

Experimento A3: Segunda Lei de Newton

1 - INTRODUÇÃO

As formulações dadas por Newton das leis do movimento parecem simples e carregadas de pouca complexidade matemática. Entretanto, envolvem definições, observações da natureza, conceitos intuitivos e algumas propriedades do espaço e do tempo. Antes da mecânica Newtoniana, o sistema aceito por centenas de anos era o de Aristóteles, seu sucesso se deve ao fato de que instintivamente parece coerente, em um nível superficial. A descrição do movimento requer o uso de um sistema de coordenadas particular. A pergunta natural que surge é então sobre a existência de algum sistema de referência preferencial (“observador do movimento”). Com efeito, as leis da mecânica newtoniana são formuladas em referenciais chamados inerciais. Os referenciais inerciais formam uma classe de referenciais que se movem uns em relação ao outro com velocidade constante. O conceito de velocidade é relativo e não pode ser usado para definir o movimento de maneira geral pois para um corpo isolado é sempre possível encontrarmos um novo referencial no qual ele se move uniformemente. Esse é o conteúdo da Primeira Lei de Newton ou também chamado princípio de relatividade de Galileu:

“Quando qualquer influência externa sobre a partícula é removida, esta deve mover-se com velocidade constante. Em particular quando essa velocidade é nula dizemos que a partícula está em repouso.”

Na verdade, o conteúdo físico da Primeira Lei é exatamente que existem referenciais inerciais. A mera existência desses referenciais é não trivial. Podemos resumir esta lei em termos da LEI DA INÉRCIA: existe na natureza uma classe única de referenciais que se movem uns com respeito aos outros com velocidade constante (referenciais inerciais) para os quais vale a primeira lei.

Consideremos agora o caso em que há interação e a partícula não está mais isolada. Quando a interação acontece o movimento das partículas muda de forma absoluta, i.e., independentemente do referencial. Isso significa que a velocidade muda e, portanto, a aceleração observada é absoluta. As seguintes observações são verdades em fenômenos explicados pela Mecânica Newtoniana: quando duas partículas 1 e 2, interagem mutuamente, observa-se que se 1 produz em 2 uma aceleração \vec{a}_{21} então 1 sente de 2 uma aceleração \vec{a}_{12} e

- (i) essas acelerações têm direções opostas e são paralelas à linha reta que une as partículas;
- (ii) a razão $|\vec{a}_{21}|/|\vec{a}_{12}|$ é constante, independentemente da natureza da interação, das posições e velocidades das partículas;

Observamos que, apesar da interação entre as partículas ser idêntica, as acelerações são distintas. Atribuímos isso à uma propriedade intrínseca das partículas que chamamos massa inercial. A massa inercial de cada partícula é uma medida numérica de sua relutância à mudança do estado de movimento. Definimos a razão entre as massas inerciais m_1 e m_2 , das partículas 1 e 2 como

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{|a_{21}|}{|a_{12}|} \quad (1)$$

Então definimos que a partícula 1 altera o movimento da partícula 2 pois exerce sobre ela uma força \vec{F}_{21} ; analogamente a partícula 2 altera o movimento da partícula 1 pois exerce sobre ela uma força \vec{F}_{12} . Definimos a força como o produto entre massa da partícula e sua aceleração:

$$\vec{F}_{12} = m_1 \vec{a}_{12} \quad \text{e} \quad \vec{F}_{21} = m_2 \vec{a}_{21} \quad (2)$$

como as acelerações \vec{a}_{12} e \vec{a}_{21} são paralelas à linha reta que une as partículas e como são opostas em sentido, temos que

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (3)$$

Dessas observações podemos enunciar a Segunda Lei de Newton:

“A força resultante sobre um corpo de massa m é dada pelo produto entre essa massa e a aceleração sofrida pelo corpo. Essa força é paralela à a aceleração, i.e., portanto, fornece a direção da mudança de velocidade”,

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad (4)$$

Considere dois corpos de massa m_1 e m_2 ligados entre si por um fio inextensível, de massa desprezível, como mostrado na Figura 1. O carrinho de massa m_1 está levitando sobre o trilho de ar preso por um fio de massa desprezível a um corpo de massa m_2 . Note que, cada retângulo tracejado contém a fórmula da aplicação da Equação (4) para os corpos que estão contidos neles.

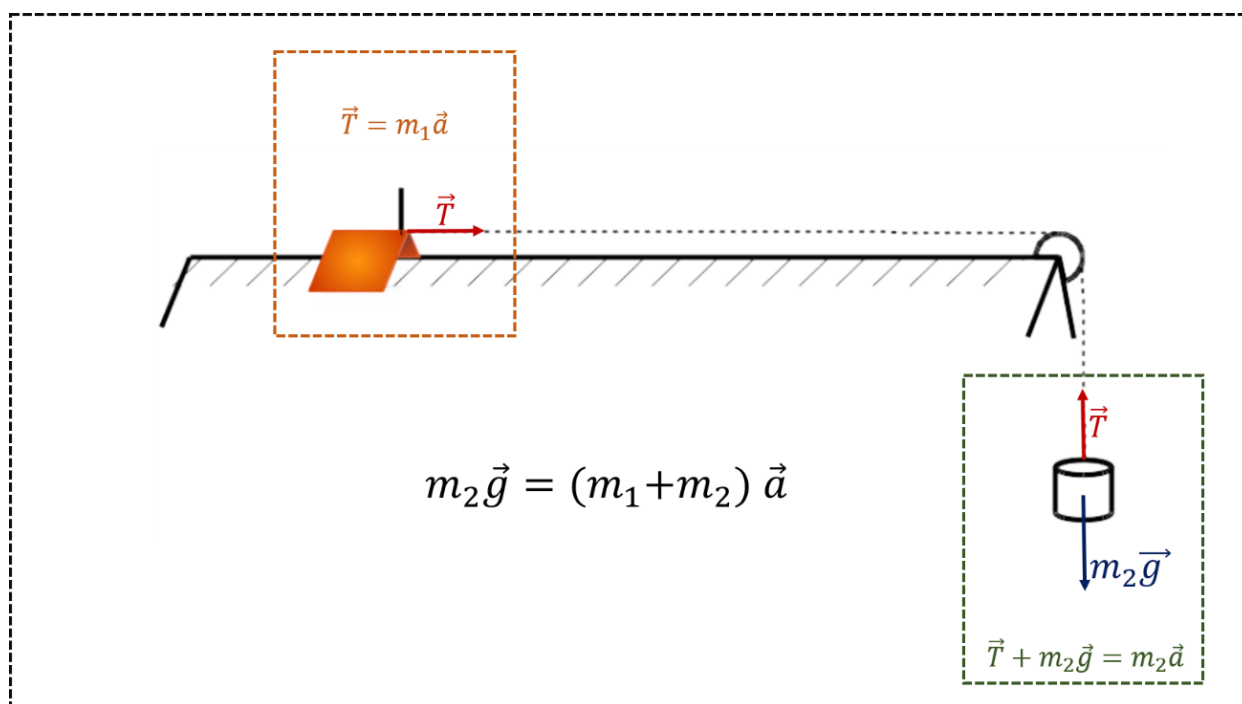


Figura 1 - Esquema de montagem do experimento para estudar a Segunda Lei de Newton

Note que, a aceleração do sistema composto das massas m_1 e m_2 é dada por:

$$a = \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} g \quad (5)$$

onde $g = (9,8 \pm 0,1) \frac{m}{s^2}$ é a aceleração da gravidade adotada no laboratório.

2 - OBJETIVOS

Verificar que a aceleração adquirida por um corpo sujeita a uma força constante é inversamente proporcional à massa do corpo. Constatar que na ausência de atrito a aceleração do sistema em movimento, medida indiretamente através da linearização de um gráfico de $x(t) \times t^2$ é igual a obtida pela relação entre as massas (Equação (5)). Obtenha o valor da aceleração da gravidade utilizando a Equação 5.

3 - MATERIAIS UTILIZADOS

- (i) Trilho de ar com unidade geradora de fluxo (compressor de ar);
- (ii) 01 carro de massa m_1 .
- (iii) 01 suporte com massa acoplável;
- (iv) Uma régua obturadora de luz;
- (v) 01 fio inextensível de massa desprezível;
- (vi) Multicronômetro e cinco sensores fotoelétricos;
- (vii) 02 massas acopláveis;

4 - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

→ ADVERTÊNCIAS

- (i) Nunca movimente os carrinhos sobre o trilho sem que o gerador de fluxo de ar esteja funcionando. Isso pode provocar arranhões na superfície do trilho;
- (ii) Tenha cuidado com o equipamento. Uma queda de alguns centímetros pode inutilizar o carrinho;
- (iii) Coloque os carrinhos sobre a espuma localizada sobre a bancada sempre que ele for retirado do trilho de ar;
- (iv) Nivelamento do sistema: Use o nível de bolha mostrado na Figura 2 (cuidado para não arranhar o trilho). Agora, com o compressor ligado posicione o carrinho no centro do trilho e próximo do nível de bolha. Verifique que ele permanece em “quase” repouso. Se necessário ajuste para obter o máximo possível de repouso.



Figura 2 - Montagem para alinhamento do trilho, utilizando carrinho e suporte com nível de bolha.

- (v) O movimento sempre iniciará do lado oposto a roldana. Perceba que a bobina responsável por impulsionar ou prender o carrinho encontra-se na posição do início do experimento.
- (vi) Nunca segure por mais de 15 s o botão que prende o carrinho na bobina.

→ PROCEDIMENTO

- (i) Meça as massas m_1 e m_2 e anote na folha de dados.
- (ii) Monte o sistema como mostrado na Figura 1 pendurando apenas o suporte (sem a massa acoplável) no fio de nylon e passe pela roldana. Essa será a massa m_2 . **Certifique-se de que o fio não está interferindo nos sensores.**
- (iii) O fio deve estar preso na parte inferior a mola do carrinho e passar entre as grades do trilho de ar (Ver Figura 3).

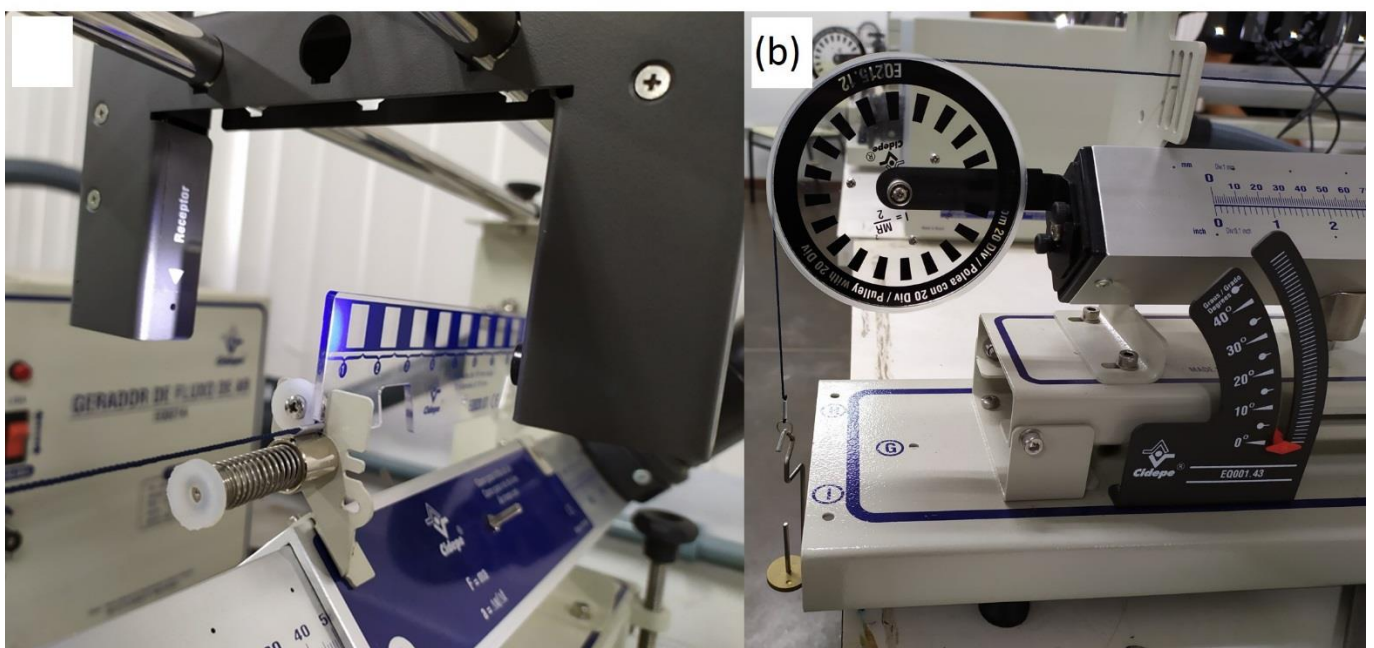


Figura 3 - (a) Carrinho preso por um fio inextensível de massa desprezível na eminência de acionar o sensor fotoelétrico; (b) Fio atravessando a grade do trilho e passando pela roldana.

- (iv) Coloque o carrinho montado próximo do início do trilho (extremidade oposta a da roldana) (lembre-se de sempre movimentar o carrinho com o compressor ligado). Posicione o sensor S_0

próximo a sombra criada pela régua obturadora (Ver Figura 3.a) . **Obs: posicione os sensores fotoelétricos de forma que o carrinho possa atravessá-los sem nenhuma influência externa;**

- (v) A partir do sensor S_0 , posicione os sensores restantes afastados de 15 cm do seu adjacente;
- (vi) Verifique se os cabos dos cinco sensores estão ligados nos canais S_0 a S_4 na ordem crescente com o movimento do carrinho (Sugestão utilize a função F11 do multicronômetro). **Obs.: Sempre que for necessário religar os cabos faça um “reset” no sistema.**
- (vii) Selecione a Função F1 – Tempo de passagem entre os 5 sensores. Esta função mede o intervalo de tempo para o movimento entre sensores adjacentes.
- (viii) Com o compressor ligado posicione o carrinho de forma que sua sombra fique na eminência de ativar o sensor S_0 . Verifique se o Multicronômetro está “zerado”.
- (ix) Solte o carrinho permitindo que ele entre em movimento.
- (x) Acesse TODOS OS TEMPOS de passagem entre sensores adjacentes registrados no Multicronômetro e anote na Tabela 1.
- (xi) Repita o procedimento (ix), (x) e (xi) 10 vezes.
- (xii) Acople as massas ao carrinho (agora m_{1b} = carrinho + massa acoplável). Repita todo o procedimento anterior. Anote os dados na Tabela 2.

5 - ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÕES

- (a) Calcule o valor médio de \bar{t} e o tempo médio quadrado \bar{t}^2 e suas incertezas ($\Delta\bar{t}$ e $\Delta\bar{t}^2$).
- (b) Com os dados das Tabelas 1 e 2, construa os gráficos da posição versus tempo \bar{t}^2 e trace a reta que melhor se ajusta a esses pontos.
- (c) Obtenha os coeficientes linear e angular dessas retas, com suas respectivas incertezas. Qual é a interpretação para os coeficientes angulares dessas retas? Considere $v_0 = 0$ m/s e $x_0 = 0$ m. **Porque pode-se fazer essas considerações?**
- (d) Com os valores obtidos anteriormente, obtenha os valores das acelerações. Compare esses resultados com os obtidos utilizando a Equação 5.
- (e) Obtenha a relação $\frac{a_1}{a_2}$ e compare com o valor teórico. O que você conclui?
- (f) Verifique se o valor da aceleração da gravidade obtida através da Equação 5 para os dados experimentais dos dois procedimentos são iguais ao adotado no laboratório.
- (g) Calcule o valor da Tensão no cabo de nylon para os dois procedimentos.

6 - QUESTIONÁRIO PREPARATÓRIO

Questão 1) Descreva com suas palavras as três Leis de Newton para o movimento.

Questão 2) Como o sistema não tem atrito, explique porque a aceleração de queda do objeto é diferente da aceleração da gravidade. Por que a Tensão não aparece na Equação 5?

Questão 3) Por que o movimento deste sistema pode ser considerado unidimensional? Qual o efeito da Roldana?

Questão 4) Desenhe o diagrama de forças do sistema e demonstre a Fórmula 5. Encontre uma expressão para tensão envolvendo as massas m_1 e m_2 .

Questão 5) Escreva um pequeno parágrafo sobre os procedimentos experimentais que serão realizados.

Experimento A3: Segunda Lei de Newton

Professor: _____ Data: ___/___/___

Alunos: _____, _____, _____

Tabela 1: Tempo de passagem através dos cinco Sensores separados entre si de 15 cm. As massas do carrinho, do suporte e do suporte com a massa acoplável foram $m_{1a} = (\text{_____} \pm \text{_____}) \text{ g}$ e $m_2 = (\text{_____} \pm \text{_____}) \text{ g}$.

N	t_1 tempo de passagem sensor 1 (s)	t_2 tempo de passagem sensor 2 (s)	t_3 tempo de passagem sensor 3 (s)	t_4 tempo de passagem sensor 4 (s)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Tabela 2: Tempo de passagem através dos cinco Sensores separados entre si de 15 cm. As massas do carrinho, do suporte e do suporte com a massa acoplável foram $m_{1b} = (\text{_____} \pm \text{_____}) \text{ g}$ e $m_2 = (\text{_____} \pm \text{_____}) \text{ g}$.

N	t_1 tempo de passagem sensor 1 (s)	t_2 tempo de passagem sensor 2 (s)	t_3 tempo de passagem sensor 3 (s)	t_4 tempo de passagem sensor 4 (s)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				