Exp II

PENDULO FÍSICO

→ INTRODUÇÃO

As oscilações desempenham um papel essencial na Física. Um dos mais simples sistema massa-mola que existe é um oscilador harmônico: que consiste em um corpo (massa m) conectado a uma mola (de constante K) e que é mantido em sua posição de equilíbrio. Caso se modifique essa situação, a massa sofrerá a ação de uma força restauradora linear, fazendo-a retornar ao ponto de equilíbrio.

O pêndulo simples é um sistema que executa oscilações harmônicas se afastado por pequenos deslocamentos de sua posição de equilíbrio. Nesse caso a força restauradora ocorre por causa da gravidade que força a massa a retornar para o ponto mais baixo.

Já o pêndulo físico é qualquer sistema suspenso por um ponto O, que pode girar em torno de um eixo horizontal que passa por este ponto. Abrange a maioria das situações reais, e por isso não se submete às condições quase ideais definidas para o pêndulo simples.

→ MATERIAIS E METODOLOGIA

• materiais: 1 barra de metal com furos que será utilizada como pêndulo físico, haste de suspensão, cronômetro, trena, paquímetro e balança.

- determinou-se a massa da barra com a balança ($m = 420 \pm 1\,g$)
- medimos com uma régua as dimensões da barra
- para a montagem do pêndulo físico, enumerou-se a barra de 1 a 20 pontos (n) e colocou-se na haste de suspensão em ordem crescente.
- fez-se um pequeno deslocamento na barra (ângulo menor que 10°) e mediu-se o tempo (t) necessário para ela realizar 10 oscilações

- repetiu-se mais outras 3 vezes (no total 4)
- fez-se o mesmo para todos os 20 furos
- mediu-se as distâncias do furo utilizado até a extremidade (d)
- mediu-se as distâncias do centro de massa até o furo utilizado (r)

Calculou-se o tempo médio (t_m) e o período (T) e preencheu-se a Tabela 1. em anexo

→ RESULTADOS

① Encontrou-se o valor do raio de giro (R) utilizando a Equação 6, substituindo nela os 20 valores de período T (em s) e de r (em m) obtidos experimentalmente. Calculou-se a média dos valores e o resultado foi R = 0,2854 m.

② • Demonstração que o T_{min} é dado pela equação 7:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{R^2+r^2}{gr}} = 2\pi\left(\frac{R^2+r^2}{gr}\right)^{1/2} \rightarrow \frac{d}{dr}\left(2\pi\left(\frac{R^2+r^2}{gr}\right)^{1/2}\right)$$

$$= 2\pi\cdot\frac{1}{2}\left(\frac{R^2+r^2}{gr}\right)^{-1/2}\cdot\left(\frac{2r}{gr} - \frac{(R^2+r^2)}{g^2r^2}g\right)$$

$$= \pi\left(\frac{R^2+r^2}{gr}\right)^{-1/2}\left(\frac{2r}{gr} - \frac{(R^2+r^2)}{g^2r^2}g\right)$$

$$= \pi\left(\frac{R^2+r^2}{gr}\right)^{-1/2}\cdot\left(\frac{2}{g} - \frac{(R^2+r^2)}{gr^2}\right) = 0$$

$\rightarrow \frac{2}{g} - \frac{(R^2+r^2)}{gr^2} = 0 \quad \rightarrow \left(\frac{R^2+r^2}{gr}\right)^{-\frac{1}{2}} = 0 \rightarrow \boxed{R=r}$

$\frac{2}{g} = \frac{R^2+r^2}{gr^2}$ • Substituindo na equação 6:

$T = 2\pi \sqrt{\frac{R^2+R^2}{gR}} \longrightarrow T_{min} = 2\pi \sqrt{\frac{R(R+R)}{gR}}$

$2gr^2 = g(R^2+r^2)$

$2r^2 = R^2 + r^2$

$r^2 = R^2$

$\boxed{r = R}$

$\boxed{T_{min} = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}}}$ C.Q.D

• Demonstração das equações 8 e 9

• Elevando ambos os lados da equação 6 ao quadrado: $T^2 = 4\pi^2\left(\frac{R^2+r^2}{gr}\right)$

$\rightarrow T^2 gr = 4\pi^2(R^2+r^2) \longrightarrow 4\pi^2 r^2 - T^2 gr + 4\pi^2 R^2 = 0$

• $S = -\frac{b}{a} \longrightarrow S = -\frac{(-T^2 g)}{4\pi^2} \longrightarrow \boxed{r_1 + r_2 = \frac{T^2 g}{4\pi^2}}$ Equação 8 C.Q.D

• $P = \frac{c}{a} \longrightarrow P = \frac{4\pi^2 R^2}{4\pi^2} \longrightarrow \boxed{r_1 \cdot r_2 = R^2}$ Equação 9 C.Q.D

3 a) O gráfico está em anexo. (GRÁFICO 1)

b) Através da Equação 7, com $R = 0,2854\,m$ e $g = 9,8\,m/s^2$ obtém-se $T_{mín}$

$$T_{mín} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2854}{9,8}} \longrightarrow T_{mín} = 1,5153\,s$$

Esse valor é bem próximo do obtido experimentalmente, que foi $1,5168\,s$; uma diferença de apenas 0,0015.

c) Na equação 6, ao elevar ambos os lados ao quadrado se obtem uma equação do segundo grau com duas incógnitas (r_1 e r_2). Escolhendo um valor de T da Tabela 1 que se repita para dois valores diferentes da distância d, consegue-se obter os valores de r_1 e r_2.

Foi escolhido $T = 1,53\,s$, que é o mais próximo para as distâncias $0,149\,m$ e $0,249\,m$; assim os dois valores de r são $r_1 = 0,351\,m$ e $r_2 = 0,251\,m$. Agora pode-se obter o valor de g pela Equação 8; e o valor do raio ~~equ~~ de giro equivalente pela Equação 9:

$$r_1 + r_2 = \frac{T^2 g}{4\pi^2} \qquad r_1 \cdot r_2 = R^2$$

$$0,351 + 0,251 = \frac{1,53^2 \cdot g}{4\pi^2} \qquad 0,351 \cdot 0,251 = R^2$$

$$\boxed{g = 10,153\,m/s} \qquad \boxed{R = 0,2968\,m}$$

Comparando esses valores com os obtidos anteriormente, a diferença de g foi de 0,352; e a diferença entre os valores de R foi de 0,0114. Essas diferenças são relativamente pequenas, se levarmos em conta os erros experimentais durante a realização, e mostram que a metodologia do experimento é efetiva.

Para ajudar na visualização, fez-se um gráfico (GRAFICO 2 em anexo) que relaciona os valores de r_1 e r_2 com o período T. Pegou-se os primeiros 15 valores da Tabela 1, de d (em cm) e T (em s).

d) Calcula-se o momento de inércia equivalente por $I_c = mR^2$. E o momento de inercia por $I = mR^2 + mr^2$.

$m = 0{,}420\ Kg$ $\quad I_c = 0{,}420 \cdot 0{,}2854^2 \rightarrow \boxed{I_c = 0{,}0342\ Kg \cdot m^2}$

$R = 0{,}2854\ m$

e) momento de inércia de uma barra rígida sem furos: $\frac{mL^2}{12}$

$m = 0{,}420\ Kg$ $\quad I_c = \frac{0{,}420 \cdot 1}{12} \rightarrow \boxed{I = 0{,}0350\ Kg \cdot m^2}$

$L = 1\ m$

O momento de inércia da barra rígida é maior, por se tratar de uma barra homogênea sem furos. Mesmo levando em conta os erros experimentais é um valor justificável, pois quanto maior o momento de inércia, mais difícil é girar a barra e deve-se aplicar uma força maior.

→ CONCLUSÃO

Após a realização do experimento e a análise dos dados, pode-se compreender o sistema de um pendulo físico, analisando fisicamente suas grandezas, como período, raio de giro, oscilações. Ao manipular as equações chegou-se a resultados favorecem a interpretação do experimento e a realização de análises comparativas. Os valores obtidos na prática foram próximos dos valores calculados e do esperado teoricamente; levando em conta erros experimentais conclui-se que o objetivo do experimento foi alcançado, validando a metodologia usada.