PRODUTO EDUCACIONAL

Instrumento Didático para Ensino de Conceitos de Movimento Harmônico Simples e Movimento Circular no Contexto da Aprendizagem Significativa Ausubeliana.

INSTITUTO DE FÍSICA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

MARGARIDA IRENE DA ROCHA DE MENESES
2022

PRODUTO EDUCACIONAL

Instrumento Didático para Ensino de Conceitos de Movimento Harmônico Simples e Movimento Circular no Contexto da Aprendizagem Significativa Ausubeliana.

MARGARIDA IRENE DA ROCHA DE MENESES

Produto Educacional elaborado sob orientação do professor Dr. Antony Marco Mota Polito com requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física pelo Programa de Pós-graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

BRASÍLIA – DF
2022

PREFÁCIO

Prezado Professor,

O presente material compreende em um manual com uma sequência de atividades que auxiliam e estendem conceitos relacionados às propriedades de movimentos harmônicos simples usando o *software* educacional Tracker como ferramenta didática.

Além do uso do *software* Tracker, o material dispõe de atividades de leitura, alternativa do uso de obra cinematográfica e atividades de acompanhamento ao longo da sequência.

Cada etapa dessa sequência apresenta um papel fundamental para o avanço do processo de ensino-aprendizagem da relação proposta entre os conceitos de movimento circular uniforme e o movimento harmônico simples; para esse fim, é fundamental a utilização das partes em sua sequência original de apresentação.

Veja que este material é uma sugestão de aplicação da sequência didática, fica a seu critério modificá-lo de acordo com a necessidade da sua turma.

INTRODUÇÃO

Um dos assuntos mais importantes da física é o estudo das oscilações. As oscilações estão presentes na natureza e estamos constantemente nos deparando com elas. Objetos se movendo repetidamente de um lado para o outro. Muitas oscilações podem ser importantes ou até perigosas. Da música aos terremotos, o padrão das oscilações explica fenômenos complexos e consegue representar a realidade; existem muitos movimentos dessa natureza, por exemplo: o movimento orbital de um planeta em torno do Sol, ou quando um avião sofre turbulências do ar, suas asas oscilam e podendo quebrar, ou a vibração de uma corda de violão, ou o movimento vibratório de uma ponte, ou o movimento de elétrons na formação de ondas eletromagnéticas.

Estudar as oscilações que estão presentes em nosso meio é objetivo da física; a partir dos estudos, a previsão dessas oscilações são poderosas maneiras da engenharia de controlar esses movimentos de maneira bem-sucedida. Nessa sequência vamos discutir um tipo básico das oscilações conhecido como: movimento harmônico simples (MHS).

Este assunto pode ser considerado difícil por existirem muitas definições e símbolos matemáticos; e, pela necessidade de relacionar as oscilações de um objeto físico, observável, às equações e gráficos matemáticos exige esforço intelectual. Por essa razão, o uso de um software que gera os gráficos a partir do movimento do objeto facilitará a visualização do aprendiz.

Compartilhe esses estudos com seus aprendizes usando sete etapas que exploram vários tópicos incluindo leitura, visualização de gráficos, visualização de vídeos, análise de movimentos harmônicos.

Este material fornece atividades para a sala de aula para lhe ajudar a trabalhar conteúdos como os movimentos harmônicos simples. A sequência integra habilidades matemáticas, exploração de. Sugestões específicas foram feitas para adaptar as atividades, o material inclui a análise de um vídeo curto e dinâmico totalmente reproduzível intimamente ligados às aulas. Este vídeo leva os estudantes a uma exploração detalhada de cada movimento integrando a geração do gráfico.

Usando este material em sua sala de aula

Fluxo das atividades:

Este material consiste em um vídeo e diversas análises que reforçam e estendem conceitos relacionados ao movimento harmônico simples.

A etapa 1 explora um texto para verificação de subsunçores relacionados a conceitos de frequência e período de um movimento. A etapa 2 insere, como elemento motivador, uma obra cinematográfica que reforça elementos do movimento circular. A etapa 3 consiste na introdução do software Tracker e análise do vídeo com a conexão entre o movimento da sombra circular e o movimento da sombra oscilatório. A análise será feita da posição, velocidade e aceleração do movimento. A etapa 4 consiste em apresentação das equações horárias cinemáticas do sistema massa mola e movimento circular cônico. A etapa 5 consiste em comparação entre a força central do movimento cônico com as forças restauradoras movimento massa mola e obtenção da velocidade do pêndulo cônico. A etapa 6 consiste em análise da aceleração centrípeta do movimento circular uniforme. A etapa 7 consiste em apresentação de dois textos com um movimento diferente do apresentado na sequência e verificação de condições para ser movimento harmônico simples podendo ser usada como avaliação de aprendizado. Estas atividades foram desenvolvidas com dependência de ordem entre si.

<u>Estrutura das atividades</u>:

Algumas etapas dessa sequência didática pode ser finalizada em aproximadamente 50 minutos, uma aula; algumas atividades incluem atividade para o estudante ao final da proposta e consolidação do aprendizado.

1. Atividade para o estudante: algumas questões para discussão.
2. Consolidação do aprendizado: uma avaliação para o aprendizado (podendo ser avaliação formativa/somativa).

A sequência didática poderá ser adaptada para atender a necessidade de cada aluno ou da sua turma.

Informações básicas para o professor

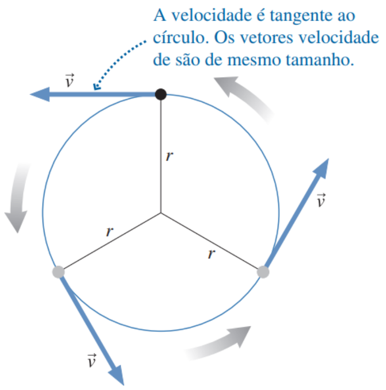
As informações abaixo têm como objetivo fornecer um panorama geral do Movimento Harmônico Simples. O conteúdo se relaciona com as com as atividades desta sequência, mas você pode ir além do currículo do 2º ano, fornecendo uma estrutura mais complexa e profunda para o próximo seguimento, o 3º ano do Ensino Médio.

PARA O PROFESSOR

Professor, este material contém um resumo do conteúdo didático abordado na sequência sobre o Movimento Circular Uniforme, o Movimento Harmônico Simples e a conexão entre os dois conceitos. Usamos como base o livro "Uma Abordagem Estratégica – Randall D. Knight – Vol. 1 – 2ª Edição – 2009". Aqui contém elementos para sua revisão de conteúdo.

O movimento circular é um exemplo de um movimento em um plano. Dizemos que uma partícula descreve um movimento circular uniforme quando ela se move ao longo de uma circunferência com velocidade escalar constante (YOUNG, FREEMAN, 2008). A figura 1 apresenta uma partícula movendo-se em torno de um círculo de raio r. Se considerarmos que essa partícula se mova com velocidade constante teremos um vetor $\vec{v}$ tangente ao círculo sempre de mesmo tamanho.

FIGURA 1 - uma partícula em movimento circular uniforme.



FONTE: RANDALL, 2009

O tempo necessário que a partícula leva para realizar uma volta do círculo é chamado de período (T) do movimento. Se uma partícula que se desloca com velocidade constante ao longo da circunferência de perímetro $2\pi R$, que é a distância percorrida e R o raio do círculo descrito, a velocidade escalar será dada por:

$$v = \frac{1\, circunferência}{1\, período} = \frac{2\pi R}{T}$$

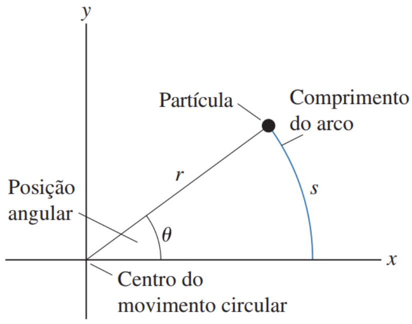
"A frequência do movimento é a quantidade de ocorrências de um fenômeno cíclico ou periódico em determinada unidade de tempo" (KAZUHITO, FUKE, 2016). Período e frequência são grandezas inversamente proporcionais, dessa forma, quanto menor for o período (tempo) necessário para a realização de um ciclo, maior será o número de ciclos (frequência) em uma unidade de tempo qualquer, portanto:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{e} \quad f = \frac{1}{T}$$

POSIÇÃO ANGULAR

Em lugar do uso das coordenadas xy no plano para determinar a posição da partícula no movimento circular, usaremos então o raio R da circunferência e o ângulo $\boldsymbol{\theta}$ que a partícula faz a partir do eixo x positivo.

FIGURA 2 - A posição de uma partícula é descrita pela distância r e pelo ângulo $\boldsymbol{\theta}$



FONTE: RANDALL, 2009

Como mostra a figura 2, a partícula caracteriza-se sua posição angular a partir de tais grandezas como o comprimento do arco dado por s; o raio r da partícula e a posição angular $\boldsymbol{\theta}$.

Sendo estabelecido a medida angular, em radianos, como

$$\theta = \frac{s}{r}$$

temos um arco completo definido, portanto,

$$\theta = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi\, rad$$

Como consequência dessa equação, o comprimento de arco s é dado por

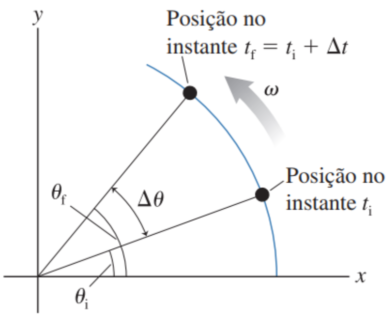
$s = \theta r$ (com θ em rad)

VELOCIDADE ANGULAR

Considerando uma partícula que se move com velocidade escalar constante em movimento circular, verificamos que foi possível estabelecer a posição angular, visto na equação 6, em sequência descreveremos a velocidade angular dessa partícula.

“A velocidade angular ω é a taxa com a qual a posição angular da partícula está variando enquanto ela descreve um círculo; uma partícula move-se em movimento circular uniforme se e somente se sua velocidade angular ω é constante” (RANDALL KNIGHT, 2009).

FIGURA 3 uma partícula se move com velocidade angular ω



FONTE: RANDALL, 2009

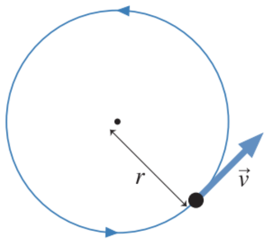
$$velocidade\ angular\ média = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

VELOCIDADE E ACELERAÇÃO NO MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME

<u>Velocidade</u>

Em um movimento circular uniforme, a velocidade é sempre tangencial $\vec{v_t}$ ao deslocamento do círculo, como mostra a figura 4.

FIGURA 4 O vetor velocidade v possui apenas o componente tangencial $\vec{v_t}$



FONTE: RANDALL, 2009

Essa velocidade é a taxa do movimento da partícula no círculo em um intervalo de tempo, temos então:

$$v_t = \frac{ds}{dt} = r\frac{d\theta}{dt}$$

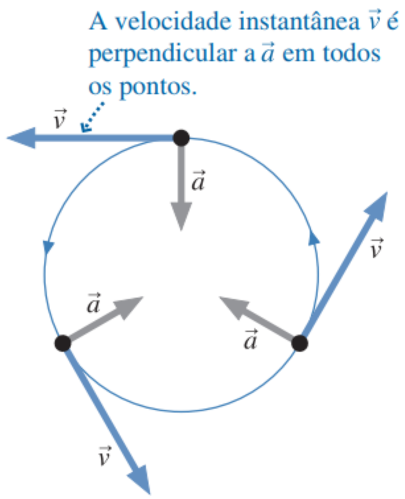
Mas $\frac{d\theta}{dt}$ é a velocidade angular ω, há uma relação entre velocidade tangencial e velocidade angular

$$v_t = \omega r$$

<u>Aceleração</u>

Sabemos que em um movimento circular uniforme a velocidade média é constante e a orientação do seu vetor está em constante movimento, sempre perpendicular ao círculo. Com essa alteração de orientação do vetor velocidade, há uma aceleração que aponta sempre para o centro da circunferência, apesar da velocidade em módulo ser constante.

FIGURA 5- no movimento circular uniforme, a aceleração sempre aponta para o centro



FONTE: RANDALL, 2009

A aceleração do movimento circular uniforme é chamada de aceleração centrípeta, um termo com raiz grega que significa “o que procura o centro”. (RANDALL KNIGHT, 2009)

A aceleração centrípeta a_{cp} tem como características:

- Em qualquer ponto do círculo no movimento, como mostra a figura 5, a partícula sempre terá os vetores velocidade e aceleração perpendiculares.
- O sentido da aceleração centrípeta está sempre orientado para o centro de curvatura da trajetória do movimento.

Seu módulo pode ser conhecido como função da velocidade angular ω

$$|a_{cp}| = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega R^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R \Rightarrow |a_{cp}| = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

No movimento circular uniforme, o módulo da aceleração centrípeta é constante, entretanto a orientação do vetor $\vec{a}$ está em constante variação.

DINÂMICA DO MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME

Considerando a segunda lei de Newton “um corpo de massa m, sujeito a forças $\overrightarrow{F_1}, \overrightarrow{F_2}, \overrightarrow{F_3}$ ... sofrerá uma aceleração dada por

$$a = \frac{\overrightarrow{F_{res}}}{m}$$

Onde a força resultante $\overrightarrow{F_{res}} = \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \overrightarrow{F_3}$ é o vetor soma de todas as forças exercidas sobre o corpo. “O vetor aceleração a tem a mesma orientação que o vetor força resultante $\overrightarrow{F_{res}}$.” (RANDALL KNIGHT, 2009), podemos saber quanta força resultante é preciso para causar a aceleração.

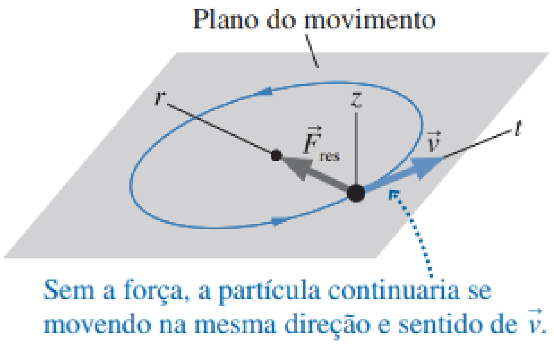
Reescrevendo a segunda lei de Newton na forma:

$$F_{res} = ma$$

$$F_{res} = ma = \left(\frac{mv^2}{R}\right) \text{ para o centro do círculo.}$$

Para que uma partícula que se mantenha em trajetória circular com velocidade constante, deve haver uma força, que garanta a resultante da aceleração centrípeta, de módulo $\frac{mv^2}{R}$ e mesma direção da aceleração apontando para o centro. Não sendo assim, a partícula se movimentaria em uma linha reta.

FIGURA 6 – A força resultante tem direção radial e aponta para o centro



FONTE: RANDALL, 2009

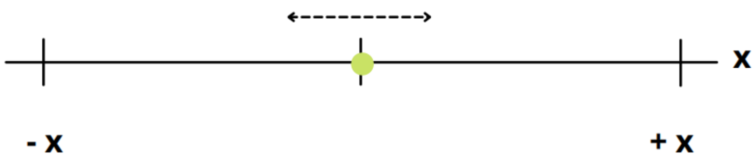
Para o movimento circular uniforme, a soma das forças ao longo do eixo r deve ser igual a ma_{cp}

$$\overrightarrow{F_{res}} = \sum F_{res} = m\overrightarrow{a_{cp}} = \frac{mv^2}{R} = m\,\omega^2 R$$

$$\overrightarrow{F_{cp}} = m\overrightarrow{a_{cp}}$$

MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

FIGURA 7 – movimento oscilatório de uma partícula



FONTE – própria autora

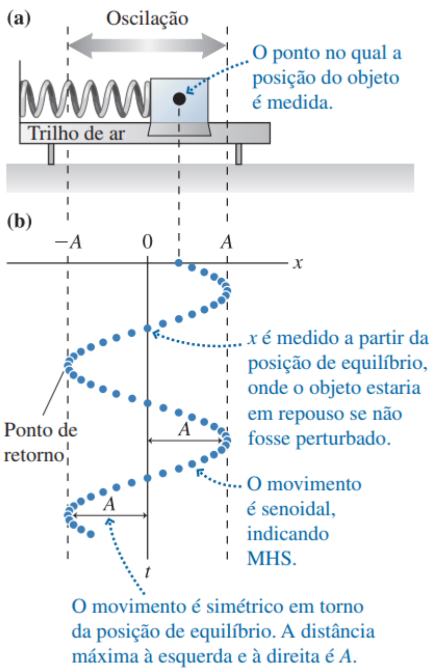
A figura exemplifica um movimento oscilatório de uma partícula que se desloca alternadamente a uma mesma distância x da direita para a esquerda. Assim como na cinemática do movimento circular, a frequência da partícula se dá pelo número de oscilações completas (um ciclo) por unidade de tempo. E o tempo necessário para que essa partícula complete um ciclo é definido por período T da oscilação. Portanto

$$T = \frac{1}{f} \text{ e } f = \frac{1}{T}$$

A CINEMÁTICA DO MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

“O movimento harmônico simples é uma função senoidal do tempo t, ou seja, pode ser descrito como seno ou cosseno do tempo t” (HALLIDAY, 216).

FIGURA 8 – Um protótipo de experimento de movimento harmônico simples



FONTE: RANDALL, 2009

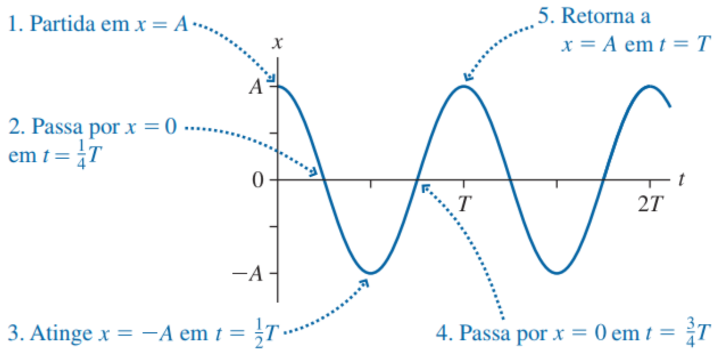
A figura mostra o movimento oscilatório de um carrinho preso a uma mola em um trilho de ar. Essa experiência indica a posição do objeto versus tempo; a distância máxima atingida pelo movimento em relação à sua posição de equilíbrio é chamada de **amplitude** A do movimento.

Se o gráfico da figura for girado 90º em relação a sua normal podemos verificar a curva suave que é formada e observamos uma função cosseno. A posição do objeto é dada por:

$$x\ (t) = A\cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

"Onde o símbolo x(t) significa que a posição x é uma função do tempo t. uma vez que cos (2π) = cos (0), é fácil ver que a posição no instante t = T é a mesma que para t = 0. Em outras palavras, esta é uma função cosseno de período T". (RANDALL, 2009).

FIGURA 9 - O gráfico posição versus tempo para o movimento harmônico simples



FONTE: RANDALL, 2009

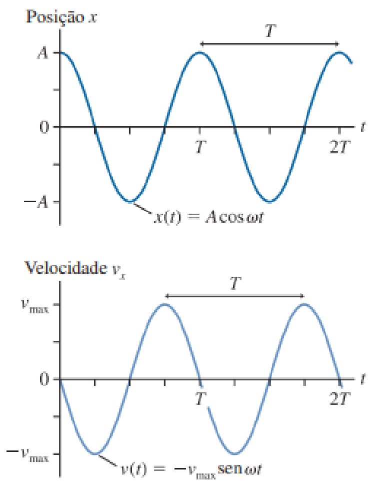
A equação anterior pode ser descrita em diferentes termos como da frequência, visto que a frequência de oscilação é $f = \frac{1}{T}$ e frequência angular, já que é relacionada com o período por $w = \frac{2\pi}{T}$:

$$x(t) = A\cos(2\pi f t)$$

$$x(t) = A\cos wt$$

Observando a figura 10, claramente o gráfico da velocidade é uma função senoidal com o período T.

FIGURA 10 – Gráficos da posição e da velocidade para o movimento harmônico simples



FONTE: RANDALL, 2009

Usando a derivada da função posição versus tempo, obtemos a equação da velocidade que também é uma equação em função do tempo, podendo ser descrita em termos da frequência e frequência angular:

$$v_x(t) = -\,wA\,sen\,(wt)$$

A aceleração da partícula em um movimento harmônico simples se dá pela derivada da função velocidade pelo tempo, nesse caso, obteremos uma função cosseno novamente, porém com o sinal negativo. A aceleração varia com o tempo, pois a função cosseno varia entre valores de 1 e -1.

$$a(t) = -w^2 A\cos(wt)$$

A partir dessa equação observamos que o módulo da aceleração é zero quando a partícula está passando pelo ponto x = 0, cosseno é zero, e é máximo quando o valor do cosseno é máximo e a partícula passa pelos pontos extremos do movimento.

Se comparadas as equações da posição e aceleração obteremos:

$$a(t) = -w^2 x(t)$$

A partir dessa equação notamos duas características do movimento harmônico simples, a aceleração tem sentido contrário ao deslocamento e a constante da frequência angular relaciona as grandezas da aceleração e o deslocamento.

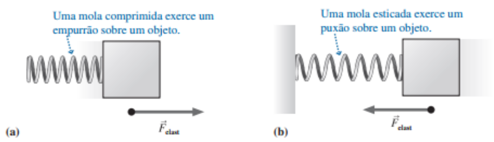
A DINÂMICA DO MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

Sabendo que o movimento harmônico simples é um movimento realizado por uma partícula submetida a uma força, podemos aproveitar a segunda lei de Newton e a equação que relaciona a aceleração e a posição x da partícula e determinar a força que age sobre a partícula.

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\,(w^2 x) = -(mw^2)x$$

Analisando a equação observamos que o módulo da força é proporcional ao deslocamento da partícula e tem sinal negativo que indica que é orientada em sentido oposto ao deslocamento da dessa partícula. No movimento harmônico simples temos uma força restauradora, se opondo ao deslocamento; a partícula sempre se dirige para a posição de equilíbrio, posição x=0.

FIGURA 11 – A força elástica de uma mola



FONTE: RANDALL, 2009

Usamos a lei de Hooke para tratar sobre a força do movimento massa mola:

$$\overrightarrow{F_{el}} = -kx$$

Relacionando as últimas duas equações, temos que a constante elástica k (rigidez da mola) se associa com a frequência do MHS, onde k é:

$$k = mw^2$$

O movimento pode ser considerado harmônico simples na situação de uma partícula em oscilação por causa de uma força proporcional ao deslocamento e sentido oposto. A constante de proporcionalidade entre a força e o deslocamento é semelhante a constante elástica da lei de Hooke. Sendo a massa m da partícula é conhecida podemos calcular a frequência angular do movimento:

$$w = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

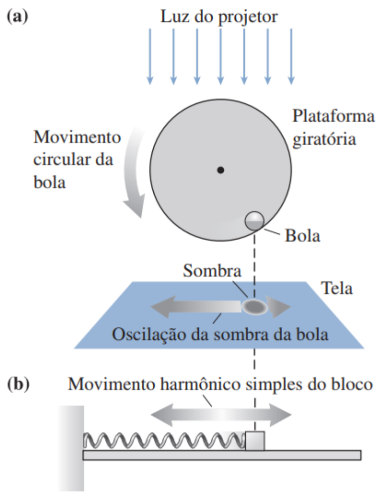
Sendo conhecida a frequência angular, podemos associá-la a equação do período do movimento:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES E MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME

Embora o movimento harmônico simples seja um movimento de trajetória linear e o movimento circular um movimento de trajetória em um plano, se relacionam pelas equações e função horária.

FIGURA 12 – A projeção do movimento circular uniforme de uma bola que gira equivale ao movimento harmônico simples de um objeto preso a uma mola



FONTE: RANDALL, 2009

A figura 12 mostra o movimento de uma bola que realiza uma trajetória circular em uma plataforma giratória. Se a luz de um projetor incidir sobre essa bola, uma sombra será formada em um anteparo. A sombra terá movimento oscilatório de vaivém e periódico, de mesmo período que o movimento da bola, à medida que a plataforma gira. Se houvesse um outro objeto, massa mola, ajustado para que os dois possuíssem o mesmo período poderíamos concluir que os dois movimentos são equivalentes. “O movimento circular uniforme projetado em uma dimensão é um movimento harmônico simples” (RANDALL, 2009).

<u>Posição</u>

A partícula P’ se projeta no eixo x como um ponto P, como se fosse uma segunda partícula. Essa projeção nos fornece a localização x(t) do ponto P. Temos então, a equação

$$x(t) = x_m \cos(wt + \phi)$$

Se a partícula de referência segue um movimento circular, então sua projeção no diâmetro do círculo seguirá um movimento harmônico simples.

<u>Velocidade</u>

A velocidade da partícula de referência se dará pela derivada da posição em relação ao tempo. Sendo $v = \omega r$, a projeção no eixo x é:

$$v(t) = -w^2 x_m sen(wt + \phi)$$

Essa equação que obtivemos é equivalente a equação 17, o sinal negativo indica que a partícula P está seguindo para a esquerda.

<u>Aceleração</u>

A aceleração da partícula de referência se dará pela derivada da velocidade em relação ao tempo. Sendo $a_r = w^2 r$, o módulo da aceleração radial é $w^2 x_m$, temos que a projeção da aceleração no eixo x é:

$$a(t) = -\omega^2 x \cos{(wt + \phi)}$$

Para o deslocamento, velocidade e aceleração, notamos que a projeção no movimento circular é um movimento harmônico simples.

Passo a passo da construção da simulação

1. Instalação do software Tracker

O Tracker é um software gratuito de análise de vídeo e modelagem. Construído no Open Sourse Physics. Podem ser feitas análises de vídeo que contenham movimentos; os dados obtidos desta análise geram tabelas e gráficos a partir de várias grandezas disponíveis no software.

Observação: é necessário que você tenha no seu computador o programa Java.

Acesse a página do *software* Tracker pelo link <https://physlets.org/tracker/>

Para mais detalhes das instruções e passo a passo da instalação e mais ferramentas, o Laboratório Didático de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul apresenta um material com aulas e ferramentas a respeito do software Tracker. Acesse o link: <http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/lab/tracker.html>

Figura 1 – Página de acesso ao *software* e download

Fonte: <https://physlets.org/tracker/>

Instale a versão disponível com a configuração do seu computador.

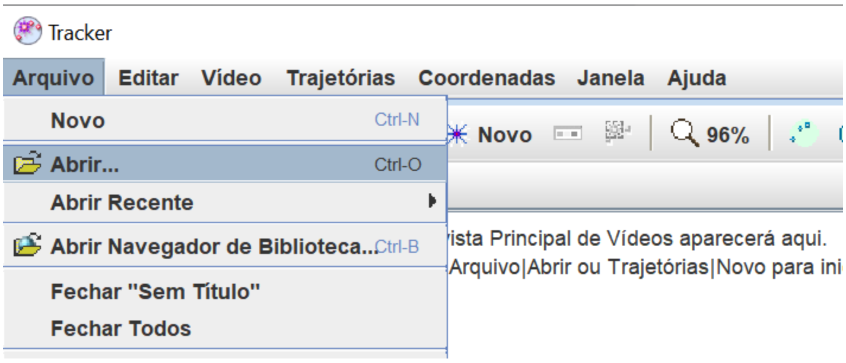
2. Usando o *software* Tracker:

- Tenha o vídeo a ser analisado em sua galeria do computador;

➢ Abra o software;

➢ Para abrir o vídeo no software clique em “Arquivo” – “Abrir”:

Figura 2 – Página de início do Tracker – abrir

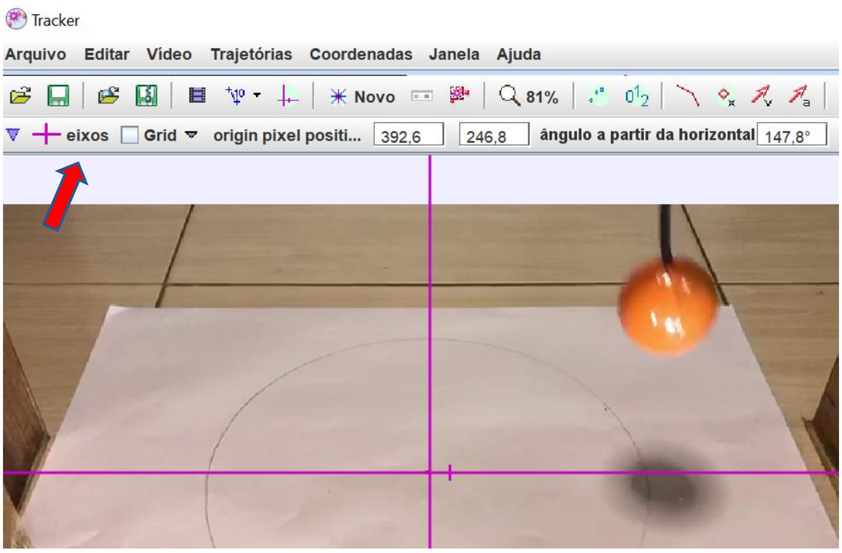


Fonte: software Tracker – própria autora

➢ O vídeo escolhido será aberto na página inicial do Tracker;

➢ Calibre o software usando uma escala dos eixos:

Figura 3 – Página de início do Tracker - eixo



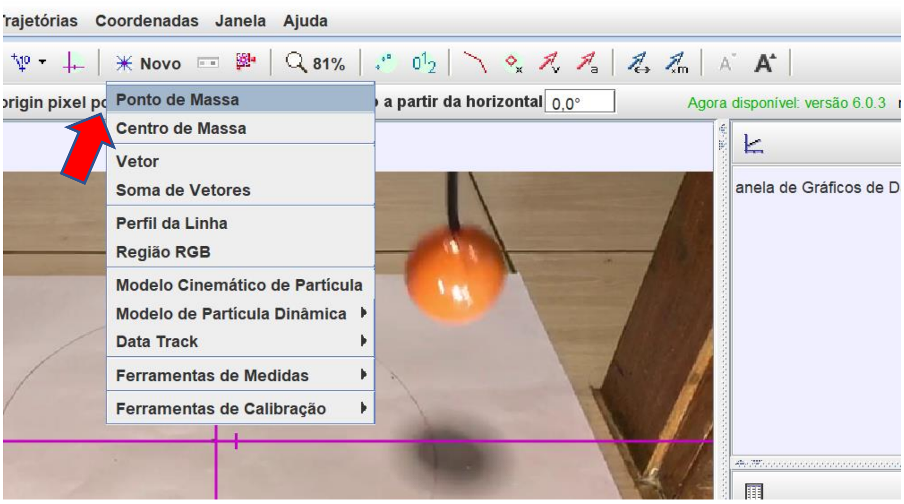
Fonte: software Tracker – própria autora

➢ Clique neste eixo e mova-o clicando sobre a origem e mantendo o botão esquerdo do mouse acionado;

➢ Leve o eixo até a origem da imagem inicial do vídeo a ser analisado;

➢ Para a construção do gráfico, determine um ponto de massa que se move, para isso, clique em “Novo” e em “Ponto de massa”:

Figura 4 – Página de início do Tracker – ponto de massa



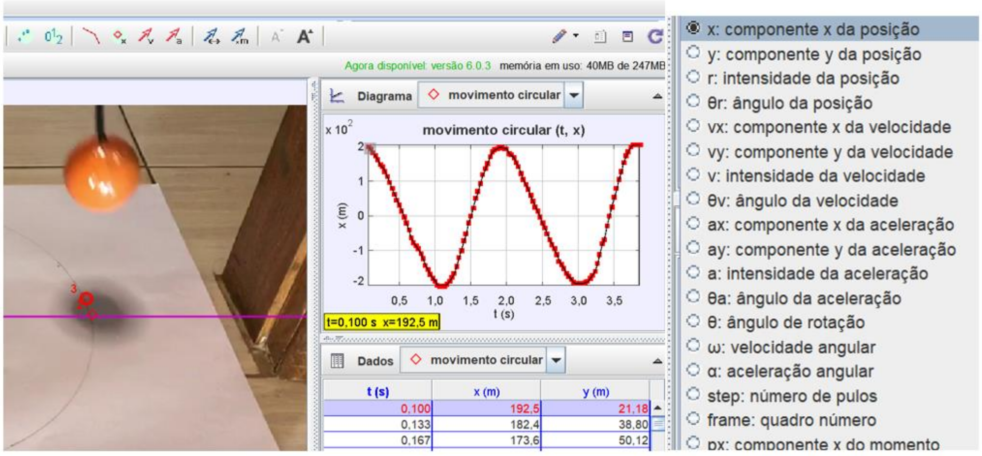
Fonte: software Tracker – própria autora

➢ Mantenha a tecla *Shift* do seu teclado acionada, clique sobre o objeto que se move que você quer acionar com o botão esquerdo do mouse. Em seguida o software irá para o próximo quadro do vídeo, repita o processo até o fim do movimento.

➢ Após os pontos marcados, a direita da tela aparecerá o gráfico gerado pelo software;

➢ Você pode alterar as variáveis dos eixos do gráfico clicando em cima da variável;

Figura 5 – Página de início do Tracker – ponto de massa



Fonte: software Tracker – própria autora

1. Montagem do Pêndulo Cônico

Para a nossa aplicação, utilizamos um sistema conhecido como Pêndulo Cônico. Este sistema constitui-se por uma massa presa a um fio de comprimento conhecido, veja a figura X. Esse sistema foi montado utilizando um suporte preso ao portal de uma porta, uma luminária circular presa ao suporte e posto a girar. Para facilitar a visualização do movimento circular no vídeo foi posto uma cartolina branca ao chão com um círculo de raio determinado.

Figura 6 – Pêndulo Cônico

Fonte: Própria Autora

Para a gravação do vídeo, precisou-se filmar em duas perspectivas. Primeiramente, a gravação fez-se com a câmera paralela ao chão, perto da luminária, filmando a sombra projetada ao chão; em seguida, a câmera mudou a perspectiva filmando a sombra do pêndulo na parede.

O movimento da sombra que deve ser observada na primeira perspectiva é circular, enquanto o movimento da sombra que deve ser observada na segunda perspectiva é equivalente a um movimento de um sistema massa mola.

ATIVIDADE 1

❖ Plano de Aula

Introdução

Nesta atividade, os estudantes se irão ter acesso a um texto específico para se familiarizarem com conceitos já abordados anteriormente. Os estudantes receberão o texto e o questionário impressos.

Tempo sugerido: 1 aula - 45 a 50 minutos

Objetivos

- Relacionar os conceitos de período e frequência, já estudados anteriormente, com o movimento apresentado no texto.
- Aplicar os conhecimentos dos conceitos para responder o questionário.

HABILIDADES E CONHECIMENTOS PRÉVIOS

Os estudantes devem ser capazes de usar os termos: *período* e *frequência* da forma adequada.

Materiais

- Texto e questionário sugeridos pelo professor.

Instruções para o professor

1. Antes de entregar o texto e o questionário, converse com sua turma e peça a eles que respondam ao questionário com calma, que eles se preocupem apenas em responder da forma que acharem mais correta.
2. Entregue o texto aos alunos e leia-o em voz alta, isso chamará a atenção dos alunos para a atividade.

3. Após a devolução dos questionários permita que os alunos conversem entre si e discutam suas respostas, desenhem no quadro suas versões do movimento apresentado no texto.

ATIVIDADE PARA O ESTUDANTE

NOME: ______________________

"Não havia nada de tão extraordinário nisso; nem Alice achou assim tão esquisito ouvir o Coelho dizer consigo mesmo: "Ai, ai! Ai, ai! Vou chegar atrasado demais!" (quando pensou sobre isso mais tarde, ocorreu-lhe que deveria ter ficado espantada, mas na hora tudo pareceu muito natural); mas quando ouviu o Coelho tirar um relógio do bolso do colete e olhar as horas, e depois sair em disparada, Alice se levantou num pulo, porque constatou subitamente que nunca tinha visto antes um coelho com bolso de colete, nem com relógio para tirar de lá, e, ardendo de curiosidade, correu pela campina atrás dele, ainda a tempo de vê-lo se meter a toda pressa numa grande toca de coelho debaixo da cerca. No instante seguinte, lá estava Alice se enfiando na toca atrás dele, sem nem pensar de que jeito conseguiria sair depois. Por um trecho, a toca de coelho seguia na horizontal, como um túnel, depois se afundava de repente, tão de repente que Alice não teve um segundo para pensar em parar antes de se ver despencando num poço muito fundo. Ou o poço era muito fundo, ou ela caía muito devagar, porque enquanto caía teve tempo de sobra para olhar à sua volta e imaginar o que iria acontecer em seguida. Primeiro, tentou olhar para baixo e ter uma ideia do que a esperava, mas estava escuro demais para se ver alguma coisa... ...Caindo, caindo, caindo. A queda não terminaria nunca? "Quantos quilômetros será que já caí até agora? Disse em voz alta. "Devo estar chegando perto do centro da Terra. Deixe-me ver: isso seria a uns seis mil e quinhentos quilômetros de profundidade, acho..." logo recomeçou. "Gostaria de saber se vou cair direto através da Terra! Como vai ser engraçado sair no meio daquela gente que anda de cabeça para baixo!”

Essa parte do livro As aventuras de Alice no país das maravilhas e Alice através do espelho narra o momento que ela resolve seguir o Coelho que havia entrado em um buraco e acaba caindo nesse buraco, em uma longa queda.

“Na época de Carroli havia considerável especulação popular quanto ao que aconteceria se alguém caísse num buraco que passasse exatamente pelo centro da Terra. Plutarco havia formulado a pergunta e muitos pensadores famosos, entre os quais Francis Bacon e Voltaire, haviam-na discutido. Galileu *(Dialogo dei massini sistemi, giomata seconda,* editado em Florença em 1842, vol. **1,** p. 251-2) deu a resposta correta: o objeto cairia com velocidade crescente mas com aceleração decrescente até atingir o centro da Terra, ponto em que sua aceleração seria zero. A partir daí teria sua velocidade reduzida, com aceleração crescente, até alcançar a abertura no outro extremo. Em seguida cairia de volta. Ignorando-se a resistência do ar e a força de Coriolis que resulta da rotação da Terra (a menos que o buraco vá de polo a polo), o objeto iria oscilar de um lado para o outro eternamente. A resistência do ar, é claro, acabaria por pô-lo em repouso...”

CARROIL, Lewis. Alice. Edição comentada. Tradução Maria Luiza X. de A Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002

A partir da leitura do texto, pense e responda:

1) O movimento feito por Alice parece ser um movimento periódico?
2) No movimento de “queda” ou de oscilação da Alice, existe um ponto de equilíbrio?
3) Alguma força faz a Alice cair quando chega a abertura do outro extremo. Qual poderia ser a força?
4) Sabendo o tempo de queda para atravessar a Terra, é possível calcular o período e a frequência do movimento de oscilação da Alice? Explique.

ATIVIDADE 2

- Plano de aula

Introdução

Nesta atividade, os alunos assistirão a uma obra cinematográfica, escolhida pelo professor, que exibirá o movimento planetário demonstrando uma forma de movimento circular.

Tempo sugerido: 2 aulas de 50 min

Objetivos

- Introduzir aos alunos a visualização de um exemplo de movimento circular, o movimento planetário;
- Motivar os alunos ao estudo do movimento harmônico simples a partir de um movimento conhecido, como o movimento circular.
- Identificar um exemplo de movimentos que se repetem periodicamente, como o movimento planetário.

HABILIDADES E CONHECIMENTOS PRÉVIOS

- Os estudantes devem estar familiarizados com o movimento circular;
- Os estudantes devem conhecer o movimento planetário

Materiais

- Uma obra cinematográfica que exibe o movimento planetário.

Observação para o professor: A obra cinematográfica definida trata-se de um episódio apresentado na plataforma de *streaming* Netflix da série "O Universo", 2ª temporada episódio 15:

"Planetas Alienígenas". Acesse o link:

<https://www.netflix.com/watch/70145696?trackId=14170286>

Instruções para o professor

1. No início da aula esclareça a intenção do vídeo e solicite atenção dos alunos ao assistir ao episódio, visto que, nessa parte da sequência serão apresentadas animações sobre nosso sistema solar e ideias de planetas distantes, incluindo a visualização de movimentos circulares com periodicidade.
2. Ao fim da aula discuta com os alunos sobre a animação e as principais ideias sobre o episódio, inclua ao diálogo a percepção de periodicidade dos planetas.

Dicas de pesquisa

Nas plataformas de *streaming* podemos encontrar séries e documentários com muito conteúdo sobre ciência, natureza, tecnologia ou curiosidades sobre o universo. Pesquise outras obras e se adeque à sua turma.

ATIVIDADE 3

❖ Plano de aula

Introdução

Nesta atividade, os estudantes irão conhecer o pêndulo cônico e identificar as sombras a partir das duas perspectivas, do MCU e MHS.

Tempo sugerido: 1 aula - 50 minutos

Objetivos

- Conhecer o movimento produzido por um pêndulo cônico;
- Relembrar grandezas angulares;
- Identificar as sombras do movimento circular uniforme;
- Identificar as sombras do movimento harmônico simples.

HABILIDADES E CONHECIMENTOS PRÉVIOS

- Os estudantes devem ter familiaridade com as grandezas angulares como espaço e descolamentos angulares;

Materiais

- Vídeo de um movimento circular com visualização para movimento de vaivém variando o ponto de vista;

Instruções para o professor

1. Apresentar o pêndulo cônico e como ele foi produzido;
2. Em seguida, apresente os movimentos da sombra geradas pelo pêndulo diferenciados apenas pela perspectiva da sombra; explicar o vídeo facilitará

a interpretação dos alunos. Se preciso repita o vídeo, ou tenha o sistema físico em mãos e demonstre o movimento.

Dica para o professor

Identifique o pêndulo cônico como um sistema de fácil reprodução e fácil visualização das sombras do movimento. Os estudantes perceberão que esse sistema produz sombras que podem ser visualizadas de diferentes perspectivas.

Observação: este material é um apoio ao professor que também usará o quadro branco para maiores explicações.

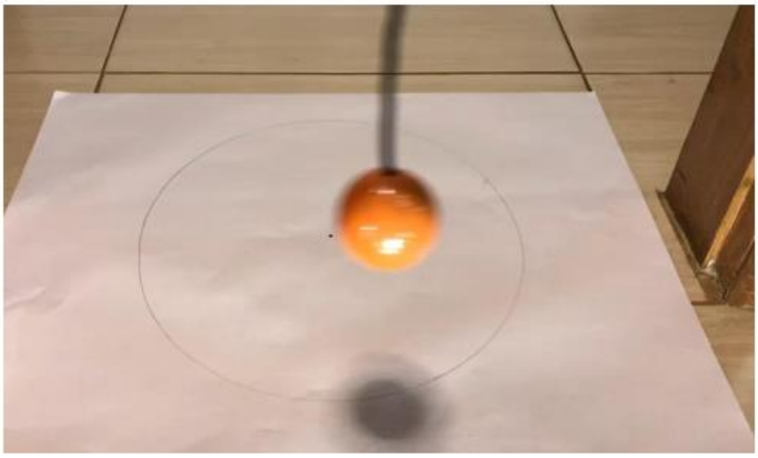
MATERIAL:

➢A imagem apresenta um sistema físico conhecido como Pêndulo Cônico composto por uma massa m presa a um fio de comprimento conhecido que gira.

➢A partícula em movimento pendular esférico descreve uma trajetória circular de raio R.

Fonte: Própria autora

❖ O vídeo apresenta o movimento circular que o pêndulo cônico executa com trajetória circular de raio R.



Fonte: Própria autora

ATIVIDADE 4

❖ Plano de aula

Introdução

Nesta atividade, os estudantes irão analisar a sombra de um movimento circular de um pêndulo cônico em perspectiva do *software* Tracker. Os alunos verificarão os gráficos gerados da posição, velocidade e aceleração.

Tempo sugerido: 1 aula - 50 minutos

Objetivos

- Conhecer o movimento produzido por um pêndulo cônico;
- Relembrar grandezas angulares;
- Analisar o gráfico gerado pelo software da posição da trajetória do sistema massa mola produzida pela sombra e comparar com o gráfico indicado no livro didático escolhido pelo professor;
- Analisar o gráfico gerado pelo software da velocidade da trajetória do sistema massa mola produzida pela sombra e comparar com o gráfico indicado no livro didático escolhido pelo professor;
- Analisar o gráfico gerado pelo software da aceleração da trajetória do sistema massa mola produzida pela sombra e comparar com o gráfico indicado no livro didático escolhido pelo professor.

HABILIDADES E CONHECIMENTOS PRÉVIOS

- Os estudantes devem ter familiaridade com as grandezas angulares como espaço e descolamentos angulares;
- Os estudantes devem conhecer as funções trigonométricas seno e cosseno;
- Os estudantes devem ter familiaridade com elementos de um gráfico como, eixos e sentidos, crescimento e decrescimento.

Materiais

- Vídeo de um movimento circular com visualização para movimento de vaivém variando o ponto de vista;
- *Software* Tracker instalado no computador e análise dos movimentos, circular e harmônico simples;
- Gráficos de um movimento massa mola da posição x tempo, velocidade x tempo e aceleração x tempo para comparação com o gráfico gerado pelo *software*.
- Quadro branco para explicações mais detalhadas dos gráficos.

Instruções para o professor

1. Apresente os movimentos da sombra geradas pelo pêndulo diferenciados apenas pela perspectiva da sombra; explicar o vídeo facilitará a interpretação dos alunos. Se preciso repita o vídeo, ou tenha o sistema físico em mãos e demonstre o movimento.
2. Ao longo da atividade foque em comparar os gráficos gerados com os gráficos ideais para o movimento; dê atenção para a formação do gráfico com o uso do software.

Dica para o professor

Crie familiaridade com o *software* antes de utilizá-lo para a atividade. O Tracker pode precisar de instalação do programa Java; é necessário ajustar os eixos e as variáveis do vídeo em questão.

Dica de pesquisa

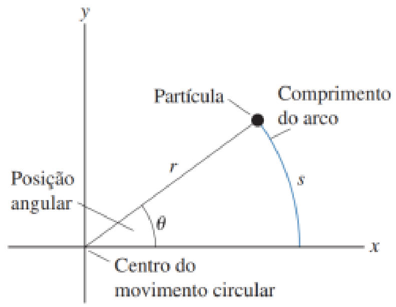
Incentive os estudantes a usarem o software a partir de outros movimentos; apresente o Tracker de maneira que eles filmem várias ações e analisem os gráficos perspectiva de outras variáveis.

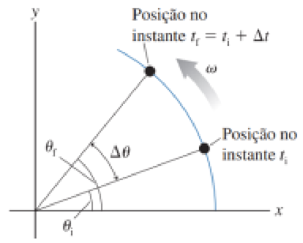
Observação: este material é um apoio ao professor que também usará o quadro branco para maiores explicações.

MATERIAL: A seguir, o material apresentado em formato de apresentação de *powerpoint*. Lembre-se que este material foi feito para o meu vídeo caseiro. Se possível, grave um vídeo apresente para a turma.

Espaço Angular s: é o ângulo central da circunferência que corresponde ao arco (espaço linear sobre a trajetória circular).

Deslocamento angular: é a variação de espaço angular, ou seja, é a diferença entre o espaço angular final e o espaço angular inicial.

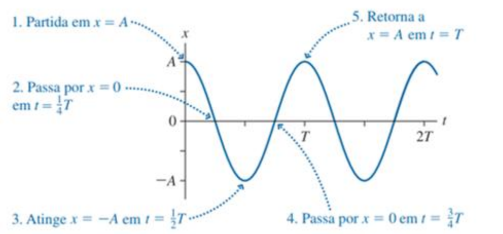




Fonte: Randall, 2009

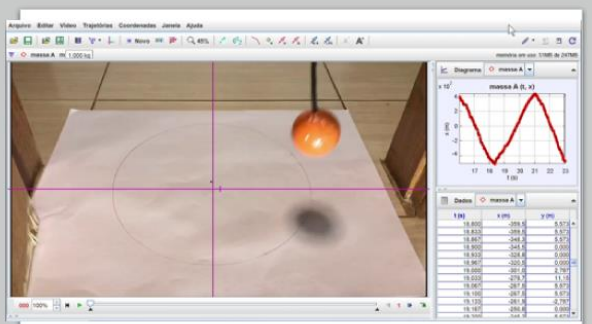
POSIÇÃO eixo x

$$\underbrace{x(t)}_{\text{Deslocamento no instante t}} = \underbrace{A}_{\text{Amplitude}} \cos(w\overbrace{t + \phi}^{\text{fase}})$$



O gráfico posição *versus* tempo para o movimento harmônico simples.

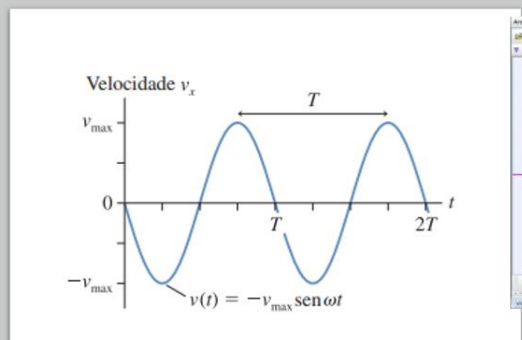
Fonte: Randall, 2009



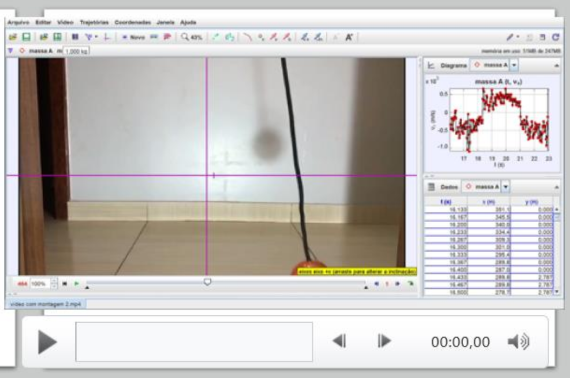
Fonte: Própria autora

VELOCIDADE
eixo x

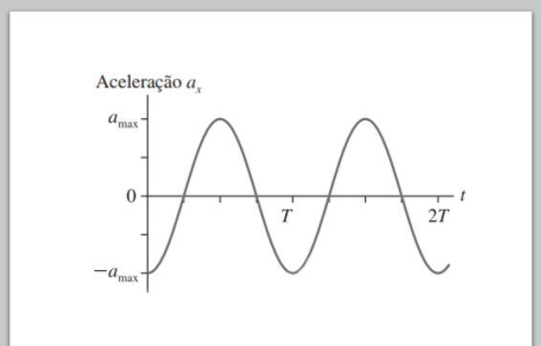
$$\underbrace{v_x(t)}_{\text{Velocidade no instante t}} = \underbrace{A}_{\text{Amplitude}}\,\text{sen}(wt + \overbrace{\phi}^{\text{fase}})$$



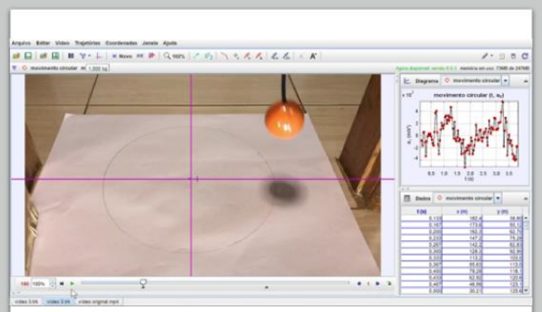
Fonte: Randall, 2009



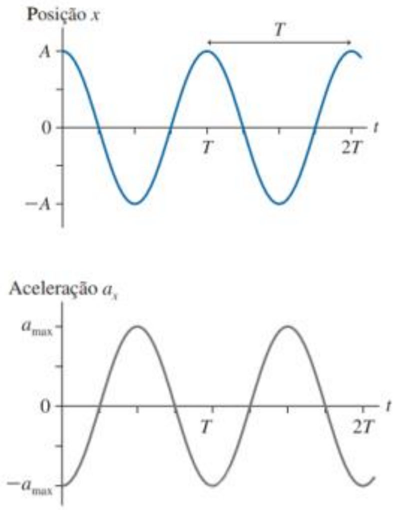
ACELERAÇÃO
eixo x



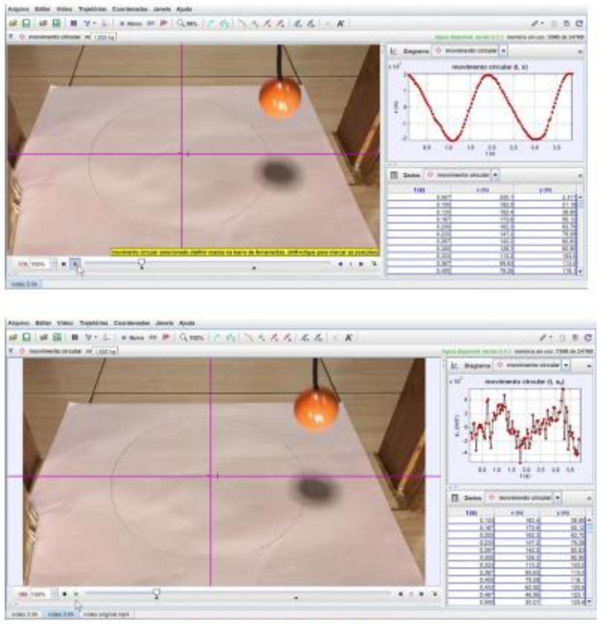
Fonte: Randall, 2009



Fonte: Própria autora



Fonte: Randall, 2009

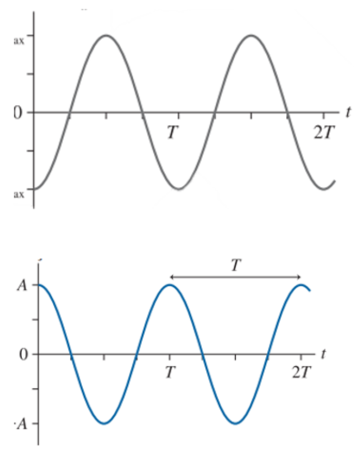


Fonte: Própria autora

GRÁFICO A(T)

- Máximo e mínimo
- Proporção entre a posição e aceleração.

$$\underbrace{a_x}_{\text{Módulo da aceleração}} = (\overbrace{cte}^{\text{constante negativa}})\,\underbrace{x}_{\text{posição}}$$

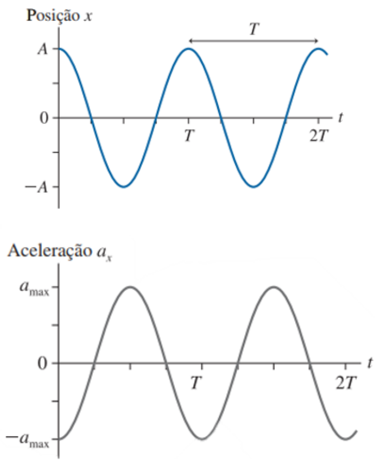


Fonte: Randall, 2009

Segunda Lei de Newton

$$\underbrace{m \,.\, a_x}_{\text{Força (módulo)}} = \underbrace{m \,.\, (cte)}_{-\text{k (k > 0)}}\; x$$

$$F = \underbrace{-k}_{\text{Constante da mola}}.\, x$$



Fonte: Randall, 2009

ATIVIDADE 5

❖ Plano de aula

Introdução

Nesta atividade, os estudantes irão analisar Força Centrípeta do movimento circular. Apresentaremos parte do vídeo em questão e analisaremos o movimento juntamente com a definição da Força Centrípeta.

Tempo sugerido: 1 aula - 50 minutos

Objetivos

- Identificar as forças nas direções x e y do eixo cartesiano indicado;
- Verificar que as forças nas direções x e y compõem a Força Centrípeta;
- Visualizar as forças em um eixo cartesiano;
- Aplicar a 2ª Lei de Newton.

HABILIDADES E CONHECIMENTOS PRÉVIOS

- Do movimento circular, os estudantes devem compreender a necessidade de existência de uma força para obtenção do movimento;
- Os estudantes devem ter familiaridade com as grandezas angulares como espaço e descolamentos angulares;
- Os estudantes devem conhecer as funções trigonométricas seno e cosseno;
- Os estudantes devem ter familiaridade com elementos de um gráfico como, eixos e sentidos, crescimento e decrescimento.

Materiais

- *Powerpoint* com imagem de um eixo cartesiano com as Forças para composição;
- Quadro branco para explicações mais detalhadas do eixo.

Instruções para o professor

1. No início da aula explique aos alunos o eixo cartesiano e identifique as forças perpendiculares em questão;

2. Em seguida, verifiquem a composição das forças;
3. Apresente as equações da dedução da Força Centrípeta e use a Segunda Lei de Newton.

Dica para o professor

Se notar que a apresentação do eixo cartesiano no *powerpoint* causará confusão, desenhe no quadro o passo a passo da construção; por exemplo, comece desenhando o sistema cartesiano e relembrando seus elementos, em seguida desenhe as forças perpendiculares em x e em y. Verifique com os alunos que as forças perpendiculares ocasionam em uma Força Centrípeta.

MATERIAL: A seguir, o material apresentado em formato de apresentação de *powerpoint* para esta aula.

Comparação entre a força central do movimento cônico com a força restauradora do movimento massa-mola

$$F^2 = F_x^2 + F_y^2$$

$$F^2 = (-kx)^2 + (-ky)^2$$

$$F^2 = k^2(x^2 + y^2)$$

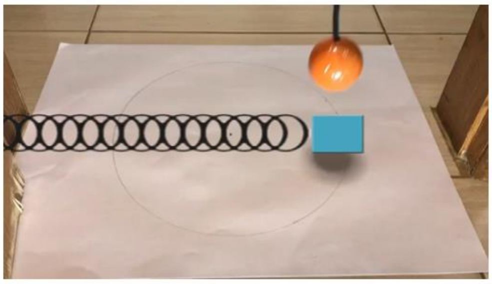
$$F^2 = k^2R^2$$

$$F_{cent} = kR$$

Da 2ª Lei de Newton $F_{cent} = ma$; $F_{cent} = m\frac{v^2}{R}$

$$kR^2 = mv^2$$

$$k = \frac{mv^2}{R^2}$$



Fonte: Própria autora

ATIVIDADE 6

❖ <u>Plano de aula</u>

Introdução

Nesta atividade, os estudantes irão analisar a aceleração centrípeta do movimento circular uniforme. Apresentaremos a ilustração desse sistema o movimento.

Tempo sugerido: 1 aula - 50 minutos

Objetivos

- Identificar a relação entre as forças na direção perpendicular e a força central;
- Apresentar a Segunda Lei de Newton para obtenção da equação da Aceleração centrípeta.
- Das equações horárias dos eixos perpendiculares x e y, substituí-las na equação para a dedução da Aceleração centrípeta.

HABILIDADES E CONHECIMENTOS PRÉVIOS

- Do movimento circular, os estudantes devem compreender a existência de uma aceleração centrípeta;

Materiais

- Imagem de um eixo cartesiano com as Forças para composição;
- Quadro branco para explicações mais detalhadas do eixo.

Instruções para o professor

1. No início da aula indique as equações horárias nos eixos perpendiculares x e y;
2. Identifique no movimento circular os ângulos instantâneos proporcionais ao tempo;
3. Explique aos alunos a dedução da equação da aceleração centrípeta.

Dica para o professor

Se notar que a apresentação do círculo no *powerpoint* causará confusão, desenhe no quadro o passo a passo da construção; por exemplo, comece desenhando o círculo e em seguida desenhe as acelerações juntamente com os estudantes antes da dedução.

Ao fim da aula, comente sobre as condições para o movimento harmônico simples.

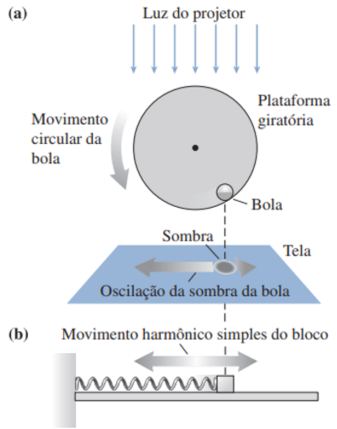
MATERIAL: A seguir, o material apresentado em formato de apresentação de *powerpoint* para esta aula.

Sistema massa mola/movimento circular

Equações horárias nos eixos perpendiculares x e y

Movimento Circular
$$\begin{cases} x(t) = R\cos(wt) \\ y(t) = R\,sen\,(wt) \end{cases}$$

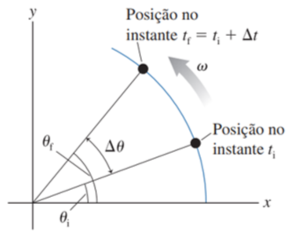
Massa Mola
$$\begin{cases} x(t) = A\cos\,(wt) \\ y(t) = A\,sen\,(wt) \end{cases}$$



Fonte: Randall, 2009

No movimento circular os ângulos instantâneos são diretamente proporcionais ao tempo

$$\begin{cases} x(t) = R\cos\theta = R\cos(wt) \\ y(t) = R\,sen\,\theta = R\,sen\,(wt) \end{cases}$$



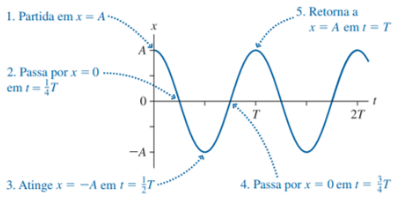
O ângulo é: $\theta = wt$
Se uma volta completa $\theta = 2\pi$
E o tempo t for $t = T$
Então $2\pi = wT$

$$w = 2\pi f$$

Multiplicando por R

$$Rw = \frac{2\pi R}{T} = \frac{c}{T} = velocidade\ linear$$

$$v = Rw$$



Fonte: Randall, 2009

Dedução da equação da aceleração centrípeta

$$|a|^2 = a_x + a_y$$

$$a^2 = (-Rw^2 \cos wt)^2 + (Rw^2 sen\, wt)^2$$

$$a^2 = R^2 w^4 \left(cos^2 wt + sen^2 wt\right)$$

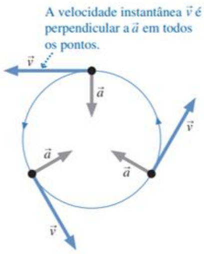
$$a = R^2 w^4$$

$$a = Rw^2$$

$$a = R\left(\frac{v}{R}\right)$$

$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$a_{ctp} = \frac{v^2}{R}$$



Fonte: Randall, 2009

Fonte: Própria autora

As condições para o Movimento Harmônico Simples

Em certo sentido, resolvemos *todos* os problemas de movimento harmônico simples ao resolvermos o problema da mola horizontal.
A força restauradora de uma mola, $F_{elast} = -kx$, é diretamente proporcional ao deslocamento x a partir da posição de equilíbrio. A força restauradora do pêndulo, na aproximação para pequenos ângulos, é diretamente proporcional ao deslocamento s.

Uma força restauradora que seja diretamente proporcional ao deslocamento a partir da posição de equilíbrio é chamada de força restauradora linear. Para qualquer força restauradora linear, a equação de movimento é idêntica à equação da mola (a não ser, talvez, pelo emprego de símbolos diferentes).

Consequentemente, **qualquer sistema com força restauradora linear descreverá um movimento harmônico simples em torno da posição de equilíbrio**.
É por isso que uma mola em oscilação é o protótipo do MHS. Tudo que aprendemos sobre uma mola oscilando se aplica às oscilações produzidas por qualquer outra força restauradora linear, desde as vibrações das asas de um avião aos movimentos de elétrons em circuitos elétricos.

- Se a força resultante sobre uma partícula é uma força restauradora linear, o movimento em torno da posição de equilíbrio será harmônico simples.
- A posição como função do tempo é dada por $x(t) = A\cos(wt)$
- A velocidade como função do tempo corresponde a
  $$v(t) = -wA\,\text{sen}(wt)$$
- As equações são dadas em relação a x, mas podem ser escritas em termos de y, de $\boldsymbol{\theta}$ ou de algum outro parâmetro que a situação exija.
- A amplitude A *é* determinada pelas condições iniciais
- A frequência angular $\boldsymbol{\omega}$ (e, portanto, o período $T = \frac{2\pi}{w}$ depende da física envolvida na situação específica. Todavia, $\boldsymbol{\omega}$ *não* depende de A.

Atividade 7

❖ Plano de aula

Introdução

Nesta aula, os estudantes irão ler dois textos a respeito do movimento dos elétrons para geração de ondas eletromagnéticas. Ao fim da leitura dos textos, os alunos se submeterão a uma atividade teste para avaliar os conhecimentos sobre o Movimento Harmônico Simples formado por um movimento diferente do apresentado ao longo da sequência.

Tempo sugerido: 1 aula - 50 minutos

Objetivo

- Utilizar os conceitos da teoria do movimento harmônico simples para entender o movimento dos elétrons;
- Identificar um padrão no movimento e definir a equação que é gerada para o movimento característico.

HABILIDADES E CONHECIMENTOS PRÉVIOS

- Os estudantes devem estar familiarizados com os conceitos de frequência, período, amplitude, força restauradora e a equação do movimento, bem como o gráfico gerado devido esses movimentos.

Materiais

- Textos e questionário sugeridos pelo professor.

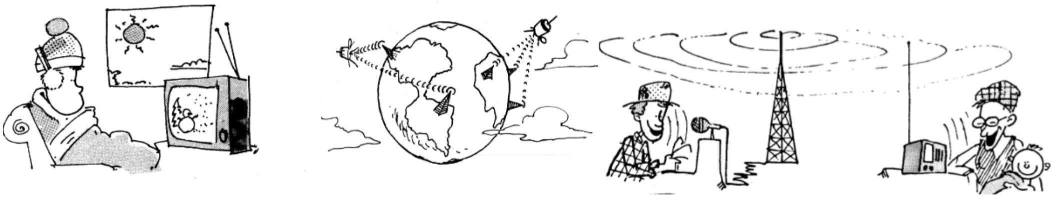
Instruções para o professor

1. Entregue o texto aos alunos e leia-o em voz alta, isso chamará a atenção dos alunos para a atividade.
2. Após a devolução dos questionários permita que os alunos conversem entre si e discutam suas respostas rapidamente, em seguida responda

ao questionário com as respostas corretas e verifique as respostas da turma.

Atividade

Atividade
Nome: ________________________



TEXTO 1.

Quando ligamos o rádio, mesmo que nenhuma estação esteja sintonizada, estamos fechando o seu circuito elétrico interno que inclui entre muitas coisas, a fonte de energia fios de ligação, o alto-falante. Ao sintonizarmos uma estação, algo a mais acontece e está relacionado com a antena do aparelho e a da estação (...). Agora, podemos adiantar que a antena da estação comunica-se com a do aparelho de rádio sem necessidade de fios.

Com a TV acontece algo semelhante quando sintonizamos uma determinada estação. A diferença reside em que a comunicação entre as antenas do aparelho e da estação escolhida envolve além do som a imagem. Internamente, o aparelho de TV contém vários circuitos elétricos que envolvem diferentes materiais condutores de eletricidade. Tais circuitos, estão conectados à mesma fonte de energia elétrica que faz funcionar os demais aparelhos elétricos que são ligados na rede elétrica residencial.

A comunicação entre microcomputadores também tem sido possível não apenas através de circuitos com fios, mas também fazendo uso de antenas. Com o crescimento das comunicações entre governos, instituições científicas, bibliotecas, ..., dos mais diferentes locais do planeta, além dos eventos que hoje têm transmissão para todas as regiões ou boa parte delas, a utilização de antenas e satélites artificiais tem sido cada vez mais presente.

Fonte: Eletromagnetismo / GREF 4ª. Ed. São Paulo: EDUSP, 2000.

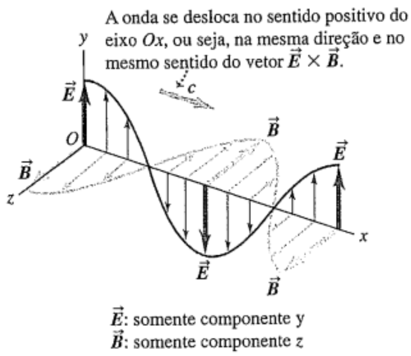
1. Pesquisem de onde vem o nome rádio e porque o nome rádio parece ser bem empregado?
2. Na exibição do rádio, as informações chegam ao aparelho pela tomada ou pela antena?

TEXTO 2. Geração de ondas eletromagnéticas eletromagnética

Um dos métodos para fazer uma carga puntiforme emitir ondas eletromagnéticas consiste em fazê-la oscilar com movimento harmônico simples, de maneira que ela possua uma aceleração em quase todos os pontos de sua trajetória (a exceção ocorre quando a partícula passa em sua posição de equilíbrio). (...) Quando fazemos a carga oscilar para cima e para baixo, produzem-se ondas que se propagam a partir da carga através de linhas de campo {elétrico}. (...) Também existe uma perturbação magnética {ondulatória} que se espalha para fora da carga. Como as perturbações elétricas e magnéticas se espalham ou se irradiam para fora da fonte, podemos usar a expressão **radiação eletromagnética** com o mesmo sentido de "ondas eletromagnéticas". (...) Ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda macroscópicos {na escala de mm a m} foram inicialmente produzidas em laboratório no ano de 1887, pelo físico alemão Heinrich Hertz; (...) ele detectou as ondas eletromagnéticas resultantes usando outro circuito sintonizado para a mesma frequência e também produziu ondas eletromagnéticas estacionárias e mediu a distância entre dois nós consecutivos para determinar seu comprimento de onda. Sabendo a frequência de ressonância {frequência de sintonização}de seu circuito, ele então determinou a velocidade da onda usando a relação $v = \lambda . f$. Desse modo, verificou que a velocidade da onda eletromagnética era igual a velocidade da luz, que designamos pelo símbolo c, é igual a 299.792.458 m/s. (...) A possibilidade do uso de ondas eletromagnéticas para a comunicação através de distâncias longas parece não ter ocorrido para Hertz. Coube aos entusiasmos e ao esforço de Marconi e de outros a ideia de fazer as comunicações por meio do rádio se tornarem uma realidade cotidiana.

Em um *transmissor* de rádio, cargas elétricas oscilam ao longo do comprimento de uma antena condutora, produzindo campos oscilantes. Visto que muitas cargas oscilam juntas em uma antena, as perturbações são muito mais fortes que em uma única carga oscilando e podem ser detectadas em distâncias muito mais longas. Em um *receptor* de rádio, a antena também é um condutor; os campos das ondas que emanam de um transmissor distante exercem forças sobre as cargas livres no interior da antena receptora, produzindo uma corrente oscilante que é detectada e amplificada pelo circuito receptor.

As ondas eletromagnéticas senoidais são diretamente análogas às ondas mecânicas transversais em uma corda esticada. Em uma onda eletromagnética senoidal, os campos elétricos e magnéticos em qualquer ponto do espaço são funções senoidais do tempo, e em qualquer instante, a variação espacial dos campos também é.



Fonte: YOUNG E FREEDMAN. 12ª edição. 2009

1. Suponha que, na figura, E0 e B0 representem as amplitudes dos campos elétricos e magnéticos.

a) Como você descreveria matematicamente a forma espacial das ondas eletromagnéticas?

b) Como você descreveria matematicamente a intensidade do campo elétrico e do campo magnético em um ponto do espaço ao longo do tempo?

c) Você pode comparar as ondas eletromagnéticas com pêndulo cônico e com o sistema massa mola? O que tem em comum?

ATIVIDADE – MAPA CONCEITUAL

- Plano de Aula

Introdução

Nesta atividade, os estudantes irão produzir um mapa conceitual contendo os elementos dos movimentos que verificamos ao longo da sequência didática. Esta atividade será produzida pelos estudantes de maneira individual, fora do ambiente escolar.

Objetivo

- Utilizar os conceitos da teoria do Movimento Harmônico Simples para confeccionar um mapa mental contendo todos os elementos aprendidos.

HABILIDADES E CONHECIMENTOS PRÉVIOS

- Os estudantes devem compreender os conceitos de frequência, período, amplitude, força restauradora e a equação do movimento, bem como o gráfico gerado devido esses movimentos.

Instruções para o professor

1. Os estudantes devem ser orientados para a elaboração de um mapa conceitual, utilize alguns minutos da aula para ensiná-los a confeccionar um.
2. Oriente os estudantes quanto a importância de organizar os conteúdos e o formato do mapa conceitual é um bom modelo.
3. Após a devolução dos mapas permita que os alunos conversem entre si e discutam suas produções.