

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARIA LUCIA GEITTENES CAMERA

**PROPOSIÇÃO E USO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA
A ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA EM AULAS DE FÍSICA DO
ENSINO MÉDIO**

MEDIANEIRA

2024

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARIA LUCIA GEITTENES CAMERA

**PROPOSIÇÃO E USO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA
A ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA EM AULAS DE FÍSICA DO
ENSINO MÉDIO**

**PROPOSITION AND USE OF AN INVESTIGATIVE TEACHING SEQUENCE TO
APPROACH THE CONCEPT OF ENERGY IN HIGH SCHOOL PHYSICS CLASSES**

Produto Educacional apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira (UTFPR-MD).

Orientador: Prof. Dr. Fabio Rogerio Longen.

**MEDIANEIRA
2024**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira



MARIA LUCIA GEITTENES CAMERA

**PROPOSIÇÃO E USO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA A ABORDAGEM DO
CONCEITO DE ENERGIA EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 21 de Fevereiro de 2024

Dr. Fabio Rogerio Longen, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Marcos Fernando Soares Alves, Doutorado - Instituto Federal do Paraná

Dra. Sheyse Martins De Carvalho, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 21/02/2024.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Formas de energia..... | 14 |
| Figura 2 – Simulador de energia com <i>skate</i> | 14 |
| Figura 3 – Energia potencial elástica (E_{pe}) | 16 |
| Figura 4 – Ilustração da Lei de Hooke | 17 |
| Figura 5 – Tela inicial do simulador de massas e molas com destaque para o ícone LAB..... | 17 |
| Figura 6 – Cursor do simulador para configuração da constante da mola..... | 18 |
| Figura 7 – Captura de tela demonstrando quais ícones devem ser selecionados e como utilizar a régua | 18 |
| Figura 8 – Energia cinética e conservação de energia | 21 |
| Figura 9 – Simulador de uma pista vertical de <i>skate</i> | 22 |
| Figura 10 – Captura de tela do simulador de energia na pista de skate | 22 |
| Figura 11 – Captura de tela da simulação no modo parque..... | 23 |
| Figura 12 – Posicionamento da bolinha na rampa | 26 |
| Figura 13 – <i>Looping</i> para demonstração da conservação de energia | 26 |
| Figura 14 – Posicionamento para medida do <i>looping</i> | 27 |

LISTA DE QUADROS E TABELAS

| | |
|--|-----------|
| Quadro 1 – Estruturação da sequência de ensino investigativa..... | 11 |
| Quadro 2 – Conceituação de energia e conservação de energia..... | 15 |
| Quadro 3 – Atividade avaliativa extraclasse | 28 |
| Quadro 4 – Primeira parte da atividade avaliativa final do PE | 29 |
| Quadro 5 – Segunda parte da atividade avaliativa final do PE..... | 30 |
| | |
| Tabela 1 – Deslocamento da mola em função das massas, com constante da mola pequena | 19 |
| Tabela 2 - Deslocamento da mola em função das massas, com constante da mola grande | 19 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 APRESENTAÇÃO | 6 |
| 2 JUSTIFICATIVA..... | 8 |
| 3 TUTORIAL | 10 |
| 4 ENCONTROS E APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA DO PRODUTO EDUCACIONAL EM SALA DE AULA..... | 11 |
| 4.1 Primeiro Encontro: Explorando a turma, seu conhecimento e suas habilidades..... | 13 |
| 4.2 Segundo Encontro: Energia potencial elástica: conceitos e aplicações ... | 15 |
| 4.3 Terceiro Encontro: Energia cinética e a conservação de energia mecânica | 21 |
| 4.4 Quarto Encontro: Energia potencial gravitacional: conceitos e aplicações | 24 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 31 |
| REFERÊNCIAS..... | 33 |

1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho descreve o Produto Educacional (PE) desenvolvido durante o processo de formação docente no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Medianeira – PR, e aplicado em aulas de Física na 1ª série do Ensino Médio (EM), em uma instituição educacional pertencente à rede estadual de Educação Básica do Estado do Paraná.

O PE contempla a prática docente com o conteúdo Energia e Conservação de Energia Mecânica, presente no currículo de Física do EM (Paraná, 2008), e tem sua base teórica sustentada na Teoria da Aprendizagem (Vygotsky, 2007) e na Teoria da Experiência da Aprendizagem Mediada (Feuerstein, 1990).

Na opção metodológica adotada no PE, explora-se a estratégia didática conhecida como Sequência de Ensino Investigativa (SEI), formulada por Carvalho que visa à utilização de atividades investigativas na abordagem do conteúdo Energia e Conservação de Energia Mecânica.

A aplicação prática da SEI é apoiada por metodologias ativas que levam à aprendizagem colaborativa, cooperativa e híbrida, pela exploração de simuladores computacionais. Nesse particular, utiliza-se a ferramenta tecnológica o *Physics Education Technology Project* (PhET)¹, idealizada pela Universidade de Colorado Boulder, Estados Unidos da América, que funciona como uma plataforma *on-line* de fácil acesso a conteúdos curriculares e oportuniza a simulação de atividades e conceitos estudados em sala de aula do ensino presencial ou *on-line* de um modo dinâmico, ativo e interativo (Silva; Franco, 2021).

Na base teórico-conceitual da SEI são observadas as orientações de Carvalho (2011; 2013; 2018), para quem o ensino de Física deve promover habilidades investigativas nos discentes e com isso possibilitar a utilização e o aprendizado do conhecimento científico de forma a promover o espírito investigativo presente nos discentes. A aprendizagem promovida pela SEI é desenvolvida de forma gradual, ou seja, os discentes são instigados a participarem de atividades planejadas que ampliam as discussões e possibilitam a construção e aquisição mediada do conhecimento científico.

¹ PhET Colorado disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_pt_BR.html

As atividades organizadas, construídas, esquematizadas na SEI apresentada neste PE têm por objetivo promover a aprendizagem sobre o conhecimento de Energia e Conservação da Energia Mecânica com o uso de simuladores do projeto PhET Colorado, pelos discentes de forma articulada e organizada.

Para alcançar tal objetivo, a abordagem do tema é orientada na perspectiva do ensino por investigação com a criação de uma SEI e cada atividade programada é desenvolvida de forma prévia, observadas as orientações de Carvalho (2013).

Nessa perspectiva de ensino, definem-se como objetivos específicos do PE:

- (a) produzir, implementar e avaliar a aplicação da SEI no ensino de Energia e Conservação de Energia Mecânica com exploração um simulador *on-line* específico: PhET Colorado;
- (b) incentivar os educandos a desenvolver atividades que despertem suas habilidades cognitivas e emocionais com aulas participativas, práticas e interativas;
- (c) observar a motivação, a participação e a aprendizagem no término de cada atividade proposta;
- (d) ampliar as possibilidades de o aluno expor e defender de forma clara e objetiva suas respostas às atividades de experimentação em Física na Educação Básica, Ensino Médio.

2 JUSTIFICATIVA

Na pesquisa, argumenta-se ser preciso que o ensino de Física se afaste do chamado ensino tradicional, “[...] no qual o aluno é considerado uma ‘jarra vazia’ na qual o professor irá ‘despejar’ o conhecimento” (Bellucco; Carvalho, 2014, p. 32). Afirma-se ser necessário que o professor perceba o ensino de Física “[...] com mais gente e com menos álgebra, a emoção dos debates, a força dos princípios e a beleza dos conceitos científicos” (Menezes, 2005 *apud* Paraná, 2008, p. 50) e que, em sua prática pedagógica, explore metodologias ativas, interativas, híbridas, cooperativas e colaborativas, pois “[...] o contato dinâmico, interativo e ativo com a Física poderá quebrar barreiras e, juntamente com a exposição/interação, solidificar os conceitos estigmatizados como difíceis e inacessíveis pelos alunos” (Campos, 2018, p. 13).

Registra-se, ainda, que o uso de *softwares* de simulação auxilia o professor de Física no ensino dos conteúdos curriculares de maneira mais simples e próxima ao cotidiano dos estudantes (Böhlke; Evangelista; Alvarenga, 2021). Nesse sentido, na exploração didático-pedagógica das ferramentas tecnológicas disponíveis para acesso *on-line* inclui-se o despertar do interesse pedagógico pelo PhET Colorado.

O *PhET* Colorado é uma ferramenta que resulta de um projeto específico que visa simular situação-problema para ajudar o estudante na compreensão de conceitos de Ciências e Matemática (Alves; Sousa, 2021). Criado em 2002 e idealizado pela Universidade de Colorado Boulder, Estados Unidos da América (EUA), o PhET Colorado funciona como uma plataforma *on-line* que permite acesso dos estudantes a conteúdos curriculares e lhes oportuniza simular atividades e conceitos estudados em sala de aula do ensino presencial ou da educação à distância (EaD) de um modo dinâmico, ativo e interativo (Silva; Franco, 2021).

A SEI elaborada e aplicada na prática docente do ensino de Física no EM, tem a finalidade de ampliar as possibilidades de desenvolvimento de atividades de experimentação na Educação Básica, especificamente no Ensino Médio. Nesse contexto, é importante ressaltar que o material didático elaborado e aplicado na SEI é mais um recurso para pesquisa e produção de atividades direcionadas ao ensino da Física na Educação Básica. Assim, acredita-se que a SEI elaborada e testada neste PE possa contribuir para o desenvolvimento da prática docente a partir das atividades de experimentação e, igualmente, estimule o professor para estruturar

outras atividades de experimentação e aplicá-las na prática pedagógica em suas aulas de Física na Educação Básica.

No contexto de ensino-aprendizagem neste PE, explora-se o simulador *online* PhET Colorado com o propósito de motivar o estudante à investigação e aplicação prática de conteúdos curriculares, o que tende a resultar em ganhos significativos no processo de aprendizagem (Alves; Sousa, 2021).

Entende-se que o processo interativo em aulas mediadas por tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) permite que cada um – estudante, colegas, professor – seja atuante na construção do saber, participe ativamente, troque opiniões e alcance aprendizagem ativa (Juca, 2013; Rodrigues, 2013; Mendonça, 2015). É nesse contato ativo, interativo e dinâmico que o estudante se aproxima de conceitos próprios de Física (Silva Júnior, 2015; Silva; Franco, 2021;).

A aproximação do estudante a conceitos próprios da Física tende a quebrar barreiras que se revelam no decorrer dos processos de ensino e aprendizagem e a desmistificar ideias estigmatizadas de que os conceitos trabalhados nos conteúdos da disciplina de Física Escolar são difíceis, que tem muitos cálculos e aprender esses conteúdos é praticamente impossível para grande parcela de estudantes do Ensino Médio (Ricardo; Freire, 2007).

PROPOSIÇÃO E USO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA A ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

3 TUTORIAL

Caro professor!

Apresento, aqui, uma proposta de ensino de Física à primeira série do Ensino Médio, organizada no formato de Produto Educacional (PE), que tem por objetivo oportunizar a exploração de atividades investigativas relativas ao conteúdo curricular Energia e Conservação da Energia Mecânica, com aplicação didático-pedagógica do simulador *on-line PhET Colorado*.

Não se trata absolutamente de um manual a ser seguido à risca na prática docente, mas, sobretudo, trata-se de um PE que testado revelou ser a associação da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) com a aplicação do simulador *on-line PhET Colorado* eficiente estratégia didática para o ensino da Física Escolar.

Na leitura do PE, encontrará as especificidades sobre a estruturação e aplicação da SEI, seus objetivos específicos, conhecimento prévio requerido-esperado, as estratégias e os recursos explorados em cada um dos quatros encontros em que ocorreu a aplicação da SEI na prática docente.

Ótima leitura!

Sucesso na aplicação deste PE.

4 ENCONTROS E APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA DO PRODUTO EDUCACIONAL EM SALA DE AULA

A SEI foi estruturada para ser aplicada em quatro (4) encontros presenciais, formados por aulas com duração de 45 minutos, com a participação de estudantes da 1ª série do Ensino Médio sob orientação da professora/pesquisadora.

A síntese da estruturação da SEI, organizada por encontros com respectivos objetivos, conhecimento prévio requerido, estratégias e recursos explorados no desenvolvimento das atividades, está registrada no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Estruturação da sequência de ensino investigativa

| Objetivos Específicos | Conhecimento prévio | Estratégias e recursos explorados |
|---|---|---|
| Primeiro encontro – Explorando a turma, seu conhecimento e suas habilidades Duração: 90 minutos | | |
| a) Iniciar o processo de interação professora/estudantes com apresentação do conteúdo proposto: Energia e Conservação de Energia Mecânica. b) Discutir conceitos a partir da análise de imagens e simulações virtuais. c) Avaliar o conhecimento prévio sobre o conteúdo proposto a partir da aplicação do pré-teste para validação do PE. | a) detenha breves noções sobre os conceitos de energia e de transformação de energia; b) habilidades básicas para ouvir, ler e interpretar imagens e expressões gráficas; c) operacionalização de simuladores <i>on-line</i> ; d) habilidade para responder as questões proposta no pré-teste. | a) introdução do conteúdo, <i>link</i> de acesso ao site <phet.Colorado.edu> e atividades em pares; b) conversação e exploração de imagens virtuais em dupla; c) identificação de pontos referenciais no ensino de energia com uso de recursos tecnológicos; d) atividade avaliativa (pré-teste) individual e escrita em folha sulfite. |
| Segundo encontro – Energia potencial elástica: conceitos e aplicações Duração: 45 minutos | | |
| a) Discutir conceitos e aplicação da energia potencial elástica. b) Desenvolver atividades escritas sobre energia potencial elástica. c) Aplicar o conceito de energia potencial elástica com auxílio do simulador PhET Colorado. d) Calcular a massa e a constante de uma mola pequena e de outra grande. | a) detenha breves noções sobre o conceito de energia potencial elástica; b) mostre habilidade na aplicação dos conceitos em estudo; c) operacionalize o PhET de forma adequada; d) calcule a constante da massa de bolas. | a) estudo <i>on-line</i> em duplas para interações discursivas sobre o conteúdo; b) experiências com PhET e resolução de atividades. c) pesquisa individual <i>on-line</i> fora da escola sobre conceitos e exemplos de forças conservativa e dissipativa. |
| Terceiro encontro – Energia cinética e a conservação de energia Duração: 45 minutos | | |
| a) Identificar a energia cinética e associá-la a contextos em que está envolvida. b) Analisar os sistemas de conservação da energia mecânica, reconhecendo perdas energéticas. c) Explorar os conceitos de conservação de energia mecânica e energia cinética por meio do PhET Colorado. d) Compreender que a energia cinética se relaciona a corpos em estado de movimento. | a) detenha breves noções sobre o conceito de energia cinética; b) correlação do conceito de energia cinética com práticas relativas à Conservação de Energia Mecânica; c) projeção <i>on-line</i> de uma pista de <i>skate</i> a partir dos conceitos de energia cinética e conservação de energia. | a) discussão em grupo sobre os conceitos e exemplos pesquisados sobre forças conservativa e dissipativa; b) simulações virtuais sobre forças conservativas e dissipativas em correlação com conservação de energia mecânica, energia mecânica e cinética, potencial gravitacional; c) discussão em grupo sobre o conteúdo explorado por meio de simulações. |
| Quarto encontro – Energia potencial gravitacional: conceitos e aplicações Duração: 90 minutos | | |
| a) Identificar a energia potencial gravitacional e associá-la aos | a) habilidade para debate e discussão sobre | a) experiência, descrição e exploração de maquete |

| | | |
|---|--|---|
| contextos envolvidos. b) Identificar e analisar perdas energéticas em sistemas de conservação da energia mecânica. c) Evidenciar a conservação de energia através de <i>looping</i> . d) Determinar velocidade e altura mínima de uma esfera maciça ao completar o <i>looping</i> e a energia dissipada pelo atrito. e) Aplicar o pós-teste para validação do PE. | conservação de energia; b) habilidades para aprendizagem e (re)elaboração do conhecimento; c) habilidade para expressar o aprendizado adquirido; d) prontidão intelectual para a resolução das questões do pós-teste. | experimental para medida do <i>looping</i> ; b) atividades investigativas e observação em atividades sobre a utilização do <i>looping</i> ; c) apontamentos e relato das atividades investigativas na forma escrita d) atividade avaliativa individual e escrita, impressa em folha sulfite e <i>on-line</i> . |
|---|--|---|

Fonte: Autoria própria (2023).

Em seguida são apresentadas e descritas as atividades investigativas desenvolvidas em cada um dos quatro (4) encontros da professora com os estudantes da 1ª série do EM durante a aula de Física Escolar.

Na organização, apresentação e desenvolvimento da SEI observam-se os passos de gerenciamento da classe, turma, conforme Carvalho (2013), assim:

- 1) distribuição do material e proposição do problema de investigação;
- 2) resolução do problema a partir de concepções pessoais de pequenos grupos de alunos;
- 3) sistematização coletiva do conhecimento elaborado nos grupos, nas etapas: (a) como ou levantamento dos dados para a resolução dos problemas enunciado; (b) porque ou construção de uma justificativa para o fenômeno e da argumentação científica, proporcionando uma explicação causal e a passagem da linguagem cotidiana para a científica.
- 4) Escrever e/ou desenhar a construção pessoal do conhecimento.

4.1 Primeiro Encontro: Explorando a turma, seu conhecimento e suas habilidades

Conteúdo programático: Energia e Conservação da Energia Mecânica.

Objetivos de aprendizagem: Conservação da energia mecânica de um sistema físico, em seu balanço energético final; perdas energéticas por aquecimento ou atrito e necessidade de se fornecer energia ao sistema para repor essas perdas.

Atividade conceitual: definição de energia mecânica (E_M) e de conservação de energia mecânica.

Inicia-se com discussões orais sobre o significado de energia mecânica (E_M) de um sistema. Em seguida, define-se E_M como a capacidade de um corpo de realizar trabalho e corresponde a soma algébrica da energia cinética (E_C) e potencial (E_P). O cálculo da E_M é dada pela equação 1:

$$E_M = E_C + E_P \quad \text{Eq. 1}$$

Esclarece-se que sem atrito, a soma da energia mecânica em um instante inicial de um objeto é igual à soma da energia mecânica num instante posterior. Em outras palavras, a energia mecânica de um objeto é sempre conservada.

Considerado o exemplo do lançamento de um objeto em ângulos diferentes na mesma altura. A energia potencial é a mesma (mesma altura). A energia cinética é a mesma (mesma velocidade). Conclui-se, então, que não há diferença na energia mecânica em razão do ângulo de arremesso.

Portanto, independentemente da direção, se a velocidade inicial e a posição inicial do objeto lançado forem as mesmas, a velocidade no momento de atingir o solo também será a mesma.

Atividades no Laboratório de Informática no primeiro encontro

Na sequência, explora-se o Laboratório de Informática a partir do acesso ao site <phet.Colorado.edu> a fim de simular os movimentos da *skatista* na rampa.

- 1) A partir das Ilustrações (Figura 1) apresentadas aos(as) alunos(as) propõe-se que enunciem o que é Energia? Como ela se comporta? Como ela se transforma?

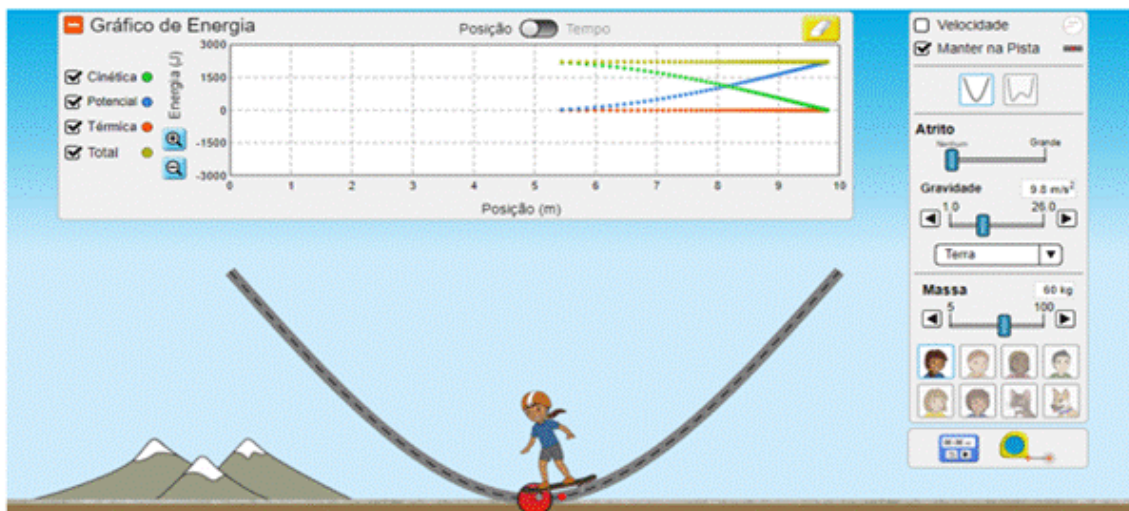
Figura 1 – Formas de energia



Fonte: Secretaria Estadual de Educação do Estado do Paraná (SEED) (2023). Disponível em: <https://rco.paas.pr.gov.br/livro>.

- 2) O professor poderá preparar um *GIF* conforme a sugestão abaixo (Figura 2) para estimular a experimentação/discussão a partir da premissa de que a *skatista* não faz nenhum tipo de força para movimentar o *skate* e mesmo assim o movimento dela é infinito. Na vida real esse tipo de situação é possível? Justifique sua resposta. Em caso de opiniões divergentes em sala, elenque as justificativas das opiniões para julgarem qual é a correta.

Figura 2 – Simulador de energia com *skate*



Fonte: PhET Colorado (2023).

Momento de Argumentação – organização do pensamento –

Neste encontro, propõe-se, por meio de experiências, levar os alunos a concluir que a energia não se cria e não se destrói, mas apenas se transforma em

outro tipo de energia, em quantidades iguais. Para tal, será entregue aos alunos uma atividade avaliativa (Quadro 2) para ser respondida presencialmente sobre o significado de energia e conservação de energia, cujo objetivo é sondar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o conteúdo em pauta.

Quadro 2 – Conceituação de energia e conservação de energia

| | |
|--|--|
| Colégio: Turma: 1ª série do Ensino Médio Nome do estudante: | Disciplina: Física Professora: |
| 1) Defina o que é Energia? | Resposta: |
| 2) Como a energia se comporta e se transforma? | Resposta: |
| 3) Como a energia se transforma na natureza? Cite um exemplo. | Resposta: |
| 4) Acesse o site abaixo e veja que a <i>skatista</i> não está fazendo nenhum tipo de força para movimentar o skate e mesmo assim o movimento dele é infinito. Na vida real esse tipo de situação é possível? Justifique sua resposta. Link de acesso: https://phet.Colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_pt_BR.html | Resposta: |
| 5) Em caso de opiniões divergentes em sala, elenque as justificativas das opiniões para julgarem qual é a correta. | Resposta: |

Fonte: Autoria própria (2023).

No final do encontro, a professora disponibiliza o *link* do material que contém noções sobre energia potencial elástica (E_{pel}) a fim de despertar nos alunos o interesse para esse tema, que será pauta da próxima aula. O endereço de acesso é <https://www.youtube.com/watch?v=R_XjmpzlxjA>.

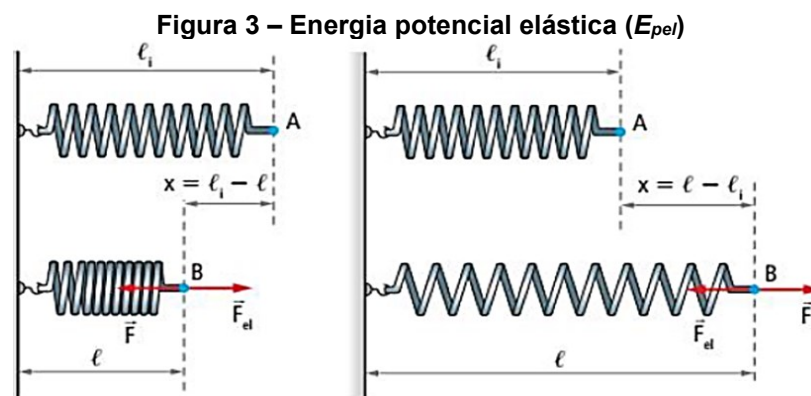
4.2 Segundo Encontro: Energia potencial elástica: conceitos e aplicações

Conteúdo programático: Energia potencial elástica (E_{pel}).

Objetivos de aprendizagem: Conservação da energia mecânica de um sistema físico, em seu balanço energético final: perdas energéticas por aquecimento ou atrito e necessidade de se fornecer energia ao sistema para repor essas perdas.

Atividade conceitual: definição de energia potencial elástica.

A aula se inicia com uma interação discursiva da professora-alunos sobre o conteúdo E_{pel} sugerido no encontro anterior para acesso *on-line*. A abordagem do tema de estudo segue princípios da metodologia híbrida sala de aula invertida (Staker e Horn, 2012; Valente, 2014). Nesse momento, abre-se um espaço para que o aluno e/ou um grupo de alunos discorra sobre o significado de E_{pel} e cite exemplos. A partir dessa interação é registrado o conceito de E_{pel} como sendo a energia armazenada em molas, elásticos, cordas ou objetos que podem se comprimir ou se distender, sendo diretamente proporcional à dureza da mola, constante elástica k , é diretamente proporcional ao quadrado da distensão ou compressão, x , do objeto em estudo (Figura 3).



Fonte: <https://www.preparaenem.com/fisica/energia-elastica.htm>

Novamente enfatiza-se que a quantidade de E_{pel} que um corpo armazena está relacionada à sua dureza e à sua distensão ou compressão. Assim, chega-se à equação 2 que permite calcular a energia potencial elástica.

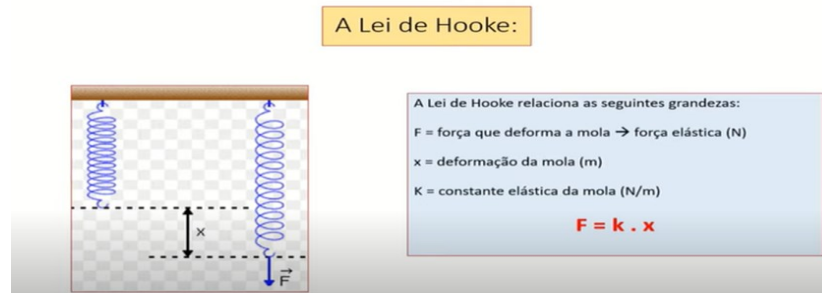
$$E_{pel} = \frac{k \cdot x^2}{2} \quad \text{Eq. 2}$$

onde, E_{pel} = Energia Elástica (J, joule); k = constante de deformação da mola (N/m Newton/metro); x = medida da deformação sofrida pelo corpo (m, metro).

Atividades no Laboratório de Informática no segundo encontro

No início, explica-se aos estudantes que será desenvolvido uma aula experimental prática para calcular a constante de associação (equivalente) de molas em série e paralelo e verificar as relações para o cálculo das constantes em cada tipo de associação. Para esta atividade utilizaremos a – **Lei de Hooke** (Figura 4).

Figura 4 – Ilustração da Lei de Hooke

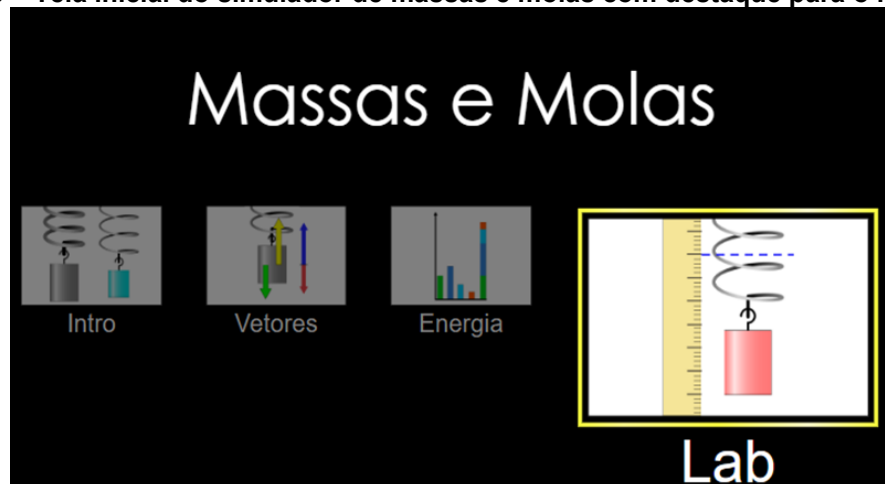


Fonte: <https://www.preparaenem.com/fisica/energia-elastica.htm>

Na sequência, os passos da atividade experimental a ser desenvolvida são assim descritos:

1. Utilizando o *link* abaixo, acessem o ícone **LAB** (Figura 5) e desenvolvam as etapas que serão descritas posteriormente:

Figura 5 – Tela inicial do simulador de massas e molas com destaque para o ícone LAB



Fonte: Phet Colorado (2023), disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_pt_BR.html

2. Cada aluno da turma deve colocar o bloco de massa (100 g) no gancho movendo o cursor da constante de mola (Figura 6) para posição “pequena”, em seguida medindo a deformação x da mola em relação ao ponto de equilíbrio. Para tal, utilizar a régua localizada à direita do simulador (Figura 7) e, posteriormente,

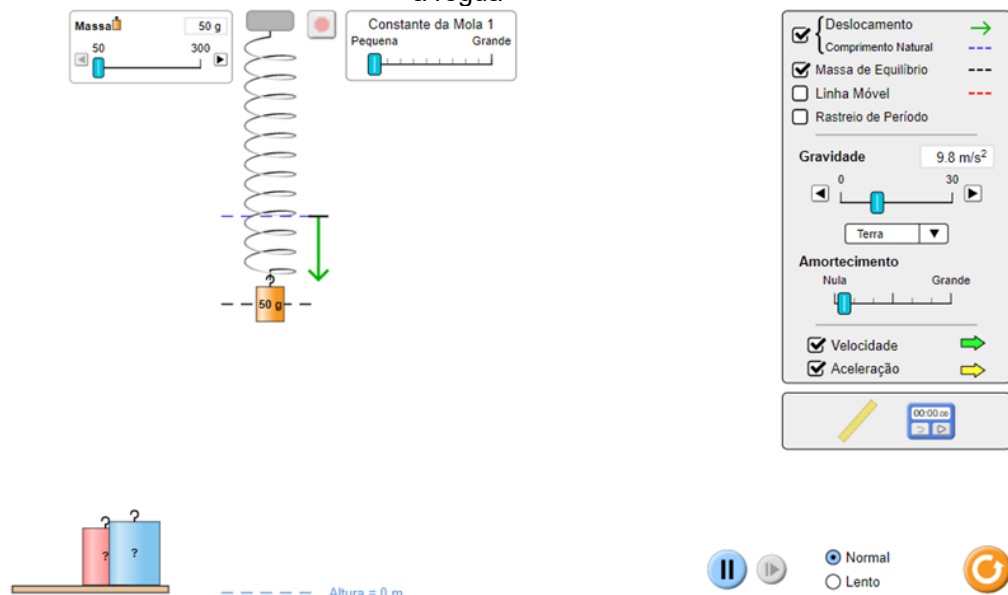
anotar a medida encontrada entre o comprimento natural (linha tracejada azul) e a massa de equilíbrio (linha tracejada preta). Para melhor compreensão, os alunos podem acessar no *YouTube* <<https://youtu.be/ZuHrXwbqTcw>> o sistema de massa mola utilizando simuladores.

Figura 6 – Cursor do simulador para configuração da constante da mola



Fonte: PhET Colorado (2023), disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_pt_BR.htm

Figura 7 – Captura de tela demonstrando quais ícones devem ser selecionados e como utilizar a régua



Fonte: PhET Colorado (2023), disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/masses-and-springs

3. Repita o item 2 alterando o peso do bloco para os seguintes valores: 125, 150, 175, 200 e 225 g. Agora, anote os valores das medidas de deslocamento x em uma tabela. (Tabela1).

Tabela 1 – Deslocamento da mola em função das massas, com constante da mola pequena

| Constante mola “pequena” | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Massa (kg) | 0,100 | 0,125 | 0,150 | 0,175 | 0,200 | 0,225 |
| Deslocamento 1 (m) | | | | | | |
| Deslocamento 2 (m) | | | | | | |
| Deslocamento 3 (m) | | | | | | |
| Deslocamento 4 (m) | | | | | | |
| Deslocamento 5 (m) | | | | | | |
| Deslocamento 6 (m) | | | | | | |
| Média do Deslocamento | | | | | | |

Fonte: Autoria própria (2023).

4. Repita o item 2 e 3 movendo o cursor da constante de mola para a posição “grande” (Figura 7). Anote todas as medidas correspondentes em uma tabela (Tabela 2).

Tabela 2 - Deslocamento da mola em função das massas, com constante da mola grande

| Constante mola “grande” | | | | | | |
|--------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Massa (Kg) | 0,1 | 0,125 | 0,150 | 0,175 | 0,200 | 0,225 |
| Deslocamento 1 (m) | | | | | | |
| Deslocamento 2 (m) | | | | | | |
| Deslocamento 3 (m) | | | | | | |
| Deslocamento 4 (m) | | | | | | |
| Deslocamento 5 (m) | | | | | | |
| Deslocamento 6 (m) | | | | | | |
| Média do Deslocamento | | | | | | |

Fonte: Autoria própria (2023).

Momento de Argumentação e Sistematização do Conhecimento – elaboração do relatório sobre o segundo encontro

Depois de realizado o levantamento de dados e preenchidas as tabelas, na sequência ocorre a elaboração dos gráficos de coluna e de linha relativos à força

peso associado à massa m versus o deslocamento x , para os conjuntos de dados anotados nas Tabelas 1 e 2.

Na construção de tabelas e gráficos é permitida a exploração da ferramenta *on-line* Excel, caso os estudantes já dominem esta habilidade digital. Na construção dos gráficos também se faz necessária ocorrer a conversão de todas as medidas anotadas para força, massa e deformação, em cada conjunto de molas, para o sistema internacional de unidades (SI).

Agora, pela leitura dos gráficos determine a constante elástica de cada mola e a energia potencial elástica armazenada para cada caso. Por fim, determine o desvio padrão das constantes calculadas a partir da Tabela 1.

Obs.: A elaboração do relatório deverá ser realizada como tarefa extraclasse.

4.3 Terceiro Encontro: Energia cinética e a conservação de energia mecânica

Conteúdo programático: Energia cinética

Objetivos de aprendizagem: identificar a energia cinética e associá-la aos contextos em que está envolvida; analisar os sistemas e a conservação da energia mecânica e reconhecer as perdas energéticas dos sistemas; compreender que a energia cinética é a energia relacionada aos corpos em estado de movimento.

Atividade conceitual: definição de energia cinética (E_c).

Ei aí, quem gosta da adrenalina da montanha russa? Quem já ‘andou’ de montanha russa? (Figura 8) Já reparou que em algumas partes do trajeto desse carrinho louco os carrinhos se locomovem sem ajuda de nenhum tipo de motor? Quando esses carrinhos atingem sua energia cinética máxima?

O que acontece quando os carrinhos começam a subir uma parte do trajeto sem nenhum tipo de auxílio motorizado?

Sabia que se não ocorresse dissipação da energia na forma de atrito, calor e ruído a montanha russa só precisaria de motores para impulsionar os carrinhos até o ponto mais alto? Quando os carrinhos se lançam naquela descida insana sua energia potencial é máxima em relação ao solo e quando chegam à parte mais baixa da montanha russa, sua energia cinética é máxima e sua velocidade também é a maior possível!

Figura 8 – Energia cinética e conservação de energia



Fonte:

<https://www.google.com.br/search?q=imagens+de+loop+em+parque+de+diversoes&biw=1366&bih=631&tbm=isch&imgil=xCs0mr7yQ7kM-M%25>, acessado no dia 21/02/2023

Atividade experimental no Laboratório de Informática no terceiro encontro: Simulações virtuais e conservação de energia

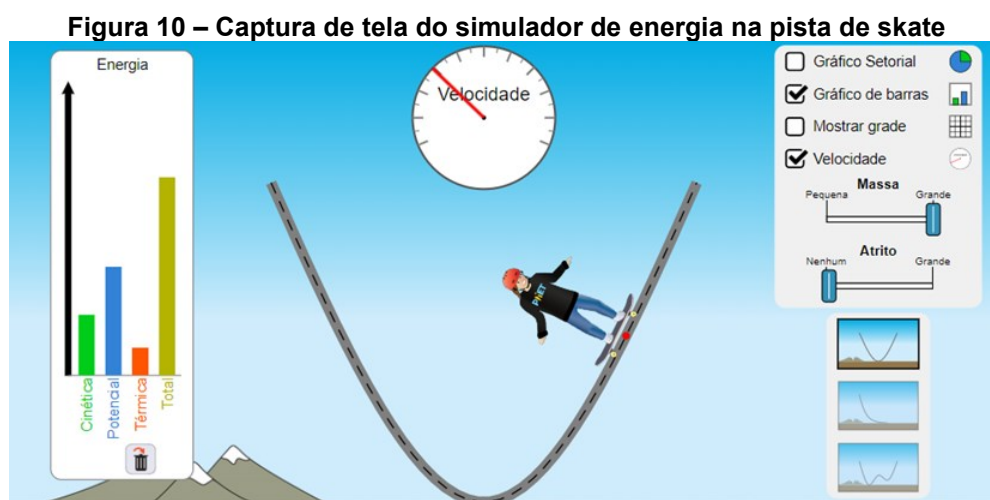
Esta aula consiste na apresentação dos conteúdos de forças conservativas e dissipativas e Conservação da Energia Mecânica, com a utilização de notas de aulas e simulações virtuais que envolvem a conservação e dissipação de energia.

Neste encontro utiliza-se o simulador “Energia na Pista de Skate”, disponível em: <<https://phet.Colorado.edu/pt/simulations/energy-skate-park>> (Figura 9).



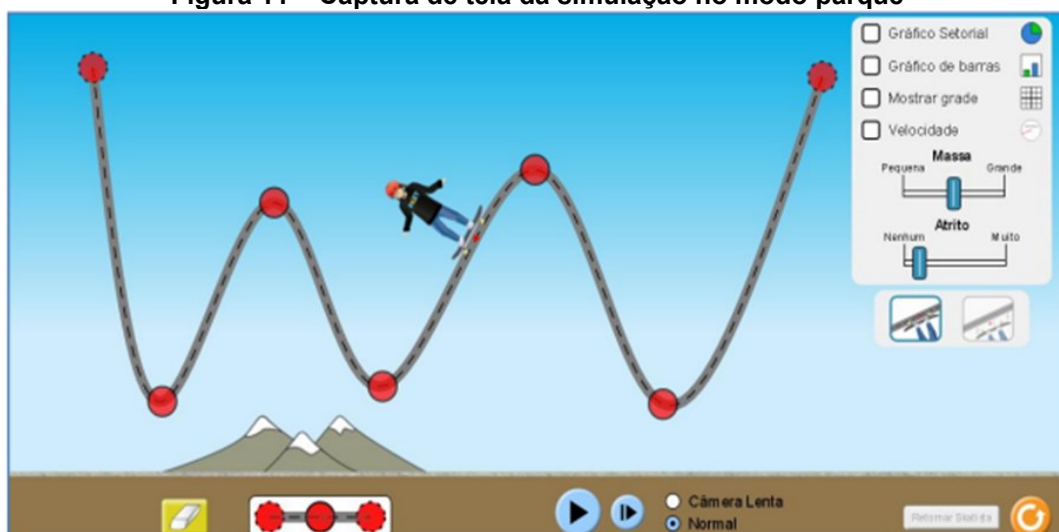
Fonte: PhET Colorado (2023).

A simulação permite observar a variação da energia cinética e da energia potencial gravitacional, enquanto um *skatista* está na pista. São feitas observações na ausência de atrito e depois com a inclusão desta força dissipativa com o objetivo de mostrar o princípio da conservação da energia (Figuras 10 e 11).



Fonte: PhET Colorado (2023).

Figura 11 – Captura de tela da simulação no modo parque



Fonte: PhET Colorado (2023).

Momento de Argumentação e Sistematização do Conhecimento – interação discursiva professora-alunos

O professor deverá explorar diversas variáveis existentes nas simulações com o PhET Colorado, usando para tal os conceitos de atrito, velocidade e massa que são influentes na transformação e conservação de energia.

Interrogar se é possível demonstrar o aumento das energias cinética e potencial em função do aumento da massa, a dissipação da energia em forma de calor e a conservação da energia total do sistema. A professora estimula os alunos à pesquisa e discussão sobre o significado de energia potencial gravitacional a partir da consulta ao *like* <<https://www.youtube.com/watch?v=V3rTgcl2jvI>> e a montagem de uma pista de *skate* de diversas formas no simulador *on-line* para promover interação com a ferramenta e desenvolver diferentes formatos de montagem da pista, alternar as variáveis e observar o que aconteceria na prática. Além das simulações feitas no Laboratório de Informática, o professor pode estimular os estudantes a participarem da montagem de pistas a partir de materiais recicláveis. Essa atividade se revela como uma forma estimulante e divertida para demonstrar a conservação e a dissipação de energia.

4.4 Quarto Encontro: Energia potencial gravitacional: conceitos e aplicações

Conteúdo programático: Energia potencial gravitacional.

Objetivos de aprendizagem: identificar a energia potencial gravitacional e associá-la aos contextos em que está envolvida; analisar os sistemas e a conservação da energia mecânica; reconhecer as perdas energéticas dos sistemas, deixar evidente a conservação de energia através de um *looping*.

Atividade conceitual: definição de energia potencial gravitacional (E_{pg}).

A aula se inicia com interrogações sobre a montagem da pista de *skate*: quem montou? Quem utilizou o simulador para testagem? Quais as dificuldades encontradas? A que conclusão que chegou? Em seguida, discute-se o significado de energia potencial que é oriunda de um trabalho formado por forças conservativas, que independe da trajetória da partícula, apenas da posição inicial e final do objeto. *“Energia potencial é uma energia que é armazenada em um corpo esperando para ser convertida em trabalho ou em energia cinética”* (Barreto; Xavier, 2006).

A professora explica que a energia potencial é uma forma de energia encontrada em um determinado sistema e que pode ser utilizada a qualquer momento para realizar trabalho. Antes de fazer o *looping* a energia potencial está no seu valor máximo, já que a esfera está no ponto mais alto da trajetória. À medida que ela desce, essa energia potencial é convertida em energia cinética, e a esfera acelera, à medida que ela sobe, se transforma em energia potencial.

Para um corpo de massa m que se encontra a uma altura h de um nível de referência, este corpo possui uma energia potencial gravitacional. No cálculo da energia potencial gravitacional (E_{pg}) é aplicada a equação 3: $E_{pg} = m \cdot g \cdot h$. Onde: m é a massa da partícula, g a aceleração da gravidade e h a altura da partícula.

Atividade conceitual: Princípio da Física aplicado no experimento

Ao abandonar uma esfera em uma determinada altura na rampa observa-se que ela consegue realizar o *looping* completo apenas se sua energia for o suficiente para isso. Na altura da queda a esfera tem uma energia potencial gravitacional que se transforma e se iguala a soma das energias cinética e potencial na altura máxima do *looping*, conservando a energia mecânica do sistema durante todo o percurso. Essa energia determinará se o *looping* acontecerá ou não, pois quanto maior a

altura que se abandona a esfera, maior energia gravitacional será fornecida e, portanto, maior energia cinética a esfera terá para completar o *looping*.

Maquete experimental

O aparato experimental para a realização deste trabalho com abordagem no tema de energia mecânica (E_M) foi o PhET Colorado. As atividades de simulações *on-line* foram baseadas nos movimentos de uma montanha russa e nos conceitos de conservação da energia envolvendo *looping*.

Experimento 1: O *looping* (ou *loop-the-loop*, como é denominado em textos de língua inglesa) é um tradicional equipamento utilizado em laboratórios de física e outros espaços de divulgação científica para discutir aspectos geralmente relacionados à conservação da energia (Silva, 2015, p. 964).

O experimento funciona da seguinte maneira (Santos, 2019):

- 1) na rampa é solta uma pequena esfera (Figura 12);
- 2) a força peso faz a esfera descer “deslizar” sobre o trilho. Quanto mais alto a esfera estive posicionada na rampa maior será a velocidade adquirida na descida;
- 3) conforme adquire velocidade, a esfera faz ou não o contorno do *looping*;
- 4) se a maquete estiver com o sistema de mola (Figura 13) e a esfera alcançar velocidade suficiente para contornar o *looping*, então, atingirá e deformará a mola. Com a deformação, surge uma força elástica na mola que devolve novamente a esfera ao movimento de volta sobre os trilhos;
- 5) Caso o sistema de mola não esteja acoplado à maquete, a esfera terá todo o trajeto livre até abandonar o trilho.

Nesse experimento é possível trabalhar os principais tópicos envolvendo a energia mecânica: como energia potencial, energia cinética, energia elástica, analisar as conversões de energias umas nas outras e os princípios da conservação.

Figura 12 – Posicionamento da bolinha na rampa



Fonte: Santos (2019).

Figura 13 – *Looping* para demonstração da conservação de energia



Fonte: Autoria própria (2023).

Experimento 2: Utilização do *looping*. Esta atividade requer a adição de alguns materiais, tais como: *looping* semelhante ao da Figura 14, abaixo; régua ou trena; esfera de aço; balança digital, bloco ou caderno para anotações. Na realização do experimento, esses materiais são úteis para a medida do *looping*.

Figura 14 – Posicionamento para medida do *looping*



Fonte: Santos (2019).

Há necessidade de adoção de procedimento experimental para desenvolver a atividade proposta, a saber:

- 1) pesar a esfera de aço em uma balança digital e converter o resultado para quilograma (kg);
- 2) medir o diâmetro do *looping* e converter o resultado para metros (m);
- 3) considerando que a esfera realiza o *looping*, quando for abandonada a uma altura igual ou superior a 2,5 vezes o raio do *looping*, é preciso medir essa altura;
- 4) medir altura máxima do *looping* do experimento, por onde passa a esfera;
- 5) abandonar a esfera da altura de $2,5R$ e verificar se completa o *looping*;
- 6) abandonar a esfera em alturas superiores de $2,5R$, aumentada sempre de centímetro a centímetro até encontrar a altura mínima necessária para a esfera realizar o *looping*.

Momento de Argumentação e Sistematização do Conhecimento – atividade avaliativa para ser realizada como tarefa extraclasse em grupo ou individualmente

Propõe-se uma atividade avaliativa extraclasse (Quadro 3) a partir das observações feitas e anotadas sobre a atividade experimental realizada no LabInfo.

Quadro 3 – Atividade avaliativa extraclasse

| |
|--|
| Nome completo: |
| A partir das observações e anotações feitas durante a realização do experimento 2, responda: |
| 1) Qual o tipo de energia que a esfera possui quando está na posição de $2,5R$ de altura? |
| 2) Desconsiderado o atrito, a altura mínima que a esfera deverá ter para realizar o <i>looping</i> é $h = 2,5R$. Considerada essa altura e $g = 10 \text{ m/s}^2$ e calcule a energia mecânica Inicial ($E_{m \text{ inicial}}$). |
| 3) Determinar a velocidade mínima que a esfera tem no ponto mais alto do <i>looping</i> , considerada a altura de $2,5R$ e a exploração do conceito de energia mecânica ($E_{m \text{ inicial}} = E_{m \text{ final}}$), |
| 4) A esfera realizou o <i>looping</i> quando foi liberada da altura de $2,5R$? |
| 5) Qual foi a altura necessária para a esfera realizar o <i>looping</i> ? |
| 6) Determine a energia mecânica necessária para realização do <i>looping</i> . |
| 7) Elabore uma hipótese para explicar a necessidade de mais energia do que o valor encontrado na questão 2 para que a esfera realize o <i>looping</i> . |
| 8) Determine o valor da energia dissipada por atrito ($E_{\text{dissipada}} = E_{PA} - E_{CB}$), sendo E_{PA} a energia mecânica no ponto A, o mais alto da rampa e E_{CB} a energia no ponto B, o mais baixo da rampa. |

Fonte: Autoria própria (2023).

No final do quarto encontro retomam-se as quatro primeiras questões da atividade avaliativa final devem ser respondidas de forma presencial e individual (Quadro 4).

Quadro 4 – Primeira parte da atividade avaliativa final do PE

| | |
|--|---|
| Colégio: Turma: 1ª série do Ensino Médio Nome: | Disciplina: Física Professora: |
| 1) Defina o que é Energia? | Resposta: |
| 2) Como a energia se comporta e se transforma? | Resposta: |
| 3) Como a energia se transforma na natureza? Cite um exemplo. | Resposta: |
| 4) Na aula experimental, observamos que uma <i>skatista</i> não faz nenhum tipo de força para movimentar o <i>skate</i> e mesmo assim o movimento dele é infinito. Na vida real esse tipo de situação é possível? Justifique sua resposta. | Resposta: |

Fonte: Autoria própria (2023).

Também é no quarto encontro que a professora explica sobre a segunda parte da última atividade avaliativa final do PE (Quadro 5) que deverá ser respondida de forma *on-line*, como e quando deverá ser devolvida totalmente preenchida. Trata-se, pois, de uma atividade avaliativa extraclasse.

Comenta sobre os conteúdos abordados na avaliação da aprendizagem e fala sobre a importância de a atividade avaliativa ser respondida com afinco e responsabilidade e devolvida no dia/hora marcada. Alerta sobre a importância de a atividade avaliativa ser respondida sem consulta e que o respondente considere, em cada resposta, apenas o que realmente aprendeu durante as aulas do PE.

Os conteúdos contemplados na segunda parte da atividade avaliativa final do PE, por questão, são:

Questão A: Princípio de Conservação da Energia Mecânica

Questão B: Energia Potencial Gravitacional


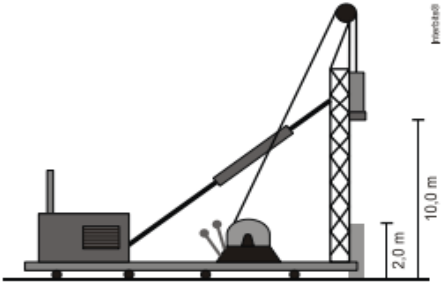
Questão C: Energias Cinética, Gravitacional e Elástica

Questão D: Transformação da Energia Potencial Gravitacional em Energia Cinética

Questão E: Transformação de Energia Potencial Elástica em Energia Cinética

Questão F: Forças Conservativas e Dissipativas

Quadro 5 – Segunda parte da atividade avaliativa final do PE

| Nome do estudante: _____ | | | | | |
|---|--------------------------|--------------|-----|-------------------------|---|
| Assinale com um X apenas UMA alternativa de resposta para cada questão. | | | | | |
| Obs.: Lembre-se do significado de cada abreviatura: | | | | | |
| DT = Discordo Totalmente | | D = Discordo | | NTC = Não Tenho Certeza | |
| CT = Concordo Totalmente | | C = Concordo | | | |
| Questão | Alternativas de resposta | | | | |
| | DT | D | NTC | CT | C |
| <p>Questão A: Considerado o princípio de conservação da energia mecânica pode-se afirmar seguramente que a energia total de um sistema isolado sempre é variável, nunca constante.</p> | | | | | |
| <p>Questão B: Sob forte vento na direção contrária ao movimento de um ciclista que desce por uma rua bastante inclinada e mantém a velocidade constante é possível se afirmar que, devido à ação da força contrária, há diminuição de sua energia potencial gravitacional, porém sua energia cinética permanece constante.</p> | | | | | |
| <p>Questão C: A figura abaixo mostra três momentos que um atleta faz um salto com vara.</p>  <p>Considerados os três momentos do salto, é correto afirmar que no primeiro (I) apenas está envolvida a energia cinética. No segundo (II), estão envolvidas a energia cinética, a energia gravitacional e energia elástica. No terceiro (III) somente a energia cinética e a gravitacional estão envolvidas</p> | | | | | |
| <p>Questão D: A figura abaixo representa um bate-estaca, que é uma ferramenta usada na fase inicial da construção de um prédio ou uma casa, por exemplo. Essa ferramenta é útil para a colocação/fixação de estacas nas fundações. No bate-estaca, um motor suspende um peso, o martelo, por um cabo de aço (10,0 metros). Ao ser abandonado em certa altura, o martelo atinge a estaca posicionada logo abaixo (2,0 metros). O processo de suspensão e abandono do martelo é contínuo até que a estaca esteja firme na posição desejada.</p>  <p>Mediante o conteúdo estudado, é correto se afirmar que durante a queda do martelo corre um processo de transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética.</p> | | | | | |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| <p>Questão E: Observe que no interior de um carrinho brinquedo movidos à corda há uma mola que é comprimida quando o carrinho é puxado para trás. Ao ser solto, o carrinho entra em movimento e a mola aos poucos volta à sua forma inicial. Nos movimentos de puxar e soltar o carrinho ocorre um processo de conversão de energia. Então, é exatamente quando é solta a mola que ocorre a transformação de energia cinética em energia potencial elástica.</p> | | | | | |
| <p>Questão F: Analise estas três afirmativas e depois responda.</p> <p>(I) o trabalho realizado por uma força não conservativa representa uma transferência irreversível de energia;</p> <p>(II) em um sistema físico, a soma das energias cinética e potencial resulta em energia mecânica somente quando não há atuação de forças dissipativas sobre esse sistema.</p> <p>(III) se em um sistema físico houver atuação de forças dissipativas, haverá energia dissipada correspondente ao trabalho realizado por essas forças</p> <p>Então, seguramente, apenas a segunda afirmativa (ii) está totalmente incorreta.</p> | | | | | |

Fonte: Adaptação própria a partir de consulta *on-line* (2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do desenvolvimento e da aplicação deste produto educacional (PE) é oportunizar a exploração de atividades investigativas relativas ao conteúdo curricular Energia e Conservação da Energia Mecânica, com aplicação didático-pedagógica do simulador *on-line PhET Colorado*.

A organização do PE teve o propósito de experienciar a associação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) com a exploração do simulador *on-line PhET Colorado* na sala de aula para o desenvolvimento da prática pedagógica do professor de Física no Ensino Médio (EM).

Com a participação de 32 (trinta e dois) estudantes da 1ª série do EM, Colégio Estadual situado no Município de Pinhal de São Bento, Estado do Paraná, o PE se mostra como eficiente estratégia didático-pedagógica para despertar o interesse do aluno, estimular a participação, interação e troca de ideias com colegas e, assim, promover a aprendizagem de conteúdos curriculares da Física Escolar.

Observa-se que a associação do simulador *on-line PhET Colorado* à prática didático-pedagógica com os conteúdos programados na SEI/PE se revela potente estratégia de ensino da Física Escolar, uma vez que torna as aulas mais dinâmicas e participativas, permite experienciar e correlacionar teoria e prática, abre espaço para discussão em equipe e, dessa maneira, oportuniza a construção conjunta do conhecimento científico.

REFERÊNCIAS

- ALVES, O. A. F.; SOUSA, L. L. L. **Experimentação virtual de mecânica clássica com o PhET**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia). Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró: Ufersa, 2021.
- BALDIÓN-ACEVEDO, T. L. La Influencia de la aplicación de la teoría de la experiencia del aprendizaje mediado de Reuven Feuerstein en el afianzamiento lector y escritor de los estudiantes de sexto grado. **Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0**, Lara, Venezuela, v. 9, n. 2, p.170-81, 2020.
- BARRETO, B.; XAVIER, C. **Física aula por aula: 3.º ano**. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino da Física**, Florianópolis, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014.
- BÖHLKE, A. E.; EVANGELISTA, F. L.; ALVARENGA, L. L. Uso de simulações virtuais e experimentos na docência: conservação da energia mecânica e colisões mecânicas. **Physicae Organum**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 1-14, 2021.
- BRASIL. **Base nacional comum curricular: educar é a base – ensino médio**. Brasília: MEC, 2018.
- CAMPOS, J. F. **Uma proposta de sequência didática para o ensino de energia mecânica**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Sociedade Brasileira de Física. Instituto Federal do Espírito Santo. Cariacica: IFES, 2018.
- CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C.; VANNUCCHI, A I. Conhecimento físico no ensino fundamental. 1998. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/367817533/Carvalho-A-m-p-Vannucchi-A-i-Barros-m-a-Goncalves-m-e-r-Rey-r-c-Ciencias-No-Ensino-Fundamental-o-Conhecimento-Fisico-Sao-Pa> . Acesso em: 25 jan. 2023.
- CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In: LONGHINI, M. D. (Org.). **O uno e o diverso na educação**. Uberlândia: EDUFU, 2011. Cap. 18, p. 253-66.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Cap.1, p. 1-15.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **RBPEC: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 765–94, dez., 2018.
- CARVALHO, A. M. P. Ensino por investigação: as pesquisas que desenvolvemos no LaPEF. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 16, n. 3, p. 1-19, 2021.

CONCEIÇÃO, E. F. V.; SIQUEIRA, L. B.; ZUCOLOTTI, M. P. R. Aprendizagem mediada pelo professor: uma abordagem vygotskyana. **Research, Society and Development**, Itajubá, v. 8, n. 7, p. 1-14, 2019.

EVANGELISTA, F. L.; CHAVES, L. T. Uma proposta experimental e tecnológica na perspectiva de Vygotsky para o ensino de física. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 177-200, 2019.

FEUERSTEIN, R. The theory of structural cognitive modifiability. 1990. In: ALMEIDA, W. N. C.; MALHEIRO, J. M. S. A aprendizagem mediada de Reuven Feuerstein: uma revisão teórico-conceitual dos critérios de mediação. **Revista Cocar**, Belém, v. 14, n. 30, p. 1-22, 2020.

JUCA, R. S. **Uso de simulações computacionais no ensino de física: sugestão didática para exploração do tema energia mecânica**. Monografia (Licenciatura em Física). Universidade Federal Fluminense. Niterói: UFF, 2013.

LOVATO, F. L.; MICHELOTTI, A.; SILVA, C. B.; LORETTO, E. L. S. Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 20 n. 2 p.154-71, mar./abr. 2018.

MENDONÇA, A. P. **Ensino investigativo sobre energia mecânica com uso de simulações computacionais para o ensino de física no ensino fundamental**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização no Ensino de Ciências por investigação). Centro de Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal de Minas Gerais. Bom Despacho: UFMG, 2015.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes curriculares da educação básica física**. Curitiba: Seed, 2008.

RAMALHO, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. D. T. **Os fundamentos da física 1: mecânica**. V. 1. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física no ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 251-66, 2007.

RODRIGUES, L. B. **Solução de problemas no ensino de física utilizando softwares de simulação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física). Instituto de Física. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia: UFU, 2013.

RODRIGUES, L. G.; LEMOS, G. A. Metodologias ativas em educação digital: possibilidades didáticas inovadoras na modalidade EaD. **Ensaio Pedagógico**, Sorocaba, v. 3, n. 3, p. 29-36, 2019.

SANTOS, M. R. **O uso do kit experimental de energia mecânica no ensino médio: perspectivas e desafios**. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista: UFSB, 2019.

SILVA JÚNIOR, J. M. **A construção de conceitos científicos em aulas de física utilizando atividades investigativas**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória: UFES, 2015.

SILVA, C. H. A.; FRANCO, L. A. M. **O uso do PhET como ferramenta de ensino dos conceitos de mecânica**: relatos e experiências. 2021. Disponível em: <https://www.ced.seduc.ce.gov.br/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

SILVA, J. P. A. **Uso de simulações virtuais interativas no ensino de física das primeiras séries do ensino médio do IF Goiano – Campus Ceres**. Dissertação (Mestrado no Ensino de Ciências Naturais). Universidade Federal de Mato Grosso. Ceres: UFMG, 2023.

SOUZA, V. R. D.; SANTOS, A. C. F. D. **Uma aula sobre energia mecânica e sua conservação através do uso de analogias**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, UFRJ, 2015.

STAKER, H.; HORN, M. B. Classifying K–12 blended learning. **Innosight Institute**. 2012. Disponível em: <https://www.christenseninstitute.org/wp-content/uploads/2013/04/Classifying-K-12-blended-learning.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

VALENTE, J. A. *Blended learning* e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**. Dossiê – Educação a Distância. Curitiba, n. 4, 2014.

VILLALTA-PAUCAR, M. C.; MARTINIC-VALENCIA, S.; ASSAEL-BUDNIK, C.; ALDUNATE-RUFF, N. Presentación de un modelo de análisis de la conversación y experiencias de aprendizaje mediado en la interacción de sala de clase. **Revista Educación**, Costa Rica, v. 42, n. 1, p. 1-18, 2018.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.