UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA DE SÃO CARLOS

LABORATÓRIO DE FÍSICA 1

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA

JOÃO VICTOR ALCÂNTARA PIMENTA

Nº USP: xxxxxx

SÃO CARLOS, 2020

1. RESUMO:

Quer-se neste relatório avaliar a conservação da energia mecânica em um sistema com apenas forças conservativas. Utiliza-se de um sistema massa mola. Para tal, faz-se a análise do sistema em dois estados. Em um deles, a energia cinética é zero e pode-se medir a energia potencial elástica e gravitacional. Já no segundo estado, faz-se a medida da energia cinética e, sabendo também as medidas das outras energias, é possível avaliar se houve conservação da energia no sistema salvo pequena alteração pela desconsideração de forças dissipativas.

Para fazer esta análise, será necessário antes determinar a constante elástica da mola usado no experimento.

2. INTRODUÇÃO TEÓRICA:

2.1 CONSTANTE ELÁSTICA E ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA

Aplicando-se uma força a qualquer material elástico gera-se uma distensão da situação de equilíbrio. Nestas situações, a força de restituição é chamada de força elástica e tem comportamento bem descrito pela Lei de Hooke, descrita abaixo:

$$F_e = k \times x \qquad \text{(I)}$$

Onde k é a constante elástica do material e x representa a distensão criada. F_e é a força de restituição.

Sabe também que:

$$U_e = \int F_e dx$$

$$U_e = \frac{Kx^2}{2} \qquad \text{(II)}$$

Onde U_e é a energia potencial elástica armazenada por uma distensão x.

2.2 ENERGIA MECÂNICA

A energia mecânica é tal que, se não houverem forças dissipativas, ela se mantém constante. Consiste na soma das formas de energia possível do sistema. E é normalmente expressado com:

$$E_m = K + U_g + U_e \tag{III}$$

Onde, E_m é a energia cinética, K é a energia cinética e U_g é a energia potencial gravitacional.

É interessante notar principalmente que, uma vez que a energia cinética se mantém constante e as energias que a compoêm variam, pode-se interpretar como a energia total mudando apenas sua manifestação entre as três componentes.

3. MÉTODOS EXPERIMENTAIS:

3.1 EXPERIMENTO 1 - MEDIÇÃO DA CONSTANTE ELÁSTICA:

Para o experimento 1 será feita a seguinte montagem e fará uso dos materiais:

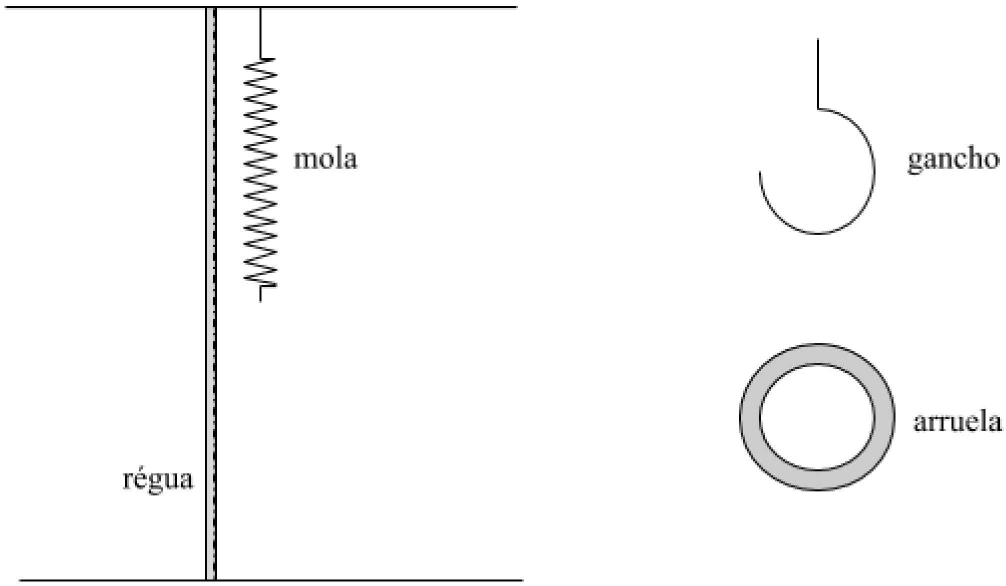

Imagem 1 - Montagem experimento 1

Elaborado pelo compilador

É necessário fazer a medidas das massas que serão usadas: um gancho e 10 arruelas. Para tal se utiliza uma balança digital de precisão 0.01g.

Para o experimento, se fará acréscimos graduais de massa e, para cada um, se mede o comprimento da mola. Assim, a partir da equação (I), pode-se determinar a constante elástica.

A constante será dada pela inclinação da reta que relaciona as grandezas da massa e distensão. Para entender suas propriedades então, faz-se um gráfico que relaciona as grandezas citadas e realiza-se também a regressão linear dos dados relacionados no gráfico. Assim, bastará saber a inclinação da reta gerada.

3.2 EXPERIMENTO 2:

No experimento 2, vai ser necessário analisar dois estados do sistema. Os estados A e B estão representados em seguida:

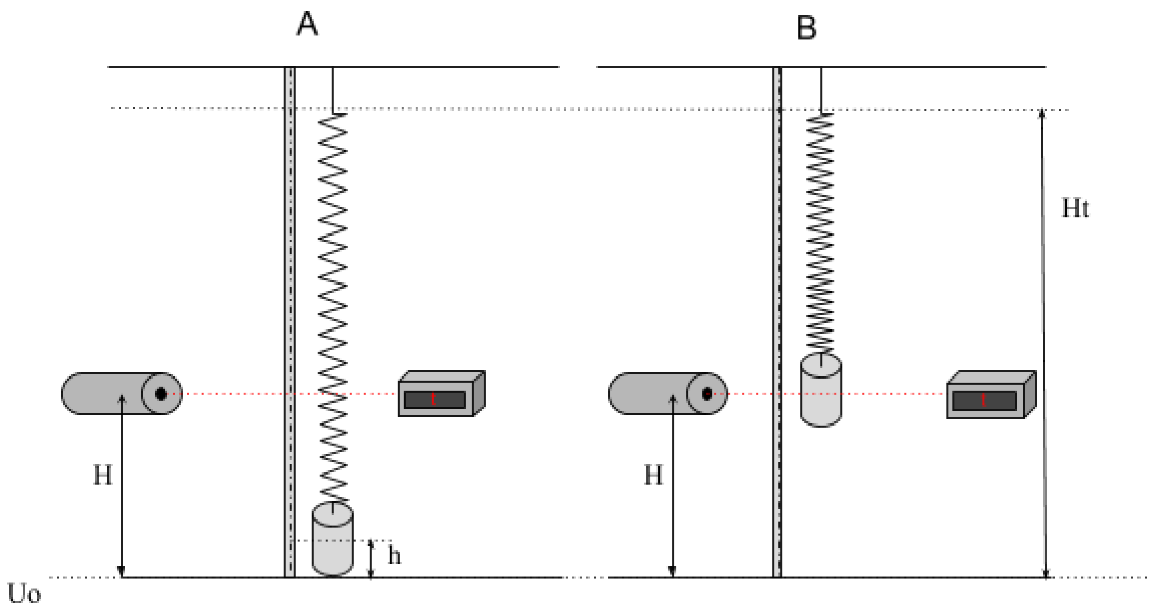

Imagem 2 - Montagem experimento 2, estados A e B

Elaborado pelo compilador

Onde U_0 é o ponto de potencial gravitacional nulo. Seja também *m* a massa do cilindro e L_0 o comprimento de repouso da mola.

A montagem consiste de uma massa suspensa levada ao nível 0 da energia potencial gravitacional para o estado A. Neste ponto possui energia mecânica dada por:

$$E_m = K + U_g + U_e$$

$$E_m = 0 + mgh + \frac{k(Ht-(h+L_0))^2}{2}$$

A massa é soltada e percorre seu caminho ao estado B. Quando passa pelo nível H, tem sua velocidade (v) calculada a partir da informação dada pelo laser, que acusa o tempo pelo qual ficou obstruído. Sua energia mecânica é então dada por:

$$E_m = K + U_g + U_e$$

$$E_m = \frac{mv^2}{2} + mgH + \frac{k(Ht-(H+L_0+h))^2}{2}$$

Basta agora comparar as duas energias obtidas. Espera-se que sejam correspondentes de forma que a energia mecânica obtida em B seja ao menos 95% da energia mecânica em A.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

4.1 EXPERIMENTO 1:

Determina-se as massas a as respectivas distinções:

L(cm) ($\pm$**0.5**)	**Massa(g)** ($\pm$**0.01**)	**Objetos**
31	0	nenhum
38	5.87	Gancho (m1)
56.5	20.25	Arruela 1 (m2), m1
74	24.60	Arruela 2 (m3), m2, m1
92.5	48.92	Arruela 3 (m4), m3, m2, m1
111.5	63.23	Arruela 4 (m5), m4 , m3, m2, m1
129.5	77.57	Arruela 5 (m6), m5, m4, m3, m2, m1
147.5	91.73	Arruela 6 (m7), m6, m5, m4, m3, m2, m1
167	105.95	Arruela 7 (m8), m7, m6, m5, m4, m3, m2, m1
185	120.37	Arruela 8 (m9), m8, m7, m6, m5, m4, m3, m2, m1
202.5	134.67	Arruela 9 (m10), m9, m8, m7, m6, m5, m4, m3, m2, m1
220	148.98	Arruela 10 (m11), m10, m9, m8, m7, m6, m5, m4, m3, m2, m1

Organizando os dados da tabela acima em um gráfico nos permite ver, a partir de uma regressão linear, a seguinte relação:

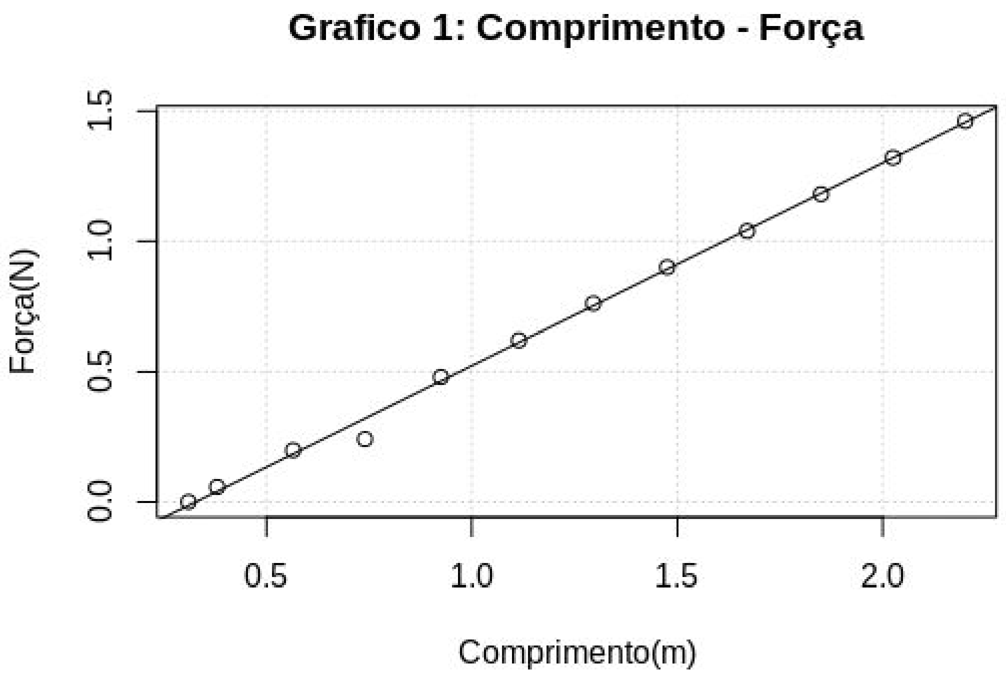

Gráfico 1 - Comprimento pela força

Elaborado pelo Compilador

L_0 é então redefinido como $(0{,}33 \pm 0{,}01)$m e a inclinação do gráfico foi encontrada como $(0.78 \pm\ 0.01)$N/m. Que é a constante elástica k. Assim:

$$k = (0.78 \pm\ 0.01)\text{N/m}$$

$$L_0 = (0.33 \pm 0.01)\text{m}$$

O código necessário para o gráfico e regressão, em R, foi:

```
med <- read.csv("~/R/labemr/med.txt", sep="")
```

```
View(med)
# Localiza e abre o arquivo com os dados experimentais

comprimento <- med$comprimento
massa <- med$massa
# Declara as variaveis

massa <- (massa*9.81)/1000
forca <- massa

comprimento <- comprimento/100
#Torna ao SI as grandezas e manipula para as contas

plot(comprimento, forca, grid(), main = "Grafico 1: Comprimento - Força", ylab =
"Força(N)", xlab = "Comprimento(m)")
#Plota o gráfico

reg <- lm(formula = forca ~ comprimento)
abline(reg)
#Faz a regressão linear para os dados

summary(reg)
#adiciona a linha no grafico
```

4.2 EXPERIMENTO 2:

Para a energia em A e B, é necessário determinar as medidas. Assim as seguem:

dimensão	Medida (m)

Ht	3.010 $\pm$ 0.001
H	1.145 $\pm$ 0.002
h	0.08 $\pm$ 0.001

Tabela 2 - Medida das dimensões necessárias

Elaborado pelo Compilador

Foi também determinado que:

$$m = (0{,}11969 \pm 0{,}0001)\text{Kg}$$

O laser registrou os tempos de obstrução listado abaixo. As velocidades associadas estão calculadas também.

i	Tempo de obstrução laser($\pm$ 0,000001)(s)	Velocidade($\pm$ 0,03)(m/s)
1	0.030394	2.63
2	0.030727	2.60
3	0.030580	2.62
4	0.030545	2.62
5	0.030571	2.62

Tabela 3 - Tempo obstrução laser e velocidade associada

Elaborado pelo Compilador

Assim, se torna possível o cálculo das energias mecânicas:

Em A:

$$E_m = 0 + mgh + \frac{k(Ht-(h+L_0))^2}{2}$$

Sendo a energia potencial gravitacional:

$$mgh = (0.11969 \pm 0.0001)Kg \times 9.81\frac{m}{s^2} \times (0.08 \pm 0.001)m$$

E a energia potencial elástica:

$$\frac{k(Ht-(h+L_0))^2}{2} = \frac{(0.78\pm 0.01)N/m\times((3.010 \pm 0.001)m-((0.08 \pm 0.001)m+(0.33\pm 0.01)m)^2}{2}$$

Assim, em A:

$$E_m = (2.64 \pm 0.06)\frac{Kg\times m^2}{s^2}$$

Em B:

$$E_m = \frac{mv^2}{2} + mgH + \frac{k(Ht-(H+L_0+h))^2}{2}$$

Sendo a energia cinética:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{(0.11969 \pm 0.0001)Kg\times((2.62\pm 0.03)\frac{m}{s})^2}{2}$$

Sendo a energia potencial gravitacional:

$$mgH = (0.11969 \pm 0.0001)Kg \times 9.81\frac{m}{s^2} \times (1.145 \pm 0.002)m$$

E sendo a energia potencial elástica:

$$\frac{k(Ht-(H+L_0+h))^2}{2} = \frac{(0.78\pm 0.01)N/m\times((3.010 \pm 0.001)m-((1.145 \pm 0.002)m+(0.08 \pm 0.001)m+(0.33\pm 0.01)m))^2}{2}$$

Assim, em B:

$$E_m = (2.59 \pm 0.04)\,\frac{Kg \times m^2}{s^2}$$

5. CONCLUSÃO

Pode-se com sucesso calcular as energias mecânicas em cada um dos estados planejados, A e B. Os resultados são razoáveis e apontam que a energia deveras se manteve rudemente a mesma.

A diferença pode ser explicado por muitos fatores dentre eles o mais significativo podem ser as forças dissipativas não levadas em consideração. Contudo, houve preservação uma vez os resultados estatisticamente equivalentes. No pior caso, dentro da margem de erro, houve conservação de 94.5% da energia inicial.