SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 2015

3ª FASE – 10 DE OUTUBRO DE 2015

PROVA EXPERIMENTAL

NÍVEL II
Ensino Médio
1ª e 2ª série.

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

01 - Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos do 1ª e 2ª série do ensino médio.

02 - O **Caderno de Resoluções** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova. As resoluções devem ser transcritas no local indicado no caderno de resoluções. Respostas fora do local indicado não serão consideradas.

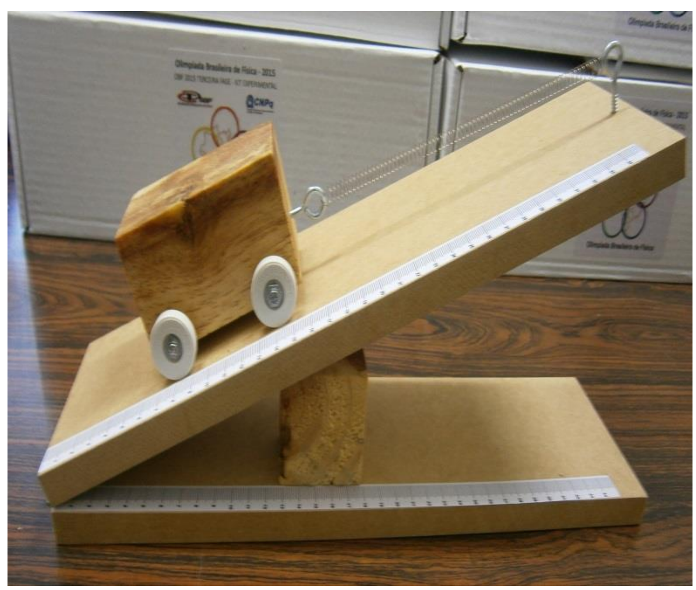
03 - Leia todas as instruções antes de manipular o kit experimental.

04 - Todos os resultados numéricos de medidas e cálculos devem ser expressos de acordo com as instruções específicas. É permitido o uso de calculadoras não programáveis.

05 - A duração desta prova é de **duas horas e trinta minutos**, devendo o aluno permanecer na sala por no mínimo **noventa minutos**.

06 - **Ao terminar a prova você deverá devolver o kit experimental.**

TRABALHOS COM A LEI DE HOOKE (100 pontos)



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Neste experimento trabalharemos com a lei de Hooke em duas configurações diferentes utilizando a mesma mola. Na primeira configuração teremos uma base na forma de L e uma mola com arruelas é adicionada de modo que obteremos variação da massa das arruelas versus a distância da mola esticada. Na segunda configuração, uma das bases terá ângulo de inclinação menor que 90º e nesta base inclinada será colocado um carrinho de madeira de massa desconhecida preso a uma mola. Assim obteremos outro conjunto de dados de ângulo de inclinação da base versus posição do carrinho na rampa inclinada. O objetivo deste experimento é determinarmos a massa do carrinho, sem a necessidade de conhecermos o valor do k, constante da mola, nem o valor do g, aceleração da gravidade local.

Dentro da caixa do kit experimental você encontrará:

a) – duas bases ou plataformas de madeira articuladas de 37 cm
b) – uma régua plástica
c) – um saquinho plástico com 10 arruelas, 2 molas e um gancho para arruela.
d) – um carrinho de madeira
e) – um toco de madeira.
Todos devem conferir os materiais dentro da caixa do kit experimental.

Parte I - Inicialmente, pegue as duas bases de madeira e forme um ângulo de 90^0 entre as bases, deixando a base com pino de suporte da mola na posição vertical.

No pino de suporte da mola, encaixe a mola fornecida. Na outra extremidade da mola encaixe o gancho para arruela, se o gancho estiver com arruelas, retire antes todas as arruelas. O gancho deve ser encaixado na mola no formato de uma pera, com o bocal de entrada da arruela virado para cima, conforme mostrado na figura da esquerda.

1 - Nesta configuração, marque uma posição inicial do conjunto, definindo assim a posição inicial y_0. Se necessário utilize a régua plástica fornecida. Descreva como você determinou esta posição inicial e o valor definido. (5 pontos)

2 - Utilizando as arruelas que achar necessário construa uma tabela com: número de arruelas, massa equivalente, posição marcada na base e o comprimento da mola esticada com respectivo erro ou desvio das medidas. Para efetuar as medidas sempre utilize as arruelas na posição vertical de repouso, isto é não deixe as mesmas oscilarem. (10 pontos)

A massa de cada arruela é de $(5{,}78 \pm 0{,}14)$ gramas.

3 - Coloque os valores da massa equivalente e do comprimento da mola esticada, em um gráfico com a respectiva barra de erros. (10 pontos).

4 - Trace uma reta média destes pontos, explicando em detalhes o método utilizado com os valores numéricos correspondentes. (5 pontos)

5 - Escreva o coeficiente angular e linear da reta obtida com o respectivo desvio dos valores. O que significa o valor do coeficiente linear diferente de zero? (10 pontos)

Retire todo o conjunto e guarde na caixa do kit experimental o gancho e arruelas. Para segunda parte, coloque as duas plataformas ou bases juntas de modo a formar um ângulo nulo entre as partes.

Parte II – Experimento com carrinho e rampa inclinada.

6 - Nesta configuração, encaixe na mola presa a uma das bases o carrinho de madeira e marque uma posição inicial do conjunto, definindo assim uma posição inicial x_0 do carinho. Se necessário utilize a régua plástica fornecida. Descreva como você definiu esta posição inicial e o respectivo valor numérico correspondente. (5 pontos).

7 – Considerando uma situação onde o carrinho de madeira está preso a uma mola fixada na ponta da plataforma superior, e se encontra em equilíbrio, com a rampa inclinada em um ângulo Θ, mostre num desenho as forças atuantes no carrinho (ignore a força de atrito), e escreva a equação de equilíbrio de forças paralela à plataforma inclinada. (10 pontos)

8 – Encaixando o toco entre as duas bases, ou plataformas, podemos formar um ângulo entre as plataformas, como mostrado na figura da direita. Para cada ângulo formado teremos uma posição diferente do carrinho na plataforma inclinada. Repita as medidas o quanto achar necessário para traçar um gráfico. Podemos descobrir qual o ângulo formado entre as duas plataformas marcando a posição do toco na plataforma horizontal e conhecendo-se a altura do toco. Construa uma tabela com: posição do toco na plataforma horizontal, o ângulo correspondente (seno ou cosseno que será utilizado no calculo de acordo com a equação obtida no item 7), posição do carrinho, e o comprimento da mola esticada. Muitas vezes será necessário dar uns tapinhas ou toques na plataforma ou no carrinho, levemente, para diminuir o atrito estático entre as rodas do carrinho e a superfície da plataforma. Repetir medidas pode ser uma boa prática. (10 pontos)

9 – Coloque, em um gráfico, os valores dos ângulos obtidos (ângulo, seno do ângulo, cosseno do ângulo, ou tangente do ângulo) e a correspondente elongação da mola (comprimento da mola esticada). (10 pontos).

10 - Trace uma reta média destes pontos, explicando em detalhes o método utilizado com os valores numéricos correspondentes. (10 pontos)

11 - Escreva o coeficiente angular e linear da reta obtida com o respectivo erro. Calcule a massa do carrinho com o respectivo valor do erro utilizando os resultados obtidos na parte I e II. Que tipo de erro experimental contribuiu mais para este experimento? (15 pontos)

Após o término, coloque tudo de volta na caixa do kit experimental, como você recebeu no início da prova.

TRAÇADO DE RETAS, ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS E PROPAGAÇÃO DE ERROS.

Valor Médio e seus erros.

Para o cálculo do valor médio e seu desvio padrão para um mesmo parâmetro efetuando a mesma medida N vezes:

Nome	Símbolo e fórmula	Nome por extenso
média	$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum x_i$	média aritmética
desvio padrão	$\Delta x = S = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum (x_i - \bar{x})^2}$	desvio padrão de cada medida
erro padrão	$\Delta\bar{x} = S_m = \frac{S}{\sqrt{N}}$	desvio padrão da média

Traçado de uma reta estatística.

Em geral os dados experimentais podem ser representados por uma reta estatística, onde coeficiente angular, coeficiente linear, R (coeficiente de correlação), e σ (desvio padrão) fornecem informações importantes sobre parâmetros do experimento, qualidade de medidas, e os erros estatísticos resultantes.

Em um gráfico de uma reta é necessário saber qual é a variável independente e a dependente. A independente é aquele valor imposto inicialmente, variável que você escolhe inicialmente, e a dependente é o valor resultante desta imposição. Na forma de equação escrevemos como:

$$Y = b + aX \qquad (1)$$

Note que primeiro é colocado o valor de X para depois obter o valor de Y. Então X é a variável independente e Y a dependente.

Para obtermos os valores de coeficiente linear “b” e do angular “a” um dos métodos utilizado é o dos Mínimos Quadrados.

Estimadores do coeficiente angular e coeficiente linear da equação:

$$y = ax + b \qquad (2)$$

$$a = \Sigma (x_i - \bar{x}) y_i / \Sigma (x_i - \bar{x})^2 \qquad (3)$$

$$b = \bar{y} - a \bar{x} \qquad (4)$$

variância dos y_i

$$S^2 = \Sigma (y_i - a x_i - b)^2 / (N - 2) \qquad (5)$$

erro padrão do estimador do coeficiente angular e linear

$$\Delta a = S / (\Sigma (x_i - \bar{x})^2)^{1/2} \qquad (6)$$

$$\Delta b = S \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{\bar{x}^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}} \qquad (7)$$

Algarismos Significativos

REGRAS

1. Os erros das medidas são representados sempre com um algarismo significativo. Exceto quando o algarismo significativo for os números 1 ou 2, utilizamos dois algarismos significativos.
2. Primeiro obtemos o valor do erro para depois obter a posição do último algarismo significativo do valor principal.
3. O valor principal deve sempre ter seu último algarismo significativo na mesma casa do último algarismo significativo do erro.
4. O valor principal e o seu erro devem sempre estar na mesma potência.
5. Os erros lidos diretamente nos instrumentos, ou fornecidos pelo fabricante, são escritos apenas com um algarismo significativo, exceto se vier com 2 algarismos escritos no instrumento.
6. Para arredondamento: de 0,000 até 0,499 mantém-se o último algarismo significativo. De 0,500 até 0,999 acrescentamos uma unidade ao último algarismo significativo.
7. O número zero colocado à esquerda do valor principal ou do erro não é algarismo significativo, mas colocado à direita é um algarismo significativo do número.
8. Para o efeito de cálculo, trabalhamos com todos os números disponíveis no instrumento, mas a representação final sempre deve obedecer às regras acima.

Propagação de erros em um cálculo matemático

Quando obtemos qualquer medida experimental, sempre teremos o envolvimento do erro da medida. Ao realizarmos cálculo com essas medidas terá uma propagação destes erros e o resultado também deve ser representado com um erro.

Se tivermos duas medidas do tipo, $x \pm \Delta x$, e $y \pm \Delta y$, e realizarmos uma operação matemática qualquer, o resultante $f(x,y)$ também terá um erro $\Delta f(x,y)$. O valor do erro $\Delta f(x,y)$ pode ser obtido pela equação:

$$\Delta f(x,y) = [(\delta f / \delta x)^2 (\Delta x)^2 + (\delta f / \delta y)^2 (\Delta y)^2]^{1/2}$$

Para um cálculo rápido e simplificado, apresentamos a seguir uma lista de fórmulas para operações mais comuns:

Tabela 1. ***Exemplos de fórmulas de propagação de erros.***

$w = w(x, y, \cdots)$	Expressões para σ_w
$w = x \pm y \pm \cdots$	$\sigma_w^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \cdots$
$w = x^m$	$\sigma_w = \mid m x^{m-1} \mid \sigma_x$ ou $\mid \frac{\sigma_w}{w} \mid = \mid m \frac{\sigma_x}{x} \mid$
$w = a x$	$\sigma_w = \mid a \mid \sigma_x$ ou $\mid \frac{\sigma_w}{w} \mid = \mid \frac{\sigma_x}{x} \mid$
$w = a x + b$	$\sigma_w = \mid a \mid \sigma_x$
$w = a x y$	$\sigma_w^2 = (ay)^2 \sigma_x^2 + (ax)^2 \sigma_y^2$ ou $(\frac{\sigma_w}{w})^2 = (\frac{\sigma_x}{x})^2 + (\frac{\sigma_y}{y})^2$
$w = a \frac{x}{y}$	$\sigma_w^2 = (\frac{a}{y})^2 \sigma_x^2 + (\frac{ax}{y^2})^2 \sigma_y^2$ ou $(\frac{\sigma_w}{w})^2 = (\frac{\sigma_x}{x})^2 + (\frac{\sigma_y}{y})^2$
$w = a x^p y^q$	$\sigma_w^2 = (a\, p\, x^{p-1}\, y^q)^2 \sigma_x^2 + (a\, x^p\, q\, y^{q-1})^2 \sigma_y^2$ ou $(\frac{\sigma_w}{w})^2 = (p \frac{\sigma_x}{x})^2 + (q \frac{\sigma_y}{y})^2$
$w = a\, sen\, b x$	$\sigma_w = \mid ab \cos bx \mid \sigma_x$ (σ_x em radianos)
$w = b \log_a x$	$\sigma_w = \mid \frac{b}{\ln a} \mid \frac{\sigma_x}{x}$