



PRODUTO EDUCACIONAL - Material Didático-Pedagógico

APLICATIVOS EM SMARTPHONES: O DESPERTAR CIENTÍFICO NO ESTUDO DE ENERGIA

João Paulo Malacrida

Produto Educacional da Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Maurício A. Custódio de Melo

Maringá - PR
Abril, 2021

Sumário

Apresentação.....	90
Justificativa.....	91
Objetivo Geral.....	91
Público Alvo.....	91
Papel do professor.....	91
Avaliação.....	91
Sequência Didática.....	92
Aula 1.....	93
Aula 2.....	93
Aula 3.....	96
Aula 4.....	98
Aula 5.....	99
Aula 6.....	101
Aula 7.....	103
Aula 8.....	106
Aula 9 e 10.....	110
Aula 11.....	113
Aula 12.....	118
Considerações Finais.....	120
Referência Bibliográfica.....	122
Apêndice I - QUESTIONÁRIO.....	123
Apêndice II- APLICATIVOS PARA SMARTPHONE.....	127
II.1 – Aplicativo <i>Phyphox</i>	127
II.2 – Aplicativo <i>VideoShow</i>	130
Apêndice III - Respostas das atividades propostas.....	131
III.1 – Respostas do Questionário Avaliativo – Apêndice I.....	131
III.2 – Respostas questões – Aula 4	132
III.3 – Resposta questão – Aula 5.....	133
III.4 – Respostas questões – Aula 6	133
III.5 – Exemplo de Mapa conceitual	134
III 6 - Resultados dos Experimentos 1 e 2.....	135
III.6.1 – Experimento 1 – Dissipação de energia: bolinha quicando.....	135
III.6.2 – Experimento 2 – Plano inclinado com dissipação de energia.....	136
IV – Como o Smartphone mede a aceleração?	138

APRESENTAÇÃO

Esta sequência didática é indicada, principalmente, para professores de Física do Ensino Médio ou do Ensino Fundamental. O tema central é: as formas e a conservação da energia por meio de atividades experimentais e aplicativos de *Smartphone* (Apêndice II e IV).

Em resumo, ela está distribuída em doze aulas com duração de 50 minutos cada aula. Evidentemente esse número de aulas pode aumentar ou diminuir dependendo de alguns fatores, como por exemplo: as facilidades ou dificuldades da turma em relação ao tema ou em relação à própria física, o número de aulas que o professor possui e o bom andamento das atividades experimentais.

Inicialmente, procuramos descobrir os conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema energia (questionário – Apêndice I) (MOREIRA, 2004). Em seguida, é apresentada uma proposta para definir o tema energia e suas formas possíveis, seguido de outras propostas para definir: a energia cinética, a energia potencial gravitacional e a energia potencial elástica (HALLIDAY et al., 2012; COLUCCI et al., 2009; FEYNMAN et al., 2008; HEWITT, 2002 e NUSSENZVEIG, 2002). Além de explorar a lei de conservação de energia de forma geral, quando há presença de forças dissipativas, e não somente a lei de conservação de energia mecânica, como a maioria dos textos. Para isso, procurou-se utilizar sugestões de materiais variados, como por exemplo: Textos de apoio ao professor, questões, imagens e vídeos.

Por fim, o tema conservação da energia pode ser definido, para isso, além dos materiais citados anteriormente, é sugerido o uso de uma experiência juntamente com aplicativos de *Smartphone* para os alunos compreenderem melhor o referido tema. Após isso, é apresentada uma possibilidade de avaliação do conhecimento adquirido pelos alunos (GOMES et al., 2019).

Este PE foi aplicado pelo autor no ano de 2019 e em sua maioria está com a mesma redação em sua dissertação (MALACRIDA, 2021).

Justificativa

O ensino de física atual desperta pouco interesse e motivação nos estudantes, isso ocorre muito em função da metodologia adotada nas aulas. Acreditamos que metodologias diferenciadas, que envolvam não só quadro negro e

giz, mas que utilizem corretamente recursos tecnológicos, como exemplo: imagens, vídeos, experiências e o uso de aplicativos de *Smartphone*, podem contribuir para melhorar esse cenário e aumentar o interesse dos alunos pela física.

Objetivo Geral

Apresentar uma Sequência Didática para professores de Física sobre os temas: energia cinética, energia potencial elástica, energia potencial gravitacional, e a conservação da energia em sistemas com presença de forças dissipativas, envolvendo o uso de aplicativos em *Smartphone*.

Público Alvo

Professores e Alunos de Física do Ensino Médio e do Ensino Fundamental.

Papel do professor

Ensinar os conceitos aos alunos. Mas, para isso, o professor deverá estimular a curiosidade e o interesse dos alunos, através de perguntas dirigidas para eles e através de atividades experimentais que envolvem o uso de aplicativos de *Smartphone*. Com isso os alunos estarão aprendendo de uma forma mais motivadora.

Avaliação

Como sugestão de avaliação apresentamos um questionário, que pode ser utilizado na primeira e na última aula dessa proposta. Mas também apresentamos algumas questões que podem ser utilizadas para fins avaliativos, cabe ao professor decidir qual melhor opção é a melhor para as suas aulas. E, a elaboração de mapas conceituais. Além da avaliação qualitativa, observando a impressão e reação dos alunos a cada aula ministrada.

Sequência Didática

No Quadro 1, temos um resumo do plano sequencial usado em sala de aula e que é indicado para alunos do ensino médio sobre o tema Energia, distinguidos por momentos, atividades (realizadas) e tempo (tempo utilizado). Nos momentos foram relacionados os termos da aprendizagem significativa (MOREIRA, 2012 e 2016; GOMES, BATISTA, FUSINATO, 2019) mas vale a pena ressaltar que os processos da teoria da aprendizagem não são estanques e se intercalam.

Quadro 1 - Resumo de sequência didática (Zabala, 1998) aplicada em sala de aula. Cada aula possui 50 minutos.

Momentos	Atividades	Tempo
1) Verificar o conhecimento prévio dos alunos (descoberta dos subsunçores)	<ul style="list-style-type: none">• Aplicação de questionário sobre energia;• montagem de um mapa conceitual sobre o tema energia no quadro.	1 aula
2) energia e suas formas (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none">• Aula expositiva e apresentação de vídeo sobre o tema energia e suas formas.	1 aula
3) energia cinética (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none">• Aula expositiva e aplicação de exercícios sobre o tema energia cinética.	2 aulas
4) energia potencial gravitacional (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none">• Aula expositiva e aplicação de exercícios sobre o tema energia potencial gravitacional.	2 aulas
5) energia potencial elástica (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none">• Aula expositiva sobre o tema energia potencial elástica	1 aula

6) conservação da energia (organizadores prévios e interação subsunçores – novo conhecimento)	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva e apresentação de vídeo sobre a conservação da energia. 	1 aula
7) Compreender a conservação da energia usando aplicativos de <i>Smartphone</i> (diferenciação Progressiva e reconciliação integrativa)	<ul style="list-style-type: none"> • Realização de experiências, com o auxílio de aplicativos de <i>smartphone</i>, sobre os conteúdos estudados. 	3 aulas
8) Verificar o aprendizado dos alunos (aprendizagem significativa)	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de questionário sobre energia; • Montagem de um mapa conceitual sobre o tema energia no quadro. 	1 aula

Fonte: o autor, 2019.

As aulas seguem uma lógica embasada em um pensamento de sanar as dúvidas apresentadas pelos alunos, já na primeira aula.

- **AULA 1**

Objetivo: Verificar os conhecimentos prévios dos alunos.

Recursos Instrucionais: Questionário, quadro negro e giz.

Duração: 1 aula de 50 minutos

O que se espera: Analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema energia.

Papel do professor: Aplicar corretamente os questionários e elaborar um mapa conceitual (Moreira, 1992) no quadro sobre o que os alunos sabem sobre o tema energia.

Encaminhamento: O primeiro momento dessa aula consiste na aplicação do questionário pelo professor. O professor deverá entregar uma cópia do questionário para cada aluno. É sugerido no máximo quinze minutos de tempo para os alunos responderem-no. Essa atividade deverá ser respondida sem consultar os materiais escolares. O questionário sugerido é apresentado no Apêndice I (respostas no Apêndice III).

- **AULA 2**

Objetivo: Abordar o tema de Energia e suas formas possíveis.

Recursos Instrucionais: Texto para uso do professor, equipamento para apresentação de vídeo, quadro negro e giz.

Duração: 1 aula de 50 minutos.

O que se espera: Espera-se que os alunos entendam o conceito de energia e quais seus principais tipos.

Papel do professor: Ajudar a promover um bom debate entre os alunos e definir os temas indicados.

Encaminhamento: Parte 1

O primeiro momento dessa aula é dedicado a fazer perguntas aos alunos para que respondam em voz alta:

- a) Uma lâmpada acesa tem energia? E uma locomotiva em movimento? E uma bola de futebol quicando no solo?
- b) Como podemos definir energia na ciência?
- c) Que tipo de energia vocês conhecem?
- d) Um vento de 10 km/h tem energia?

Logo após o debate sobre as respostas dadas pelos alunos, pode-se iniciar uma abordagem teórica, de forma expositiva, sobre o tema Energia e sua relevância. O texto a seguir é uma sugestão para o professor.

Energia e suas possíveis formas

O termo Energia incorporou-se, em caráter definitivo, no cotidiano das pessoas. Este é o reconhecimento de que o consumo de energia determina, e muito, o padrão de vida dos habitantes da Terra. Ter energia, sob as mais diversas formas, à disposição é uma condição necessária para o desenvolvimento econômico e social de um país.

Energia é a capacidade de realizar tarefas (os físicos preferem dizer realizar trabalho). Por tarefas entendemos atividades das mais diversas naturezas, como bater uma estaca no solo (para dotar um futuro prédio de bases sólidas), acender

uma lâmpada (Figura 1(a)), acionar as turbinas (ou reator) de um submarino nuclear, movimentar uma locomotiva (Figura 1(b)), ou aquecer a água dentro de uma panela.

Figura 1 - Imagem de uma (a) A lâmpada, e (b) uma locomotiva, para indicar que ambas estão utilizando energia para realizar trabalho.



(a)



(b)

Fontes: (a) blogdaliga.com.br/wp-content/uploads/2017/06/capa.jpg;
(b) https://cdn.pixabay.com/photo/2017/05/16/09/36/full-steam-2317356_960_720.jpg

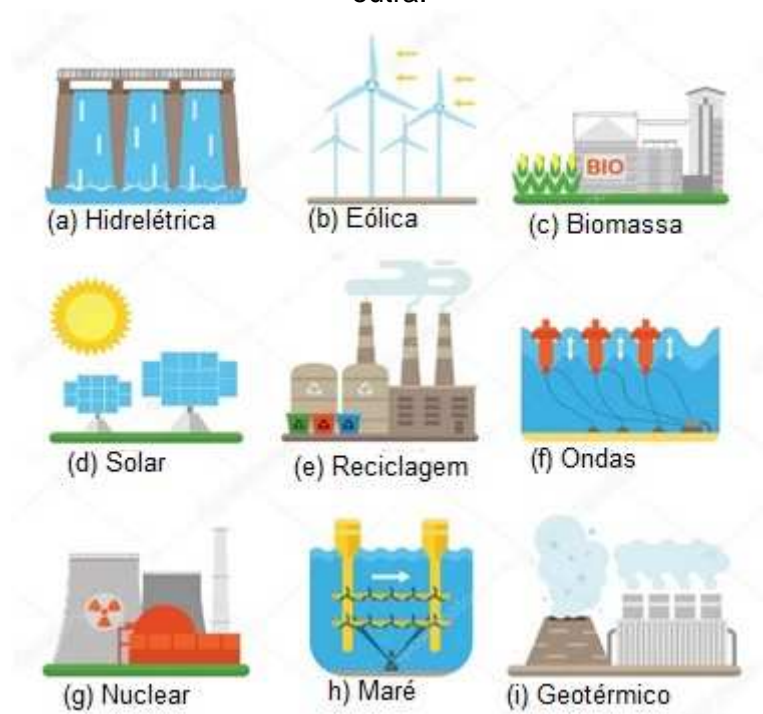
Energia é, portanto, a mola propulsora do desenvolvimento, do progresso. Por isso, a relevância de programas de geração e conservação de energia. A busca por fontes alternativas de energia será perene.

A capacidade de realizar tarefas origina-se dos mais distintos processos físicos. Existem, pois, formas distintas de geração (ou armazenamento) de energia. A cada forma de energia associamos um nome para lembrar sua origem. Por exemplo, na detonação de uma bomba atômica existe a liberação (produção) de uma enorme quantidade de energia. Essa forma de energia se origina de processos que ocorrem no núcleo dos átomos (divisão de núcleos). Por isso, essa forma de energia recebe o nome de energia nuclear.

As diversas formas estão ilustradas nas imagens apresentadas na Figura 2. Se a energia gerada tem origem no aproveitamento dos ventos, ela recebe o nome de energia eólica. Se a energia gerada se origina do aproveitamento de energia armazenada pela presença de campos elétricos (e magnéticos), temos a energia elétrica (ou magnética). O calor também é uma forma de energia (energia térmica).

Uma sugestão é utilizar a Figura 2, como um resumo dos tipos de usinas utilizadas para a sua transformação em outro tipo de energia. Trabalhando assim o processo de transformação de energia, e os alunos visualizarem a sua aplicação e a importância de cada uma.

Figura 2 – Imagens de tipos de usinas utilizadas para converter energia de uma forma a outra.



Fonte: st2.depositphotos.com/3687485/10818/v/950/depositphotos_108189116-stock-illustration-energy-sources-vector-illustration.jpg

Referência: Mecânica (Universitário)› Energia e Trabalho› Energia e sua relevância. Disponível em: <efisica.if.usp.br/mecanica/universitario/energia/intr>. Acesso em: 12 ago. 2019.

Logo após as explicações sobre o tema, o vídeo a seguir pode ser apresentado aos alunos:

Vídeo 1: Gastaldi, Y. Produção de energia/formas - <https://www.youtube.com/watch?v=83SlmJj5bXw>

- **AULA 3**

Objetivo: Definir o conceito de energia cinética

Recursos Instrucionais: Texto de apoio, quadro negro e giz.

Duração: 1 aula de 50 minutos.

O que se espera: Que os alunos participem da aula e compreendam o que é energia cinética e qual sua relação matemática.

Papel do professor: O professor deve ajudar a promover um bom debate entre os alunos e explicar com clareza o conteúdo.

Encaminhamento da atividade

Primeiramente o professor faz a seguinte pergunta aos alunos:

"Quem terá mais energia: Patrick, de massa igual a 50 Kg, correndo a uma velocidade de 4 m/s ou João, de massa igual a 100 Kg, correndo a uma velocidade de 2 m/s?"

Após o debate, o professor poderá definir o tema energia cinética, sugerimos o seguinte texto de apoio:

Energia cinética

Existe uma forma de energia que está associada inteiramente ao movimento, isto é, está associada ao estado de movimento (à velocidade, mais precisamente). Tal energia é denominada **Energia Cinética** (cinético, em grego, significa movimento).

Para uma partícula de massa m e velocidade v , a sua energia cinética é dada pela expressão:

$$E_c = \frac{m v^2}{2}. \quad (1)$$

Unidade de energia no sistema internacional de unidades é o Joule (J).

Note-se que, quanto maior for à velocidade e/ou a massa de um objeto, tanto maior será a sua energia cinética.

Esta expressão acima está de acordo com a nossa experiência cotidiana. **Sabemos que um carro em movimento pode realizar tarefas, algumas delas absolutamente desnecessárias, tais como derrubar postes, derrubar muros ou deformar laterais de outros carros. Uma jamanta, por outro lado, por ter uma massa maior do que um automóvel é capaz de fazer mais estragos do que este**

(até mesmo a uma velocidade menor). Assim, o estrago provocado em acidentes é tanto maior quanto maior a velocidade e/ou a massa do veículo.

Referência: Mecânica (Universitário)› Energia e Trabalho› Energia cinética. Disponível em: efisica.if.usp.br/mecanica/universitario/energia/E_cinetica/. Acesso em: 12 ago. 2019.

Após a explicação, o professor pode resolver a questão no quadro junto com os alunos. **Resposta:** $E_{C_{Patrick}} = \frac{1}{2}(50)(4)^2 = 400 J$ e $E_{C_{João}} = \frac{1}{2}(100)(2)^2 = 200 J$. Logo Patrick tem uma energia maior do que João.

Sugestão: por meio desta mesma questão pode-se trabalhar o conceito de quantidade de movimento ($\vec{q} = m\vec{v}$). Nesse sentido, ambos Patrick e João teriam a mesma quantidade de movimento, ou seja, considerando o movimento unidimensional, $q_{Patrick} = (50)(4) = 200 Kg m/s$, e $q_{João} = (100)(2) = 200 Kg m/s$.

- **AULA 4**

Objetivo: Compreender melhor a energia cinética

Recursos Instrucionais: Lista de exercícios, quadro negro e giz.

Duração: 1 aula de 50 minutos.

O que se espera: Que os alunos possam compreender melhor o tema em questão.

Papel do professor: O professor deve andar pela sala auxiliando os grupos de alunos.

Encaminhamento da atividade

Primeiro o professor deve instruir os alunos a formarem grupos, com dois ou três alunos cada grupo, e após isso entregar a lista de questões para cada aluno, 25 minutos são o suficiente para os grupos resolverem os exercícios com o auxílio do professor. Em seguida o professor recolhe as listas e resolve (explicando) na lousa as questões das quais os alunos tiveram maior dificuldade para compreender.

Questões¹:

1. Marque a alternativa incorreta: (Explique sua escolha)
 - a) Um carro de fórmula 1, parado, não possui energia cinética.
 - b) Uma pessoa correndo com velocidade constante possui energia cinética.
 - c) A energia cinética não depende da massa do corpo.
 - d) Todo corpo em movimento, possui energia cinética.
2. Um objeto parado possui energia cinética? Explique sua resposta.
3. Uma criança de massa 40 Kg viaja no carro dos pais, sentada no banco de trás e presa pelo cinto de segurança. Num determinado momento, o carro atinge a velocidade de 20 m/s . Qual será o valor da energia cinética dessa criança em relação a um observador em repouso na beira da estrada?
4. Um objeto de massa $0,600\text{ Kg}$ está em movimento e possui energia cinética de 2.000 J . Determine a velocidade desse objeto em m/s .
5. O que acontece com a energia cinética de um automóvel se a sua velocidade dobrar? (Explique sua escolha)
 - a) Ficará 2 vezes maior.
 - b) Ficará 4 vezes maior.
 - c) Ficará 2 vezes menor.
 - d) Ficará 4 vezes menor.
 - e) Permanecerá constante

• AULA 5

Objetivo: Definir o conceito de energia potencial gravitacional

Recursos Instrucionais: Texto de apoio, vídeo, quadro negro e giz.

Duração: 1 aula de 50 minutos.

O que se espera: Que os alunos compreendam o que é energia potencial gravitacional.

Papel do professor: O professor deve explicar com clareza o conteúdo e utilizar recursos didáticos diversificados para isso.

Encaminhamento da atividade

Primeiro o professor deverá fazer algumas perguntas aos alunos:

"Sabemos que um tiro dado para cima pode ferir uma pessoa no solo, em seu movimento de queda. Como podemos explicar esse movimento? E o que isso tem a ver com energia?"

¹ Respostas Apêndice III.

Posteriormente ao debate, o professor pode apresentar o seguinte vídeo, sobre montanha-russa: Vídeo 2: *The biggest roller coaster drop in the world!* (tradução do autor - A maior queda de montanha russa do mundo!) disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5aF7dgWvQ6Y>

Após a apresentação questionar à turma:

"Essa máquina tem energia para se mover? De onde vem essa energia?"

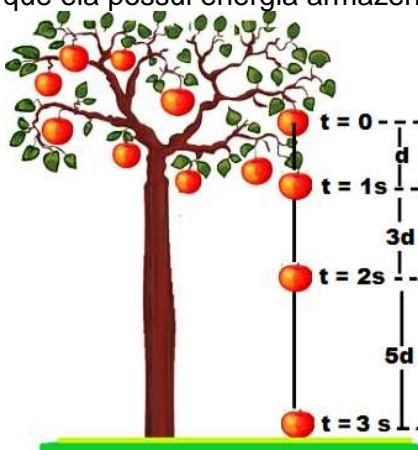
Em seguida, o professor pode definir o conceito de energia potencial gravitacional. O texto a seguir é uma sugestão.

Energia potencial gravitacional

Todos os objetos que possuem massa atraem-se mutuamente. A intensidade da força de atração (gravitacional) varia de acordo com a massa dos objetos. Essa força diminui à medida que a distância entre os objetos aumenta. A força gravitacional é proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

A sugestão é utilizar a Figura 3 para trabalhar a questão do armazenamento de energia potencial quando a maçã ainda está fixa no galho, e o que ocorre com essa energia quando esta se solta do galho.

Figura 3 – Imagem ilustrando sobre a questão de que se a queda de uma maçã se deve ao fato que ela possui energia armazenada.



Fonte: fisicaevestibular.com.br/novo/wpcontent/uploads/migracao/quedalivre/i_23a009fa8c7fc1e3_html_58456325.png

Um objeto próximo à superfície terrestre possui energia potencial gravitacional, que é a energia de interação entre a massa do objeto com a massa da Terra. Essa energia está armazenada no sistema Terra-objeto e vai reduzindo-se à medida que a distância Terra-objeto diminui.

Para efeitos práticos, à medida que o objeto vai perdendo altura. Durante a descida, o objeto transforma essa energia potencial gravitacional em energia cinética, que é a energia de movimento. Sendo que, ao final do movimento de queda do objeto, a energia cinética presente é transformada em energia de deformação do objeto com o solo.

Ao longo da trajetória do objeto, há uma pequena perda de energia cinética devido ao atrito do objeto com o ar e, também, há deformação do objeto no choque com o solo, que produz outras formas de energia, como energia térmica e sonora. Mas essas perdas são tão pequenas que podem ser consideradas desprezíveis.

A quantidade de energia potencial gravitacional (E_{pg}) é diretamente proporcional ao produto entre a massa do objeto (m), a aceleração da gravidade local (g) e a altura do objeto em relação à superfície de contato (h). Então podemos escrevê-la como:

$$E_{pg} = m g h, \quad (2)$$

unidade no SI: Joule (J).

Referência: Bate e não volta- Disponível em:

www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec30.htm. Acesso em: 12 ago. 2019.

- **AULA 6**

Objetivo: Compreender melhor a energia potencial gravitacional

Recursos Instrucionais: Lista de exercícios, quadro negro e giz.

Duração: 1 aula de 50 minutos.

O que se espera: Que os alunos possam compreender melhor o tema resolvendo as questões sugeridas.

Papel do professor: O professor deve andar pela sala auxiliando os grupos de alunos.

Encaminhamento da atividade

Primeiro o professor deve instruir os alunos a formarem grupos, com dois ou três alunos cada grupo e após isso entregar a lista de questões para cada aluno. 25 minutos são o suficiente para os grupos resolverem com o auxílio do professor, em seguida o professor recolhe as listas e resolve (explicando) na lousa as questões que os alunos tiveram maior dificuldade para compreender.

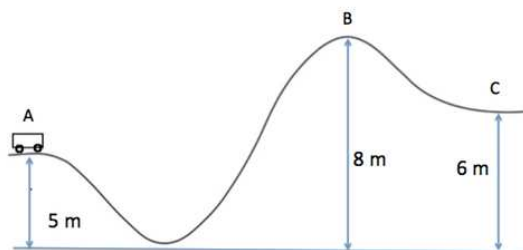
Questões²

1- Um ciclista desce uma rua inclinada, com forte vento contrário ao seu movimento, com velocidade constante. Pode-se afirmar que:

- sua energia cinética está aumentando.
- sua energia potencial gravitacional está diminuindo.
- sua energia cinética está diminuindo.
- sua energia potencial gravitacional é constante.
- Nenhuma das alternativas está correta.

2- Qual é o valor da energia potencial gravitacional associada a uma pedra de massa igual a 20 Kg quando esta se encontra no topo de um morro de 140 m de altura em relação ao solo?

3- Um carrinho de massa igual a 15 kg se movimentará pelo trilho a seguir. Considerando $g = 10 \text{ ms}^{-2}$. Marque o que for correto:



- O carrinho possuirá maior energia potencial gravitacional no ponto A.
- O carrinho possuirá maior energia potencial gravitacional no ponto B.
- No ponto C, a energia potencial gravitacional armazenada no carrinho é igual a 800 Joules.
- Entre os pontos A e B a energia potencial gravitacional do carrinho assume um valor mínimo.
- Se a massa do carrinho fosse de 30 kg, a energia potencial gravitacional no ponto C seria triplicada.

Somatória das alternativas corretas:

4- Responda corretamente:

- Uma maçã no topo de uma árvore possui energia armazenada? Explique.
- É possível um objeto ter energia potencial gravitacional na superfície da Lua? Explique.

²² Resposta Apêndice III.

- (c) Um grão de poeira, de massa igual 0,0002 grama, situado na estratosfera possui energia potencial armazenada? Explique.

- **AULA 7**

Objetivo: Definir a energia potencial elástica

Recursos Instrucionais: Texto de apoio, quadro negro, giz e elásticos para demonstrações.

Duração: 1 aula de 50 minutos.

O que se espera: Que os alunos possam compreender a energia potencial elástica através das experiências e explicações.

Papel do professor: O professor deverá realizar a experiência demonstrativa e explicar o tema.

Encaminhamento da atividade

De início, sugerimos que o professor leve para a aula dois elásticos diferentes. (pode ser um elástico de dinheiro e um pedaço de mangueira de látex, utilizado emgarrote nos hospitais, ou como conhecido popularmente: mangueira de estilingue (atiradeira)). Os elásticos devem ter o mesmo comprimento inicial. Usando os elásticos, o professor poderá promover um debate com a turma da seguinte forma:

Aplicar uma força com as mãos e deformar o elástico 1, medir a deformação com uma régua e anotar a deformação sofrida pelo elástico no quadro. O mesmo procedimento deverá ser feito com o elástico 2 (lembrando que a força aplicada pelas mãos sobre os elásticos deve ser aproximadamente a mesma).

Após anotar as medidas de deformação dos elásticos, o professor poderá perguntar para a turma:

"Percebemos que um elástico se deformou mais do que outro, aplicando aproximadamente a mesma força, qual deles possuirá mais energia armazenada?"

Após o debate, o professor poderá definir o tema energia potencial elástica, o texto a seguir é uma sugestão:

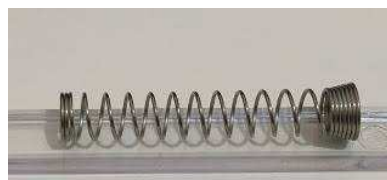
Energia potencial elástica

Uma das formas que a energia pode assumir é a energia potencial elástica. Esta forma de energia está associada à energia necessária para deformar as ligações químicas entre os átomos que constituem um determinado material. Quando comprimimos um material, estamos aproximando os átomos constituintes. Quando esticamos, estamos afastando-os. A quantidade de deformação (compressão ou alongamento) suportável pelo material determina se ele é elástico ou não. Um material elástico geralmente não se rompe quando sujeito a quantidades razoáveis de deformação. Nos materiais elásticos, os átomos tendem a reocupar a sua posição normal, quando liberados da deformação. Como receberam energia para sair da posição normal, quando liberados da deformação devem devolvê-la de alguma forma. Na Figura 4, apresentam-se dois tipos de materiais que podem ser utilizados em aula.

Figura 4 - Imagem ilustrando: (a) Elásticos de dinheiro e (b) uma mola, ambos são capazes de se deformar.



(a)



(b)

Fontes: (a) <https://www.maisplastico.com.br/guia/produtos/10320/84039_e39da43602d99d963398ee53dfdd866d_d.jpg>, (b) <https://http2.mlstatic.com/montblanc-164-classic-mola-original-p-canetas-esferografica-D_NQ_NP_821990-MLB30747261266_052019-F.webp>

Um bom exemplo é o estilingue (também conhecida como atiradeira). **Quando puxamos seu elástico com uma pedra encaixada, entregamos energia do nosso corpo ao elástico. Ao liberar o elástico, este praticamente devolve a energia que recebeu na forma de energia cinética da pedra, mais energia sonora (energia envolvida na criação e propagação do som). Se não colocarmos a pedra, ao soltar o elástico este entrega a maior parte da sua energia de volta para o corpo: a outra mão tem que absorver o “tranco”. Até a energia sonora é maior neste caso.**

A energia potencial elástica é diretamente proporcional à deformação sofrida pelo material. Assim, quanto mais deformado estiver o material, mais energia potencial elástica acumulada ele terá.

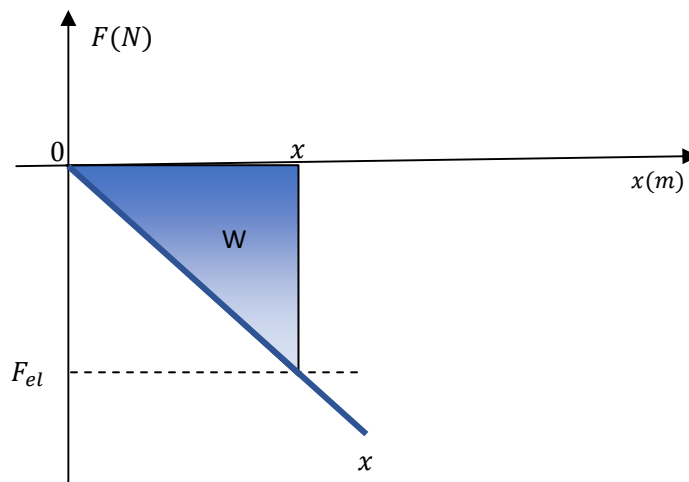
Dedução da equação da energia potencial elástica

A lei de Hooke afirma que a força elástica surge em relação à compressão de corpos elásticos (NUSSENZVEIG, 2002):

$$F = -k \Delta x, \quad (3)$$

em que: k é constante elástica e $\Delta x = x - x_i$ a deformação da mola que é oposta à compressão ou distensão por exemplo em uma mola. A Figura 5 apresenta um gráfico da Força versus a deformação x , para a posição inicial $x_i = 0$.

Figura 5 - Gráfico da força elástica (F_{el}) versus a deformação da mola (x) para uma mola específica. O coeficiente angular fornece o valor da constante elástica k .



Fonte: o autor, 2019.

O trabalho realizado pela mola é dado pela área marcada e azul do gráfico $F = F_{el}$ versus deformação x , no caso um triângulo retângulo:

$$W = \frac{bh}{2}. \quad (4)$$

No caso da Figura 5, a base: $b = x$ e altura $h = -F_{el}$.

$$W = \frac{-F_{el} x}{2}$$

$$W_{0 \rightarrow x} = \frac{-(kx)x}{2} = -\frac{kx^2}{2}.$$

Portanto, o trabalho é igual a menos a variação da energia potencial, no caso a energia potencial elástica:

$$W = -\frac{kx^2}{2} = -E_{pel}, \quad (5)$$

logo:

$$E_{pel} = \frac{kx^2}{2}. \quad (6)$$

A Eq.(6) é conhecida como equação da energia potencial elástica. No caso em que $x_i \neq 0$, tem-se uma situação mais geral (Nistche, 2019):

$$W_{i \rightarrow f} = -\left(\frac{kx_f^2}{2} - \frac{kx_i^2}{2}\right) = -(E_{pel,f} - E_{pel,i}) = -\Delta E_{pel}. \quad (7)$$

Lembrando que uma mola ou elástico em paralelo, a constante elástica equivalente é dada por (Nistche, 2019)::

$$k_{eq.} = k_1 + k_2 + \dots \quad (8. a)$$

e, em série:

$$k_{eq.} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots \quad (8. b)$$

Referência de base do experimento: Experimento - Bate e Volta - Disponível em: www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec29.htm. Acesso em: 12 ago. 2019.

- **AULA 8**

Objetivo: Definir a conservação da energia

Recursos Instrucionais: Texto de apoio, vídeo, quadro negro e giz.

Duração: 1 aula de 50 minutos.

O que se espera: Que os alunos compreendam a conservação da energia.

Papel do professor: O professor deve explicar com clareza o conteúdo e utilizar recursos didáticos diversificados para isso.

Encaminhamento da atividade:

Primeiro o professor deverá fazer a seguinte pergunta aos alunos:

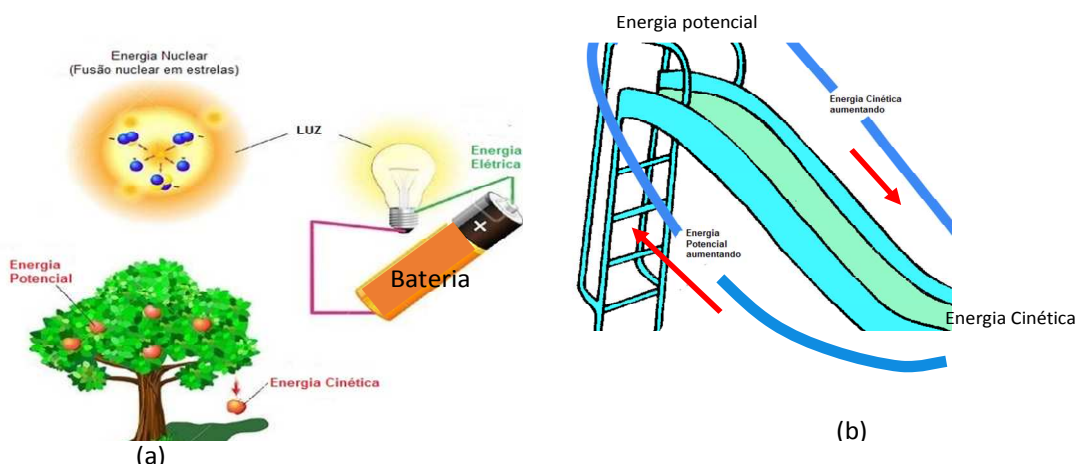
"Já estudamos algumas formas de energia, mas será que é **possível criar** energia cinética? E energia potencial gravitacional? Explique suas respostas."

Após o debate, o professor pode definir a conservação da energia, o texto a seguir é uma sugestão:

Conservação da Energia

Uma propriedade fundamental do conceito de energia é que em todos os processos de transformação, dos mais simples aos mais complexos, há conservação da quantidade de energia total. O que significa isso? Sempre que, num processo, ocorre uma diminuição de energia de um determinado tipo, há um aumento da mesma quantidade de energia sob outras formas, de modo que a energia total permanece sempre constante. A transformação de uma energia em outra está ilustrada na Figura 6 (a): energia nuclear e energia elétrica em luz, energia potencial em cinética da maçã caindo do pé.

Figura 6 - Exemplos de (a) situações onde há transformação de energia, e (b) a conservação da energia mecânica na ausência de forças dissipativas.



Fontes: (a) <https://cdn1.byjus.com/physics/wp-content/uploads/2016/08/ENERGY1.jpg>;

(b) Adaptado da figura disponível em: <http://semesters.in/wp-content/uploads/2017/01/Slide-picture-680x445.png>

ENUNCIADO Princípio da Conservação de Energia: "A **ENERGIA TOTAL DO UNIVERSO É CONSTANTE; NÃO PODE SER CRIADA NEM DESTRUÍDA.**"

O "Princípio da Conservação de Energia", como é chamado essa lei, foi formalmente enunciada pela primeira vez por volta de 1840. A partir daí, determina grande parte do conhecimento na Física, em todas as suas áreas de pesquisa e estudo. Até hoje não se conhece nenhum processo em que esse princípio tenha sido violado.

A energia pode transformar-se de energia cinética (E_c) para potencial (E_p), ou vice-versa, em processos mecânicos. Que é o caso da situação da Figura 6 (b). Caso as forças dissipativas sejam desprezíveis a energia mecânica se conserva ($\Delta E_m = 0 \rightarrow E_{m_f} = E_{m_i} \rightarrow E_{p_f} + E_{c_f} = E_{p_i} + E_{c_i}$).

Outra situação é a energia de um corpo atirado para cima com velocidade \vec{v} , esta retorna à mesma posição com a mesma velocidade em sentido contrário, se desprezarmos a resistência do ar. Portanto, na ausência de forças dissipativas:

- a energia cinética inicialmente fornecida ao corpo é a mesma na posição final, mas durante este movimento, a energia se transforma: quando o corpo sobe, diminui sua velocidade, e conseqüentemente sua energia cinética, porém ganha altura, e energia potencial.
- Na altura máxima, possui somente energia potencial, que será máxima, pois a energia cinética será nula, porque a sua velocidade é nula (o corpo pára) e muda o sentido do movimento. No retorno, perde energia potencial, pois perde altura, mas adquire novamente energia cinética, chegando ao ponto de partida com a mesma velocidade inicial \vec{v} .

Na física é comum o termo energia mecânica (E_m) para representar a soma de dois tipos de energia num dado sistema, a energia cinética (E_c) e a energia potencial (E_p). Então pelo **princípio da conservação de energia mecânica** (válida somente quando as forças dissipativas são nulas ou desprezíveis):

$$E_{m_i} = E_{m_f}$$

$$E_{c_i} + E_{p_i} = E_{c_f} + E_{p_f}$$

$$\frac{m v_i^2}{2} + m g h_i = \frac{m v_f^2}{2} + m g h_f$$

Caso envolva situações em que se considerem movimentos de translação e rotação, as energias cinéticas iniciais e finais de rotação, $E_{CR} = \frac{1}{2} I \omega^2$, devem ser

consideradas. Lembrando que o momento de inércia I presente nessa equação, depende do local onde se situa o eixo de rotação e do formato do objeto que se movimenta.

No entanto **quando tiver a presença de forças dissipativas** essa lei de conservação **não é válida**. Mas, de forma geral a energia total sempre se conservará, e essa será dada pelas energias atuantes no sistema menos a energia dissipada. Em termos do trabalho realizado, sabendo que:

- Trabalho realizado pela força resultante é igual a variação da energia cinética:

$$W_T = \Delta E_c,$$

- Trabalho realizado por forças conservativas é igual a menos a variação da energia potencial:

$$W_{conserv} = -\Delta E_p$$

- Trabalho realizado por forças dissipativas é dado por:

$$W_T = W_{conserv} + W_{dissipativas}$$

$$\Delta E_c = -\Delta E_p + W_{dissipativas}$$

$$\Delta E_c + \Delta E_p = W_{dissipativas}$$

$$W_{dissipativas} = \Delta E_m$$

em que a $W_{dissipativas} = -f_a d = -\Delta E_{dissipada}$, sendo f_a a força de atrito e d o deslocamento realizado oposta a direção do movimento. Logo,

$$\Delta E_m = -\Delta E_{dissipada}. \quad (9)$$

Indicando a conservação da energia total do sistema.

Fontes: parte do texto foi extraída na íntegra da referência - Conservação de energia, disponível em: www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20021/Elizandra/conservacao.html. Acesso em: 12 ago. 2019. Halliday, Resnick, Walker, Fundamentos de Física - vol. 1 – Mecânica, cap. 08, editora LTC - RJ, 10ª edição, (2016).

Após a explicação do professor, sugerimos que o Vídeo 3 seja apresentado aos alunos, para que haja uma melhor compreensão do tema: **Vídeo 3 - Teaching with style; Mechanical Energy Conservation** (Tradução do autor: ensino com estilo; conservação de energia mecânica) disponível no site: <https://www.youtube.com/watch?v=mhIOylZMg6Q>

- **AULAS 9 e 10**

Objetivo - Compreender a conservação da energia total em dois sistemas dissipativos.

Recursos Instrucionais - Experiências, smartphone e texto de parâmetro.

Duração - 2 aulas de 50 minutos.

O que se espera - Que os alunos executem a experiência utilizando, juntamente, o aplicativo de smartphone.

Papel do professor - O professor deverá auxiliar os alunos na preparação e desenvolvimento do experimento das bolinhas e instruir os alunos quanto ao uso correto do aplicativo de *smartphone*.

Experimento 1 - Energia: experimentos com bolinhas³

Além de utilizar o experimento com fins didáticos, no caso, auxiliar os alunos na compreensão dos conceitos das energias: potencial, cinética, mecânica, dissipada e as leis de conservação de, energia mecânica e de energia total, e para avaliação em relação ao desenvolvimento de suas competências e habilidades, têm-se como

objetivos específicos:

- Obter os dados das alturas em relação ao tempo de movimento observado;
- Obter os dados da energia acumulada quando a bolinha atinge o solo com uma determinada velocidade;
- Relacionar as alturas com seus respectivos tempos e a energia acumulada com o conceito de dissipação de energia.

Materiais Utilizados

Os materiais utilizados, ilustrados na Figura 7, para esta experiência são:

- *Smartphones* com *Phyphox* instalado.
- *Smartphones* com *VideoShow* instalado (ou similar)
- 06 bolinhas de borracha pequenas (encontradas em máquinas automáticas de R\$ 1,00),

³No Apêndice III está apresentado o tipo de resultado experimental será obtido.

- 6 bolinhas de borracha médias (encontradas em lojas de brinquedos),
- 12 tiras de cartolina de 1,0 metro com marcações (que serão usadas como se fossem fitas métricas),
- 12 guias de instruções e um aparelho de *Smartphone* disponível em cada grupo (que possua o aplicativo *Phyphox* instalado).

Figura 7 – Imagem fotográfica dos materiais utilizados para o Experimento 1.



Fonte: O autor, 2019.

Procedimento Experimental

- 1- Definir qual dos alunos será responsável pelas filmagens, qual aluno soltará as bolinhas (e também esse fará as anotações) e qual aluno irá posicionar e segurar corretamente a fita métrica de papel;
- 2- Organizar os materiais experimentais corretamente, para isso cada grupo deverá ter em mãos: duas bolinhas de massas diferentes (chamaremos de bolinha 1 e bolinha 2); uma fita de papel para medições de altura (de 1,5 metro de comprimento); além de pelo menos dois aparelhos *smartphone* (sendo que pelo menos em um deles deverá ter o aplicativo *Phyphox* já instalado);
- 3- Em silêncio total, iniciar o aplicativo *Phyphox* em pelo menos um *smartphone* e deixá-lo parado sobre a superfície aonde a irá quicar, sendo que o aparelho *smartphone* deverá ficar próximo do local onde serão soltas as bolinhas. Selecionar a opção 'colisão (in)elástica' (não apertar *play* ainda);
- 4- Verificar se a superfície está totalmente nivelada, caso não esteja nivele com o auxílio de algum objeto. Uma forma de saber se a superfície está nivelada e liberando a bolinha sobre ela. Se deslocar para algum lado, nivele a superfície;
- 5- Posicionar corretamente a fita de medições, sendo que esta deverá ficar atrás da superfície (mas próximo à ela) para que as medidas sejam precisas;

6- O aluno que vai fazer as filmagens deve se posicionar corretamente com seu *smartphone* para que as filmagens fiquem nítidas;

7- Após tudo posicionado corretamente, verificar se a sala está em silêncio total, se estiver, apertar 'play' no aplicativo e soltar a bolinha 1 de uma altura inicial de 50 cm (0,5 m), enquanto o outro aluno filma o movimento de queda (Lembrete: o sucesso dessa experiência depende, também, do silêncio entre todos os alunos);

Após realizar a experiência inicial corretamente, anotar todos os valores possíveis numa folha de papel e tirar *print screen* da tela do *smartphone*. Deverão ser anotados: todas as alturas mostradas, os tempos mostrados e as quantidades de energia acumulada (E_{acum}). A energia dissipada pode ser obtida subtraindo a energia total 100% da energia acumulada.

8- Caso a experiência inicial não funcione corretamente (algo que é muito comum de ocorrer) tentar novamente quantas vezes forem necessárias, até atingir valores coerentes para alturas, tempos e energia e obter uma boa filmagem;

9- Realizar a experiência 2: onde a bolinha 1 deverá ser solta, mas agora a uma altura de 80 cm, o método para essa experiência é o mesmo que foi descrito nos passos 7 e 8;

10- Após concluir a experiência 2 corretamente, realizar a experiência 3. Nesse caso, utilizar a bolinha 2, verificar se a sala está em silêncio total, soltar a bolinha 2 de uma altura de 0,50 m enquanto o outro aluno filma o movimento de queda. Anotar todos os valores de tempo, alturas e energias;

11- Após ter realizado a experiência 3 corretamente, realizar a experiência 4 (final) onde a bolinha 2 deverá ser solta a uma altura de 0,80 m o método para essa experiência é o mesmo que foi utilizado para a bolinha 2. Não se esquecer de anotar todos os valores;

12- Após todas as quatro experiências realizadas corretamente, verificar se os dados foram todos anotados para cada uma delas e se os vídeos dos movimentos de queda foram salvos corretamente.

Lembrando que essa experiência deve ser realizada num ambiente com pouco barulho, sugerimos a biblioteca, o pátio ou o laboratório de ciências da escola ou então o professor pode optar por deixar metade dos grupos na sala de aula e a outra metade em outro ambiente escolar.

Sugerimos que o professor avise aos alunos que **é essencial que os smartphones utilizados possuam capa protetora e película de tela**, com o objetivo de proteger os aparelhos.

Após entregar o guia de instruções aos alunos, ler em voz alta e explicar cada um dos passos, pedir para que formem grupos de três ou quatro alunos e iniciar as experiências.

Após todos os grupos concluírem as quatro experiências, o professor deve recolher as anotações, recolher os materiais, organizar corretamente a sala de aula e solicitar que os alunos enviem os vídeos da experiência por *e-mail*, isso fará parte da avaliação.

- **AULA 11**

Objetivo - Compreender a conservação da energia e a energia dissipada.

Recursos Instrucionais - Quadro negro e giz, experiência e *smartphone*.

Duração - 1 aula de 50 minutos.

O que se espera - Que os alunos associem a experiência demonstrativa com a conservação da energia.

Papel do professor - O professor deverá montar o aparato experimental, realizar a experiência do plano inclinado e explicá-la aos alunos, associando-a a conservação da energia.

Experimento 2 – Energia: plano Inclinado

Neste experimento que também trata dos mesmos conceitos referentes ao experimento 1 (um corpo em queda livre), é avaliado em outro sistema, cuja configuração o corpo estará em contato com a superfície tendo atrito entre elas, e a forma de tratamento será diferente do Experimento 1.

Os objetivos neste caso foram:

- Obter experimentalmente os valores da aceleração gravitacional durante o movimento de deslizamento do *smartphone* no plano inclinado por meio de um

aplicativo⁴;

- Aprender a extrair a informação desejada de um gráfico (forma da resposta dada pelo aplicativo);
- Calcular as diversas formas de energia utilizando os dados obtidos.

Materiais Utilizados

- Canaleta elétrica ou eletro calha de cerca de 2 metros de comprimento e largura mínima de 0,60 *cm* (metálica ou de PVC).s
- *Smartphone* com *Phyphox* instalado e com função acelerômetro.
- Esponja ou pedaço de espuma sintética.

Procedimento Experimental

Inicialmente, o professor deverá montar o aparato experimental, conforme mostra a Figura 8. Para isso, sugerimos o uso de uma canaleta de ferro para fios de eletricidade, embora outros materiais também possam ser utilizados para a base do plano inclinado. Esse material deverá ter pelo menos 1,0 metro de comprimento, deve oferecer pouco atrito ao *smartphone* e deverá acomodar o aparelho no seu eixo central, a fim de que ele possa deslizar com certa facilidade.

No caso do presente trabalho, a canaleta possui 1,90 *m* de comprimento, 0,80 *m* de largura e 0,60 *cm* de altura, sendo que em uma de suas extremidades foi fixada uma esponja de lavar automóveis, utilizou-se barbante para fixá-la. O objetivo dessa esponja é amortecer o *smartphoneno* final de seu movimento de deslizamento e, para deixar a canaleta inclinada, pode-se utilizar algum degrau na parede da sala de aula, caso isso não seja possível, pode-se utilizar um pedaço de madeira como suporte.

⁴ A título de completudeza no Apêndice IV apresenta-se um texto de como o *smartphone* mede a aceleração gravitacional.

Figura 8 – Imagem da montagem do aparato experimental para o experimento do plano inclinado com auxílio do *Phyphox*.



Fonte: o autor, 2019.

Quanto ao *smartphone* utilizado nessa experiência, ele deverá conter capa protetora e película de tela, deverá ter o aplicativo *Phyphox* instalado e ter sua massa aferida antes da realização dessa experiência, por esses motivos, o *smartphone* do professor é o mais recomendado para a sua realização. No Apêndice II estão algumas informações sobre os aplicativos: *Phyphox* e *VideoShow*.

Após a montagem correta do aparato experimental, o professor deverá explicar o objetivo dessa experiência aos alunos, explicando também os materiais utilizados e como será realizado o cálculo da energia dissipada durante o movimento de descida do *smartphone*. Para isso, sugerimos que o professor desenhe uma representação esquemática da montagem experimental no quadro (juntamente com suas medidas adequadas), escreva numa parte do quadro a equação da energia potencial gravitacional, seguida da equação da energia cinética, da equação da aceleração média e da equação que relaciona a energia mecânica com a energia dissipada.

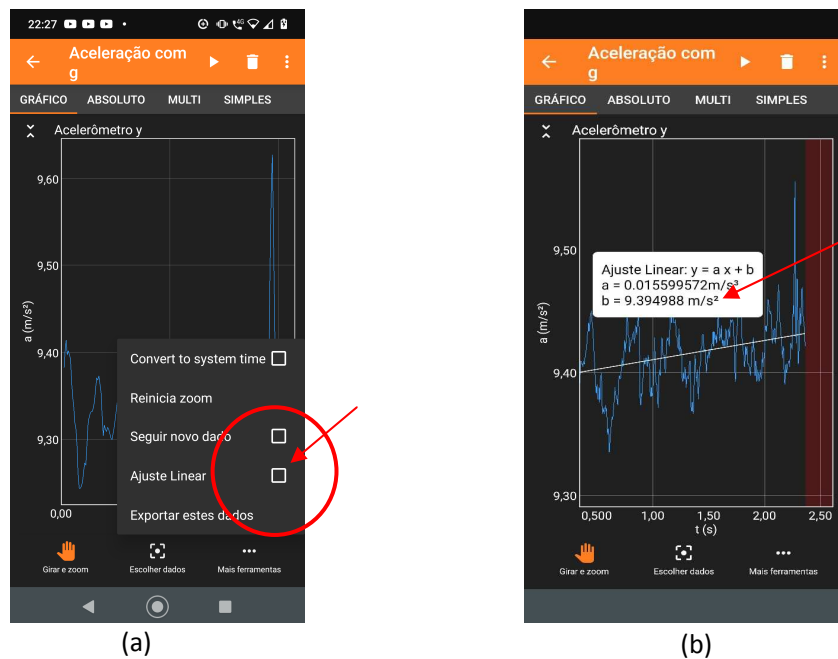
Em seguida, o professor pode convidar um ou dois alunos para irem até a frente da sala de aula e participarem ajudando na experiência. Um aluno deverá ficar com o *smartphone* em mãos, iniciar o aplicativo *Phyphox*, selecionar o experimento 'Aceleração com g' e colocar o *smartphone* no topo do plano inclinado⁵, apertar o botão 'play' e soltar o *smartphone* para que ele realize seu movimento de deslizamento sobre a canaleta (plano inclinado).

⁵É importante o professor deixar claro para os alunos que o *smartphone* tem que ser solto do topo da canaleta e não empurrado com a mão. Caso o professor prefira, ele pode realizar mais de uma medida e calcular a média aritmética simples e utilizar o valor médio nas equações.

Após isso, outro aluno poderá retirar o *smartphone* da base do plano inclinado, apertar o botão 'pause' e verificar se os gráficos ficaram nítidos (nessa etapa o professor também deverá auxiliar na análise), o objetivo dessa análise é justamente extrair o valor da aceleração no gráfico 'acelerômetro y' (caso haja algum erro de procedimento, o procedimento experimental deve ser repetido). Depois de encontrado o valor da aceleração do *smartphone* em m/s^2 na direção y – pegue o valor do pico mais alto.

Se clicar sobre o segundo gráfico, ele aparecerá ampliado. Em 'mais ferramentas' (indicado por ...), no final da tela do lado direito, e selecione ajuste linear. O dado da aceleração gravitacional será dado pelo valor do coeficiente linear (indicado pela seta em vermelho na Figura 9 (b)) da equação da reta fornecida.

Figura 9 - Imagem da tela do Phyphox: (a) mostrando o comando de ajuste linear e (b) o valor de g (coeficiente linear da reta).



Fonte: o autor, 2020.

O professor deverá efetuar os cálculos no quadro, com o objetivo de encontrar a energia dissipada durante o movimento do *smartphone*.

Para isso, primeiro utilizar a equação da aceleração escalar média a e obter o valor da velocidade final do *smartphone* v_f (como o *smartphone* partiu do repouso, adotar $v_0 = 0 m/s$).

$$v_f^2 = v_0^2 + 2a \Delta S \xrightarrow{v_0=0} v_f = \sqrt{2a \Delta S}$$

em que: ΔS é o comprimento da trajetória feita pelo *smartphone* dentro da calha em metros (Figura 10).

Com o valor da velocidade é possível encontrar o valor da energia cinética $E_{cinética}$ do aparelho no ponto mais baixo da trajetória antes de colidir com o solo:

$$E_{cinética} = (1/2) mv_f^2.$$

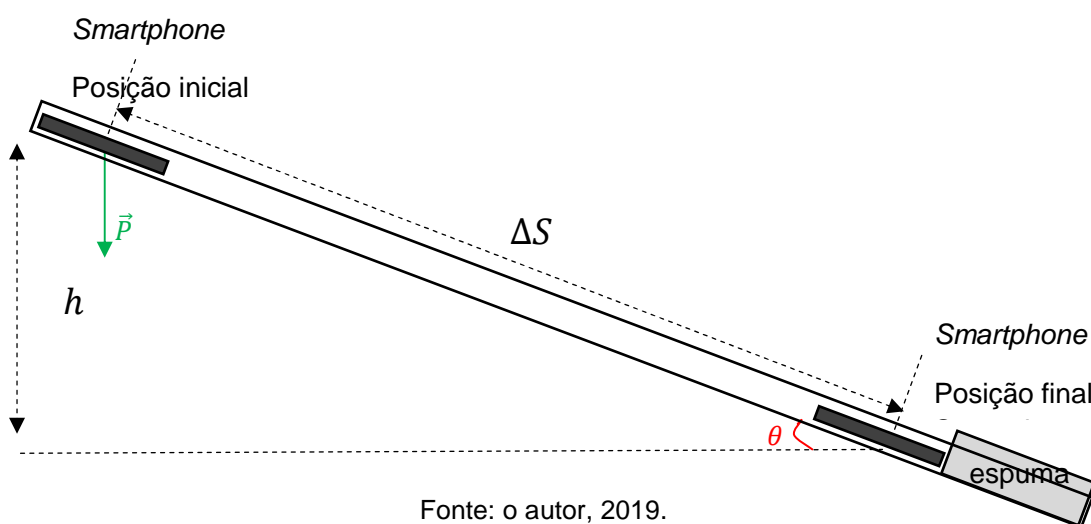
Sendo m é a massa do aparelho em quilogramas. A massa do *smartphone* pode ser determinada por meio de uma balança, ou mesmo obtida na *internet*, sabendo-se a marca e o modelo.

Encontrar o valor da energia potencial gravitacional $E_{potencial}$ do *smartphone* quando ele estava na parte mais alta da trajetória, onde $v_0 = 0 \text{ m/s}$.

$$E_{potencial} = mgh$$

h é a altura desde do local de liberação até a parte mais baixa da trajetória em metros e g a aceleração gravitacional (Figura 10).

Figura 10 - Desenho esquemático da montagem do Experimento 2.



Usando os valores da energia cinética e da energia potencial gravitacional é possível utilizar o princípio da conservação da energia ($\Delta E_m = -\Delta E_{dissipada}$) e

encontrar a energia dissipada ($E_{dissipada}$) desse movimento, fazendo: $E_{dissipada} = E_{potencial} - E_{cinética}$.

Após realizado os cálculos, o professor explica o conceito de energia dissipada, explica também que nessa experiência boa parte da quantidade de energia potencial contida inicialmente no *smartphone* foi dissipada principalmente pelo atrito entre o aparelho e a canaleta.

SUGESTÃO - Por meio desta mesma montagem experimental, pode ser usado para determinar o ângulo necessário para vencer a força de atrito estática f_a entre o celular e a canaleta. Para isso, posicione o celular sobre a canaleta que devem estar na horizontal. Selecionar no *Phyphox* em ferramentas a opção inclinação e clique para ativar. Vai-se aumentando a inclinação da canaleta, até um pouco antes do celular começar a movimentar-se. Determina-se este ângulo θ entre a canaleta e a horizontal. A partir da 2ª Lei de Newton $\sum F = mg \text{ sen}\theta - f_{a_{est.}} = ma = 0$ pode-se descobrir a força de atrito estático $f_{a_{est.}}$. E, de aplicando a segunda lei de Newton no sentido perpendicular ao plano, em que o celular terá as forças em equilíbrio, fornecerá que: $\sum F = N - P_y = 0 \Rightarrow N = P_y = mg \text{ cos}\theta$. Sabendo que $f_{a_{est.}} = \mu_{est.}N$, substituindo os resultados anteriores, obtém-se o coeficiente de atrito estático entre o celular e o plano: $mg \text{ sen}\theta = \mu_{est.}mg \text{ cos}\theta$, ou melhor: $\mu_{est.} = \text{tg}\theta$.

Observação - Caso não tivesse o aplicativo para obter o valor da aceleração da equação (2.8), teria-se que utilizar a equação obtida a partir da 2ª Lei de Newton $\sum F = mg \text{ sen}\theta - f_{a_c} = ma$ no sentido do movimento do celular obtém-se que $a = \frac{mg \text{ sen}\theta - \mu_c N}{m} = \frac{mg \text{ sen}\theta - \mu_c mg \text{ cos}\theta}{m} = g(\text{sen}\theta - \mu_c \text{cos}\theta)$. Logo seria necessário conhecer ou determinar o valor do coeficiente de atrito cinético (μ_c) entre o material da capa do celular e da canaleta de alumínio.

AULA 12

Objetivo - Avaliar o aprendizado dos alunos

Recursos Instrucionais - Questionário impresso, quadro negro e giz.

Duração - 1 aula de 50 minutos.

O que se espera - Que os alunos realizem as atividades de forma correta demonstrando o que aprenderam sobre o tema Energia.

Papel do professor - O professor deverá avaliar os alunos, entregando-lhes o questionário e escrevendo o mapa conceitual no quadro.

Encaminhamento da atividade

No primeiro momento o professor deverá entregar um questionário para cada aluno. O questionário utilizado será igual ao questionário adotado (e disponível) na Aula 1 desta sequência didática. Esse questionário deverá ser feito individualmente e sem consulta de materiais, o tempo médio para respondê-lo deve ser em torno de 15 minutos. Após esse tempo, o professor deverá recolher os questionários.

O segundo momento consiste na elaboração de outro mapa conceitual no quadro, essa atividade proposta é igual àquela que foi proposta na Aula 1 desse material, o mapa conceitual será construído por meio das palavras que os alunos irão dizer sobre o tema energia, o objetivo é comparar os dois mapas conceituais e verificar o que eles aprenderam.

É sugerido que o professor escreva a palavra 'Energia' bem no centro do quadro negro, após isso, explicar aos alunos como será feita a atividade. Essa atividade deve durar entre dez e quinze minutos. Também é sugerido que os alunos e o professor registrem o mapa conceitual que será construído numa folha de papel.

No Apêndice III apresentam-se as respostas dos questionários e exemplo do que se pode obter nos experimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou, inicialmente, por meio questionário e análise de mapa conceitual, elaborado pelos próprios alunos, compreender o que os mesmos já sabem sobre o assunto Energia. Colaborando assim, om o Ensino de Física no estudo dos temas energia cinética, energia potencial elástica, energia potencial gravitacional e a conservação da energia.

O objetivo é analisar de que forma esses alunos elaboram e dissertam sobre o assunto, bem como correlacionar as respostas dadas pelos mesmos com o conhecimento que temos sobre o assunto e as ideias básicas do conteúdo.

A aplicação da sequência didática e suas formas possíveis, é um instrumento de construção de novos saberes pelos educandos, por meio de aulas teóricas, questionamentos, atividades e experimentos, sempre relacionando os subsunçores.

A aplicação de experimentos com auxílio de *smartphone* em sala de aula pode proporcionar uma maior motivação e participação dos alunos, além de criar um ambiente agradável entre os alunos. O *smartphone* aqui não é o objetivo, mais sim um instrumento de ensino.

Além disso, o presente produto educacional busca, embora não há uma definição exata para o termo energia, fornecer para os estudantes uma compreensão geral sobre esse tema.

Um dos resultados esperados é que a experiência deste produto educacional possa motivar os professores a fazer modificações e adaptações necessárias e também ser levada para outros temas e conteúdos, assim melhorando a sua prática docente.

Os mapas conceituais são ferramentas para a indicação de Aprendizagem Significativa, e a Sequência Didática é um instrumento de construção de novos saberes pelos educandos (GOMES, BATISTA, FUSINATO, 2019), ambos utilizados neste trabalho.

Este produto pedagógico contempla também o uso de metodologias diferenciadas (experimentos com uso de *smartphones*), motivando o aluno, proporcionando maior participação e, assim, propiciar uma aprendizagem

significativa. O uso do aplicativo *Phyphox* não é restrito aos experimentos apresentados, proporcionado ao professor uma série de outros experimentos.

As metodologias e ferramentas aqui apresentadas podem ser adaptadas ou modificadas a critério do professor.

Referência Bibliográfica

COLUCCI, C. C.; NEVES, M.C.D.; MURA, J.; MELO, M.A.C., **Física Geral I**. EDUEM, Maringá, V.1, 2009.

FEYNMAN, R.P.; LEIGHTON, R.B.; SANDS, M., **Lições de Física**. Tradução da Equipe do IFUSP sob supervisão de A. Fazzio. Bookman, Porto Alegre, 2008.

GOMES, E. C., BATISTA, M. C., FUSINATO, P. A. , **A Utilização de Mapas Conceituais como Instrumento de Avaliação no Ensino De Física**, Revista de Ensino de Ciências e Matemática 10 (3) : 58-78, 2019, DOI: 10.26843/rencima.v10i3.2053

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9 ed. v 1. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

MALACRIDA, J. P., **O uso de smartphones no estudo do conteúdo Energia**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, 2021.

MOREIRA, M. A. **O mestrado (profissional) em ensino**. Revista Brasileira de Pós Graduação, ano 1, n. 1, 2004. Disponível em:

<http://ojs.rbpg.capes.gov.br/index.php/rbpg/article/view/26>

MOREIRA, M. A.; BUOKWEITZ, B. **Mapas conceituais**. São Paulo. Editora Moraes. 1982.

MOREIRA, M. A. **Organizadores prévios e aprendizagem significativa**. Revista Chilena de Educación Científica, v. 7, n. 2, p. 1-11, 2012.

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**, 2a edição, Porto Alegre, 2016, 69 p. Disponível em: moreira.if.ufrgs.br/Subsidios6.pdf. Acesso em: 20 mai. 2020.

NUSSENZVEIG, M. H., **Curso de Física Básica**, Vol. 1, Ed. Edgar Blucher Ltda, 2002;

ZABALA, A., **A prática educativa: como ensinar**, trad. Ernani F. da F. Rosa, ArtMed, Porto Alegre, ISBN 85-7307-426-4, 1998.

APÊNDICE I - QUESTIONÁRIO

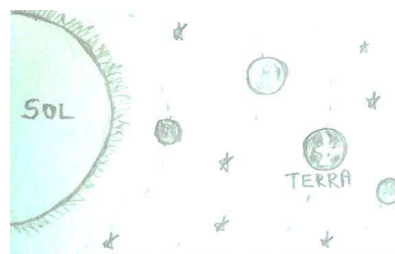
As questões a seguir se referem ao conceito de energia na ciência, leia-as com atenção e marque apenas uma alternativa em cada questão (exceto a questão 12, em que você deve marcar verdadeiro ou falso). (Todas as figuras deste apêndice foram elaboradas pelo autor desse trabalho no ano de 2019).

1- Sobre o conceito de energia, podemos afirmar que:

- a) A energia pode ser transformada;
- b) A energia pode ser destruída;
- c) A energia pode ser criada;
- d) A energia pode ser criada e destruída.

2- Das alternativas abaixo, marque aquela onde é possível encontrar alguma forma de energia:

- a) Apenas no planeta Terra;
- b) Apenas no planeta Terra e no Sol;
- c) Apenas no sistema solar;
- d) Em todo universo.

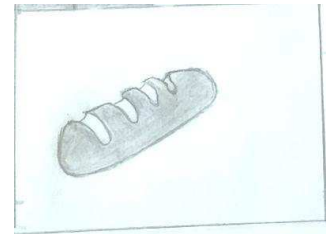


3- Sobre o conceito de energia, podemos afirmar que:

- a) Todo tipo de energia é palpável;
- b) Todo tipo de energia é visível;
- c) Todo tipo de energia pode ser ouvido;
- d) Nenhuma das alternativas está correta.

4- Uma pessoa comeu um pão no café da manhã, sabendo disso, marque a opção correta:

- a) O alimento não forneceu energia para a pessoa;
- b) O alimento forneceu energia para a pessoa;
- c) Se fossem três pães, a pessoa obteria energia;
- d) Nada podemos concluir.



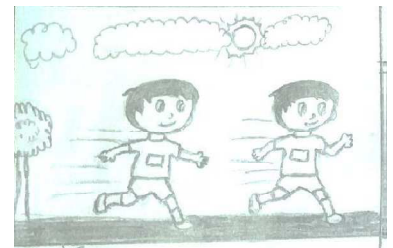
5- Dos conceitos a seguir, apenas um não possui relação direta com o termo energia, identifique-o e marque-o*:

- a) Velocidade;
- b) Núcleo atômico;
- c) Vácuo;
- d) Calor.

* Como este questionário é indicado para alunos do ensino médio, estamos desconsiderando a energia do vácuo / efeito Casimir (https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Casimir).

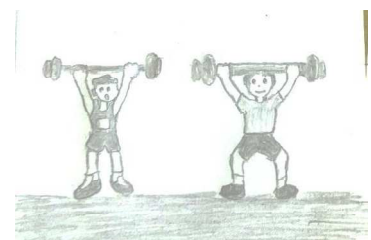
6- Duas crianças gêmeas correm numa rua, em boas condições, com velocidades diferentes, então:

- a) A criança com menor velocidade terá maior energia cinética;
- b) A criança com maior velocidade terá maior energia cinética;
- c) As duas crianças terão a mesma energia cinética;
- d) Nada podemos concluir



7- Se uma criança e um homem levantam uma mesma barra até a mesma altura, então podemos concluir que:

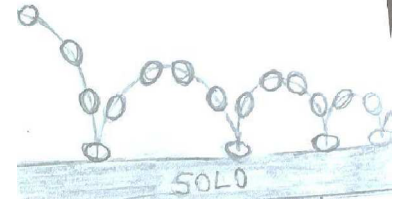
- a) Eles gastaram a mesma quantidade de energia;
- b) A energia gasta pelo adulto é maior do que a energia gasta pela criança;
- c) A energia gasta pela criança é maior do que a



energia gasta pelo adulto;

d) A energia que eles gastam não pode ser comparada.

8- Uma pessoa adulta deixa uma bolinha de borracha cair em direção ao solo, verificou-se que a bolinha quicou algumas vezes até ficar parada sobre o solo, então podemos afirmar que:



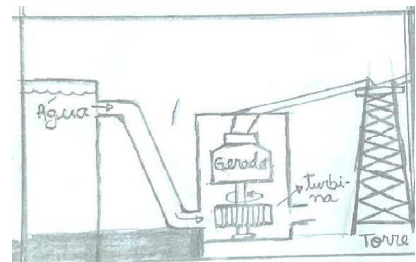
a) A bolinha quicou porque ela é leve;

b) A bolinha quicou por que tinha energia armazenada;

c) A bolinha quicou por que recebeu energia do solo;

d) Nenhuma das alternativas está correta.

9- Qual das seguintes transformações de energia é a que ocorre numa usina hidrelétrica:



a) Energia química em energia elétrica;

b) Energia potencial gravitacional em energia elétrica;

c) Energia elétrica em energia elétrica;

d) Energia nuclear em energia elétrica

10- Duas crianças, sendo que uma possui o dobro da massa da outra, correm numa rua em boas condições, com velocidades iguais, então:



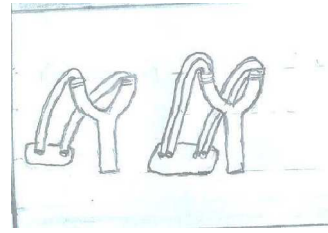
a) A criança com maior massa terá maior energia cinética;

b) A criança com menor massa terá maior energia cinética;

c) As duas crianças terão a mesma energia cinética;

d) Nenhuma das alternativas anteriores estão corretas.

11- Uma criança possui dois estilingues. Sendo que um possui apenas duas mangueiras elásticas (o da esquerda) e outro que possui quatro mangueiras elásticas (o da direita), considere que todas as mangueiras possuem o mesmo comprimento e marque o que for correto:



- a) Ambos estilingues possuem mesma energia para disparar uma pedra.
- b) O estilingue da direita possui mais energia para disparar uma pedra.
- c) O estilingue da esquerda possui mais energia para disparar uma pedra.
- d) Eles não são capazes de disparar nenhum objeto.

12- Marque V para verdadeiro e F para falso:

- () A energia é encontrada apenas em seres vivos.
- () A energia é uma força.
- () A energia pode ser armazenada.
- () A energia é o produto de alguma atividade.
- () A energia faz com que as coisas aconteçam.
- () A energia pode ser criada.
- () A energia pode ser transformada.
- () A energia está associada apenas ao movimento.
- () Uma pedra, parada, no topo de uma montanha não possui energia armazenada.
- () A energia nuclear é um tipo de energia.

APÊNDICE II: APLICATIVOS PARA SMARTPHONE

Neste trabalho foram utilizados dois aplicativos: *Phyphox* e *VideoShow*, detalhados para fim ilustrativo.

II.1 Aplicativo *Phyphox*

O aplicativo *Phyphox* foi desenvolvido no segundo Instituto de Física da Universidade Técnica de Aachen, na Alemanha. Com esse aplicativo conseguimos realizar experiências de Física usando o *smartphone*. Isso é possível porque o aplicativo permite que se usem os sensores do aparelho para realizar estes experimentos como, por exemplo, detectar a frequência de um pêndulo simples utilizando o sensor acelerômetro do próprio *smartphone*.

Esse aplicativo pode ser utilizado gratuitamente e pode ser encontrado para *download* em seu *website* oficial (phyphox.org). Os pré-requisitos básicos para poder utilizar o aplicativo são alguns sensores, dentre eles: acelerômetro, microfone, sensor de luz e sensor de proximidade. De forma geral, quanto mais sensores o aparelho tiver, mais experiências poderão ser utilizadas, pois maior é a abrangência que se pode alcançar.

Depois de instalado, o aplicativo pode ser iniciado e a tela da Figura II.1 será exibida.

Figura II.1– Cópia da Tela inicial do *Phyphox*.



Fonte: O autor, 2020.

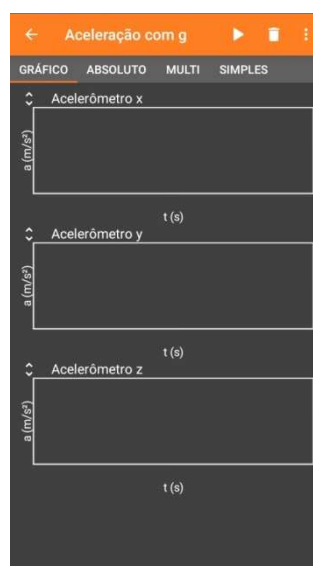
Na tela inicial do aplicativo, no canto superior esquerdo temos o nome do aplicativo, enquanto que no canto superior direito há um ícone disponível para informações gerais sobre o aplicativo. Logo abaixo estão os menus com os experimentos, estes são: sensores, acústica, dia a dia, ferramentas, mecânica e temporizadores. As experiências que não estão escritas com as letras na cor branca não podem ser acessadas e nem executadas, provavelmente porque o aparelho não possui o sensor específico para cada experimento.

No canto inferior direito da tela inicial aparece um ícone '+', esse ícone representa a função para adicionar experimento. Ao clicar nesse ícone, deverão aparecer três opções ao usuário: adicionar experimento com código QR; adicionar experimento para dispositivo Bluetooth; e adicionar experimento simples. Ao clicar no ícone 'x', o usuário voltará à tela anterior.

No canto superior direito da tela inicial há um ícone representado pela letra 'i', nesse ícone o usuário encontra informações gerais sobre o aplicativo, como créditos, ideias de experimentos e instruções, perguntas frequentes (em inglês), ajuda do acesso remoto (em inglês), idiomas e informações do aparelho. O *Phyphox* utiliza o primeiro idioma disponível da lista de idiomas favoritos do aparelho.

No *menu* das experiências disponíveis, quando o usuário seleciona uma, aparecerá uma nova tela, como mostra a Figura II.2:

Figura II.2- Cópia da tela do experimento de aceleração com g.



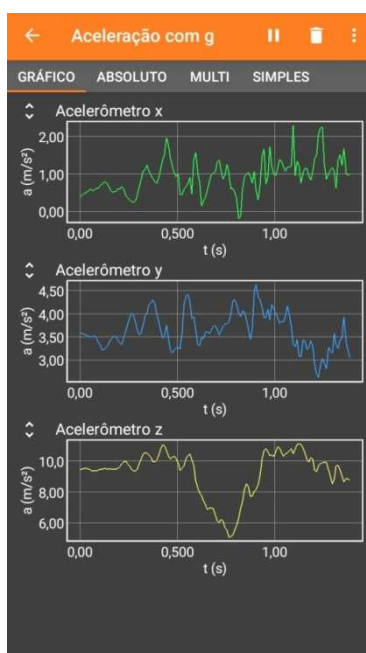
Fonte: O autor, 2020.

A imagem da Figura II.2 foi gerada ao selecionar o experimento ‘aceleração com g’. Percebe-se que essa tela contém todas as ferramentas possíveis dessa experiência. Na parte superior da tela, na aba laranja há o nome do experimento, o ícone ‘play’, o ícone ‘lixeira’, o ícone ‘mais opções’ e o ícone ‘voltar’.

O ícone *play* serve para iniciar o experimento com o uso do sensor, esse mesmo ícone servirá para pausar a experiência quando ela já estiver sendo executada. O ícone da lixeira serve para limpar os dados gravados nessa experiência, ao fazer isso o usuário poderá reiniciar a mesma. O ícone de voltar está localizado no canto superior esquerdo, ele serve somente para retornar à tela anterior e, por fim, o ícone ‘mais opções’, representado por três pontos e localizado no canto superior direito, fornece ao usuário seis novas opções, são elas: ‘informações do experimento’; ‘exportar dados’; ‘compartilhar captura da tela’; ‘medida temporizada’; e ‘salvar experiência’.

Logo abaixo da parte laranja da tela há um *menu* com quatro opções: ‘gráfico’, ‘absoluto’, ‘multi’ e ‘simples’. Na opção ‘gráfico’, são gerados três gráficos da aceleração (medida em m/s^2) em função do tempo (medido em s), os gráficos são intitulados como: “Acelerômetro x”, “Acelerômetro y” e “Acelerômetro z”, sendo que cada um deles representa uma dimensão do espaço tridimensional, conforme a Figura II.3.

Figura II.3- Cópia da tela do resultado de experimento da aceleração com g.



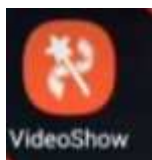
Fonte: O autor, 2020.

II.2 Aplicativo *VideoShow*

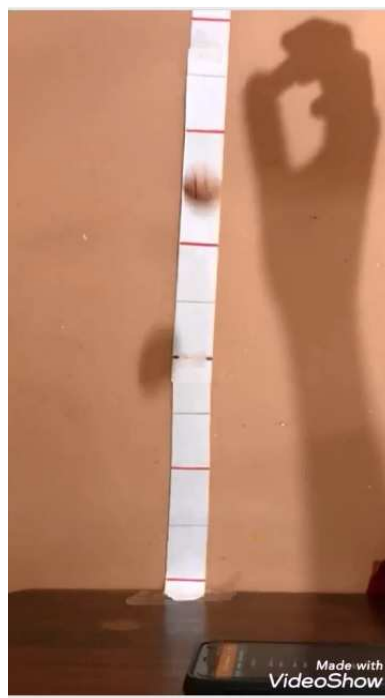
O *VideoShow* é um editor grátis capaz de criar vídeos com as fotos da galeria do *smartphone*. A ferramenta permite inserir fotos e vídeos, selecionar músicas para criar uma trilha sonora, além de adicionar textos e efeitos animados para deixar o filme personalizado, no estilo *Movie Maker*. Disponível para *Android* e *iPhone* (iOS), não há um limite para a quantidade de imagens utilizadas, porém, quanto maior o número de itens, mais longo será o vídeo. O *app* é muito utilizado para criar clipes românticos ou homenagens para postar nas redes sociais.

Vale ressaltar que o conteúdo produzido na versão gratuita do aplicativo exibirá uma marca d'água com a mensagem "*Made with Videoshow*" (Feito com o *VideoShow*) no canto direito. (Figura II.4)

Figura II.4 – Imagem do: (a) símbolo do *VideoShow* no *smartphone*, (b) posição de um dos *smartphones* no experimento de colisão In(elástica), indicando ainda a marca d'água.



(a)



(b)

Fonte: o autor, 2019.

Apêndice III – Respostas das Atividades Propostas

III.1 – Respostas do questionário avaliativo – Apêndice I

As questões a seguir se referem ao conceito de energia na ciência, leia-as com atenção e marque apenas uma alternativa em cada questão (exceto a questão 12, em que você deve marcar verdadeiro ou falso).

1- Sobre o conceito de energia, podemos afirmar que: **Resposta: A**

- a) A energia pode ser transformada;
- b) A energia pode ser destruída;
- c) A energia pode ser criada;
- d) A energia pode ser criada e destruída.

2- Das alternativas abaixo, marque aquela onde é possível encontrar alguma forma de energia: **Resposta: D**

- a) Apenas no planeta Terra;
- b) Apenas no planeta Terra e no Sol;
- c) Apenas no sistema solar;
- d) Em todo universo.



3- Sobre o conceito de energia, podemos afirmar que: **Resposta: D**

- a) Todo tipo de energia é palpável;
- b) Todo tipo de energia é visível;
- c) Todo tipo de energia pode ser ouvido;
- d) Nenhuma das alternativas está correta.

4- Uma pessoa comeu um pão no café da manhã, sabendo disso, marque a opção correta: **Resposta: B**

- a) O alimento não forneceu energia para a pessoa;
- b) O alimento forneceu energia para a pessoa;
- c) Se fossem três pães, a pessoa obteria energia;
- d) Nada podemos concluir.

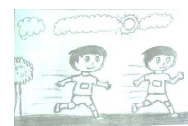


5- Dos conceitos a seguir, apenas um não possui relação direta com o termo energia, identifique-o e marque-o: **Resposta: C**

- a) Velocidade;
- b) Núcleo atômico;
- c) Vácuo;
- d) Calor.

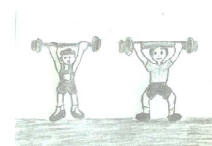
6- Duas crianças gêmeas correm numa rua, em boas condições, com velocidades diferentes, então: **Resposta: B**

- a) A criança com menor velocidade terá maior energia cinética;
- b) A criança com maior velocidade terá maior energia cinética;
- c) As duas crianças terão a mesma energia cinética;
- d) Nada podemos concluir

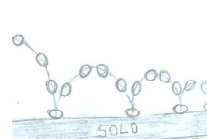


7- Se uma criança e um homem levantam uma mesma barra até a mesma altura, então podemos concluir que: **Resposta: A**

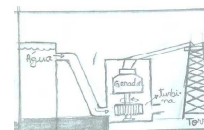
- a) Eles gastaram a mesma quantidade de energia;
- b) A energia gasta pelo adulto é maior do que a energia gasta pela criança;
- c) A energia gasta pela criança é maior do que a energia gasta pelo adulto;
- d) A energia que eles gastam não pode ser comparada.



- 8- Uma pessoa adulta deixa uma bolinha de borracha cair em direção ao solo, verificou-se que a bolinha quicou algumas vezes até ficar parada sobre o solo, então podemos afirmar que: **Resposta: B**
- a) A bolinha quicou porque ela é leve;
 - b) A bolinha quicou por que tinha energia armazenada;
 - c) A bolinha quicou por que recebeu energia do solo;
 - d) Nenhuma das alternativas está correta.



- 9- Qual das seguintes transformações de energia é a que ocorre numa usina hidrelétrica: **Resposta: B**
- a) Energia química em energia elétrica;
 - b) Energia potencial gravitacional em energia elétrica;
 - c) Energia elétrica em energia elétrica;
 - d) Energia nuclear em energia elétrica

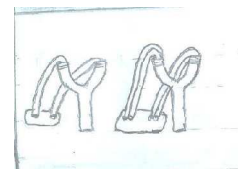


- 10- Duas crianças, sendo que uma possui o dobro da massa da outra, correm numa rua em boas condições, com velocidades iguais, então: **Resposta: A**
- a) A criança com maior massa terá maior energia cinética;
 - b) A criança com menor massa terá maior energia cinética;
 - c) As duas crianças terão a mesma energia cinética;
 - d) Nenhuma das alternativas anteriores estão corretas.



- 11- Uma criança possui dois estilingues. Sendo que um possui apenas duas manguueiras elásticas (o da esquerda) e um outro que possui quatro manguueiras elásticas (o da direita), considere que todas as manguueiras possuem o mesmo comprimento e marque o que for correto: **Resposta: b – visto que para quatro elásticos em paralelo a constante elástica equivalente é a soma das suas constantes elásticas, pois todas são de mesmo comprimento e material: $k_{eq.} = 4k$ a sua energia potencial elástica ($= \frac{1}{2}kl^2$) será igual a $E_{p_{eld}} = 2kl^2$ e para duas manguueiras em paralelo $E_{p_{ele}} = kl^2$, a $E_{p_{eld}} = 2E_{p_{ele}}$. Lembrando que a energia potencial elástica acumulada é que irá disparar a pedra, se transformando em energia cinética.**

- a) Ambos estilingues possuem mesma energia para disparar uma pedra.
- b) O estilingue da direita possui mais energia para disparar uma pedra.
- c) O estilingue da esquerda possui mais energia para disparar uma pedra.
- d) Eles não são capazes de disparar nenhum objeto.



- 12- Marque V para verdadeiro e F para falso:
- (F) A energia é encontrada apenas em seres vivos.
 - (F) A energia é uma força.
 - (V) A energia pode ser armazenada.
 - (V) A energia é o produto de alguma atividade.
 - (V) A energia faz com que as coisas aconteçam.
 - (F) A energia pode ser criada.
 - (V) A energia pode ser transformada.
 - (F) A energia está associada apenas ao movimento.
 - (F) Uma pedra, parada, no topo de uma montanha não possui energia armazenada.
 - (V) A energia nuclear é um tipo de energia.

III.2 – Respostas questões - Aula 4

Questões:

1. Marque a alternativa incorreta: (Explique sua escolha)
- a) Um carro de fórmula 1, parado, não possui energia cinética.
 - b) Uma pessoa correndo com velocidade constante possui energia cinética.
 - c) A energia cinética não depende da massa do corpo.
 - d) Todo corpo em movimento, possui energia cinética.

Resposta: item c) $E_c = \frac{1}{2}m v^2$ (depende da massa);

2. Um objeto parado possui energia cinética? Explique sua resposta.

Resposta: Não, a velocidade é nula, logo a energia cinética também.

6. Uma criança de massa 40 Kg viaja no carro dos pais, sentada no banco de trás e presa pelo cinto de segurança. Num determinado momento, o carro atinge a velocidade de 20 m/s. Qual será o valor da energia cinética dessa criança em relação a um observador em repouso na beira da estrada?

Resposta: Para o observador em repouso na beira da estrada, o carro e a criança estarão a uma mesma velocidade, logo a sua energia cinética será igual a:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} (40)(20)^2 = 8.000 \text{ J.}$$

7. Um objeto de massa 0,600 Kg está em movimento e possui energia cinética de 2.000 J. Determine a velocidade desse objeto em m/s.

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v^2 = 2 \frac{2.000}{0,600}$$

$$v \sim 82 \text{ m/s}$$

8. O que acontece com a energia cinética de um automóvel se a sua velocidade dobrar? (Explique sua escolha)
- Ficará 2 vezes maior.
 - Ficará 4 vezes maior.
 - Ficará 2 vezes menor.
 - Ficará 4 vezes menor.
 - Permanecerá constante

Resposta: item b) $E_{cf} = \frac{1}{2} m (2v)^2 = 4 \left[\frac{1}{2} m v^2 \right] = 4 E_{ci}$

III.3 – Resposta questão - Aula 5

“Sabemos que um tiro dado para cima pode ferir uma pessoa no solo, em seu movimento de queda. Como podemos explicar esse movimento? E o que isso tem a ver com energia?”

A bala sairá da arma com uma determinada velocidade tendo assim uma energia cinética que irá acumular energia potencial ao subir, e após atingir a altura máxima irá descer e essa energia potencial acumulada se transformará em energia cinética e irá atingir o solo ou uma pessoa com uma determinada velocidade.

III.4 – Respostas questões - Aula 6

1- Um ciclista desce uma rua inclinada, com forte vento contrário ao seu movimento, com velocidade constante. Pode-se afirmar que:

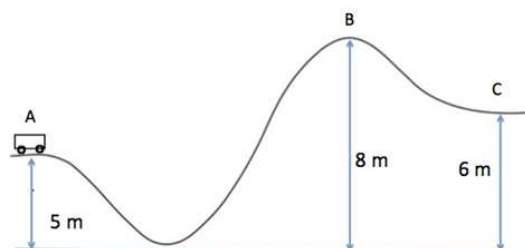
- sua energia cinética está aumentando.
- sua energia potencial gravitacional está diminuindo.
- sua energia cinética está diminuindo.
- sua energia potencial gravitacional é constante.
- Nenhuma das alternativas está correta.

Resposta: item b). Velocidade constante a energia cinética se mantém constante. Como está diminuindo a altura de onde estava inicialmente a energia potencial diminui.

2- Qual é o valor da energia potencial gravitacional associada a uma pedra de massa igual a 20 Kg quando esta se encontra no topo de um morro de 140 m de altura em relação ao solo?

$$E_{p_g} = mgh = 20(9,8)(140) = 27.440 \text{ J}$$

3- Um carrinho de massa igual a 15 kg se movimentará pelo trilho a seguir. Considerando $g = 10 \text{ ms}^{-2}$. Marque o que for correto:



- (01)O carrinho possuirá maior energia potencial gravitacional no ponto A. **Errado**
- (02)O carrinho possuirá maior energia potencial gravitacional no ponto B. **Certo**
- (03)No ponto C, a energia potencial gravitacional armazenada no carrinho é igual a 800 Joules. **Errado é igual a $E_{p_g} = mgh = (15)(10)(6) = 900 \text{ J}$.**
- (04)Entre os pontos A e B a energia potencial gravitacional do carrinho assume um valor mínimo. **Certo.**
- (05)Se a massa do carrinho fosse de 30 kg, a energia potencial gravitacional no ponto C seria triplicada. **Errada, vai ser duplicada.**
- (06)Somatória das alternativas corretas: Resposta: **(01+04)=05**

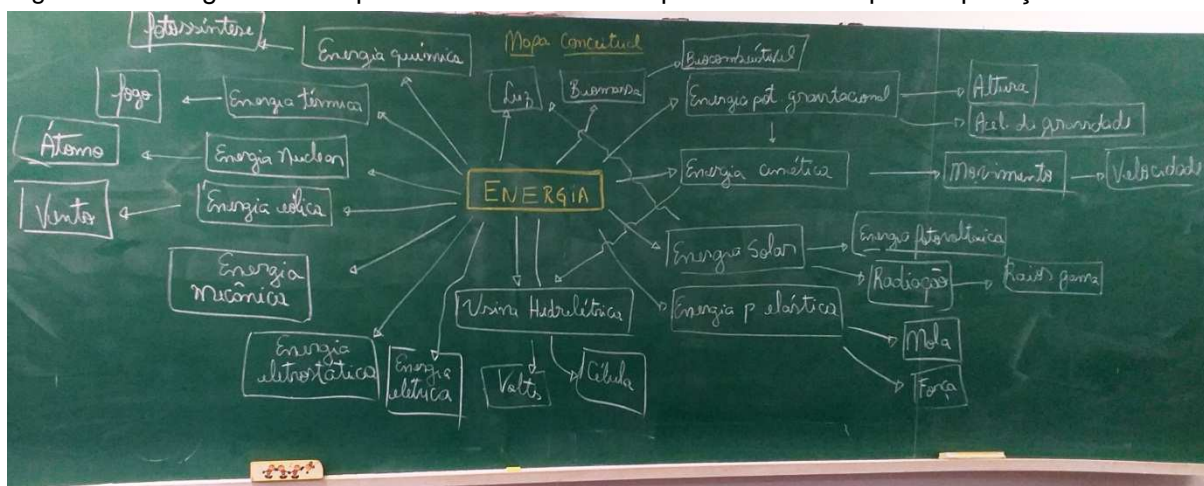
4- Responda corretamente:

- a) Uma maçã no topo de uma árvore possui energia armazenada? Explique.
Resposta: Sim, energia potencial = mgh .
- b) É possível um objeto ter energia potencial gravitacional na superfície da Lua? Explique.
Resposta: Não, mesmo com $g = 1,62 \text{ m/s}^2$, pois o objeto estará na superfície da Lua.
- c) Um grão de poeira, de massa igual 0,0002 grama, situado na estratosfera possui energia potencial armazenada? Explique.
Resposta: sim, pois possui massa e está a certa altura em relação a superfície da Terra, e próximo a superfície da Terra a gravidade é a mesma.

III. 5 - Exemplo de mapa conceitual

Segue imagem de exemplo de mapa conceitual (Figura III.1).

Figura III.1 – Registro do mapa conceitual elaborado pela turma 1^oA após a aplicação do P.E.



Fonte: o autor, 2019

III.6 Resultados dos Exp. 1 e 2

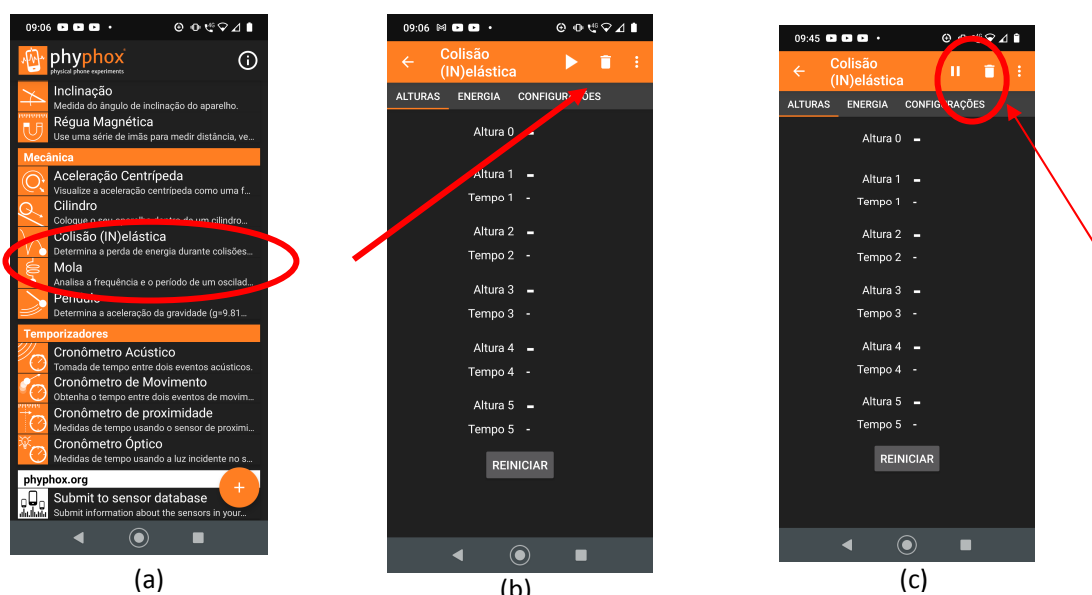
Seguem os resultados que se espera obter com os experimentos 1 e 2, referentes as aulas 9 e10.

III.6.1 - Experimento 1- Dissipação de energia: bolinha quicando

Selecionar a opção colisão in(elástica) (Figura III. 2 (a));

Observar a seta piscando na parte superior do *smartphone* (Figura III.2 (b)). Clique sobre a seta antes de liberar a bolinha. Irá aparecer a tela apresentada na Figura III.2 (c);

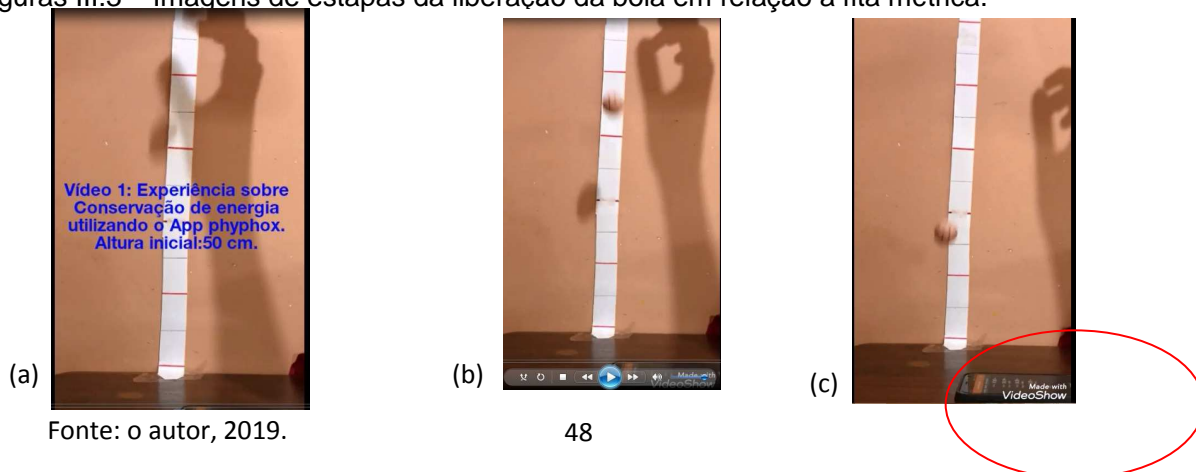
Figuras III.2 – Imagens da (a) tela indicando onde selecionar a opção desejada; (b) a seta piscando indicando que o aplicativo está pronto para uso, e (c) onde apertar na tela antes de liberar a esfera.



Fonte: o autor, 2020.

Seguem nas Figuras III.3 (a) a (c) imagens de uma das bolinhas sendo liberadas, ressaltando que ao atingir a base deve fazer barulho da colisão entre ambas. Observar em (c) a posição do *smartphone* com a situação da Figura III.2 (b), antes de acionar o *play*(Figura III.2 (c)).

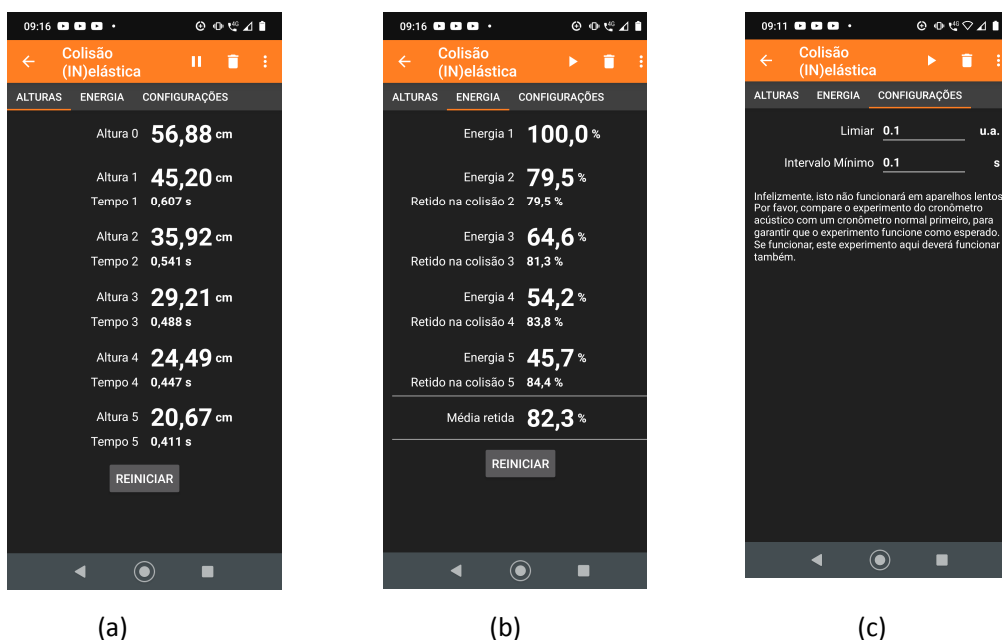
Figuras III.3 – Imagens de etapas da liberação da bola em relação a fita métrica.



Fonte: o autor, 2019.

Para cada liberação da bolinha, a tela será preenchida nas alturas que a mesma irá atingir quicando no solo (Figura II.4(a)). Copiar a tela, segurando apertado o botão liga desliga do *smartphone*, irá aparecer a tela de cópia e enviar por email, ou salvar no *smartphone*. Mudar na parte superior para energia (Figura III.4(b)) e captar e salvar essa tela também. A Figura III.4 (c) está a configuração da precisão do tempo captado de 0,1 s de intervalo mínimo. Essa etapa deve ser repetida a cada altura liberada.

Figura III.4 – Exemplos de imagens das etapas (a) captação dos dados das alturas e (b) dos valores das energias. E, em (c) configurações informações do aplicativo em relação ao cronômetro.



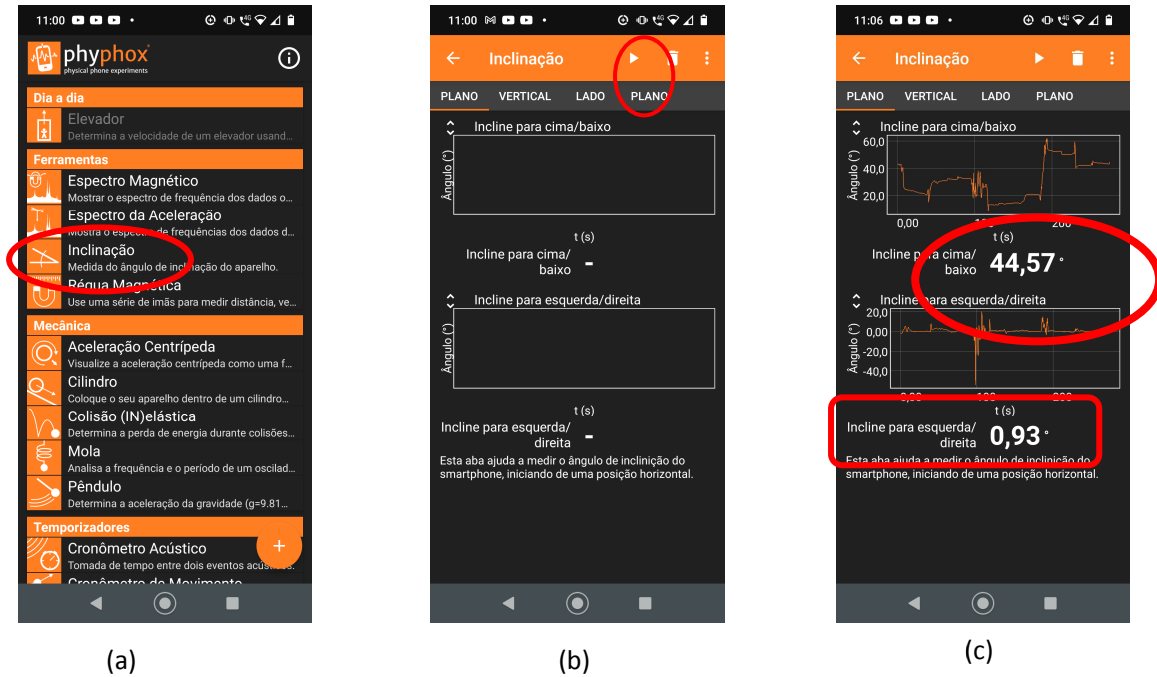
Fonte: o autor, 2020.

Captado todos os dados a questão é analisar. É possível calcular a energia inicial total e a final e obter a energia dissipada.

III.6.2 - Experimento 2- Plano inclinado com dissipação de energia

Neste experimento, pode-se utilizar o próprio aplicativo para saber o ângulo de inclinação antes de iniciar o experimento. Veja imagens das Figuras III.5 (a) a (c). Em (b) seta piscando que indica que o aplicativo está pronto para o uso. E, em (c) após apertar a tela e posicionar o *smartphone* sobre o plano inclinado circulado em vermelho um exemplo: 44,57° indica a inclinação, e o valor 0,93 de que não está nivelado na inclinação lateral, o ideal seria ser zero.

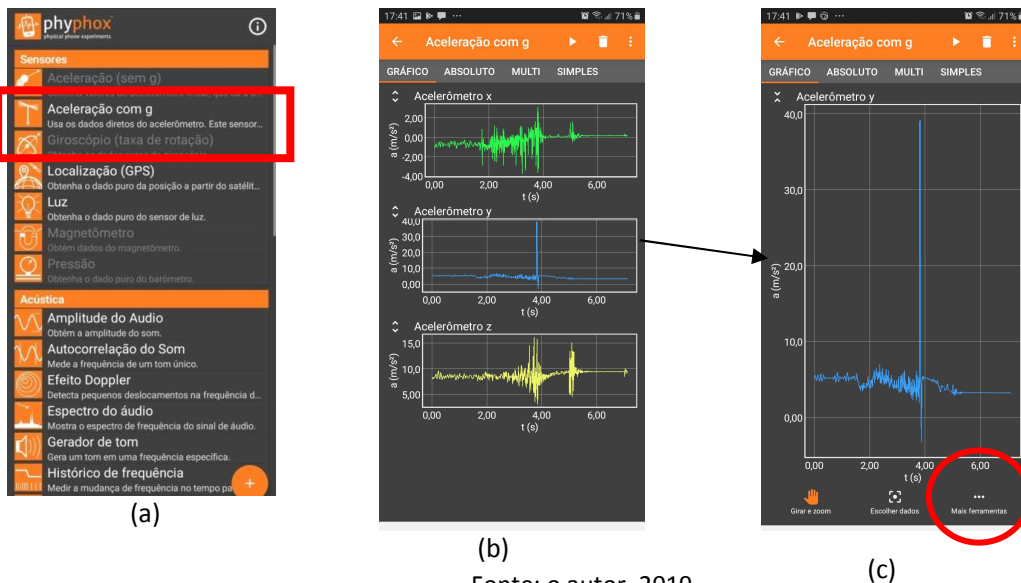
Figuras III. 5 – Imagens das etapas (a) tela indicando o aplicativo que afere o ângulo; (b) *Play*. E, em (c) exemplo: 44,57° indica a inclinação do plano inclinado, e o valor 0,93 de que não está nivelado na inclinação lateral, o ideal seria zero.



(a) Fonte: o autor, 2019.

Após nivelar no sentido lateral e anotar o ângulo de inclinação selecionar o aplicativo em aceleração com g (Figura III.6(a)). Aperte na seta e deixe o *smartphone* deslizar. Salve as telas com os resultados (Figuras C. 6 (b) e (c)). Na Figura III.6, indica como obter o valor de *g* por ajuste linear (explicação na Figura 9).

Figuras III.6 – Exemplo de imagens das etapas (a) tela indicando o aplicativo na opção Aceleração com g; (b) Resultado da captação das informações. E, em (c) Mais ferramentas -> ajuste linear.



(a) Fonte: o autor, 2019.

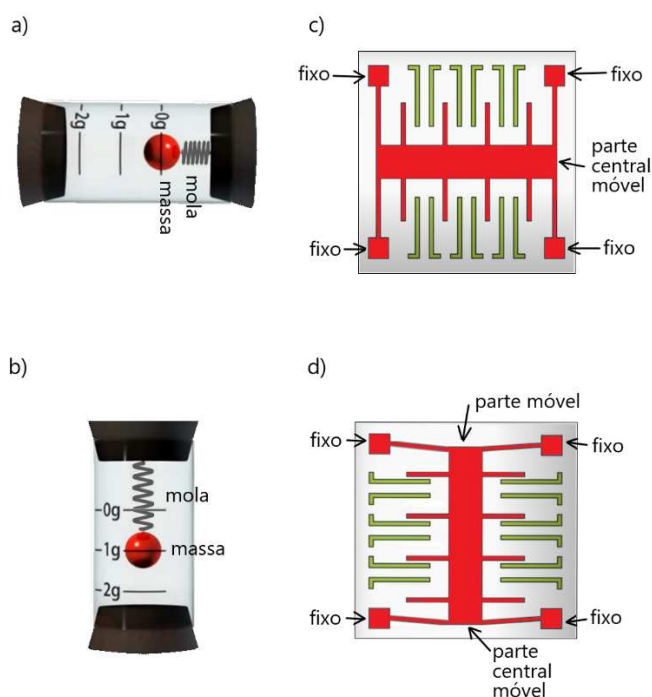
APÊNDICE IV - Como o *Smartphone* mede a aceleração?

Existem diversos exemplos do uso dos acelerômetros dos celulares em aulas de física (MONTEIRO, CABEZA, MARTÍ, 2014) (SCIENTIFIC AMERICAN).

Para explicar o funcionamento de como o *smartphone* mede a aceleração, vamos considerar inicialmente um sistema massa-mola, como mostrado na Figura IV.1 (GOODRICH, 2013) (HAMMACK, RYAN, ZIECH, 2012). Nesta posição a massa (esfera vermelha) está na posição $0g$ e a não tem nenhuma força agindo sobre a massa na direção da mola. Rodando o sistema em 90 graus (Figura IV.1b)), a massa se desloca para posição de equilíbrio $1g$. Na direção da mola temos duas forças que atuam sobre a massa: i) a força gravitacional F_g , que é igual a produto entre a massa e a aceleração da gravidade ($F_g = mg$) e a ii) força da mola F_m é dada pelo produto entre a constante elástica da mola k e o deslocamento da massa d ($F_m = -kd$). A segunda Lei de Newton pode ser escrita como:

$$\sum F = F_g + F_m = 0,$$
$$mg = kd$$

Figura IV.1 - Funcionamento do acelerômetro num *smartphone*



Fonte: HAMMACK, RYAN, ZIECH, 2012

Assim, a aceleração gravitacional é dada por:

$$g = \frac{kd}{m}.$$

Conhecendo a constante k , a massa m e o deslocamento d , podemos determinar o valor de g .

Os *smartphones* têm um sistema massa-mola, conforme pode-se ver na Figura IV.1. A parte vermelha é uma pequena peça de silício, fixada nas quatro pontas na placa, e livre na parte central, de tal forma que a parte central pode se mover. As partes amarelas são condutores elétricos carregados, formando o que chamamos de banco de capacitores⁶. Da mesma forma que no sistema descrito acima, quando o circuito está na posição IV.1, as forças se anulam. Quando giramos 90 graus o circuito, a parte central se desloca (Figura IV.1). Nesta nova posição, na parte central (que é móvel) atuam duas forças, a força gravitacional e a força da mola, é o que faz uma mudança da posição da parte central em relação a alguns condutores elétricos. Este deslocamento da parte central é sentido com a mudança da capacitância elétrica dos condutores elétricos. Este mesmo efeito dos capacitores é observado na tela dos *smartphones*, que tem uma série de capacitores, que reconhecem os comandos na tela com o dedo pela mudança da capacitância.

Existem também acelerômetros que funcionam com cristais piezoelétricos (GOODRICH, 2013). Estes materiais se polarizam eletricamente quando são colocados sobre pressão mecânica. Os piezos elétricos foram e ainda são muitos usados para obter faíscas elétricas nos acendedores “*Magiclick*”.

O *smartphone* tem na realidade três placas conforme mostradas na Figura IV.1c e IV1d, um para cada eixo (x , y e z), que constituem o acelerômetro.

Os acelerômetros são importantes na detecção de grandes desacelerações em carros e a pela abertura dos “*airbags*”.

Referências:

GOODRICH, R., **Accelerometers: What They Are & How They Work**, 2013, <https://www.livescience.com/40102-accelerometers.html>.

⁶ capacitor é um componente elétrico com a capacidade de armazenar a carga elétrica e a energia associada em um campo elétrico. O primeiro capacitor foi a Garrafa de Leiden de 1746, descoberta por Pieter van Musschenbroek.

HAMMACK, B., RYAN, P., ZIECH, N., **How a Smartphone Knows Up from Down (accelerometer)**, Eight Amazing Engineering Stories: Using the Elements to Create Extraordinary Technologies, 2012, <http://www.engineerguy.com/elements/>.

MONTEIRO, M, CABEZA, C., MARTÍ, A. C, **Acceleration Measurements Using Smartphone Sensors**, Revista Brasileira de Ensino de Física 37(1), 2014, DOI: 10.1590/S1806-11173711639.

SCIENTIFIC AMERICAN, **Science with a Smartphone: Accelerometer**
<https://www.scientificamerican.com/article/science-with-a-smartphone-accelerometer/#:~:text=Acceleration%20can%20be%20measured%20with,that%20display%20the%20accelerometer%20readings.>