foi feita a continuidade do experimento iniciado na aula anterior. Como agora já tinham alguma familiaridade com o mesmo, o processo foi um pouco mais rápido, porém alguns grupos ainda apresentaram dificuldades.

Mais uma vez os alunos relataram que a parte experimental acrescenta muito ao processo ensino-aprendizagem. Um estudante em seu relatório comentou: *“Particularmente, preferiria aulas com mais experiência para melhor compreensão, mas devido à carência de um laboratório é de entendimento geral que não tenhamos muitas experiências.”*

Como sugestão fica a possibilidade de fotografar o experimento previamente montado e colocar no material entregue aos alunos para que os mesmos possam visualizar o que terão que montar e como o farão com melhor qualidade.

Outra sugestão é orientar para que os alunos façam não duas medidas de cada situação, como foi sugerido, mas que

façam 10 medidas, para que discrepâncias enormes que apareceram sejam diminuídas ao longo das demais medidas.

Também sugiro que tal aplicação seja feita no primeiro bimestre do 1º ano do ensino médio, pois assim os alunos entrarão em contato com uma física em que se discute o processo experimental, como chegar às conclusões em modelizações e exercícios. Creio que isso os ajudará para a sequência da sua vida acadêmica.

A sexta aula, aplicada no dia 12 de novembro, trouxe a seguinte sequência de apresentação:

- Recapitulação da definição de trabalho e associação deste com energia;
- Discussão da relação entre a altura com a distância horizontal que o bloco andava após o choque (trabalho);
- Discussão da relação matemática entre a altura e a massa com a distância percorrida na horizontal pelo bloco após a colisão;
- Discussão de perguntas presentes no material entregue ao aluno;
- Apresentação formal da energia potencial gravitacional;
- Apresentação das unidades de medidas associadas;
- Foram feitos os exercícios.

Nessa aula foi proporcionado o fechamento das aulas experimentais. Ao longo da realização do experimento os alunos deviam fazer alguns cálculos com os resultados obtidos. Para muitos esses cálculos se resumiam em preencher uma tabela sem qualquer sentido. Essa aula serviu para que os alunos fizessem a ligação entre o experimento e a energia potencial gravitacional. Essa mesma situação foi relatada pelos alunos através dos relatórios.

A sétima aula, aplicada no dia 17 de novembro, trouxe a seguinte sequência de apresentação:

- Recapitulação do conteúdo anterior;
- Ligação do trabalho da força peso com a energia potencial gravitacional;
- Apresentação da energia cinética;
- Comentários sobre o link apresentado na apostila sobre a energia e o trânsito;
- Relação entre a energia cinética e a massa;
- Relação entre a energia cinética e a velocidade;

- Reforçar a ideia da relação com o quadrado da velocidade;
- Resolução e discussão dos exercícios presentes no material do aluno referentes à energia cinética;
- Introdução ao teorema do trabalho-energia cinética.

Uma observação presente nos relatórios nos mostra que os alunos gostariam que as aulas continuassem apenas de forma experimental. Outra observação feita foi a questão do desafio. Tal questão trouxe aos mesmos a possibilidade de buscar a solução de um exercício supostamente mais difícil. Também pode-se dizer que os objetivos dessa aula foram alcançados.

Ficou mais fácil discutir as relações entre as variáveis após a parte experimental que permitiu visualizar de maneira prática a relação entre energia potencial gravitacional e a altura da qual o objeto era solto.

A oitava aula, aplicada no dia 19 de novembro, trouxe a seguinte sequência de apresentação:

- Foi resolvido o desafio presente no material do aluno e foi feita a analogia da possibilidade de uso da mesma situação em uma perícia para saber a velocidade de um carro através da marca da freada deixada no asfalto;
- Foram resolvidos exercícios sobre o teorema do trabalho-energia cinética;
- Feita a apresentação do sistema de conservação da energia como uma piscina de bolinha. A indestrutibilidade das bolinhas presentes na piscina, faz com que a quantidade delas permaneça inalterada ao longo dos tempos. O mesmo ocorre com a energia;
- Aplicação da conservação da energia no caso de um escorregador sem atrito;
- Calculamos a velocidade no final do escorregador e no meio do escorregador.

De acordo com os relatórios a aula alcançou o seu objetivo.

A nona aula, aplicada no dia 24 de novembro, trouxe a seguinte sequência de apresentação:

- Foram feitas observações sobre a conservação da energia mecânica e, posteriormente, foi apresentada a simulação computacional presente no sítio do Phetcolorado;

- Foram apresentados os gráficos, as diferentes possibilidades de mexer na simulação;
- Foi discutida a aproximação da conservação da energia sem forças dissipativas e para uma situação mais próxima do real, com forças dissipativas. Foi bem tranquilo o entendimento por parte dos alunos;
- Foi citado um exercício resolvido que necessitou do conhecimento sobre Leis de Newton, movimento retilíneo uniformemente variado e trabalho para que fosse resolvido e agora com conservação da energia o mesmo problema ficou muito mais fácil.

Mais uma vez o que chamou a atenção dos alunos foi aquilo que nunca foi usado com eles, a simulação. As atividades propostas que foram apresentadas em tela (vídeo e simulador) chamaram muito a atenção dos mesmos.

Essa aula talvez poderia ser mais interessante se a unidade escolar tivesse mais computadores para que cada aluno pudesse interagir individualmente com o simulador. Como disse um estudante: *“Acho que poderíamos ter mais aulas assim, além de facilitar o “entender” da matéria, acaba sendo mais descontraída e interessante para nós.”*

Capítulo 8

Considerações finais

São inegáveis as vitórias e conquistas da escola tradicional, porém as mudanças na sociedade como um todo fazem com que o processo educacional também precise passar por transformações. No decorrer da aplicação do projeto pôde-se perceber que uma dessas mudanças está associada à postura do professor em sala de aula. É perfeitamente possível mudar a postura de professor tradicional para um professor mediador, sem que com isso a sua rotina de trabalho vire de pernas para o ar.

Acredito que seja impossível afirmar que até ontem eu era tradicional e a partir de hoje sou mediador. É preciso traçar metas e, aos poucos, ir mudando a postura em sala de aula. É fazer um avanço hoje, outro amanhã e, quando menos se espera temos um professor diferenciado no ambiente escolar.

Um ponto de partida importante é uma pesquisa sobre a realidade da comunidade escolar na qual a sua escola está inserida. Talvez para isso possa ser elaborado um questionário no início do ano com questões pertinentes sobre o assunto. Para fazer com que o conteúdo tenha como ponto de partida algo próximo da realidade dos seus alunos, talvez pensar na possibilidade de, ao iniciar um assunto novo, promover um levantamento prévio sobre aquilo que o aluno conhece sobre o mesmo para que isso se torne um ponto de partida para as próximas aulas. Cabe aqui, especialmente no caso da aplicação do módulo sobre a energia aplicar um pequeno teste inicial para avaliar o nível de conhecimento dos alunos. Ao final, pode-se fazer uma nova avaliação para verificar a eficácia desse módulo sobre energia no aprendizado dos alunos.

Uma sugestão para diversificar a metodologia utilizada é incrementar a aula com um vídeo, uma simulação ou um experimento. Independentemente da escolha, sem sombra de dúvidas, qualquer uma delas agrega muitas melhorias ao processo ensino-aprendizagem, porém existem outros problemas no decorrer do caminho. Convém ressaltar aqui a necessidade do conhecimento prévio do recurso que o professor vai usar e ter

clareza sobre qual o seu objetivo com ele. O planejamento deve fazer parte de todos os momentos educacionais.

Caso o profissional da educação tenha optado por usar um vídeo, como um possível problema, podemos citar que em muitos ambientes escolares ainda não existe uma sala adequada para projetar e assistir um vídeo. Um ambiente com luz controlada, um bom som, uma boa imagem, iriam proporcionar o que foi dito ao longo da dissertação: o aluno iria associar tal situação a algo descontraído, um momento de lazer e, dessa forma, estaria com outra motivação mesmo que dentro da escola. Com um pouco de tato, essa postura diferenciada do aluno pode ser canalizada e fazer com que essa situação se estenda para outros momentos pedagógicos. Quem não deseja muitas vezes que o seu aluno seja mais participativo?

No que diz respeito ao uso de simuladores no ambiente escolar é preciso um laboratório de informática com equipamentos atualizados e em quantidades adequadas. Existem simuladores que podem ser baixados e instalados via “pen drive”. Por outro lado, existem outros que são “on-line” e dessa forma é necessário um sinal de internet de qualidade, que proporcione agilidade ao abrir os simuladores e possibilidade de rapidez em eventuais consultas na internet.

Acredito que tanto em uma sala de vídeo como em um laboratório de informática é necessária a presença de um profissional qualificado para possibilitar um melhor aproveitamento do material eletrônico ali presente. Além dessa melhoria da qualidade, passa a existir a possibilidade de um agendamento do ambiente e quando o professor se dirigir com os alunos para a atividade programada, tudo já estará organizado para que não haja nenhum contratempo na execução da programação do profissional da educação.

Quanto aos laboratórios, é preciso toda uma reestruturação dos mesmos. Seria interessante que os mesmos fossem equipados com kits de experimentos atualizados, de qualidade e em quantidade suficiente, para que o processo laboratorial permita que cada equipe tenha a sua disposição o material necessário para a atividade. Faz-se necessário também a contratação de profissionais que sejam direcionados para tal finalidade, quer seja para manter o bom funcionamento do referido ambiente, quer seja para implementar experimentos

diferentes à medida que se tenha possibilidade de pesquisá-los ou adquiri-los através do fomento público destinado a tal fim.

No caso da aplicação da experiência descrita no capítulo anterior, as carências da escola ficaram evidentes e restringiram o alcance e o sucesso da mesma. O material utilizado durante os choques dos objetos era a madeira, que provoca grande perda de energia durante as mesmas. Um material mais adequado poderia ser utilizado e proporcionar resultados mais precisos.

Seria interessante também que houvesse um laboratório permanente na escola a ser usado tanto para demonstrações como para pesquisar formas de melhorar os experimentos.

Além de ambientes adequados, é preciso investir na qualificação profissional. Infelizmente hoje percebemos que o profissional de educação, na sua grande maioria, não foi instruído para o uso adequado de tais tecnologias.

Também é necessário que existam cursos formativos que possibilitem a aproximação do professor a novas metodologias educacionais. Alguns poucos cursos que são oferecidos continuam permanecendo apenas no nível teórico. Creio que tais cursos precisam proporcionar ao professor práticas didáticas diferenciadas com exemplos reais de seu uso. Nesse sentido gostaria de salientar a importância dos mestrados profissionalizantes.

Após ter tido contato com o mestrado profissionalizante, tenho me motivado através da troca de experiências a trazer novidades para o ambiente escolar que encontramos disponíveis em uma série de publicações promovidas pelo referido curso.

Outro item de política educacional relevante seria a implantação de aulas que proporcionem melhorias em aspectos relevantes do aluno. Por exemplo, aulas de leitura seriam muito bem-vindas. Proporcionar ambientes destinados à leitura, livros que motivem os alunos a isso fariam um diferencial para que os mesmos se sintam atraídos a esse momento pedagógico importantíssimo.

Acredito que rever o currículo escolar e repensar a distribuição das aulas seria algo necessário. É indiscutível a necessidade de um investimento maior em aulas de disciplinas básicas como Português e Matemática. É frequente verificarmos alunos chegando ao ensino médio sem dominar um mínimo de interpretação de texto e as operações matemáticas básicas.

Cada vez mais me convenço que na educação você não está gastando recursos. Você está definitivamente investindo no futuro da sociedade como um todo.

Tendo em vista as situações que ocorreram durante a aplicação do projeto, algumas modificações foram feitas e as mesmas encontram-se no apêndice B ao final da dissertação.

Apêndice A Autorização da escola

Florianópolis, 26 de outubro de 2015.

Ilmo. Sr.
Prof. Ademir Stahelin
Diretor da EEB Governador Ivo Silveira

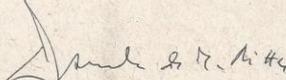
Prezado Diretor,

Venho por meio desta, solicitar a realização, nesta instituição de ensino, do estágio supervisionado, que tem previsão para um mês de atividades que será ministrado aos alunos do 3º ano do ensino médio desta instituição.

Desde já me coloco a disposição para esclarecermos qualquer dúvida que possa haver sobre o curso e agradeço.

Atenciosamente,


Salézio Francisco Momm
Mestrando


Prof. Oswaldo de Medeiros Ritter
Orientador

Recebido, e Autorizado AAStah

Ademir Antônio Stahelin
Diretor Geral
E.E.B. Gov. Ivo Silveira
Mat. 138596-8-1/Florianópolis - 18138

Apêndice B
Produto do mestrado

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO
DE FÍSICA
ORIENTADOR: PROF. DR. OSWALDO DE MEDEIROS
RITTER
MESTRANDO: SALÉZIO FRANCISCO MOMM

PROJETO:
CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

FLORIANÓPOLIS, JUNHO DE 2016

Introdução:

Ao longo de toda a epopeia humana pela terra, o Homem vem buscando manter-se vivo. Manter-se vivo envolve a busca de alimento para fornecer energia ao próprio corpo, como também, a necessidade de lutar efetivamente por aquilo que necessita, e por sua vez, o domínio de tecnologias que possibilitem a geração de energia para tudo aquilo que deseja fazer.

Talvez, hoje, seja menos provável que você encontre seres humanos lutando por alimento e/ou por um espaço, mas, ao longo da história da humanidade, o homem precisou lutar contra outros povos, e, outras espécies de animais para garantir o seu espaço e a sua alimentação. Em síntese, garantir a sua sobrevivência. Lembre-se que em muitos momentos da história apenas os fortes sobreviviam.

Ao assistir o filme “A Guerra do Fogo”, percebe-se, nitidamente, a necessidade que as pessoas têm de possuírem algo que pudesse fornecer a elas aquecimento, possibilidade de cozinhar os alimentos, de manter longe os animais perigosos, de vislumbrar a possibilidade de fundir metais para a produção de utensílios domésticos, ferramentas e armas para a subsistência do grupo.

Consegue-se pensar agora em um grupo que já domina algumas tecnologias e que vai crescendo cada vez mais, à medida que o tempo passa. Dessa forma, os seres humanos começam a pensar em maneiras de aumentar a produção, obter maiores quantidades de alimentos. Como consequência, se começa a fazer o uso da força animal para arar a terra, puxar carroças, com o objetivo de transportar cargas e girar moendas para produção de alimentos.

À medida que o tempo foi passando, o ser humano foi precisando aumentar a sua produção energética para dar conta do crescimento populacional. Assim era alimento para gerar energia para o corpo continuar funcionando, para os animais continuarem trabalhando, era lenha para manter os ambientes aquecidos, para cozinhar os alimentos, e assim o homem ia ficando cada vez mais dependente de fontes energéticas.

Com o aumento exponencial da população, o homem necessitava produzir alimentos e bens de consumo na mesma proporção em que a população aumentava e, dessa forma, procurava incansavelmente maneiras de produzir, absolutamente de tudo, em escalas cada vez maiores.

Dentro dessa perspectiva vamos assistir a um vídeo. Tal vídeo pode ser acessado por você no seguinte sítio: <https://www.youtube.com/watch?v=CfZ2bnqFS88>.

Espero que a percepção de que nada se faz sozinho na ciência e de que as coisas não acontecem em um estalar de dedos tenha ficado muito clara. Tudo o que temos hoje ao nosso redor é fruto de pesquisas e mais pesquisas, quer essas pesquisas tenham sido feitas em um laboratório ou de maneira empírica ao longo dos séculos por pessoas anônimas cuja história é desconhecida. Independente da forma como as coisas aconteceram, o importante é ter consciência de que alguém algum dia começou algo pequeno, que foi sendo aprimorado por ela mesma ou por outra pessoa, e nesse processo sem fim, temos o que nos cerca hoje. Tenho certeza que se for feita uma mesma análise daqui a um século, provavelmente o que usamos hoje será obsoleto, pois amanhã alguma melhoria ocorrerá, e depois outra, e outra.... enfim, o processo nunca termina.

Pensando nisso, a partir desse momento, começamos a nossa viagem em busca de um melhor entendimento do que é energia, que modalidades de energia temos ao nosso redor,

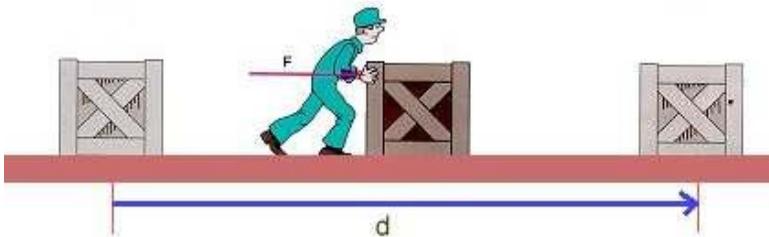
como elas podem ser usadas no nosso dia-a-dia. Infelizmente serão selecionados alguns tópicos sobre esse assunto, pois seria preciso muito tempo de estudo para entender completamente todas as formas de energia que nos cercam.

O que é energia?
O que é trabalho?

Ao abrir livros de Física sobre energia, a definição, praticamente unânime, é que “energia é a capacidade de realizar trabalho”. Assim como já foi dito anteriormente, para tudo o que precisamos fazer é necessário ter energia, mas aqui entendemos por trabalho algo que envolva uma força e um deslocamento que foi provocado por essa força.

Ao aplicar em um corpo uma força suficientemente grande para colocá-lo em movimento, podemos calcular a energia transmitida nesse movimento multiplicando o valor da força pela distância que a mesma estiver atuando. Essa energia que foi transferida ao movimento chamamos de trabalho (τ).

Olhe atentamente a figura:



Fonte: <http://fisicadf.blogspot.com.br/2012/09/energia-e-trabalho-ii.html#.VdS1BvIViko>

Assim, se desejamos encontrar a energia transmitida pela pessoa para levar a caixa do ponto de partida ao ponto de chegada, supondo que a força é paralela à direção do movimento e que não há atrito, basta multiplicar o valor da força (F) pela distância (d) que a caixa se deslocou entre os referidos pontos.

Equacionando:

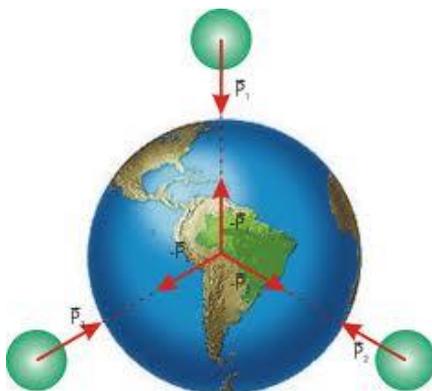
$$\tau = F.d.$$

Caso o valor da força seja expressa em Newtons (N) e a distância em metros (m), encontraremos o trabalho em Joules (J). Tais unidades de medida estão associadas ao Sistema Internacional de Unidades, ou simplesmente, SI.

No caso citado, anteriormente, a força é responsável pela execução do movimento, ou seja, tem a mesma direção e sentido do movimento e, nesse caso, dizemos que o trabalho é motor (Positivo), representando uma energia que foi injetada no sistema.

Caso eu queira fazer uma força com o objetivo de parar um movimento, essa força deve ser oposta ao movimento, ou seja, usando termos mais técnicos, mesma direção, mas sentido oposto ao movimento e, nesse caso, dizemos que o trabalho é resistente (Negativo), representado uma energia que está sendo retirada do sistema.

Podemos pensar no cálculo do trabalho no caso de um movimento vertical. Nesse caso iremos dar uma atenção especial à força peso (P). Primeiramente, para quem não recorda, a força peso é a força de atração gravitacional que ocorre entre, por exemplo, a terra e um objeto que está nas suas proximidades. Dessa forma podemos caracterizar a força peso como sendo uma força de direção vertical e sentido para baixo, ou seja, voltada para o centro da Terra. Assim, podemos representá-la:



Fonte:

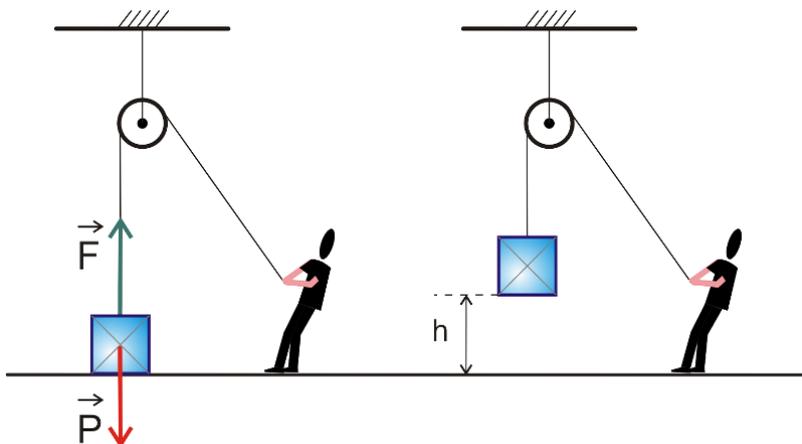
http://www.cei.santacruz.g12.br/~fisica1/dinamica/aula%20acao_reacao/aula_acao_reacao.htm

Para calcular a força peso usamos a seguinte equação:

$$P = m.g.$$

Por se tratar de uma força a unidade de medida da força peso é Newton (N), da massa (kg) e da aceleração da gravidade (m/s^2).

Vamos observar a situação a seguir:



Fonte: <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/10/cursos-do-blog-mecanica.html>

Perceba que agora temos um movimento na vertical e vamos supor que o bloco está sendo erguido com velocidade constante. Nesse caso o movimento é ascendente e a força que está representada na figura possui a mesma direção e sentido do movimento, portanto, para calcularmos o trabalho feito por ela precisamos multiplicar a força (F) pela altura (h) que a caixa subiu.

Caso seja solicitado o cálculo do trabalho da força peso nesse mesmo movimento, o cálculo será a multiplicação da força peso pela mesma altura, porém agora o sentido do movimento é ascendente e a força peso é descendente. Assim, nessa situação, o trabalho da força peso será um trabalho resistente e esse trabalho é negativo. Equacionando isso, obtemos:

$$\tau_F = F.h$$

$$\tau_{\text{peso}} = -P.h.$$

Dentro dessa perspectiva, vamos discutir algumas situações que são pertinentes a esse assunto:

1. Calcule o trabalho feito por uma força horizontal de 30N que desloca horizontalmente um objeto por 5m.
2. Sabendo que para efetuar um deslocamento de 30m foram gastos 6000J, determine a força que foi aplicada durante o movimento.
3. Existe um bloco de 5kg de massa que precisa ser levado do solo até o segundo andar de um prédio que está a 6m de altura, através de um movimento vertical proporcionado por uma corda. Sabendo que a aceleração gravitacional vale 10 m/s^2 , determine:
 - a. O peso do corpo.
 - b. Sabendo que o movimento de subida ocorreu com velocidade constante, determine o trabalho da força que uma pessoa fez para erguer o objeto.
 - c. Qual o trabalho realizado pela força peso.
4. Imagine um carro andando a 80 km/h e que dessa forma possui uma energia associada a esse movimento. Para que possamos pará-lo é preciso “gastar” essa energia através de alguma força. Pensando nisso, responda:
 - a. Caracterize a direção e sentido dessa força, sabendo que o movimento do carro é horizontal e para a direita.
 - b. Nessa mesma situação explique se o trabalho realizado sobre o carro será motor ou resistente.
 - c. Você saberia dizer que força é essa que possibilitou a parada do veículo?

Modalidades de energia:
Energia Potencial Gravitacional (E_{pg})

A partir de agora, iremos estudar e compreender a energia mecânica e as suas modalidades mais comuns que temos no nosso dia-a-dia e que irão resolver muitos problemas no nosso cotidiano, bem como um número muito grande de exercícios que encontramos nos livros didáticos nas nossas escolas.

Para entendermos com mais propriedade do que se trata a energia potencial gravitacional, iremos fazer o experimento que encontramos no site <https://www.youtube.com/watch?v=6dyGo2tJQWw>. Acompanhe o que será feito no telão.

Agora, vamos descrever o que faremos em sala de aula. Primeiramente montaremos uma experiência semelhante àquela proposta no vídeo. Observe atentamente a imagem abaixo:

- Comece fixando o suporte a mesa com o auxílio do prendedor de acordo com a imagem:



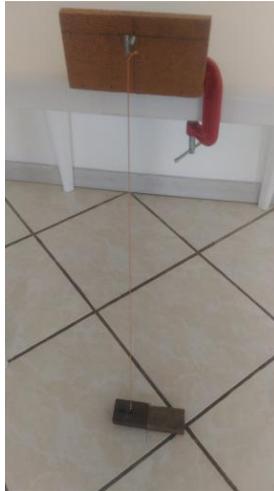
- Com o auxílio de um barbante amarre um corpo para que o mesmo fique pendurado e rente ao solo, conforme a imagem:



- Espere o objeto ficar em repouso e faça um risco ao lado do corpo conforme a imagem:



- Coloque a outra massa fornecida conforme a imagem:



- Coloque o corpo que está suspenso até uma altura de 20 cm, inicialmente, conforme a imagem e solte-o em seguida:



- O objeto irá colidir com o objeto que está apoiado no solo e, após a colisão, meça a distância conforme a imagem:



Agora, lembrando o que foi visto no vídeo e levando em consideração as instruções anteriores, coloque o objeto nas alturas (h) que são solicitadas e meça as distâncias (d) que o corpo, que a princípio se encontra na horizontal, se desloca até parar dez vezes para cada altura e anote-as nas tabelas a seguir:

Para uma altura de 20 cm:

$d_1 =$	cm	$d_6 =$	cm
$d_2 =$	cm	$d_7 =$	cm
$d_3 =$	cm	$d_8 =$	cm
$d_4 =$	cm	$d_9 =$	cm
$d_5 =$	cm	$d_{10} =$	cm

Tendo feito e anotado as medidas, faça o que se pede:

$$\frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7 + d_8 + d_9 + d_{10}}{10} = \text{_____} \text{(a)}$$

Para uma altura de 30 cm:

$d_1 =$	cm	$d_6 =$	cm
$d_2 =$	cm	$d_7 =$	cm
$d_3 =$	cm	$d_8 =$	cm
$d_4 =$	cm	$d_9 =$	cm

$d_5 =$ cm	$d_{10} =$ cm
------------	---------------

Tendo feito e anotado as medidas, faça o que se pede:

$$\frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7 + d_8 + d_9 + d_{10}}{10} = \text{_____} \text{(b)}$$

Para uma altura de 40 cm:

$d_1 =$ cm	$d_6 =$ cm
$d_2 =$ cm	$d_7 =$ cm
$d_3 =$ cm	$d_8 =$ cm
$d_4 =$ cm	$d_9 =$ cm
$d_5 =$ cm	$d_{10} =$ cm

Tendo feito e anotado as medidas, faça o que se pede:

$$\frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7 + d_8 + d_9 + d_{10}}{10} = \text{_____} \text{(c)}$$

Agora substitua os valores encontrados nas lacunas acima nas lacunas abaixo e calcule:

$$\frac{h_2}{h_1} = \text{_____}$$

$$\frac{b}{a} = \text{_____}$$

$$\frac{h_3}{h_1} = \text{_____}$$

$$\frac{c}{a} = \text{_____}$$

Perguntas:

1. O que aconteceu com os valores encontrados nas razões acima?
2. O que você consegue concluir sobre o que acontece ao aumentar a altura com a distância horizontal (d)?

3. Você consegue encontrar uma relação matemática entre a altura e a distância?

Após tudo o que foi exposto e discutido, acredito que seja possível concluir que aumentando a altura de queda do objeto, ocorrerá o aumento da distância que o corpo irá percorrer horizontalmente.

Como vimos anteriormente, energia é a capacidade de realizar trabalho, portanto, ao aumentarmos a altura da qual o corpo cai, estamos aumentando a energia do sistema que cai amarrado ao barbante. Assim, podemos definir a energia potencial gravitacional como sendo:

$$E_{pg} = m.g.h,$$

onde:

E_{pg} = Energia potencial gravitacional (J- Joules)

m = massa (kg- quilograma)

g = aceleração gravitacional (m/s^2)

h = altura (m)

Perguntas:

1. Um objeto de 50 kg está a uma altura de 20 m, num local onde a aceleração gravitacional vale $10 m/s^2$. Calcule a energia potencial gravitacional associada a esse objeto nessa posição.
2. Dispondo de 500 J de energia, um corpo de 2,5 kg, irá usar essa energia para desenvolver um deslocamento vertical. Sabendo que o objeto está num local em que a aceleração da gravidade vale $10 m/s^2$, determine a altura atingida pelo objeto.
3. Leia atentamente o exposto a seguir:

Informação Nutricional
Chocolate 
ao Leite




	Porção de 25g	VD % (*)
Valor Energético	140kcal= 589 kJ	7
Carboidratos	15 g	5
Proteínas	1 g	1
Gorduras Totais	8,3 g	15
Gorduras Saturadas	7,7 g	35
Gorduras Trans	0 g	(**)
Fibra Alimentar	0,7 g	3
Sódio	11 mg	0

(*) % Valores diários com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8400 kJ. Seus calores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.
(**) VD não estabelecido.

Fonte: <http://files.minasfruty.webnode.com.br/200000146-eef91eff2e/Informa%C3%A7%C3%A3o%20Nutricional%20Chocolate%20Ao%20Leite.jpg>

- Tendo por base o valor energético desse chocolate ao leite e imaginando que toda essa energia fosse usada única e exclusivamente para um movimento vertical, determine a altura alcançada por uma pessoa que possui 45 kg em um local onde a aceleração da gravidade vale 10 m/s^2 . (Não esqueça que 1kJ é igual a 1000 J)
- Se a pessoa possuir uma massa menor, ela irá a mesma altura do item anterior? Sugestão: suponha uma pessoa agora com 40kg.
- Se o mesmo “experimento” fosse realizado na Lua, onde a aceleração gravitacional vale aproximadamente $1,6 \text{ m/s}^2$, a altura seria a mesma do item (a)?

Desafio: Sabendo que a força que para o objeto após se chocar com o bloco é a força de atrito e, usando os dados do experimento feitos em sala de aula, determine o valor dessa força. (Use $g=10 \text{ m/s}^2$)

Energia Cinética (E_c)

A energia cinética é mais uma modalidade de energia mecânica que tem muita relevância no estudo dos movimentos. Como vimos anteriormente, a energia potencial gravitacional tem uma relação de proporcionalidade com a massa ($E_{pg} = m.g.h$). Da mesma forma a energia cinética também possui uma relação com a massa, e de maneira análoga a energia potencial gravitacional, a massa e a energia cinética possuem uma relação de proporcionalidade, ou seja, se dobramos a massa de um objeto, automaticamente estaremos dobrando o valor da energia cinética do objeto.

Para exemplificar isso podemos imaginar a seguinte situação: Quando pensamos em uma situação real, podemos verificar a diferença significativa que será observada na freada de um caminhão cheio e outro vazio. Para termos uma ideia real, uma carreta com 40 toneladas a 80 km/h percorre uma distância de 98 metros até parar completamente. Já uma carreta com 60 toneladas, nas mesmas condições, percorre 108 metros até atingir o repouso (fonte: <http://www.omcconsult.com.br/noticias/qual-a-velocidade-e-distancia-seguras-para-a-movimentacao-de-veiculos-de-carga/>).

A outra variável relevante na energia cinética é a velocidade. Porém, diferentemente das grandezas analisadas até agora, a energia cinética é uma grandeza diretamente proporcional ao quadrado da velocidade. A equação matemática para a energia cinética é:

$$E_c = \frac{m.v^2}{2},$$

onde:

E_c = energia cinética (J- Joules)

m = massa (kg- quilograma)

v = velocidade (m/s)

Podemos agora chegar à seguinte conclusão: se a minha velocidade for dobrada, a minha energia cinética associada será quadruplicada (mantendo-se o valor da massa constante). Talvez

agora você possa entender a relevância dos seguintes dados: Um pedestre atropelado por um automóvel trafegando a 30Km/h tem 95% de chance de sobreviver; a 40Km/h tem 85%; a 50Km/h tem 55% e a 60Km/h tem 30% de chance de sobreviver. Note que quando estamos em um carro, 60 km/h aparentemente não é uma velocidade tão alta assim, porém, devido a energia cinética associada, as chances de uma pessoa sobreviver a um atropelamento são pequenas. (Fonte: <http://www.cursosdatte.com.br/lms/conteudo/cursos/358/anexos/Curiosidades%20importantes.pdf>)

Caso seja possível, visite e analise os “experimentos” apresentados no site <http://www.velocidade.prp.pt/default.aspx?Page=4164> . Aqui você encontrará dados importantes e poderá simular diversas situações cotidianas no dia-a-dia do trânsito (obs.: o idioma utilizado pelo site é o português de Portugal).

Perguntas:

1. Sabe-se que um objeto está se movimentando a 20 m/s e que a sua massa vale 30 kg.
 - a. Nas condições expostas acima, determine o valor de sua energia cinética.
 - b. Suponha que a massa do objeto foi dobrada, ou seja 60 kg, qual é o novo valor da sua energia cinética? Esse valor também corresponde ao dobro do resultado obtido na alternativa a?
 - c. Suponha que a massa continue com 30 kg, porém a sua velocidade passa a ser de 40 m/s (dobro do valor da situação inicial). Determine a sua energia cinética. Esse valor é o dobro da energia cinética calculada no item a?
2. Um objeto está em movimento e a energia cinética associada é de 500J. Sabendo que a massa dele vale 10 kg, determine a sua velocidade.
3. Você está atravessando uma rua e inevitavelmente será atropelado. Mas em seu

encontro estão vindo, lado a lado, uma moto, um carro de passeio e um caminhão, todos com a mesma velocidade. Por qual deles você “gostaria” de ser atropelado? Por quê?

Assim, como ocorreu na energia potencial gravitacional (vide desafio), existe uma relação entre a energia cinética e o trabalho. Sabendo que energia é a capacidade de realizar trabalho, essa energia pode ser potencial gravitacional assim como pode ser a energia cinética. Pensando dessa forma, podemos escrever o teorema da energia cinética:

$$\begin{aligned}\tau &= E_c - E_{c_0} \\ \tau &= \frac{m.v^2}{2} - \frac{m.v_0^2}{2} \\ F.d &= \frac{m.v^2}{2} - \frac{m.v_0^2}{2},\end{aligned}$$

onde:

E_c = energia cinética final

E_{c_0} = energia cinética inicial

v = velocidade final

v_0 = velocidade inicial

Essas novas relações nos permitem resolver exercícios que anteriormente só eram possíveis de resolver fazendo uso das equações matemáticas do movimento uniformemente variado decorrentes das leis de Newton. Perceba que essas equações fazem uma relação direta entre a força e a variação de velocidade.

Perguntas:

1. Sabendo que um automóvel, com 1000 kg, está a uma velocidade de 20 m/s e que consegue ser parado após percorrer uma distância de 80 m, determine a força, supostamente constante, que

foi aplicada sobre o automóvel até o mesmo entrar em repouso.

2. Um objeto de 30 kg, parte do repouso sob a ação de uma força resultante de 1500 N. Com base nessas informações, determine a velocidade do referido objeto após percorrer 4 m.
3. Um automóvel é freado única e exclusivamente por uma força de atrito que vale 800 N. Sendo a velocidade inicial do veículo igual a 90 km/h, determine a distância que o mesmo percorre até atingir o repouso, sabendo que a sua massa é de 200 kg.

Conservação da energia mecânica

Vamos começar esse tópico dos nossos estudos supondo que o nosso sistema solar é único em todo o universo, e que todas as coisas estão encerradas dentro desse espaço “limitado”. Não importa o que aconteceu, acontece ou acontecerá, a energia contida nele há bilhões de anos, a energia contida nele hoje e a energia contida nele daqui a milhões de anos continuará sendo a mesma. Em outras palavras, a energia não pode ser criada ou destruída, ela simplesmente poderá ser transformada.

Poderíamos fazer uma outra analogia: imagine uma piscina de bolinhas e, nessa em especial, não existe a menor possibilidade de perder uma única bolinha que seja, todas elas irão permanecer ali eternamente. Pense que ao longo da vida dessa piscina as bolinhas irão passar pelas mãos, pelo corpo, enfim, entrarão em contato com as infinitas pessoas que passarão por ali. Vamos pensar que cada bolinha dessa representa uma quantidade de energia. Nesse sistema fechado, a quantidade de energia será sempre a mesma do início ao fim da sua existência, independente do que houve ao longo do tempo com cada “porção” de energia que ali existe.

Fazendo uma ligação com a física, percebemos que qualquer coisa que aconteça ao nosso redor envolve energia. Essa energia pode ser transformada em outra modalidade de energia a qualquer momento e, dessa forma, promover algo que

queremos. Por exemplo, o calor (energia térmica) liberado pela chama de um fogão aquece a água para cozinhar um alimento; o calor liberado pela queima de combustível no interior do motor do automóvel faz com que o veículo entre em movimento; a água caindo (energia potencial gravitacional) em uma barragem de uma usina hidrelétrica faz com que a água adquira velocidade ao longo da queda (energia cinética) e gire uma turbina que através de um processo eletromagnético transforma a energia cinética em energia elétrica para atender os nossos lares. Poderíamos ficar aqui citando situações similares por páginas, mas vamos ficar por aqui.

Como o nosso foco é analisar a energia mecânica, vamos fixar, nesse momento, a nossa atenção na seguinte simulação: <http://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-skate-park> .

Perceba que à medida que o skatista desce a rampa o valor de sua energia potencial gravitacional vai diminuindo e, em contrapartida, a energia cinética vai aumentando. Porém, ao olhar o valor da energia mecânica que é apresentada, vemos que esta permanece inalterada ao longo de todo o percurso do skatista. Dessa forma, supondo que não haja dissipação (sem perda de energia mecânica) podemos escrever a seguinte equação matemática para essa situação:

$$E_{\text{mecânica}} = E_{\text{cinética}} + E_{\text{potencial gravitacional}}$$

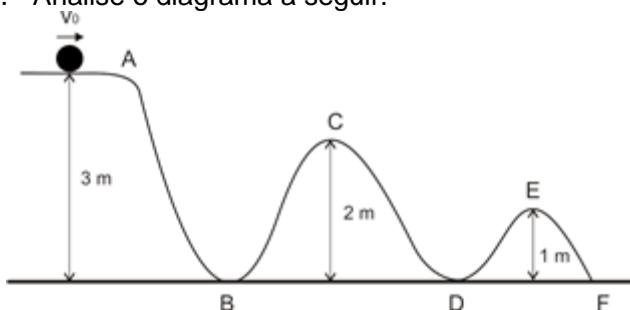
$$E_{\text{mecânica inicial}} = E_{\text{mecânica final}}$$

$$E_{\text{cinética inicial}} + E_{\text{potencial gravitacional inicial}} = E_{\text{cinética final}} + E_{\text{potencial gravitacional final}} .$$

Perguntas:

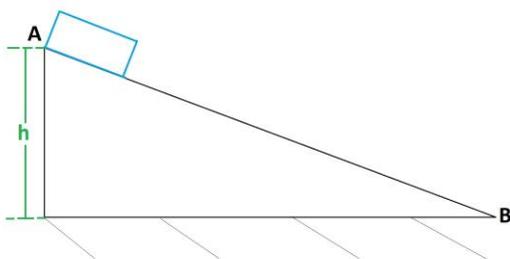
1. Um vaso com 4 kg acaba caindo da sacada de um prédio com 5 metros de altura. Calcule a velocidade com que o vaso atinge o solo. Use $g = 10 \text{ m/s}^2$.
2. Caso não fosse informada a massa do vaso no item anterior, seria possível responder a questão? Tente.

3. Analise o diagrama a seguir:



Sabendo que a massa da esfera é de 5 kg, que o sistema é conservativo e que a sua velocidade é $V_0 = 2 \text{ m/s}$, determine:

- A velocidade da esfera ao passar pelo ponto B.
 - A velocidade da esfera ao passar pelo ponto C.
 - A velocidade da esfera ao passar pelo ponto D.
 - A velocidade da esfera ao passar pelo ponto E.
4. Observe o plano inclinado a seguir. Sabendo que o mesmo não possui atrito, que o objeto é solto do ponto A e que a altura h é igual a 2,45 m, determine a velocidade do objeto ao atingir o solo (ponto B).



Infelizmente no nosso mundo cotidiano as coisas não são tão perfeitas como queremos. Caso todos os sistemas fossem conservativos como os exercícios resolvidos até agora, teríamos pêndulos que ficariam oscilando eternamente, conseguiríamos automóveis que ficariam com velocidade constante por tempo

indeterminado. Assim sendo, no mundo real, precisamos levar em consideração a energia que é dissipada (“perdida”) ao longo do caminho. No começo dos nossos estudos calculamos o trabalho de uma força paralela ao movimento. No caso da força de atrito (F_{atrito}) que atua em um movimento real, podemos calcular a energia gasta por ela fazendo o seguinte cálculo:

$$\tau_{\text{força atrito}} = -F_{\text{atrito}} \cdot d.$$

Convém lembrar que como o movimento e a força de atrito possuem sentidos opostos, o trabalho é negativo (trabalho resistente), o que representa que essa quantidade de energia está sendo gasta, retirada do sistema ao longo do movimento.

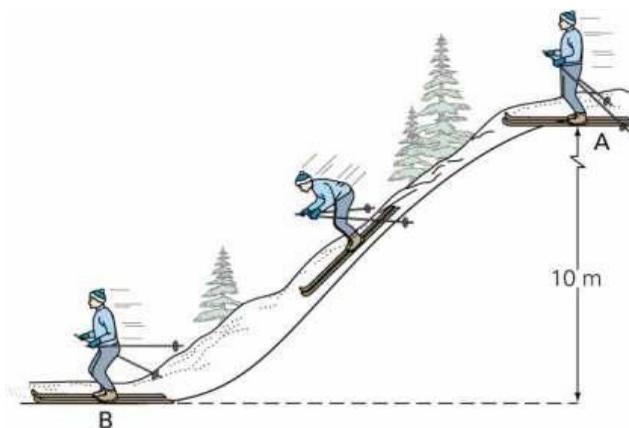
Dessa forma, pensando na conservação da energia mecânica de maneira mais real, podemos reescrever a conservação da energia da seguinte maneira:

$$E_{\text{mecânica inicial}} + \tau_{\text{forças dissipativas}} = E_{\text{mecânica final}}.$$

Assim sendo, caso eu saiba a energia dissipada ou a força que atuou contra um movimento, posso determinar a velocidade que o objeto terá em um determinado instante.

Perguntas:

1. Um esquiador de 60 kg sai de um ponto *A*, a 10 m de altura onde se encontrava em repouso. Sabendo que o mesmo atingiu o ponto mais baixo *B* a uma velocidade de 3 m/s, determine a energia dissipada ao longo de sua descida.



2. Sabendo que uma criança de 25 kg de massa parte do repouso do alto de um escorregador com 2 m de altura, e que ao longo da descida são dissipados 187,5 J, determine a velocidade da criança ao atingir o ponto mais baixo do brinquedo.

Apêndice C Listas de exercícios

Projeto Conservação da Energia ***Professor: Salézio Francisco Momm***

1° Lista de exercícios:

1. (Fuvest) Uma formiga caminha com velocidade média de 0,20 cm/s.

Determine:

- a) a distância que ela percorre em 10 minutos.
- b) o trabalho que ela realiza sobre uma folha de 0,2 g quando ela transporta essa folha de um ponto A para outro B, situado 8,0 m acima de A.

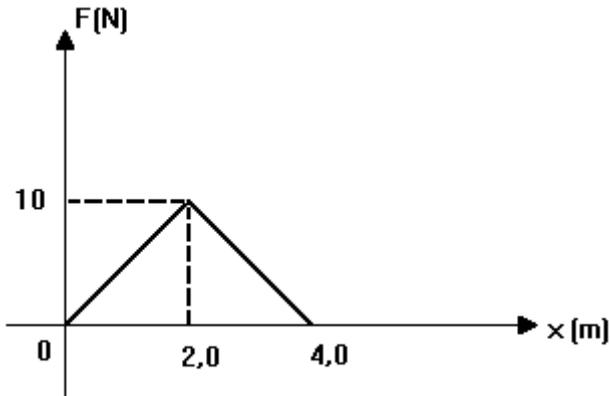
2. (Udesc) Um atleta de 70 kg, numa determinada competição, salta sobre um obstáculo de 1,20 metros de altura. Para esse caso, determine:

- a) o peso do atleta;
- b) o trabalho físico realizado pelo mesmo durante o salto.
($g = 10 \text{ m/s}^2$)

3. (Unesp) Certa máquina M_1 eleva verticalmente um corpo de massa $m_1 = 1,0 \text{ kg}$ a 20,0 m de altura em 10,0 s, em movimento uniforme. Outra máquina M_2 acelera em uma superfície horizontal, sem atrito, um corpo de massa $m_2 = 3,0 \text{ kg}$, desde o repouso até a velocidade de 10,0 m/s, em 2,0 s.

De quanto foi o trabalho realizado por cada uma das máquinas?

4. (Uel) O gráfico representa o valor algébrico da força resultante F que age sobre um corpo de massa 5,0 kg, inicialmente em repouso, em função da abscissa x .



O trabalho realizado por F , no deslocamento de $x = 0$ até $x = 4,0$ m, em joules, vale

- a) zero.
- b) 10
- c) 20
- d) 30
- e) 40

5. (Faap) Um trator utilizado para lavrar a terra arrasta um arado com uma força de 10 000 N. Que trabalho se realiza neste caso num percurso de 200 m?

- a) $20 \cdot 10^6$ joules
- b) $200 \cdot 10^6$ joules
- c) 50 joules
- d) 500 joules
- e) $2 \cdot 10^6$ joules

6. (Fei) Um corpo de massa 5 kg é retirado de um ponto A e levado para um ponto B, distante 40 m na horizontal e 30 m na vertical traçadas a partir do ponto A. Qual é o módulo do trabalho realizado pela força peso?

- a) 2500 J
- b) 2000 J
- c) 900 J
- d) 500 J
- e) 1500 J

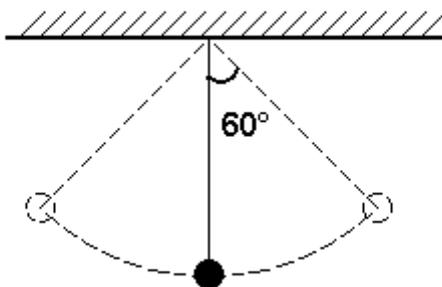
7. (Uel) Um corpo de massa 2,0 kg é arrastado sobre uma superfície horizontal com velocidade constante de 5,0 m/s, durante 10 s. Sobre esse movimento são feitas as afirmações:

- I. o trabalho realizado pela força peso do corpo é nulo.
- II. o trabalho realizado pela força de atrito é nulo.
- III. o trabalho realizado pela força resultante é nulo.

Dessas afirmações, SOMENTE

- a) I e III são corretas.
- b) I e II são corretas.
- c) III é correta.
- d) II é correta.
- e) I é correta.

8. (Uel) Um pêndulo é constituído de uma esfera de massa 2,0 kg, presa a um fio de massa desprezível e comprimento 2,0 m, que pende do teto conforme figura a seguir. O pêndulo oscila formando um ângulo máximo de 60° com a vertical.



Nessas condições, o trabalho realizado pela força de tração, que o fio exerce sobre a esfera, entre a posição mais baixa e mais alta, em joules, vale

- a) 20
- b) 10
- c) zero
- d) - 10
- e) - 20

Projeto Conservação da Energia
Professor: Salézio Francisco Momm

2° Lista de exercícios:

1. Em um dado ponto de um sistema um corpo possui 200 J de energia cinética e 500 J de energia potencial. Qual o valor da energia mecânica desse corpo?

2. Em um dado ponto de um sistema conservativo um corpo possui 200 J de energia cinética e 500 J de energia potencial. Se o valor da energia potencial passa para 400 J, qual o novo valor da energia cinética desse corpo?

3. Sabemos que "energia é a capacidade de realizar trabalho". E sabemos também, que sempre que um trabalho é realizado, um corpo cede energia e outro recebe energia. Basicamente existem 2 tipos de energia mecânica: energia potencial e energia cinética. Qual é a diferença entre energia potencial e energia cinética?

4. Definindo numa só palavra, energia cinética é energia associada a _____, enquanto que energia potencial é energia associada a _____.

5. Ao comentar uma bola chutada em direção ao gol o goleiro deve dizer que "a bola veio com muita FORÇA" ou "a bola veio com muita ENERGIA"?

6. Preencha os espaços em branco usando apropriadamente as palavras FORÇA ou ENERGIA.

O estilingue exerceu uma grande _____ na pedra que passou a se mover com muita _____. Ao atingir a vidraça a pedra aplicou nesta uma _____ que a partiu em pedaços. Devido ao impacto a pedra perdeu muita _____.

7. Se soltarmos um tijolo ele vai _____ (ganhar ou perder?) energia cinética. Para onde vai ou de onde vem essa energia cinética?

8. Qual a energia potencial gravitacional de um corpo de 30 kg, que está a 30 m acima do solo, em relação ao próprio solo? Dado que $g = 10 \text{ m/s}^2$.

9. Qual a energia cinética de um corpo que possui massa de 45 kg e velocidade de 10 m/s?

10. Para se medir a quantidade de calor trocado entre dois corpos, a temperaturas diferentes, usa-se, dentre outras, a unidade joule (símbolo: j) ou a unidade caloria (símbolo: cal), que se relacionam por: $\text{cal} = 4,18 \text{ J}$ (aproximadamente). Então, a quantidade de calor: $Q = 1045 \text{ J}$, corresponde, em kcal (quilocaloria), a:

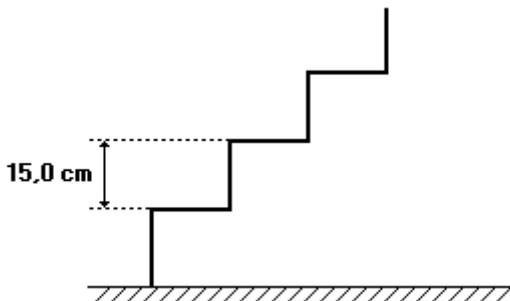
- a) 418
- b) 250
- c) 41,8
- d) 2,5
- e) 0,25

Projeto Conservação da Energia
Professor: Salézio Francisco Momm

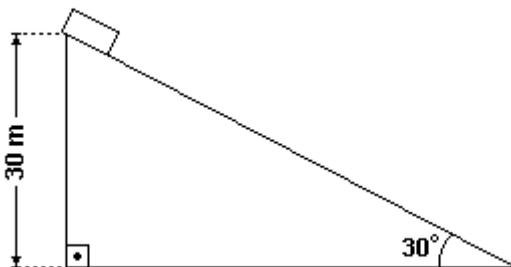
3° Lista de exercícios:

1. (Udesc) Um homem, cuja massa é igual a 80,0 kg, sobe uma escada com velocidade escalar constante. Sabe-se que a escada possui 20 degraus e a altura de cada degrau é de 15,0 cm. DETERMINE a energia gasta pelo homem para subir toda a escada.

Dado: $g = 10,0 \text{ m/s}^2$



2. (Uerj) Um corpo de massa 2kg é abandonado no alto de um plano inclinado, a 30m do chão, conforme a figura.



Na ausência de atrito e imediatamente após 2s de movimento, calcule as energias:

- a) cinética;
- b) potencial.

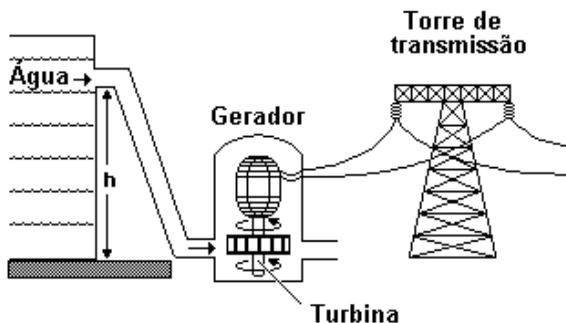
3. (Enem) No processo de obtenção de eletricidade, ocorrem várias transformações de energia. Considere duas delas:

I. cinética em elétrica

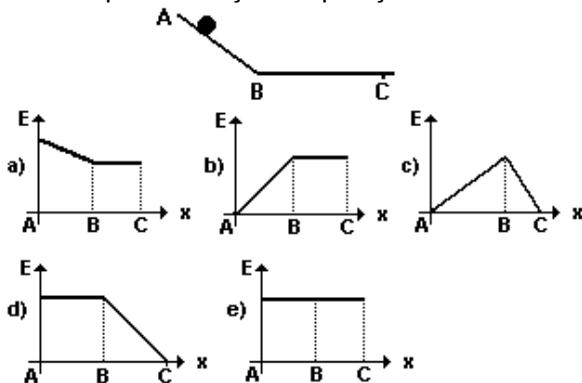
II. potencial gravitacional em cinética

Analisando o esquema a seguir, é possível identificar que elas se encontram, respectivamente, entre:

- a) I - a água no nível h e a turbina, II - o gerador e a torre de distribuição.
- b) I - a água no nível h e a turbina, II - a turbina e o gerador.
- c) I - a turbina e o gerador, II - a turbina e o gerador.
- d) I - a turbina e o gerador, II - a água no nível h e a turbina.
- e) I - o gerador e a torre de distribuição, II - a água no nível h e a turbina.



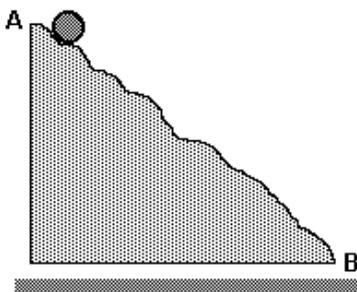
4. (Mackenzie) A figura a seguir mostra um corpo que é abandonado do topo do plano inclinado AB sem atrito e percorre o trecho BC, que apresenta atrito, parando em C. O gráfico que melhor representa a energia mecânica E desse corpo em função da posição x é:



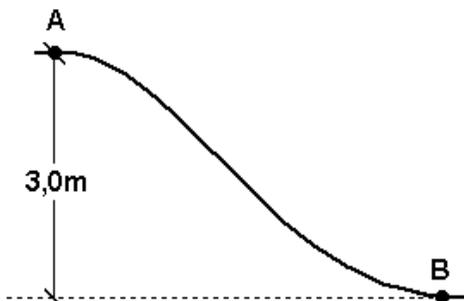
5. (Mackenzie) Uma bola de borracha de 1kg é abandonada da altura de 10m. A energia perdida por essa bola ao se chocar com o solo é 28J. Supondo $g=10\text{m/s}^2$, a altura atingida pela bola após o choque com o solo será de:
- 2,8 m
 - 4,2 m
 - 5,6 m
 - 6,8 m
 - 7,2 m
6. (Pucmg) Uma partícula de massa 1,0kg cai, sob a ação da gravidade, a partir do repouso, de uma altura de 5,0 metros. Considerando a aceleração da gravidade igual a 10m/s^2 e desprezando qualquer atrito, sua energia cinética e sua velocidade, no fim do movimento, serão:
- 10 J e 50 m/s
 - 10 J e 10 m/s
 - 50 J e 50 m/s
 - 50 J e 10 m/s

7. (Pucsp) Uma pedra rola de uma montanha. Admita que no ponto A, a pedra tenha uma energia mecânica igual a 400J. Podemos afirmar que a energia mecânica da pedra em B

- a) certamente será igual a 400J.
- b) certamente será menor que 400J.
- c) certamente será maior que 400J.
- d) será maior que 400J se o sistema for conservativo.
- e) será menor que 400J se o sistema for dissipativo.



8. (Uel) Um corpo de massa $m=0,50\text{kg}$ desliza por uma pista inclinada, passando pelo ponto A com velocidade $V_A=2,0\text{m/s}$ e pelo ponto B com velocidade $V_B=6,0\text{m/s}$. Adote $g=10\text{m/s}^2$.



Considerando também a figura, o trabalho realizado pela força de atrito no deslocamento de A para B vale, em joules,
a) 8,0

- b) 7,0
- c) -4,0
- d) -7,0
- e) -8,0

9. (Ufrs) Uma pedra de 4 kg de massa é colocada em um ponto A, 10m acima do solo. A pedra é deixada cair livremente até um ponto B, a 4 m de altura.

Quais são, respectivamente, a energia potencial no ponto A, a energia potencial no ponto B e o trabalho realizado sobre a pedra pela força peso? (Use $g=10 \text{ m/s}^2$ e considere o solo como nível zero para energia potencial).

- a) 40 J, 16 J e 24 J.
- b) 40 J, 16 J e 56 J.
- c) 400 J, 160 J e 240 J.
- d) 400 J, 160 J e 560 J.
- e) 400 J, 240 J e 560 J.

10. (Unirio) Quando a velocidade de um móvel duplica, sua energia cinética:

- a) reduz-se a um quarto do valor inicial
- b) reduz-se à metade.
- c) fica multiplicada por $\sqrt{2}$.
- d) duplica.
- e) quadruplica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, Antônio Jorge Sena dos. **As Novas Tecnologias e o uso dos Recursos Telemáticos na Educação Científica: A simulação Computacional na Educação em Física.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 25, n.3, p.569-600, dez. 2008.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais de Física. Brasília: MEC, 1998.

BUNGE, Mário. **Epistemologia:** curso de atualização. Tradução de Cláudio Navarra. São Paulo, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1980.

_____. **Teoria e Realidade.** São Paulo: Perspectiva, 1974.

CAMPOS, M.C.S.S. **Educação e agentes formais e informais.** São Paulo: EPU, 1985.

DEMO, P. **Metodologia do Conhecimento Científico.** São Paulo: Atlas, 2000.

FEYNMAN, Richard P. **Física em 12 lições.** Tradução Ivo Koryotowsky, 1º reimpressão, Ediouro, rio de janeiro, 2005.

_____. **Lições de física- Vol 1 e 2 .** Porto Alegre: Bookman, 2008.

FILHO, J.P.A. **Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, V.17, n.2: p. 174- 182. Ago. 2000.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** 4. ed. Trad. Rosisca Darcy de Oliveira. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. 93 p.

_____. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 1997.

GARDNER, H. **Estruturas da Mente: A Teoria das Inteligências Múltiplas**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1994

GASPAR, A. e MONTEIRO, Isabel C. de Castro. **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de vygotsky**. 2005

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOMES, L.C. **A história e evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem- parte I**. Caderno Brasileiro de ensino de Física, v.32, n.2, p. 407-441, ago. 2015.

_____. **A história e evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem- parte II**. Caderno Brasileiro de ensino de Física, v.32, n.3, p. 738- 768, dez. 2015.

HENTZ, P. **Tempo de Aprender: Subsídios Para as Classes de Aceleração de Aprendizagem Nível 3 e Para Toda a Escola**. Florianópolis: DIEF, 1999.

HEWITT, Paul G. **Fundamentos de física conceitual**. Bokkman. Porto Alegre. 2009.

HOUAISS, Antônio. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. 1 ed.- rio de janeiro. Objetiva, 2009.

MARTINS, R. A. **Mayer e a conservação da energia**. Cadernos de história e filosofia da ciência, v. 6, p. 63-95, 1984.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. **Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.

MCKELVEY, John P. e GROTCHE, Howard. **Física- 1**. Harbra, São Paulo, 1979.

ROCHA, José Fernando M.(org). **Origens e evolução das ideias da física**. EDUFBA, salvador, 2002.

MORAN, José Manuel. **Leituras dos meios de comunicação**. São Paulo, Ed. Pancast, 1993.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo. EPU, 1999.

MORIN, E. **Sete Saberes Necessários à Educação do Futuro**. São Paulo: Cortez, 2000.

NUSSENVEIG, H. Moysés. **Curso de Física básica 1-mecânica**. 3º edição, editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo 1981.

OLIVA, Alberto. **Filosofia da Ciência**. Rio de Janeiro, Jorge Zahar Ed., 2003.

OLIVEIRA, Marta Kohl. **Lev Vygotsky texto e apresentação**. 2010

ORNELLAS, Antônio José. **A energia dos tempos antigos aos dias atuais**. Maceió, EDUFAL, 2006.

[Phet- Simulation] Disponível em <
<http://phet.colorado.edu/pt/simulation/energy-skate-park> > acesso em outubro de 2016.

PIETROCOLA, M. (org). **Ensino de física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

SEARS e ZEMANSKY, **Física I- mecânica**. 12º edição. Pearson. São Paulo, 2008.

SILVA, Mary Aparecida F. de. **Métodos e Técnicas da Pesquisa**. Curitiba: IBPEX, 2005.

SILVA, J. e SOUZA, J. **O ensino de Física em Botucatu.** *Revista Botucatuense de Ensino de Física*, v. 97, n. 4, p. 1103-1125, 2010.

SILVA, S. de C. R.; SCHIRLO, A. C. **Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: Reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social.** *Imagens da Educação*, v.4, n. 1, p. 36-42, 2014.

TIPLER, Paul A. **Física- 1.** Guanabara dois, Rio de Janeiro, 1978.

VALADARES, Eduardo de Campos. **Física mais que divertida.** Minas Gerais: Editora UFMG, 2003.

[Velocidade- Default] Disponível em <
<http://www.velocidade.prp.pt/default.aspx?Page=4164> > acesso em outubro de 2016.

YOUNG, Hugh D. **Física I/** Young e Freedman. Tradução Sonia Midori Yamamoto. 12° ed., São Paulo, Addison Wesley, 2008.

[Youtube-Watch] Disponível em <
<https://www.youtube.com/watch?v=CfZ2bnqFS88> > acesso em outubro de 2016.