



Sequência Didática para aplicação de uma simulação em Movimento Harmônico Simples (MHS)

Maceió
Novembro – 2022



Sequência Didática para aplicação de uma simulação em MHS

Produto educacional aplicado e analisado durante a Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

SUMARIO:

1. Sequência Didática.....	3
2. O Código	14
3. Questionário de Sondagem.....	17
4. Referência Bibliográfica	18

1 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO

SUGESTÃO DE PLANO DE AULA PARA O ENSINO MÉDIO

Tema: Proposta de sequência didática com uso de simulação para abordagem de Movimento Harmônico Simples.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

- Promover a construção do conhecimento de Movimento Harmônico Simples, utilizando a metodologia de Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Objetivos Específicos

Aula 1 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Realizar aplicação de um questionário de sondagem, em busca de identificar os subsunçores que os alunos possuem.
- Identificar se os alunos possuem seu vocabulário alguns conceitos como: Período, Frequência e trigonometria.

Aula 2 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Trabalhar os conceitos necessários para que o aluno possa compreender o MHS.

Aula 3 - 60 minutos (1 hora/aula)

- Nesta aula iremos utilizar uma simulação;
- Os alunos devem realizar investigações e a partir dos seus conhecimentos realizar descobertas em relação MHS.

Aula 4 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Realização de uma nova sondagem com o intuito de identificar as aprendizagens adquiridas a partir da simulação.

Aula 5 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Compreender as equações que regem o MHS;
- Demonstrar partindo da simulação as funções de posição, velocidade e aceleração.

Aula 6 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Identificar os conhecimentos adquiridos pelos alunos em MHS.

CONTEÚDO TRABALHADO

- Período e Frequência;
- Função Horária da elongação (Posição) no MHS;
- Função Horária da velocidade no MHS;
- Função Horária da aceleração no MHS;
- Sistema Massa-mola no MHS.

METODOLOGIA

Aula 1 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Apresentação para os estudantes do tempo de trabalho que se procederá;
- Realizar uma breve explicação do que é um questionário de sondagem, deixando bem claro para os alunos que este questionário serve para que possamos identificar as suas habilidades dessa forma melhorar o planejamento.
- Aplicar o questionário de sondagem com os alunos.

APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM

O intuito do questionário de sondagem é verificar a existência dos subsunçores que os alunos devem possuir para compreender o assunto de MHS.

O questionário deve ser aplicado esta no apêndice A, vale ressaltar que durante a aplicação do questionário o professor deve observar se os alunos estão realmente respondendo o questionário ou simplesmente estão esperando para entregar o mesmo.

Vale ressaltar que existe uma grande resistência dos alunos em responder as perguntas sem pesquisar, pois muitos possuem o medo de responder errado; essa observação vale ser ressaltada, pois podemos perceber que os alunos estão condicionados a serem avaliados por respostas prontas.

Aula 2 – 60 minutos (1 hora/aula)

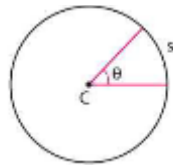
- Deve ser realizada uma revisão, com conteúdos que os alunos viram na 1ª série Ensino Médio em Física e realizar uma breve revisão com conteúdo de matemática que será necessário.

Segue abaixo um pequeno roteiro da aula de revisão que deve ser ministrada.

Iniciamos com as definições de medidas dos ângulos:

- A medida do **ângulo em graus** ($^{\circ}$) é obtida quando dividimos uma circunferência completa em 360 subdivisões. Dessa forma, um grau corresponde a uma dessas subdivisões.
- A medida do **ângulo em radianos** (rad) é dada pelo ângulo central para o qual o comprimento do arco de circunferência s vale r ($s=r$).

Figura 1: Representação da circunferência



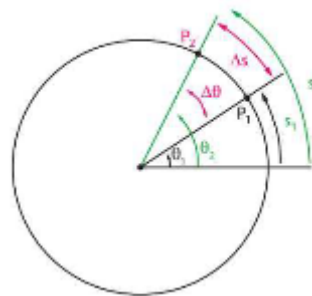
Fonte: Bonjorno – 2017

A partir dessa imagem podemos estabelecer uma relação para transformar o deslocamento que o corpo percorre na circunferência em um comprimento linear, que será representado pela equação abaixo:

$$s = \theta r \quad (1)$$

No segundo momento devemos relacionar a posição e deslocamento angular e para isso utilizaremos a imagem a seguir para realizar as relações:

Figura 2: Representação de um movimento circular.



Fonte: Bonjorno – 2017

Então, podemos escrever a relação entre os deslocamentos linear e angular (em radianos), como:

$$\Delta S = r \cdot \Delta \theta \quad (2)$$

Velocidade angular

A velocidade angular ω é definida como a razão entre a posição angular e a variação de tempo:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (3)$$

A unidade de medida, no SI, é dada em **rad/s**.

Período (T)

É o intervalo de tempo necessário para que ocorra uma repetição. Sua unidade no S.I. é o segundo (s).

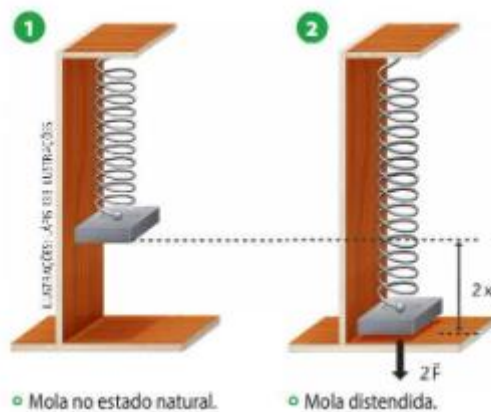
Frequência (f)

É uma grandeza física que indica o número de ocorrências de um evento (ciclos, voltas, oscilações, etc) em um determinado intervalo de tempo. Sua unidade no SI é o hertz (Hz).

Lei de Hooke

Sobre a mola representada a seguir (Figura 3) é aplicada uma força \vec{F} , o que a faz sofrer uma deformação.

Figura 3: Experimento massa mola



Fonte: Bonjourno – 2017

A força que faz com que a mola retorne para o seu estado inicial é chamado de força elástica, a força elástica pode ser enunciada pela equação abaixo:

$$F_{el} = -kx \quad (4)$$

em que x representa a distensão, k é o coeficiente de restituição e o sinal negativo indica que o sentido da força é tal que se opõe à distensão. Vale lembrar que a unidade de medida da F_{el} é em N.

Após a aplicação e a explicação desta revisão a forma avaliativa que devemos realizar é o mapa conceitual, pois estamos utilizando o método de Ausubel e Novak.

Aula 3 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Iremos nesta aula aplicar a simulação, vale lembrar que a ideia é que os alunos realizem todas as modificações sem ter um roteiro predefinido;
- Método de investigação.

Devemos iniciar a aula levando os alunos para sala de informática da escola, se a escola não possuir uma sala de informática é possível realizar a utilização da simulação através de um smartphone, para isso é necessário que o professor compartilhe a internet e envie o link do glowscript que é o local onde a simulação roda.

Após todos estarem acomodados, o professor deve realizar uma breve explicação de como ocorre o funcionamento do programa e os locais que são possíveis realizar modificações de maneira que a observar o que ocorre na simulação.

Em seguida devemos pedir que os alunos anotem tudo que eles fazem na simulação e quais as conclusões que eles obtiveram diante das alterações que eles realizaram.

Sabemos que em muitos momentos os nossos alunos iram demonstrar uma certa resistência a ideia de não seguir um roteiro prontinho, uma saída para isso é levarmos para os mesmos algumas discussões que realizamos na aula de revisão, e levar os alunos a observar o gráfico que vem acompanhando a simulação, de forma que os mesmos possam realizar conexões com os conteúdos vistos em matemática.

Ao termino devemos pedir que os alunos levem suas folhas para casa, mas tragam na próxima aula, pois será necessário a utilização da mesma para discussão das conclusões que os mesmos obtiveram.

Aula 4 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Nesta aula devemos realizar um debate com os alunos sobre a simulação;
- Escrever palavras chaves das discussões dos alunos no quadro de forma que possamos realizar um mapa conceitual.

O professor por conhecer a turma deve iniciar as discussões com os alunos que possuem uma maior desenvoltura de forma a incentivar que os outros alunos participem, nesta aula devemos trazer para as discussões a ideia de onde os alunos podem identificar

as ideias que os mesmos identificaram na simulação no seu dia a dia, pois dessa forma você poderá observar que os alunos irão demonstrar um maior interesse.

O interesse do aluno em boa parte dos momentos está na possibilidade do mesmo utilizar aqueles conceitos e ideias no seu dia a dia.

O professor mais uma vez nesta aula deve ser o mediador das discussões realizando apenas intervenções quando achar necessário, porém o mesmo não pode esquecer de que a criação do mapa conceitual com os conceitos que os alunos discutem deve ser do mesmo.

Aula 5 – 60 minutos (1 hora / aula)

- Nesta aula iremos iniciar será lecionado o MHS;
- Reutilizaremos a simulação.

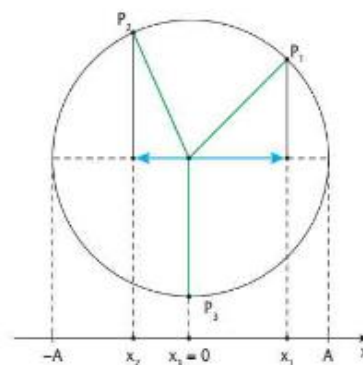
A aula deve ser iniciada partindo das equações do deslocamento, da velocidade e da aceleração, segue abaixo o material que utilizamos para esta aula.

Função horária da elongação no MHS

Vamos descrever a função horária da elongação do MHS utilizando o movimento circular uniforme, em que a velocidade angular ω é constante, assim como o período e a frequência.

Iremos utilizar a imagem abaixo para definir a função de elongação do MHS.

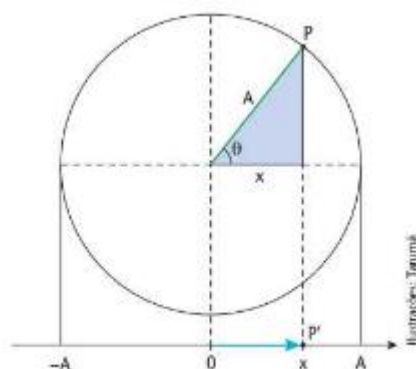
Figura 4: Representação de um movimento circular



Fonte: Bonjorno – 2017

Podemos perceber que a sombra que é projetada varia de A até $-A$, com o mesmo período e frequência do ponto P, que realiza o movimento circular.

Figura 5 : Representação da projeção do ponto P



Fonte: Bonjorno – 2017

Iremos relacionar a elongação x e o ângulo θ utilizando a função cosseno, ou seja:

$$\cos \theta = \frac{x}{A} \quad (5)$$

A função horária de um movimento circular é dada por:

$$\theta = \theta_0 + \omega t \quad (6)$$

Assim, temos que:

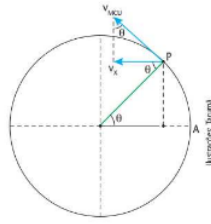
$$x = A \cos(\omega t + \theta_0) \quad (7)$$

A partir dessa equação explicaremos que a fase irá nos dizer qual será o ponto em que o movimento irá começar. Vale lembrar para os alunos o significado de cada um dos termos contidos na equação.

Função horária da velocidade escalar no MHS

Agora vamos usar a projeção da velocidade escalar no MHS. Para isso, utilizaremos apenas a componente x , lembrando que, no MCU, essa velocidade é sempre constante e tangente à curva, como segue no esquema da Figura 6 abaixo.

Figura 6: Representa a projeção da velocidade no eixo x



Fonte: Bonjorno – 2017

Analisando a figura e relacionando o ângulo θ com velocidade escalar, temos:

$$\text{sen}\theta = \frac{v_x}{v_{MCU}} \quad (8)$$

$$v_x = v_{MCU} \text{sen}\theta \quad (9)$$

Vale lembrar que A é o raio da circunferência, temos:

$$v_{MCU} = \omega A \quad (10)$$

Ainda devemos lembrar que a função horária de um movimento circular é dado por:

$$\theta = \theta_0 + \omega t \quad (11)$$

Se substituirmos as equações (10) e (11) em (9), temos:

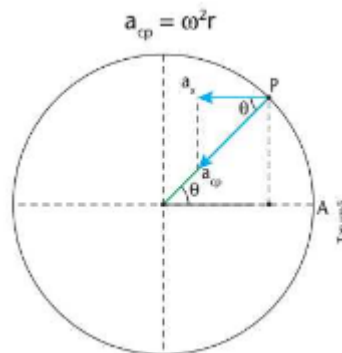
$$v_x = -\omega A \text{sen}(\omega t + \theta_0) \quad (12)$$

Similar ao que realizamos na elongação devemos explicar os termos.

Função horária da aceleração escalar

Repetiremos o mesmo processo que fizemos com a velocidade para a aceleração escalar instantânea. Para mostrar utilizaremos a figura 7 como segue abaixo:

Figura 7: Representação da aceleração no MCU



Fonte: Bonjorno – 2017

Da Figura 7, podemos relacionar o ângulo θ com a aceleração centrípeta, ou seja:

$$\cos\theta = \frac{a_x}{a_{cp}} \rightarrow a_x = a_{cp}\cos\theta \quad (13)$$

Substituindo θ pela equação 11, temos:

$$a_x = -\omega^2 A \cos(\omega t + \theta_0) \quad (14)$$

O valor negativo de a_x se refere à orientação que está no sentido negativo. Podemos dizer que a_x pode ser escrito como uma função de x , como segue abaixo:

$$a_x = -\omega^2 x \quad (15)$$

Sistema massa-mola

Quando iniciarmos a explicação do sistema massa mola, retornaremos com a nossa simulação de forma que a gente possa dissecar o sistema massa-mola que está ocorrendo ali.

No caso do sistema massa mola em que iremos mostrar para os alunos, temos que a única força que atua na direção do movimento é a elástica ($F_{el} = -kx$), se utilizarmos a força elástica e a segunda lei de Newton temos:

$$F_r = ma \rightarrow kx = ma \quad (16)$$

Se substituirmos a aceleração da equação 16 pela da equação 15 temos:

$$-kx = m(-\omega^2)x \quad (17)$$

Como sabemos que $\omega = \frac{2\pi}{T}$, temos:

$$k = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \quad (18)$$

Isolando T , obtemos a expressão que determina o período do sistema massa-mola.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (19)$$

Retornando para a simulação podemos mostrar para os alunos que quanto maior for a constante elástica iremos reduzir o período do sistema massa-mola, logo iremos demonstrar para os alunos que as equações que estamos demonstrando funcionam no mundo real.

Aula 6 – 60 minutos (1 hora/ aula)

- Nesta última aula iremos realizar a avaliação dos alunos

Neste último encontro devemos realizar uma avaliação através de um mapa conceitual, pois desta forma podemos identificar quais as conexões que os alunos realizaram com os conceitos que trabalhamos anteriormente. Dessa forma o professor

pode realizar de maneira, o planejamento de suas próximas aulas sabendo do conhecimento que os alunos adquiriram.

O professor também irá validar de forma eficaz se a utilização de simulações facilita a aprendizagem para os alunos.

2 O Código

Para que você possa rodar a simulação será necessário acessar o site: glowscrip.org

GlowScript 3.2 VPython

```
##### Construcao dos objetos #####
```

```
##Comprimento Inicial da Mola
```

```
L0 = 0.5
```

```
##Posicao de equilibrio
```

```
xeq = L0/2
```

```
marcaxeq = box(pos = vector(xeq,-0.01,0), size=vector(0.0001,0.01,0.01),  
color=color.blue)
```

```
##suporte para as oscilacoes
```

```
larg = 0.01
```

```
suporte = box(pos = vector(-xeq,0,0), size=vector(larg/2, larg*3, larg*3),  
color=color.yellow)
```

```
posicaoinicialsuporte = suporte.pos
```

```
##Massa que oscila
```

```
#deslocamento inicial da massa
```

```
x0 = L0/2
```

```
#Criacao do objeto
```

```
bloco = box(pos=vector(xeq+x0,0,0),size=vector(larg, larg, larg), color=color.red)
```

```
#Massa do objeto
```

```
bloco.massa = 1
```

```
#Momento inicial
```

```
bloco.momento = bloco.massa*vector(0,0,0)
```

```
##Mola
```

```
#Criacao do objeto
```

```
mola = helix(pos = suporte.pos, axis = bloco.pos-suporte.pos, radius = larg/2, thickness  
= larg/5, coils = 10)
```

```

#Constante da mola

k = 1

## Resistencia do fluido

#constante de resistencia

#rho = 50#

##Forca externa

omegaf = 0.1*sqrt(k/bloco.massa)

F0 = 2*0.0005

##### Criacao do grafico de posicao

grafico = graph(xtitle = "Tempo", ytitle="Posicao (x)" )

x = gcurve(color=color.black)

##### Dinamica do sistema ####

## Variaveis de tempo

t0 = 0 #tempo inicial

dt = 0.005 #discretizacao do tempo para loop

t = t0 #Variavel tempo

## Tamanho da mola deslocado

L = bloco.pos-suporte.pos

## Loop de dinamica temporal

while t<100: #2*pi*sqrt(bloco.massa/k):

    rate(1000)

    Fmola = -k*(mag(L)-L0)*norm(L)

    #Fresistencia = -rho*bloco.momento/bloco.massa#

    Fresultante = Fmola

    bloco.momento = bloco.momento + Fresultante*dt

    bloco.pos = bloco.pos + bloco.momento*dt/bloco.massa

    suporte.pos = F0*sin(omegaf*t)*vector(1,0,0) + posicaoinicialsuporte

```

```
mola.pos = suporte.pos  
L = bloco.pos - suporte.pos  
if mag(L)<larg:  
bloco.momento = vector(0,0,0)  
mola.axis = L  
x.plot(t,bloco.pos.x-xeq)  
t = t +dt
```

3 Questionário de Sondagem

Nome:

1º) O comprimento do fio de um pêndulo pode modificar o período de oscilação do pêndulo?

2º) O que você entende por movimento oscilatório?

3º) Defina com suas palavras o que é período:

4º) Com suas palavras explique o que seria um Movimento Harmônico.

5º) Explique com suas palavras o que é uma função trigonométrica.

4 Referência Bibliográfica

BONJORNO, Regina A.; BONJORNO, José R.; BONJORNO, Valter; Clinton, Marcico R.. Física fundamental, Volume único. – São Paulo: FTD, 1993.