

UNIMONTE, Engenharia – Laboratório de Física Mecânica

**Experimento: Segunda Lei de Newton – relação entre força, massa e aceleração**

Turma: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_ : Nota: \_\_\_\_\_

## Participantes

| Nome | RA |
|------|----|
|      |    |
|      |    |
|      |    |
|      |    |
|      |    |
|      |    |
|      |    |
|      |    |
|      |    |
|      |    |

**Introdução:**

Neste experimento você aplicará seus conhecimentos sobre a segunda lei de Newton, gráficos, equações e tabelas, e observará a relação entre a força e a aceleração, que, de acordo com essa lei, que é:

$$F = m \cdot a$$

**1ª Parte:** Nessa primeira parte do experimento, manteremos a massa constante e alteraremos a força atuante no sistema.

**Procedimentos**

1. Utilizar o equipamento igual ao usado no experimento sobre MRUV, escolhendo no cronômetro a função F2.
2. Com uma balança, medir a massa do carrinho, incluindo os pinos dianteiro e traseiro:  $m_c =$  \_\_\_\_\_ kg.

3. Acrescentar nos pinos laterais do carrinho 2 massas aferidas de 20 g e 2 massas aferidas de 10 g totalizando  $m_a = 0,060$  kg.
4. Colocar no suporte suspenso, cuja massa vazia é 9 g, uma massa aferida de 20g, obtendo uma massa suspensa  $m_s = 0,029$  kg, que exercerá uma força aceleradora resultante  $F_r$  igual ao peso da massa total suspensa:

$$F_r = P = m \cdot g$$

$$F_r = m_s \cdot g \Rightarrow P = \underline{\hspace{2cm}} \times \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} N$$

Durante esse experimento, a força aceleradora resultante será alterada

5. Calcular a massa total do sistema:

$$m = m_c + m_s + m_a \Rightarrow m = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}$$

$$m = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kg}$$

A massa total do sistema permanecerá constante nessa parte do experimento

6. Posicionar o sensor ótico até obter um  $\Delta x = 0,300$  m. Este deslocamento deve ser medido entre o pino central da parte superior do carrinho e o centro do sensor ótico.
7. Ligar o fluxo de ar para eliminar o atrito entre o carrinho e o trilho, zerar o cronômetro, e desligar o eletroímã liberando o carrinho.
8. Anotar na primeira linha da tabela abaixo o intervalo de tempo registrado no cronômetro, repetindo três vezes este procedimento e calcular o tempo médio  $t$ :

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$$

9. Para completar a segunda linha, transfira uma massa de 10 g do carrinho para o suporte de massas aferidas suspenso. Calcule a nova força que está acelerando o sistema:

$$F_r = (0,029 + 0,010) \cdot g = \underline{\hspace{2cm}} N$$

| $\Delta x$<br>(m) | $m$<br>(kg)                     | $F_r$<br>(N) | $t_1$<br>(s) | $t_2$<br>(s) | $t_3$<br>(s) | $t$<br>(s) | $a = \frac{2\Delta x}{t^2}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $m = \frac{F_r}{a}$<br>(Kg) |
|-------------------|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|--|-----------------------------|
| 0,300             |                                 |              |              |              |              |            |  |                             |
|                   |                                 |              |              |              |              |            |  |                             |
|                   |                                 |              |              |              |              |            |  |                             |
|                   |                                 |              |              |              |              |            |  |                             |
|                   | Valor médio da massa $m$ (kg)-> |              |              |              |              |            |  |                             |

10. Repetir o processo acima, transferindo 10 gramas por vez e calculando a nova força aceleradora resultante, até preencher a tabela.
11. Calcular as colunas referentes à aceleração e à massa.

Justificativa para as fórmulas da tabela:

$a \Rightarrow$  Da equação do MRUV temos que  $s = s_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$ . Fazendo  $s - s_0 = \Delta x$ , e como  $v_0 = 0$ ,  $\Delta x = \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2\Delta x}{t^2}$

$m \Rightarrow$  Da segunda lei de Newton  $F = m \times a$ . Portanto  $m = \frac{F}{a}$

12. Calcular o valor médio da massa  $m$  (kg).
13. Considerando uma tolerância de erro de 5%, pode-se afirmar que a massa medida do sistema  $m$  (segunda coluna) é igual à massa média calculada  $m = \frac{F}{a}$  (última coluna)?

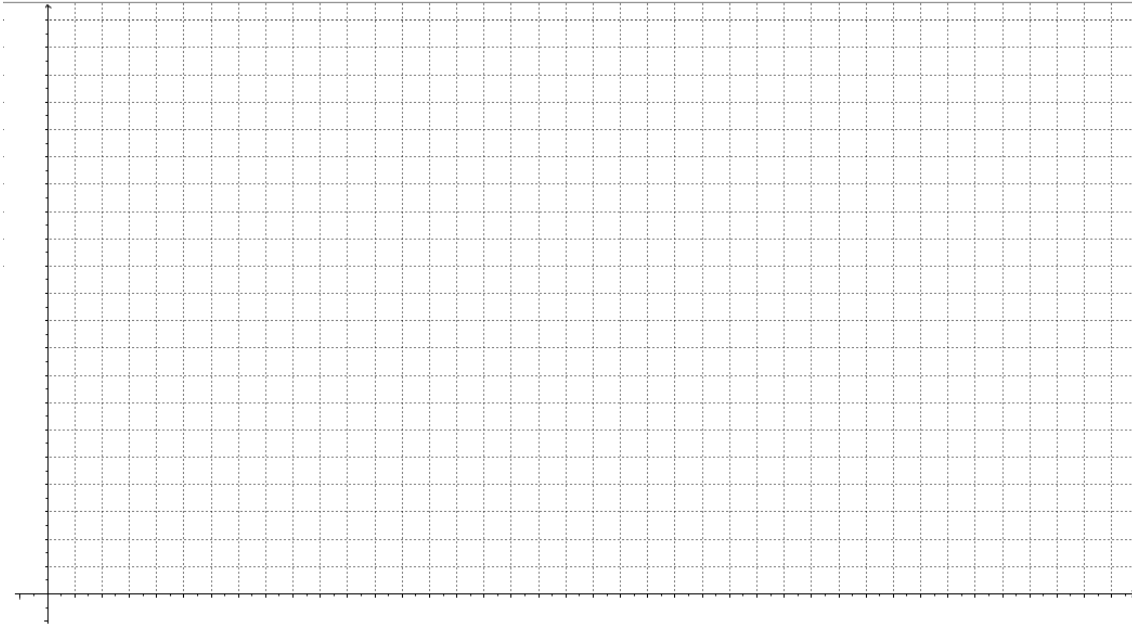
.....

.....

.....

.....

14. Construir o gráfico da força resultante em função da aceleração  $F_R = f(a)$  ( $F_R$  no eixo  $y$  e  $a$  no eixo  $x$ ) utilizando os dados da tabela. Qual é a forma do gráfico?



15. Que tipo de curva foi obtida? Explique porque essa é a curva esperada.

.....

.....

.....

.....

.....

16. Determinar os coeficientes angular e linear do gráfico  $F_r = f(a)$ .

Coeficiente angular  $m$ :

$$m = \frac{y-y_0}{x-x_0} \Rightarrow m = \frac{\quad}{\quad} \Rightarrow m = \underline{\quad}$$

Coeficiente linear  $b$ : valor onde a reta corta o eixo  $y$ :

$$b = \underline{\quad}$$

Equação da reta:

$$y = mx + b \Rightarrow y = \underline{\quad}$$

17. Qual é o significado físico do coeficiente angular desse gráfico?

.....

.....

.....

.....

.....

18. Qual o significado físico do coeficiente linear desse gráfico?

.....

.....

.....

.....

.....

19. Qual é a constante de proporcionalidade entre a força  $F_r$  e a aceleração  $a$  ?

.....

.....

.....

.....

.....

17. Enuncie a 2ª Lei de Newton, com suas palavras, tendo como base as conclusões tiradas deste experimento.

.....

.....

.....

.....

**2a Parte: Nessa segunda parte do experimento, manteremos a força atuante no sistema constante, e alteraremos a massa do sistema.**

**Procedimentos**

1. Anotar novamente a massa do carrinho  $m_c = \text{_____} kg$
2. Colocar no suporte suspenso, cuja massa vazia é de 9 g, 2 massas aferidas de 20 g, obtendo uma massa suspensa  $m_s$  de 0,049 kg, que exercerá uma força aceleradora resultante  $F_r$  igual ao peso da massa total suspensa:

$$F_r = P = m \cdot g$$

$$F_r = m_s \cdot g \Rightarrow P = \text{_____} \times \text{_____} = \text{_____} N$$

Anotar esse valor na 4ª coluna da tabela abaixo.

Nessa parte o experimento, essa força será mantida constante

3. Calcular a massa total inicial do sistema:

$$m = m_c + m_s + m_a$$

Na primeira medição,  $m_a = 0 kg$

$$m = \text{_____} + \text{_____} + 0,000 = \text{_____} kg$$

Anotar esse valor na primeira linha da tabela abaixo. A massa do sistema será alterada durante essa parte do experimento

4. Posicionar o sensor ótico até obter um  $\Delta x = 0,300 m$ . Este deslocamento deve ser medido entre o pino central na parte superior do carrinho e o centro do sensor ótico.
5. Ligar o fluxo de ar para eliminar o atrito entre o carrinho e o trilho, zerar o cronômetro, e desligar o eletroímã liberando o carrinho.
6. Anotar na primeira linha da tabela abaixo o intervalo de tempo registrado no cronômetro, repetindo três vezes este procedimento e calcular o tempo médio  $t$ .

|                   |             |                       |              |              |              |              |              |                               |                          |
|-------------------|-------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|
| $\Delta x$<br>(m) | $m$<br>(kg) | $\frac{1}{m}$<br>(kg) | $F_r$<br>(N) | $t_1$<br>(s) | $t_2$<br>(s) | $t_3$<br>(s) | $t_m$<br>(s) | $a = \frac{2\Delta x}{t_m^2}$ | $F_r = m \cdot a$<br>(N) |
|-------------------|-------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|

|       |                             |  |  |  |  |  |  |                     |  |
|-------|-----------------------------|--|--|--|--|--|--|---------------------|--|
|       |                             |  |  |  |  |  |  | (m/s <sup>2</sup> ) |  |
| 0,300 |                             |  |  |  |  |  |  |                     |  |
|       |                             |  |  |  |  |  |  |                     |  |
|       |                             |  |  |  |  |  |  |                     |  |
|       |                             |  |  |  |  |  |  |                     |  |
|       | Valor médio da Força (N) -> |  |  |  |  |  |  |                     |  |

7. Acrescentar 20 g ao carrinho (10 g de cada lado) e repetir o procedimento. A nova massa total m do sistema será:

$$m = m_c + m_s + m_a = \text{_____} + \text{_____} + 0,020$$

$$m = \text{_____} kg$$

Anotar esse valor na segunda linha da tabela

8. Repetir esse procedimento aumentando sempre 20 g ao carrinho, sendo 10 g de cada lado, e repetir a medição do tempo, até completar a tabela.
9. Calcular as colunas referentes à aceleração e à força, e preencher o restante da tabela.

Justificativa para as fórmulas da tabela:

$a \Rightarrow$  Da equação do MRUV temos que  $s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$ . Fazendo  $s - s_0 =$

$$\Delta x, \text{ e como } v_0 = 0, \Delta x = \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2\Delta x}{t^2}$$

$F \Rightarrow$  Da segunda lei de Newton  $F = m \times a$ .

10. Calcule o valor médio da força  $F_r$  na última coluna.
11. Considerando a tolerância de erro de 5%, pode-se afirmar que força resultante  $F_r$  medida (da quarta coluna) é igual à força resultante média  $F_r$  calculada (última coluna)?

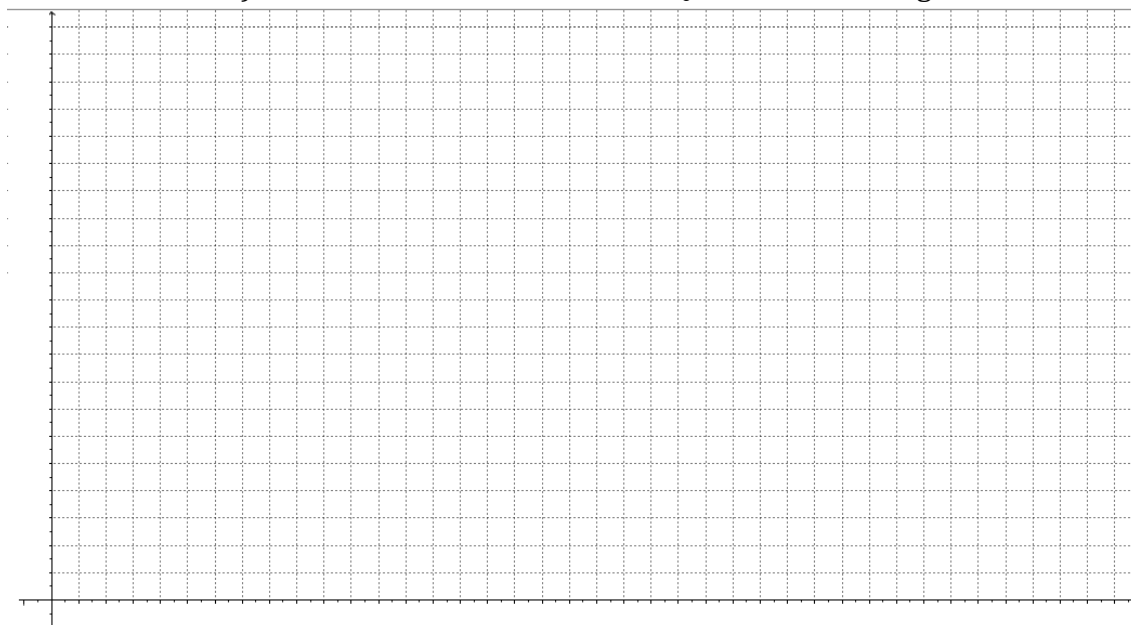
.....

.....

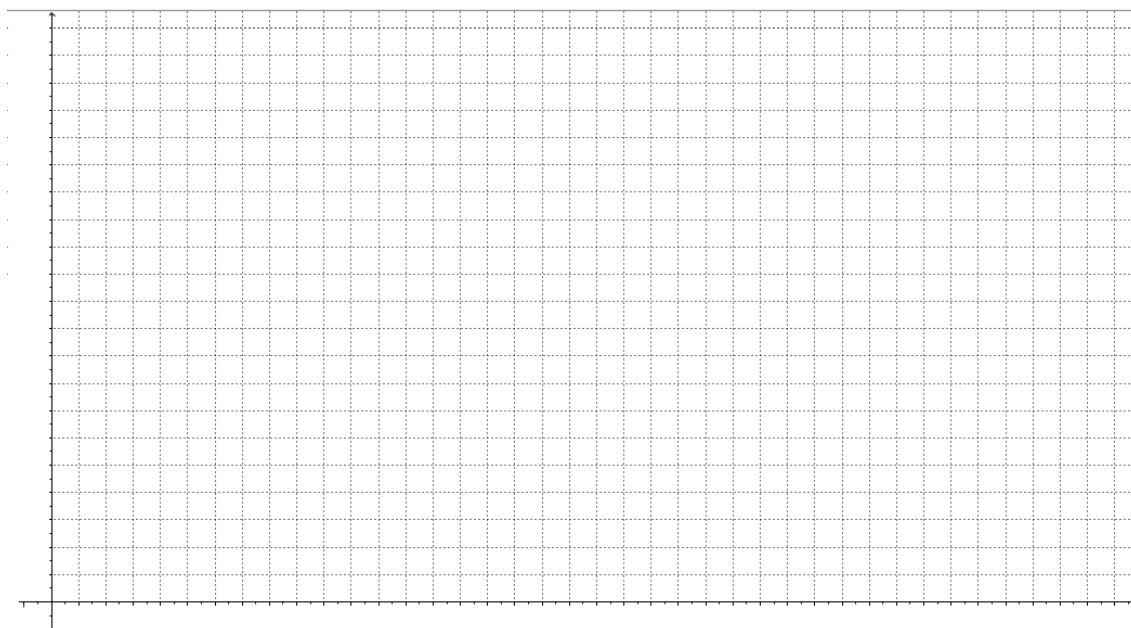
.....

.....

12. Construir o gráfico da aceleração em função da massa  $a = f(m)$  ( $a$  no eixo  $y$  e  $m$  no eixo  $x$ ) utilizando os dados da tabela. Qual é a forma do gráfico?



13. Linearizar o gráfico  $a = f(m)$ . Para linearizar, usar no eixo  $y$  dos valores da tabela referentes a  $a \frac{m}{s^2}$  e em  $x$  os valores de  $\frac{1}{m} \frac{1}{kg}$ . A função representada será  $a = f\left(\frac{1}{m}\right)$



14. Determinar os coeficientes angular e linear do gráfico  $a = f\left(\frac{1}{m}\right)$



Coefficiente angular  $m$ :

$$m = \frac{y-y_0}{x-x_0} \Rightarrow m = \frac{\quad - \quad}{\quad - \quad} \Rightarrow m = \underline{\hspace{2cm}}$$

Coefficiente linear  $b$ : valor onde a reta corta o eixo  $y$ :

$$b = \underline{\hspace{2cm}}$$

Equação da reta:

$$y = mx + b \Rightarrow y = \underline{\hspace{2cm}}$$

15. Qual é o significado físico do coeficiente angular nesse gráfico?

.....

.....

.....

.....

.....

16. Qual o significado físico do coeficiente linear desse gráfico?

.....

.....

.....

.....

.....

17. Qual é a constante de proporcionalidade entre a força ( $F$ ) e a aceleração ( $a$ )?

.....

.....

.....

.....

18. Enuncie a 2ª Lei de Newton, com suas palavras, tendo como base as conclusões tiradas deste experimento.

.....

.....

.....

.....

.....