

Apêndice A

Guia do Professor

1 Apresentando o *website*

Prezado professor, o *website* “Leis de Conservação na Física Básica” é um produto educacional do programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UFABC. Ele reúne as seguintes leis de conservação:

- Energia Mecânica
- Momento Linear
- Momento Angular

O conteúdo é abordado dentro da Física Clássica. Porém, disponibilizamos uma página em que se discutem as leis de conservação na Física Moderna e Contemporânea, mostrando a importância das leis de conservação das grandezas físicas básicas.

Cada página, relacionada a uma grandeza conservada, possui várias subpáginas, nas quais o conteúdo é organizado por temas, de forma que julgamos ser mais didático para o visitante. Porém, cabe ressaltar que a navegação do site é livre, ou seja, cada uma das páginas pode ser acessada independentemente uma da outra, de acordo com o interesse do visitante. Quando for necessário utilizar um conceito abordado numa outra página, há um link para facilitar a leitura.

A página “Conservação de Energia Mecânica” apresenta as subpáginas

- Trabalho e Energia Cinética
- Trabalho e Forças Conservativas
- Energia Potencial
- Conservação da Energia Mecânica
- Calor e a Primeira Lei da Termodinâmica

Em “Conservação de Momento Linear” temos

- Momento Linear
- Momento Linear e a sua Conservação
- Colisões
- Centro de Massa
- Conservação de Momento Linear em Sistema de Massa Variável

Em “Conservação de Momento Angular” temos

- Movimento de Rotação
- Cinemática e Dinâmica das Rotações
- Momento de Inércia de Objetos Extensos
- Momento Angular e sua Conservação
- Energia no Movimento de Rotação
- Energia de Um Corpo Rolando

A página “Leis de Conservação Além da Física Clássica” é composta por

- Relatividade e a Conservação de Energia e Momento
- Momento Angular e a Física Moderna e Contemporânea

O conteúdo é apresentado em uma linguagem acessível aos alunos do Ensino Médio na medida do possível, mas que também atinge o público que está iniciando um curso de graduação em uma área de Exatas. Para deixar claro que fórmulas físicas “não caem do céu”, procuramos sempre que pudemos realizar as suas demonstrações matemáticas; em alguns casos, fizemos uso do cálculo diferencial e integral.

Os desenvolvimentos matemáticos que exigem uma demonstração mais complexa, está “escondida” em um link “clique aqui para ver a demonstração”, de forma que somente os visitantes que tenham um interesse em matemática de nível superior, terão contato. Para o restante, a leitura prossegue em prejuízo maior.

Para introduzir uma grandeza física, utilizamos na medida do possível situações em que essas grandezas possam estar relacionadas com observações do nosso cotidiano, como por exemplo, bailarina girando, o chute de uma bola, colisões entre bolas de bilhar, entre outros. Essa estratégia visa o aluno a pensar a Física, através de uma análise fenomenológica, antes de aplicar fórmulas matemáticas como se fossem regras memorizadas.

Para auxiliar no entendimento, o *website* utiliza diversos recursos multimídias, como figuras ilustrativas, *gifs* ou figuras animadas, links para *sites* de simulações, vídeos e links para textos complementares.

Para um melhor aproveitamento do *website* e para o professor que não está preso às aulas apostiladas, sugerimos uma proposta para o ensino de conservação da energia mecânica, através de uma sequência didática de 7 aulas de 45 minutos, cada, disponibilizada no final deste guia.

Essa sequência foi elaborada aplicando-se duas metodologias de ensino: a primeira, “Instrução por Colegas” e a segunda, “Ensino sob Medida”.

2 Proposta para o uso do *website*

Nesta seção apresentamos as duas metodologias de ensino que podem ser bastante interessantes para o uso do *website* e que formaram a base pedagógica para a elaboração do roteiro.

2.1 Metodologias de Ensino

A metodologia “Instrução por Colegas” (IpC) busca promover a aprendizagem com o foco no questionamento para que os alunos passem o tempo na sala de aula pensando e discutindo o conteúdo que o professor deseja abordar, ao invés de ficarem apenas como ouvintes.

De acordo com Araujo e Mazur¹

Em vez de usar o tempo em classe para transmitir em detalhe as informações presentes nos livros-texto, nesse método, as aulas são divididas em pequenas séries de apresentações orais por parte do professor, focadas nos conceitos principais a serem trabalhados, seguidas pela apresentação de questões conceituais para os alunos responderem primeiro individualmente e então discutirem com os colegas.

Para isso, é necessário que o professor faça um estudo prévio dos materiais que disponibilizará, que apresente questões conceituais, para os alunos discutirem entre si na sala de aula. Em relação ao planejamento, os alunos devem ser divididos em pequenos grupos. As apresentações orais por parte do professor devem ter o foco nos principais conceitos para os alunos responderem individualmente e então discutirem com os colegas. Por meio

¹Ives S. Araujo e Eric Mazur, *Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física*, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, n. 2: p. 362-384, ago. 2013.

de uma votação, as respostas são dadas e quando mais de 70% dos alunos concordarem, o professor pode lançar outra pergunta referente a outro assunto e prosseguir ou caso não se sinta satisfeito, pode retornar à mesma questão lançando outra pergunta e iniciando o processo novamente.

A metodologia “Ensino sob Medida” (EsM) é uma metodologia que cria no aluno o hábito de estudar antes de ir à aula. O professor fornece materiais de leituras para os alunos estudarem e em seguida lança questões para os mesmos. As respostas devem ser encaminhadas via internet em um período pré-determinado antes da aula.

Com essas respostas, o professor identifica as dificuldades dos alunos e prepara sua aula com o foco nas respostas dos alunos. Durante as aulas, o professor promove uma discussão sobre o texto e as respostas certas e erradas sem expor ninguém.

De acordo com Araujo e Mazur,

O ponto principal no EsM é a possibilidade do professor planejar suas aulas a partir dos conhecimentos e dificuldades dos seus alunos, manifestadas através das respostas que eles fornecem em atividades de leitura prévias aos encontros presenciais.

A exposição oral do professor é de curta duração, intercaladas com atividades, como exercícios de fixação ou atividades práticas que podem ser realizadas individualmente ou em grupos. Após esse momento, os alunos recebem outras questões sobre o assunto abordado, porém em outro contexto para responderem eletronicamente e assim o professor poder fazer uma avaliação e decidir quais assuntos novos serão abordados. Caso o resultado não seja satisfatório, deverá repensar uma nova forma de abordar o conteúdo e tentar identificar as falhas.

A integração dos dois métodos pode se dar a partir do momento em que o professor disponibiliza os textos para as leituras e em seguida as questões de sondagem de conhecimentos prévios para poder preparar as aulas. Com os dados nas mãos, ele cria a situação de questionamentos nos grupos onde cada um irá tentar explicar e convencer seus colegas, até concordarem com uma resposta final.

Assim pensando em uma sugestão de como usar o site, apresentamos a seguir uma breve sequência didática que pode servir de orientação em como usar o site.

2.2 Sugestão de uma sequência didática

Sequência didática: Conservação de Energia Mecânica

Disciplina: Física

Série: primeira série do Ensino Médio

Tempo de aulas: 7 aulas

Tema: Conservação de Energia Mecânica

Objetivo: Abordar leis de conservação

Aula 1

Tema: Trabalho e Energia cinética

Objetivo da aula: Verificar o teorema trabalho–energia cinética

Recursos utilizados: Aplicativo PhET:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/new

Metodologia: Instrução pelos colegas (IpC) e Ensino sob Medida (EsM)

Tempo estimado: 45 minutos (1 aula)

Desenvolvimento:

- 1º) O professor irá abordar brevemente o conceito de trabalho e energia cinética.
- 2º) Após a abordagem, será solicitado para que os discentes abram o aplicativo ou o site do PhET no simulador “Rampa”, que pode ser encontrado no link https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/the-ramp.

Tal simulador poderá ser aberto no celular dos respectivos alunos. Para a utilização do simulador, os alunos devem receber algumas instruções:

- (i) Não considere atrito.
- (ii) Mantenha o grau de inclinação da rampa igual a zero para forças de módulos diferentes.
- (iii) Varie o ângulo de inclinação da rampa e use as forças com mesma intensidade do item anterior. O que você observa?
- (iv) Verifique a relação entre os gráficos de energia e trabalho.
- (v) Refaça os procedimentos agora usando a força atrito. O que você conclui

Os alunos fazem suas anotações em papel sem identificação e entregam para o professor. Tais anotações servirão para que o professor identifique as percepções dos alunos sobre o assunto e organize o desenvolvimento e abordagem da sua aula. Para finalizar, os alunos são orientados, em casa, a visitar a página

<http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/introducao/> e responderem algumas perguntas que estão disponíveis na plataforma.

- (i) O que é trabalho?
- (ii) Como podemos determinar o trabalho realizado em um corpo a partir de uma força aplicada sobre o mesmo?

- (iii) Como podemos determinar a variação da energia cinética a partir de forças aplicadas em um corpo?

As informações adquiridas pelo uso do site em sala de aula pelos grupos, devem ser registradas sem identificação e entregue ao professor. As respostas provenientes da leitura do texto devem ser apresentadas em uma plataforma. Tais informações servirão para que o professor identifique as percepções dos alunos sobre o assunto e organize o desenvolvimento e abordagem da sua aula.

Aula 2

Tema: Trabalho e Energia cinética

Objetivo da aula: Verificar o teorema trabalho–energia cinética

Recursos utilizados: Apresentação das repostas dos alunos

Metodologia: Ensino sob Medida (EsM)

Tempo estimado: 45 minutos (1 aula)

Desenvolvimento:

Com o levantamento das respostas é estabelecida uma discussão, com participação ativa dos estudantes para que a fundamentação teórica seja estabelecida. Para verificar se os alunos conseguem aplicar o conhecimento em novas situações, alguns problemas são sugeridos.

(UFAC–2009) Um carro se desloca com velocidade de 72 km/h na Avenida Ceará. O motorista observa a presença de um radar a 300 m e aciona imediatamente os freios. Ele passa pelo radar com velocidade de 36 km/h. Considere a massa do carro igual a 1.000 kg. O módulo da intensidade do trabalho realizado durante a frenagem, em kJ, vale:

- a) 50
- b) 100
- c) 150
- d) 200
- e) 250

(UEM) Um corpo de massa $m = 2$ kg é abandonado de uma altura $h = 10$ m. Observa-se que, durante a queda, é gerada uma quantidade de calor igual a 100 J, em virtude do atrito com o ar. Considerando $g = 10$ m/s², calcule a velocidade (em m/s) do corpo no instante em que ele toca o solo.

(UNICAMP) Sob a ação de uma força constante, um corpo de massa $m = 4,0$ kg adquire, a partir do repouso, a velocidade de 10 m/s.

- a) Qual é o trabalho realizado por essa força?
- b) Se o corpo se deslocou 25 m, qual o valor da força aplicada?

Ao final do conjunto dessas duas aulas, espera-se que os alunos tenham entendido o teorema trabalho-energia cinética e conseguido aplicá-lo em problemas simples.

Aula3

Tema: Trabalho, Forças Conservativas e Forças não Conservativas

Objetivo da aula: Abordar o conceito de força conservativa e não conservativa bem como o trabalho realizado por elas.

Recursos utilizados: página de web e simuladores

Metodologia: Aula invertida (Aprendizagem Baseada em Equipes)

Tempo estimado: 45 minutos (1 aula)

Desenvolvimento:

Para o estudo prévio em casa, serão sugerido o estudo do conteúdo que está na página <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/sistema-conservativo/>, que possui recursos de animação e simuladores.

Para nortear o estudo, os alunos devem responder em casa, algumas questões:

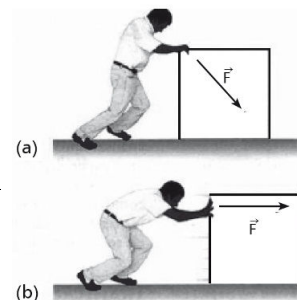
- (i) Como podemos definir se uma força é ou não conservativa?
- (ii) Por que a força gravitacional é conservativa?
- (iii) Se a força elástica não tem módulo constante, porque é considerada conservativa?
- (iv) A força de atrito é conservativa? Justifique sua resposta.

Em classe, serão formados os grupos para a realização da dinâmica relacionada a aprendizagem baseada em equipes. Os alunos irão expor suas concepções e com a mediação do educador estabelecer a fundamentação teórica. Após a finalização, os alunos irão fazer alguns problemas mais complexos, como os exemplificados a seguir.

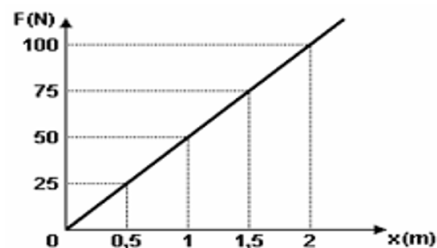
(UEMG) Uma pessoa arrasta uma caixa sobre uma superfície sem atrito de duas maneiras distintas, conforme mostram as figuras (a) e (b). Nas duas situações, o módulo da força exercida pela pessoa é igual e mantém-se constante ao longo de um mesmo deslocamento.

Considerando a força F , é correto afirmar que:

- a) o trabalho realizado em (a) é igual ao trabalho realizado em (b).
- b) o trabalho realizado em (a) é maior que o trabalho realizado em (b).
- c) o trabalho realizado em (a) é menor que o trabalho realizado em (b).
- d) não se pode comparar os trabalhos, porque não se conhece o valor da força.



(UFSM-RS) O gráfico representa a elongação de uma mola, em função da tensão exercida sobre ela. Qual o trabalho da tensão para distender a mola de 0 a 2 m?



(CESGRANRIO) A lei de Coulomb afirma que a força de intensidade elétrica de partículas carregadas é proporcional:

- I. às cargas das partículas;
- II. às massas das partículas;
- III. ao quadrado da distância entre as partículas;
- IV. à distância entre as partículas.

Das afirmações acima

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

Uma criança de 40 kg sobe em um escorregador de 3,5 m de altura. Calcule o trabalho da força peso na subida até o alto do escorregador. Lembre-se, quando o deslocamento é contra o sentido da força peso, o trabalho é negativo.

- a) -140 J
- b) 1400 J
- c) 1400 J
- d) 140 J
- e) -400 J

Analisando as respostas dos alunos, cabe o professor julgar se irá continuar com o desenvolvimento do conteúdo ou fazer uma retomada do conteúdo já abordado.

Aula 4

Tema: Energia Potencial

Objetivo da aula: Abordar o conceito de energia potencial e sua relação com trabalho.

Recursos utilizados: página de web e simuladores

Metodologia: Ensino sob Medida

Tempo estimado: 45 minutos (1aula)

Desenvolvimento:

Para um estudo prévio os alunos são orientados a visitarem a página

<http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/energia-potencial/>

e responderem alguns questões que nortearam o planejamento e desenvolvimento da aula.

- (i) Para onde vai a energia, quando o trabalho é negativo?
- (ii) Existe relação entre energia potencial gravitacional, elástica e eletrostática?

Em sala, a partir das respostas o professor irá apresentar algumas respostas dos alunos, sem identificá-los, com o objetivo de estabelecer uma discussão. Após as discussões, o professor faz a fundamentação teórica e apresenta um problema com o objetivo de verificar se os alunos são capazes de aplicar o conhecimento, como por exemplo as que seguem:

(FATEC 2002) Um bloco de massa 0,60 kg é abandonado, a partir do repouso, no ponto A de uma pista no plano vertical. O ponto A está a 2,0m de altura da base da pista, onde está fixa uma mola de constante elástica 150 N/m. São desprezíveis os efeitos do atrito e adota-se $g = 10 \text{ m/s}^2$. A máxima compressão da mola vale, em metros:

- a) 0,80
- b) 0,40
- c) 0,20
- d) 0,10
- e) 0,05

(FUVEST SP) No rótulo de uma lata de leite em pó lê-se valor energético: 1509 kJ por 100 g (361 kcal). Se toda energia armazenada em uma lata contendo 400 g de leite fosse utilizada para levantar um objeto de 10 kg, a altura máxima atingida seria de aproximadamente ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Aulas 5 e 6

Tema: Conservação de Energia Mecânica

Objetivo da aula: Abordar a energia mecânica em sistemas conservativos e não conservativos

Recursos utilizados: página de web e simuladores

Metodologia: Instrução pelos colegas (IpC) e Ensino sob Medida (EsM)

Tempo estimado: 90 minutos (2 aulas)

Desenvolvimento:

Em sala os alunos (em grupo) irão acessar dois simuladores sobre conservação de energia que estão presentes na página

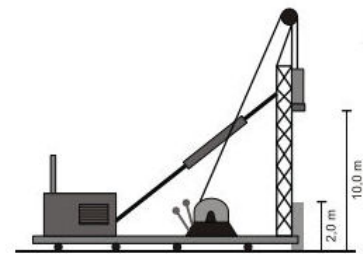
<http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/conservacao-da-energia-mecanica/>.

Para nortear a investigação deverão responder as seguintes perguntas:

- (i) Quais são os tipos de transformação de energia que ocorrem?
- (ii) Nos sistemas, a energia mecânica é conservada?

Após as observações, os grupos expõem suas respostas para os outros colegas e inicia-se uma discussão. Com as justificativas, o professor oferece o seguinte problema e pede para que os grupos expliquem a solução.

(IFSC- 2012) O bate-estacas é um dispositivo muito utilizado na fase inicial de uma construção. Ele é responsável pela colocação das estacas, na maioria das vezes de concreto, que fazem parte da fundação de um prédio, por exemplo. O funcionamento dele é relativamente simples: um motor suspenso, através de um cabo de aço, um enorme peso (martelo), que é abandonado de uma altura, por exemplo, de 10 m, e que acaba atingindo a estaca de concreto que se encontra logo abaixo.



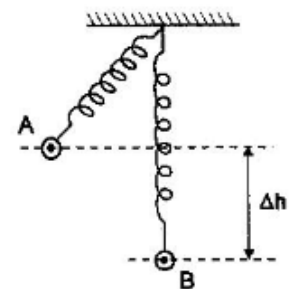
O processo de suspensão e abandono do peso sobre a estaca continua até a estaca estar na posição desejada.

É CORRETO afirmar que o funcionamento do bate-estacas é baseado no princípio de:

- a) transformação da energia mecânica do martelo em energia térmica da estaca.
- b) conservação da quantidade de movimento do martelo.
- c) transformação da energia potencial gravitacional em trabalho para empurrar a estaca.
- d) colisões do tipo elástico entre o martelo e a estaca.
- e) transformação da energia elétrica do motor em energia potencial elástica do martelo.

(UFF RJ 1997) A figura mostra um pêndulo que consiste em um corpo com 5 kg de massa pendurado a uma mola de constante elástica igual a 400 N/m e massa desprezível.

Na posição A, em que a mola não está deformada, o corpo é abandonado em repouso. Na posição B, em que a mola se encontra na vertical e distendida de 0,5 m, esse corpo atinge a velocidade de 4 m/s.



Considerando-se a resistência do ar desprezível e a aceleração da gravidade igual a 10 m/s², pode-se afirmar que a diferença entre as alturas do corpo nas posições A e B é:

- a) 3,6 m
- b) 1,8 m
- c) 0,8 m
- d) 2,4 m
- e) 0,2 m

Baseado nas explicações dos alunos, na segunda aula, o professor realiza a fundamentação teórica e orienta que os alunos façam os exercícios que estão disponíveis na página <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/exercicios-de-vestibulares-e-enem/> sobre conservação de energia mecânica.

A análise das respostas dos alunos irá determinar se o professor deve continuar abordando o assunto ou pode prosseguir com o assunto.

Aulas 7

Tema: Calor e Primeira Lei da Termodinâmica

Objetivo da aula: Verificar a conservação de energia na Termodinâmica

Recursos utilizados: página de web

Metodologia: Ensino sob Medida (EsM)

Tempo estimado: 45 minutos (1 aula)

Desenvolvimento:

Previamente os alunos serão orientados a visitar a página

<http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/calor-e-a-primeira-lei-da-termodinamica/>

e responder as seguintes questões:

- (i) Quais são as condições para que ocorra conservação de energia?
- (ii) Como se calcula o trabalho realizado por um gás.

Com as respostas, o educador irá desenvolver a aula, tornando pública as respostas com o objetivo de promover discussões sobre o assunto. Em seguida, ele faz a fundamentação teórica e propõem que os alunos façam em grupo os exercícios que estão na página

<http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/exercicios-de-vestibulares-e-enem/>.

A sequência de 7 aulas é fechada com o professor enfatizando o caráter conservativo da energia. Vale a pena observar que embora se tenha dada uma ênfase na energia mecânica, a sequência envolve também questões relativas à energia térmica. Essa estratégia em trabalhar simultaneamente com duas “frentes” de Física mostra que a conservação de energia é um tema central na Física e portanto, na medida do possível, trabalhar de forma a integrar as diferentes áreas, ou “frentes”.