



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

9 Roteiros – Primeira Sequência

9.1 Experimento 1: Estudo de Cinemática Utilizando Colchão de Ar

9.1.1 Objetivos

- ✓ Reconhecer o movimento retilíneo uniforme (MRU) e o uniformemente variado (MRUV);
- ✓ Obter a velocidade média de um corpo em movimento retilíneo de translação a partir do gráfico de distância percorrida (Δx) versus tempo gasto (Δt);
- ✓ Obter a aceleração média de um corpo em movimento retilíneo de translação a partir do gráfico da variação da velocidade (Δv) com o tempo gasto (Δt);
- ✓ Entender a diferença experimental entre medidas instantâneas e médias;
- ✓ Fornecer a equação relacionando distância com tempo para um móvel em MRU e um em MRUV.

9.1.2 Materiais Necessários

- ✓ 01 colchão de ar com articulador dianteiro e espera traseira para pequenas inclinações com elevação através de fuso milimétrico;
- ✓ 01 carro com imã e haste ativadora na cabeceira direita e mola com suporte M3 na cabeceira esquerda.
- ✓ 4 massas acopláveis de 0,5 N
- ✓ 01 computador para ser utilizado como cronômetro digital.
- ✓ 02 sensores fotoelétricos.

9.1.3 Procedimento Experimental

Parte 1 – Movimento com Velocidade Constante.

1. Para os procedimentos experimentais de 2 a 15, observe a Figura 1.
2. Cuidado: Não arraste o carro sobre o trilho com o colchão de ar desligado.
3. Com o colchão de ar sem inclinação, colocar o imã na extremidade direita do carro e 04 pesos de 50 N sobre este, formando um X.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

4. Coloque a extremidade esquerda do carro sobre a posição 250 mm da escala (800 mm na escala do outro lado). O primeiro sensor deve ser posicionado de forma a que a sombra da haste lateral do carro esteja sobre o buraco do mesmo, quando o carro se encontrar na posição descrita.

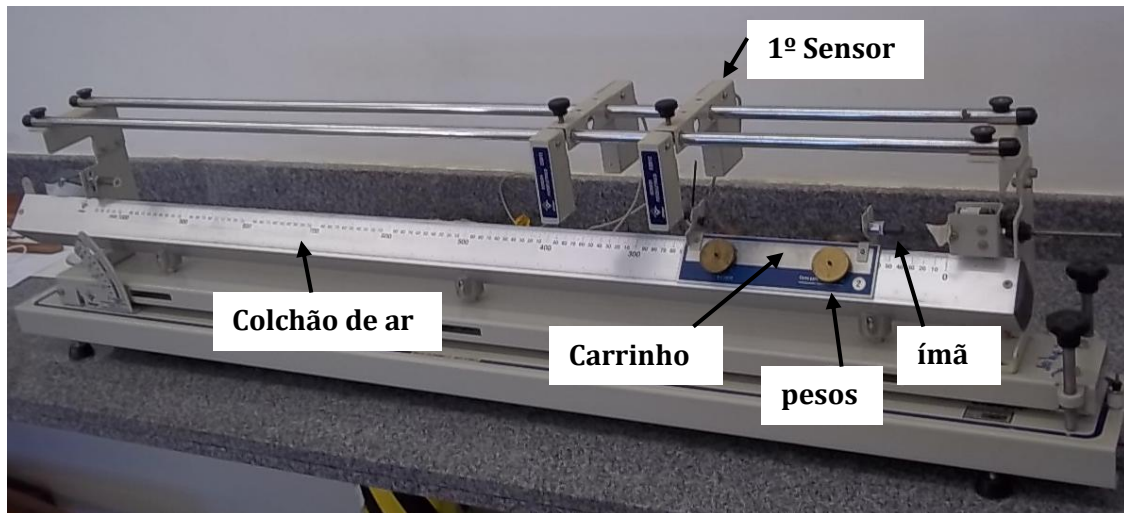


Figura 1 – Montagem experimental do colchão de ar

5. Coloque a extremidade esquerda do carro sobre a posição 300 mm da escala. Utilize a sombra da haste lateral do mesmo para posicionar o segundo sensor. Determine a incerteza na medida da posição por este método.
6. Anote a distância como sendo 50 mm +/- a incerteza determinada no procedimento 4.
7. Ligue o colchão de ar e verifique se o fluxo de ar é suficiente para eliminar o atrito entre o carrinho e o trilho, se não, regule com cuidado a bomba de ar.
8. Use o medidor de nível para verificar se o trilho está nivelado, se não, realize os ajustes necessários.
9. Posicione o carro de forma a que o ímã em sua extremidade direita fique encostado exatamente no centro da bobina posicionada na extremidade direita do trilho. Quando solto nesta posição o carro não deve se mover.
10. Um dos integrantes do grupo deve posicionar-se junto ao computador e colocar o cronômetro do experimento para funcionar.
11. Dispare o carro da posição anterior usando o botão de acionamento da bobina. Verifique se o carro não está "pulando" ao ser lançado pela bobina, se o movimento não for horizontal desde o início chame o professor.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

12. Anote o tempo que o carro levou para percorrer a distância entre os sensores.
13. Após o carro chegar ao outro lado do colchão, pare o movimento e retire o carro.
14. Repita os procedimentos 3 até 11, cinco vezes, anote os tempos obtidos, a diferença entre eles será utilizada para a determinação do erro nas medidas de tempo.
15. Mova o segundo sensor 50 mm na escala (para 350 mm). Repita os procedimentos 8 a 13 para esta nova distância, depois aumente a distância mais 50 mm ... repita até que a posição final do segundo cursor seja de 600 mm.
16. Anote os valores obtidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Distâncias percorridas, tempos médios e desvios no movimento uniforme.

Distância (mm)	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4	Tempo 5	Média	Desvio
50							
100							
150							
200							
250							
300							
350							
400							
450							
500							
550							
600							

17. No relatório, faça um gráfico de distância percorrida X tempo para este sistema.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

Parte 2 – Movimento Uniformemente Acelerado.

1. Substitua o ímã no carro por um pedaço de metal, de forma a que a bobina passe a atrair ao invés de repelir o carro.
2. Incline a rampa 10 +/- 0,5 graus.
3. Com o colchão de ar inclinado, colocar o ímã na extremidade direita do carro e 04 pesos de 50 N sobre este, formando um X.
4. Coloque a extremidade esquerda do carro sobre a posição 250 mm da escala (800 mm na escala do outro lado). O primeiro sensor deve ser posicionado de forma a que a sombra da haste lateral do carro esteja sobre o buraco do mesmo, quando o carro se encontrar na posição descrita.

Não arraste o carro sobre o trilho com o colchão de ar desligado.

5. Coloque a extremidade esquerda do carro sobre a posição 300 mm da escala. Utilize a sombra da haste lateral do mesmo para posicionar o segundo sensor.
6. Anote a distância entre sensores.
7. Posicione o carro de forma a que o pedaço de metal em sua extremidade direita fique encostado exatamente no centro da bobina posicionada na extremidade direita do trilho. Um integrante do grupo deve manter o dedo no botão que liga a bobina de forma a que esta permaneça atraindo o metal até o momento de soltar o carrinho.
8. Um dos integrantes do grupo deve posicionar-se junto ao computador e colocar o cronômetro do experimento para funcionar.
9. Solte o carro da posição anterior usando o botão de acionamento da bobina.
10. Anote o tempo que o carro levou para percorrer a distância entre os sensores.
11. Após o carro chegar ao outro lado do colchão, pare o movimento e retire o carro.
12. Repita os procedimentos 5 até 11, cinco vezes, anote os tempos obtidos, a diferença entre eles será utilizada para a determinação do erro nas medidas de tempo.
13. Mova o cursor e anote os tempos de forma a preencher a tabela abaixo:



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

Tabela 2 – Distâncias percorridas, tempos médios e desvio no movimento uniformemente acelerado.

Distância (mm)	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4	Tempo 5	Média	Desvio
50							
75							
100							
150							
175							
200							
250							
275							
300							
350							
375							
400							
450							
475							
500							
550							
600							

Obs: Note que a tabela possui alguns pontos a 25 +/- 1 mm um do outro, enquanto outros estão espaçados por 50 +/- 1 mm. Isto é feito de propósito para criar um desafio na hora de traçar o gráfico.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

14. Calcule as velocidades instantâneas com respectivas incertezas, utilizando as equações abaixo e preencha a tabela abaixo.

$$v = v_0 + a\Delta t$$

$$x = x_0 + v_0\Delta t + \frac{a\Delta t^2}{2} \quad (1)$$

Obs: Considere $v_0 = 0$ em $x = 0$ (na posição 250 mm do colchão de ar). Se fizermos esta consideração para v_0 , o cálculo da aceleração do carro será afetada por algum erro ? Justifique sua resposta no relatório.

Tabela 3 – Obtenção da velocidade no movimento Uniformemente Acelerado.

Distância Percorrida (considerando o referencial no primeiro sensor) (mm)	Intervalo de Tempo (com incerteza)	Velocidade instantânea no fim do percurso (com incerteza)
50		
75		
100		
150		
175		
200		
250		
275		
300		
350		
375		
400		
450		
475		
500		
550		
600		



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

15. Faça um gráfico de velocidade em função do tempo utilizando os dados da tabela acima, obtenha a aceleração a partir deste gráfico. A partir desta aceleração, obtenha (**g**) a aceleração da gravidade.

9.1.4 O que Incluir no Relatório do Experimento

- As equações algébricas para a posição do carrinho em função do tempo, considerando a aceleração constante, para o movimento com a rampa na horizontal e para o movimento com a rampa inclinada.
- Responda: É possível determinar se a aceleração foi mesmo constante nos dois casos? Demonstre que sim ou que não.
- Obs: Aceleração constante igual a zero ainda é aceleração constante.
- Gráfico de posição X tempo para o movimento uniforme.
- Para o movimento uniforme, faça o cálculo da velocidade a partir do gráfico e uma comparação com a velocidade obtida diretamente a partir dos valores da tabela (calculando linha por linha e obtendo a média). Qual dos dois valores é mais preciso? Por que?
- Gráfico de velocidade X tempo para o movimento uniformemente acelerado.
- Da aceleração calculada a partir do gráfico, obtenha a aceleração da gravidade e compare com o valor tabelado na literatura (cite o livro e destaque o valor apresentado).
- Equações dos movimentos, obtidas a partir dos gráficos.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

9.2 Experimento 2: Equilíbrio entre Corpos num Plano Inclinado com Atrito

9.2.1 Objetivos

- ✓ Reconhecer os efeitos da força motora P_x e de sua equilibrante (tensão, compressão, atrito, etc).
- ✓ Reconhecer os efeitos da componente do peso P perpendicular a rampa P_y e sua equilibrante (força normal N).
- ✓ Determinar a dependência de P_x e P_y com o ângulo de inclinação da rampa.
- ✓ Determinar a dependência de P_x e P_y com a massa envolvida e a aceleração gravitacional no local.
- ✓ Determinar a vantagem mecânica V_m da máquina simples denominada plano inclinado.
- ✓ Saber interpretar o comportamento do atrito no sistema.
- ✓ Determinar o coeficiente de atrito estático de diversas superfícies.

9.2.2 Materiais Necessários

- ✓ 01 plano inclinado com ajuste angular regulável, escala de 0 a 45 graus, com divisão de um grau, indicador da inclinação; sistema de elevação contínuo por fuso milimétrico; sapatas niveladoras amortecedoras; rampa principal metálica com trilhos secundários paralelos tipo bordas finas, ranhura central, esperas laterais, escala na lateral do trilho secundário.
- ✓ 02 massas acopláveis de 50 g;
- ✓ 01 carrinho com conexão flexível para dinamômetro, conjunto móvel indicador da orientação da força peso com haste normal e espera de carga adicional;
- ✓ 01 dinamômetro de 2 N.
- ✓ 01 corpo de prova de madeira com uma das faces revestida em material com alto coeficiente de atrito.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
 Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

9.2.3 Procedimento Experimental

1. Verifique o zero do dinamômetro, avalie a incerteza deste instrumento.
2. Pese o sistema carrinho + pesos (veja Figura 1) com o uso do dinamômetro (Neste caso, na posição vertical). Anote o valor obtido, bem como a incerteza.
3. Obs: Cuidado ao utilizar o dinamômetro para não ultrapassar a carga máxima que ele suporta.
4. Girando o manípulo do fuso de elevação contínua eleve o plano inclinado até um ângulo de 30 graus (Figura 1).

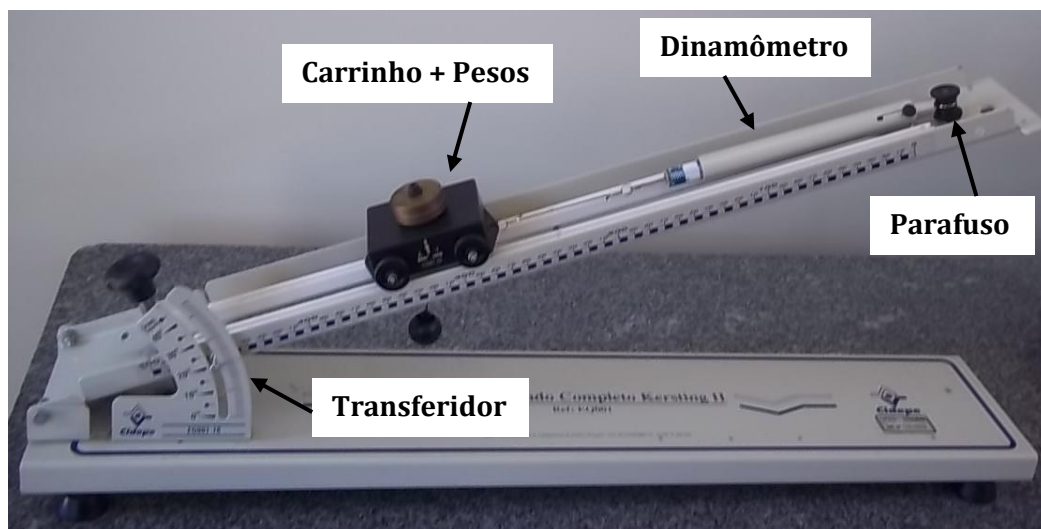


Figura 1- Montagem experimental para o carrinho + pesos no plano inclinado.

5. Prenda o dinamômetro no parafuso situado na parte superior da rampa do plano inclinado. Observe para que o dinamômetro fique paralelo ao plano inclinado.
6. Prenda o carrinho ao dinamômetro.
7. Realize quatro valores de força medida pelo dinamômetro. Obtenha a média e adote o desvio padrão como incerteza.
8. Faça o diagrama de forças que atuam neste momento sobre o móvel, identificando cada uma delas.
9. Diminua a inclinação do plano inclinado para 20 graus e meça a força no dinamômetro.
10. Obtenha e anote a relação entre a força mínima necessária para fazer o carro subir a rampa e o peso do carro, para os ângulos de 30 e 20 graus.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
 Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

11. Retire o carro e o dinamômetro da rampa.
12. Use o dinamômetro para medir o peso do corpo de prova (Figura 2).
13. Coloque o plano em posição horizontal.



Figura 2 – Montagem experimental para o plano em posição horizontal.

14. Reajuste o zero do dinamômetro para que este trabalhe na posição horizontal.
15. Utilizando o dinamômetro, meça a força de atrito estático entre as superfícies do corpo de prova e a rampa do plano, agora na posição horizontal. Repita o procedimento de medida cinco vezes, obtenha a média e o desvio padrão.
16. Coloque a superfície esponjosa do corpo de prova para baixo e aumente o ângulo de inclinação da rampa, batendo levemente nela em cada grau, até que o corpo de prova comece a se mover lentamente.
17. Retire o corpo, reduza um pouco o ângulo, recoloque o corpo sobre a rampa e verifique se o corpo ainda se move. Caso não se mova aumente o ângulo até ele começar a se mover. Anote este ângulo.
18. Repita a determinação do ângulo em que o corpo está na iminência de movimento cinco vezes.
19. Repita os procedimentos 11- 18 com a superfície de madeira do corpo em contato com a rampa.
20. Preencha os formulários abaixo:

Peso dos cilindros de 50g com incerteza	
Peso do carrinho com incerteza	
(Peso do carrinho + pesos) com incerteza	



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
 Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

Força medida pelo dinamômetro com o carrinho no plano inclinado.

Ângulo	Força Medida				Valor médio	Desvio
30 graus						
20 graus						

Peso do corpo de Prova = _____

Força de Atrito Estático no Plano horizontal

Superfície	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	Média	Desvio
Lisa							
Esponjosa							

Ângulo de Iminência do Movimento (obtido variando o ângulo até que o objeto esteja na iminência de movimento)

Medições	Superfície Lisa (ângulo em graus)	Superfície Esponjosa (ângulo em graus)
Medida 1		
Medida 2		
Medida 3		
Medida 4		
Medida 5		
Média		
Desvio		

9.2.4 O que Incluir no Relatório do Experimento.

- Os diagramas de força (**com valores**) de todos os sistemas estudados.
- Verifique se a força medida no dinamômetro para o carrinho no plano inclinado confere com o previsto na teoria.
- A vantagem mecânica do plano inclinado (Peso/Força mínima para suspender a carga), para dois ângulos diferentes.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

- Uma discussão sobre as vantagens e desvantagens do uso de planos inclinados com menor ângulo de inclinação.
- O cálculo dos coeficientes de atrito estático das superfícies do corpo de prova em relação à rampa, utilizando o dinamômetro.
- O coeficiente de atrito estático é numericamente igual a tangente do ângulo de inclinação da rampa quando o corpo se encontra na iminência de movimento? Por que?