

8. TABELA DE EXPERIMENTOS

Bloco I

EXPERIÊNCIAS	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana
Determinação da aceleração de um corpo usando conceitos cinemáticos (MRUV) e dinâmicos	G1 & G2	G7 & G8	G5 & G6	G3 & G4
Constante elástica da mola e as associações em série e paralelo	G3 & G4	G1 & G2	G7 & G8	G5 & G6
Movimento Parabólico	G5 & G6	G3 & G4	G1 & G2	G7 & G8
Equilíbrio de Forças: Experimentos 1 e 2	G7 & G8	G5 & G6	G3 & G4	G1 & G2

9. Determinação da Aceleração de um Corpo (Cinemática e Dinâmica)

1. Objetivo

Aplicação dos conceitos da cinemática e dinâmica no movimento de uma partícula.

2. Material

Trilho de ar, insuflador e carro, roldana com sensor eletrônico, cabos de conexão e fio, computador com interface, massas, suporte, balança eletrônica e paquímetro.

3. Questionário de estudo

Considere um corpo em movimento retilíneo:

- 3.1 Quando um corpo pode ser representado como uma partícula?
- 3.2 Qual a definição de velocidade escalar média? E velocidade escalar instantânea?
- 3.3 Que grandeza física caracteriza uma alteração na velocidade de um corpo?
- 3.4 Qual a forma dos gráficos: posição \times tempo, velocidade \times tempo e aceleração \times tempo para um movimento retilíneo uniforme e um movimento retilíneo uniformemente variado?
- 3.5 É necessária a ação de uma força para manter um corpo sobre uma superfície sem atrito e com velocidade constante? E para mantê-lo com aceleração constante ?
- 3.6 O que diz a 1o Lei de Newton ou a Lei da Inércia?
- 3.7 O que diz a 2o Lei de Newton para o movimento?

4. Metodologia.

Nesta experiência vamos utilizar um conjunto da PASCO composto de trilho de ar, interface de coleta de dados, programas de coleta e tratamento de dados experimentais. Este conjunto pode ser usado para realizar vários experimentos de Física. O uso do trilho de ar tem a grande vantagem de minimizar os efeitos do atrito.

A figura 1 mostra o arranjo experimental. O carro está ligado ao suporte de massas por um fio. Este fio tem massa desprezível e passa por uma roldana com dispositivo eletrônico de medida de tempo. A leitura eletrônica de tempo é feita da seguinte maneira: a roldana é composta por dez setores vazados e dez cheios de mesmo tamanho. Através da medida do intervalo de tempo entre dois setores pode-se determinar o correspondente deslocamento linear do corpo. Portanto, nesta prática se obtém, para

deslocamentos constantes, diferentes intervalos de tempo, uma vez que se trata de um movimento acelerado.

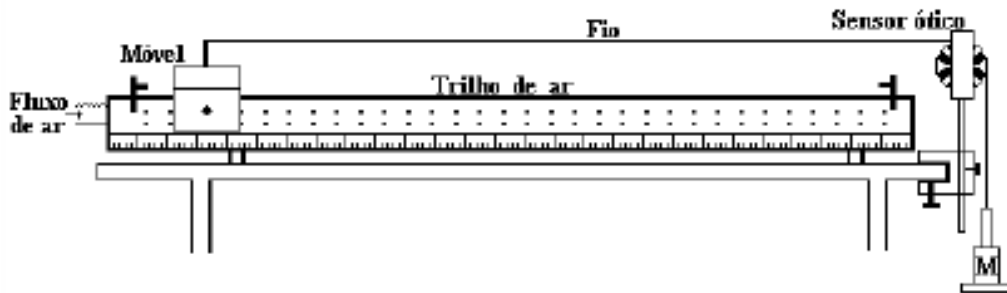


Figura 1 – Esquema da montagem experimental

Através das medidas da posição e tempo é possível fazer uma análise cinemática do movimento, calculando velocidade e aceleração do carro sobre o trilho. Por outro lado, conhecendo-se as massas envolvidas no problema em estudo, pode-se aplicar as Leis de Newton e determinar a aceleração.

5. Procedimento Experimental

5.1 - Procedimento no Microcomputador

5.1.1 Ligue o computador e pressione o botão I/O para energizar a interface.

5.1.2 Conecte o sensor da polia na interface.

5.1.3 No Desktop do Windows acesse o programa Data Studio. Na janela, click em abrir uma atividade, encontre a pasta arquivos data Studio e abra o arquivo mruv.sp.

5.1.4 Após a abertura do arquivo estarão visíveis as janelas – procedimento, tabelas e o vídeo ilustrativo.

5.1.5 No menu suspenso click em configurar. Abre-se uma janela com a imagem da interface e um ícone mostrando os sensores ligados à mesma.

5.1.6 Conecte o cabo USB da interface em uma das entradas do computador. Para conectar o sensor click sobre o texto “Clickar e conectar sensor”. Quando o sensor estiver conectado, o botão iniciar estará habilitado.

5.2 - Prática experimental

5.2.1 Observe a montagem de acordo com a figura 1.

5.2.2 Certifique-se de que a fonte de ar esteja ligada e na posição 3,5.

5.2.3 Verifique se o trilho está perfeitamente alinhado e nivelado.

- 5.2.4 Coloque o carro sobre o trilho e o conecte ao suporte de massas através do fio. Escolha um comprimento de fio adequado de modo a não deixar o suporte com massas atingir o chão.
- 5.2.5 Verifique se o fio que liga o carro às massas está paralelo ao trilho de ar.
- 5.2.6 Verifique se o led no sensor da polia está funcionando. Isso significa que a partir de agora o computador está apto a fazer a leitura dos intervalos de tempo correspondentes ao movimento da roldana.
- 5.2.7 Solte o carro, que deve estar o máximo possível afastado da roldana e o deixe transladar sobre o trilho de ar apenas sob a influência da massa pendurada no suporte.
- 5.2.8 Um instante antes, de o carrinho tocar o suporte com elástico, pressione o botão Parar para concluir a coleta de dados. Os dados são registrados de acordo com seus lançamentos individualmente na forma de duas colunas: posição e intervalo de tempo.
- 5.2.9 Repita os quatro últimos procedimentos fazendo mais quatro lançamentos. Escolha um conjunto de dados para a análise dos resultados.

Observação: Não coloque (e nem deixe) o carro sobre o trilho enquanto o insuflador estiver desligado.

- 5.2.10 Os dados selecionados podem ser salvos num arquivo próprio ou transformados em arquivo PDF via impressora PDF.
- 5.2.11 Meça e anote a massa do carro e aquela que produz tração no carro.

<i>Carrinho</i> (kg)	<i>Massa de tração</i> (kg)

6. Análise dos dados experimentais




Utilizando o papel milimetrado

- 6.1 Escolha, na tabela de dados coletados do DataStudio, 10 pontos ou coordenadas (Posição, Tempo) e faça o gráfico Posição *versus* Tempo no papel milimetrado. Sugestão, escolha pontos igualmente separados uns dos outros, abrangendo pontos do início ao fim do movimento.
- 6.2 Que tipo de equação descreve a curva do gráfico gerado?
- 6.3 O que representa o coeficiente angular da **reta tangente** à curva Posição *versus* Tempo em um dado instante?
- 6.4 Trace uma reta tangente à curva em cada ponto no gráfico e determine o coeficiente angular nestes pontos.

- 6.5 Faça o gráfico Velocidade *versus* Tempo com os resultados obtidos no item anterior.
- 6.6 No gráfico, velocidade versus tempo, obtenha o coeficiente angular. O que representa este coeficiente angular?
- 6.7 O carro pode ser representado por uma partícula? Por quê?
- 6.8 Construa um diagrama de forças para o carro e para a massa pendurada.
- 6.9 Qual é a expressão para a aceleração obtida através das leis da dinâmica? Determine seu valor. Determine a tensão (tração) na corda. Ela é maior, menor, ou igual ao peso do corpo suspenso?
- 6.10 O que acontece se o fio que conecta o carro às massas não estiver paralelo ao trilho?
- 6.11 Compare e discuta os valores das acelerações obtidos através da cinemática e da dinâmica.
- 6.12 Discuta os resultados experimentais obtidos comparando-os com os previstos pela cinemática da partícula.

Utilizando o Data Studio

Salve os dados experimentais. O Data Studio gera um gráfico para nossa análise, se preferir utilize outro programa de confecção de gráficos ou use o papel milimetrado para a construção dos gráficos. O procedimento abaixo é referente ao Data Studio.

- 6.13 Que tipo de equação descreve a curva do gráfico gerado?
- 6.14 O que representa o coeficiente angular da reta tangente à curva Posição *versus* Tempo em um dado instante?
- 6.15 Para obter este coeficiente, iremos dar um zoom na tela. Click no botão , e em seguida selecione uma região do gráfico (click na tela abrindo uma janela). Com os pontos mais visíveis, click no botão , para obter o coeficiente angular no ponto. Determine a velocidade instantânea para no mínimo cinco pontos. Para selecionar um ponto qualquer no gráfico, repita o procedimento para obter um zoom da região desejada e depois click no botão . No centro da tela aparece um eixo de coordenadas com um quadrado no centro. Movimente o cursor sobre o mesmo, o cursor mudará de forma, quando isto ocorrer, click e arraste até a posição desejada. Os números entre parênteses são os valores das coordenadas.
- 6.16 No gráfico, velocidade versus tempo, obtenha o coeficiente angular. O que representa este coeficiente angular?

7. Bibliografia

Fundamental

- Fundamentos de Física. D. Halliday and R. Resnick, Vol. 1, 1994. Capítulo:2 – Seções: 1 – 6. Capítulo 5 – Seções: 1 – 9.
- Física – P. Tipler, vol. 1.

Complementar

- Física; Sears, Zemansky e Young; Vol. 1; Capítulo – Seção: 5, 1990.
- Física – Fundamentos e Aplicações. R.M. Eisberg, L.S. Lerner, Vol. 1,1983. Capítulo: 2 – Seções: 1 – 7. Capítulo: 4 – Seções: 1 – 6. Capítulo 5 – Seções: 1 e 3.
- Curso de Física Básica – Mecânica; Nussenzveig, H. M.; Mecânica Vol. 1, 2002.

10. Constante Elástica de uma Mola e as Associações em Série e Paralelo

1. Objetivo

Determinar a constante elástica de uma mola por métodos gráficos. Determinar a constante elástica resultante de uma associação de molas.

2. Material

Um suporte com régua, duas molas e diversas massas.

3. Questionário para estudo

- 3.1 Enuncie a lei de Hooke.
- 3.2 Qual a unidade da constante elástica de uma dada mola nos sistemas SI e CGS?
- 3.3 O que é limite de elasticidade de uma mola ou um corpo qualquer?
- 3.4 Um corpo suspenso por uma mola está sujeito à ação de forças. Faça um diagrama do corpo livre, i. é, mostrar todas as forças que atuam sobre o corpo.
- 3.5 Um corpo de $(100,00 \pm 0,02)$ g é suspenso em uma mola. Quando o equilíbrio é atingido a mola alongou-se de $(8,4 \pm 0,1)$ mm. Qual o valor da constante elástica da mola?
- 3.6 Considerando a mesma mola do índice anterior, qual deve ser o alongamento da mola para suspender uma massa de $(10,5 \pm 0,1)$ g?
- 3.7 Mostre como pode ser calculada a constante elástica equivalente para um sistema com molas em paralelo e em série.

4. Procedimento experimental

- 4.1 Coloque a mola no suporte, juntamente com o prato e, meça o comprimento da mola (L_0). Este comprimento corresponde ao estado de equilíbrio da mola, ou seja, será a marca 0 (zero de deformação). Dessa forma, a deformação causada pelo prato e o próprio peso da mola não influencia na deformação.
- 4.2 Suspenda as diversas massas fornecidas na mola e meça o comprimento da mola (L), tendo o cuidado de tomar sempre o mesmo ponto de referência, anotando-o numa tabela 1. Tenha muita atenção com o erro de paralaxe.
- 4.3 Calcule a força exercida por cada massa sobre a mola e anote na tabela 1.

4.4 Calcule a constante elástica k para cada ponto.

4.5 Calcule a média aritmética da constante elástica da mola e anote na tabela 1.

Tabela 1 – Tabela de coleta de dados experimentais MOLA 1.

Medida	Massa ()	$\Delta L = L - L_0$ ()	F ()	k ()
0				
1				
2				
3				
4				
5				
				Média =

4.6 Troque a mola e repita o procedimento dos ao 4-1 a 4-5.

Tabela 2 – Tabela de coleta de dados experimentais MOLA 2.

Medida	Massa ()	$\Delta L = L - L_0$ ()	F ()	k ()
0				
1				
2				
3				
4				
5				
				Média =

4.7 Faça uma montagem das molas em série e em paralelo e repita o procedimento dos itens 4.1 a 4.5.

Tabela 3 – Tabela de coleta de dados experimentais Associação em Série.

Medida	Massa ()	$\Delta L = L - L_0$ ()	F ()	k ()
0				
1				
2				
3				
4				
5				
				Média =

Tabela 4 – Tabela de coleta de dados experimentais Associação em Paralelo.

Medida	Massa ()	$\Delta L = L - L_0$ ()	F ()	k ()
0				
1				
2				
3				
4				
5				
				Média =

5. Análise dos dados experimentais

5.1 Faça um gráfico de F versus ΔL , no mesmo papel milimetrado.

5.2 Determine as constantes k das molas a partir dos gráficos.

5.3 Determine a constante elástica das molas

5.4 Determine as constantes elásticas das molas nas associações em série e paralelo.

6. Questões

- 6.1 Duas molas de mesma forma e material tem comprimentos diferentes (L_0). Qual delas tem maior valor de constante elástica (k).
- 6.2 Uma mola colocada na horizontal tem um determinado comprimento L_0 . Quando colocada na posição vertical (sem qualquer massa suspensa) tem o mesmo L_0 ? Se não, explique!
- 6.3 O fato de se ter desprezado no experimento a posição vertical da mola e o suporte das massas, implicaria em erros experimentais? Justifique sua resposta!
- 6.4 Compare os valores das constantes elásticas de cada mola com as associações feitas, levando em conta as associações em série e paralelo.

7. Bibliografia

- Física – Halliday e Resnick; Vol. 1; Seção: 7-4; Vol. 3; Seção 27-4.
- Física – P. Tipler, Vol. 1, 1994.

Complementar

- Curso de Física Berkeley, Mecânica, Cap. 5, 1970.

11. Movimento Parabólico

1. Objetivo

Estudar o movimento de projéteis lançados horizontalmente.

2. Material

Rampa de lançamento, suportes, 2 esferas, nível, anteparo de madeira, papel branco e papel carbono, balança e trena.

3. Introdução

O Movimento uniformemente acelerado de partícula em três dimensões tem como característica a aceleração constante em módulo e direção.

No caso geral de uma partícula em movimento sob ação apenas da gravidade, escreve-se as equações de movimento na forma vetorial. Para o caso particular deste experimento, o movimento a estudar é de uma pequena esfera metálica, num lançamento horizontal. Considera-se que a aceleração é g (constante), perpendicular a direção da velocidade inicial, no instante do lançamento.

O movimento do projétil a partir do ponto em que ele deixa a rampa pode ser decomposto como dois movimentos independentes (proposição de Galileu), um paralelo a direção da aceleração (eixo Y) e outro perpendicular a mesma (eixo X). As equações que supostamente descrevem estes movimentos independentes seriam:

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2 \qquad x = x_0 + v_{0x}t$$

Adotando-se a origem do sistema de referência para a posição na qual a esfera abandona a rampa de lançamento, (neste caso $y_0 = 0$, $x_0 = 0$ e $v_{0y} = 0$), as equações acima ficam simplificadas:

$$y = \frac{1}{2}gt^2 \qquad x = v_{0x}t$$

Ou eliminando-se t :

$$y = \frac{gx^2}{2v_{0x}^2}$$

4. Questionário para estudo:

- 4.1 Classifique as grandezas seguintes em escalares ou vetoriais: massa, posição, velocidade, aceleração e força. Quais as unidades no SI destas grandezas?
- 4.2 Escolha uma nova origem em ponto diferente do considerado acima, por exemplo, no ponto O da Figura 1, escreva as equações e obtenha a equação que relaciona y e x .

- 4.3 Num lançamento horizontal, o projétil teve seu deslocamento máximo de 56,4 cm, sendo a altura de lançamento de 34,5 cm. Qual a velocidade de lançamento do projétil? Adote o valor para a aceleração da gravidade como $g = 9,79 \text{ m/s}^2$.
- 4.4 Considere uma esfera em movimento (Figura 1). As medidas do deslocamento vertical do seu centro de massa são afetadas pelo seu tamanho? E as horizontais?
- 4.5 A massa da esfera influi no deslocamento máximo do lançamento? Justifique.

5. Método

Usa-se a rampa para produzir na esfera uma velocidade de lançamento horizontal. Quando a esfera é solta de uma mesma posição H sobre a rampa de lançamento, as posições x e y de sua trajetória podem ser medidas. Para isso são usadas as marcas produzidas pela esfera que atinge uma plataforma móvel na qual é fixa uma folha de carbono sobre uma folha de sulfite. É aconselhável tomar várias medidas para os pares x, y .

6. Procedimento experimental

6.1 Determinação da velocidade de lançamento

6.1.1 Monte a rampa de lançamento conforme a Figura 1.

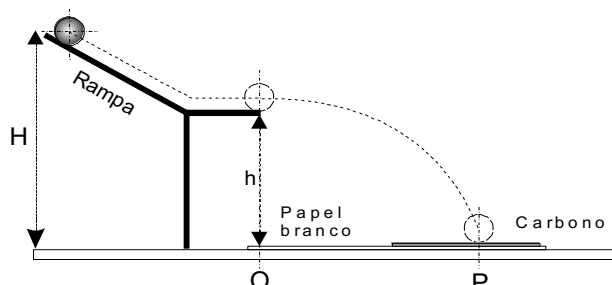


Figura 1 – Esquema da montagem experimental

- 6.1.2 Escolha um ponto sobre a rampa, a partir do qual você iniciará o experimento e meça a altura H dessa posição. Também meça a altura h , distância entre o ponto onde a esfera deixa a rampa e a base onde deve se colocado um papel branco.
- 6.1.3 Defina o sistema de referência e determine o ponto P, de deslocamento máximo da esfera.
- 6.1.4 Coloque o papel carbono na região onde a esfera atinge a mesa. Faça alguns lançamentos. Meça a distância OP. Anote os dados na Tabela 1.
- 6.1.5 Repita o mesmo procedimento para a outra esfera.

6.1.6 Calcule a velocidade com que cada esfera abandona a rampa.

Tabela 1 – Determinação da velocidade de lançamento.

Esfera	Deslocamento 1	Deslocamento 2	Deslocamento 3	Deslocamento médio	Vel. de lançamento
1					
2					

6.2 Obtenção da trajetória

6.2.1 Escolha uma das esferas para os próximos passos. Justifique a escolha.

6.2.2 Escolha seis posições diferentes x_i ao longo do segmento OP, para posicionar o anteparo. Coloque um papel branco e carbono sobre o anteparo.

6.2.3 Coloque o anteparo na primeira posição. Lance algumas vezes esfera da mesma altura H . Repita este procedimento para outras posições do anteparo.

6.2.4 Retire o papel carbono e faça as medidas das posições y_i correspondentes, preenchendo a Tabela 2.

Tabela 2 – Determinação da trajetória.

5		
6		

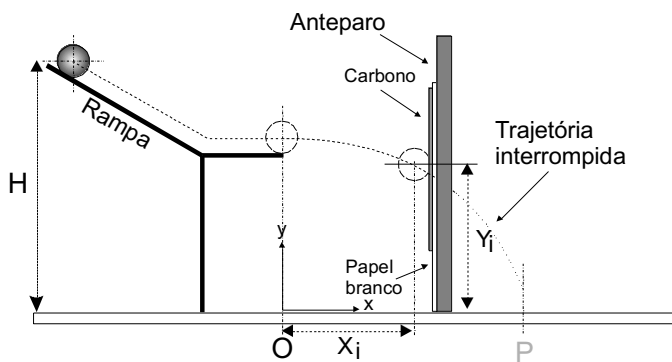


Figura 2 – Esquema da montagem experimental.

Lançamento	x_i ()	y_i ()
1		
2		
3		
4		

7. Análise experimental

- 7.1 Os deslocamentos das duas esferas foram os mesmos? Por quê?
- 7.2 Faça um gráfico da altura y versus x , tomando como origem o ponto O, na Figura 1, (Gráfico 1).
- 7.3 Linearize o gráfico 1. Este gráfico linearizado será denominado gráfico 2.
- 7.4 Determine a velocidade da esfera no instante em que ela deixa a rampa, usando os resultados obtidos do gráfico 2 (interpretação do coeficiente angular). Qual o significado do coeficiente linear obtido?
- 7.5 Determine a velocidade vetorial para a esfera, no instante $t = 0,01$ s.
- 7.6 Use outro método para determinar a velocidade da esfera ao deixar a rampa. Compare com o valor obtido usando a cinemática. Discuta estes resultados.

8. Bibliografia

Fundamental

- Física – P. Tipler, vol. 1, 1994.

Complementar

- Física; Sears, Zemansky e Young; Vol. 1; Seção: 5-5,1990
- Curso de Física Básica – Mecânica; H. M. Nussenzveig; Vol 1, 2002

12. Equilíbrio de Forças

1. Objetivos

- Determinar analiticamente e graficamente a resultante de um sistema de forças (experimento 1).
- Verificar validade da expressão para a resultante de duas forças concorrentes (experimento 2).

2. Objetivos Específicos

- Identificação de grandezas vetoriais. Operações com vetores
- Determinação de módulo, direção e sentido de um vetor.
- Comprovar a condição de equilíbrio $\sum F = 0$.

Experimento 1 – Estudo analítico e gráfico da resultante de forças

3. Material

Placa de experimento imantada, dinamômetro, 3 polias, escala circular em graus, 2 suportes com massa, fio, anel indicador, papel e transferidor.

4. Método

Um conjunto de roldanas posicionadas sobre uma placa, juntamente com dinamômetro e massas aferidas, permite analisar a condição de equilíbrio.

5. Questionário para estudo

- 5.1 Qual a diferença entre uma grandeza vetorial e uma grandeza escalar?
- 5.2 Sabendo-se que o corpo 1 exerce uma força F_{12} sobre o corpo 2, qual a direção e sentido da força que o corpo 2 exerce sobre o corpo 1?
- 5.3 Quais os métodos para determinação da força resultante de um sistema de forças que atuam sobre um corpo? Descreva-os.
- 5.4 Qual a condição de equilíbrio de translação de um corpo?
- 5.5 Faça o diagrama de forças atuando nas roldanas, no dinamômetro e no ponto O, da Figura 1.
- 5.6 Enuncie a lei de Hooke. Esta lei é válida para qualquer deformação de uma mola?
- 5.7 Quais os conceitos físicos básicos envolvidos neste experimento?

6. Procedimento Experimental 1

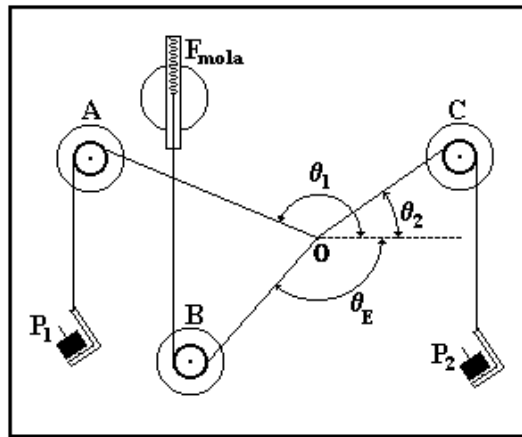


Figura 1 – Esquema da montagem Experimental

- 6.1 Monte o equipamento conforme a figura abaixo, ou num outro arranjo que você desejar, verificando se a base magnética está na vertical.
- 6.2 Meça as massas M_1 e M_2 , não se esquecendo de levar em conta a massa do suporte. Coloque as massas M_1 e M_2 nos suportes.
- 6.3 Verifique se o dinamômetro e a roldana B estão verticalmente alinhados.
- 6.4 Centralize o transferidor no ponto O, alinhando o prumo com um dos eixos.
- 6.5 Faça a leitura dos ângulos θ_1 , θ_2 , e θ_E , anotando na Tabela 1.
- 6.6 Faça a leitura da escala do dinamômetro, F_{mola} (escala N) e da deformação da mola Δx (escala mm).
- 6.7 Repita o mesmo procedimento anterior para diferentes massas M_1 e M_2 (3 vezes). Anote os dados experimentais na Tabela 1. Observe que F_E é a força oposta a resultante de F_1 e F_2 no ponto O.

Tabela 1: Dados coletados em diferentes configurações.

Sit.	M_1	M_2	F_1	F_2	θ_1	θ_2	θ_E	Δx	F_m	F_E
	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()
01										
02										
03										

7. Análise dos dados experimentais 1

Escolha um dos conjuntos de dados experimentais acima para fazer a análise.

- 7.1 Determine o módulo das forças que M_1 e M_2 exercem (força peso) sobre as roldanas A e C, respectivamente.
- 7.2 Use os módulos de F_1 e F_2 e os valores medidos para θ_1 e θ_2 para representar os vetores F_1 e F_2 numa folha de papel (escolha uma escala conveniente para os módulos das forças)
- 7.3 Encontre o módulo e a direção da força F_E , oposta a resultante das forças F_1 e F_2 através do método gráfico.
- 7.4 Compare o valor do módulo de F_E com aquele medido por você diretamente através do dinamômetro (F_m) e transferidor.
- 7.5 Escreva F_1 , F_2 e F_m na forma vetorial: $F = F_x \mathbf{i} + F_y \mathbf{j}$.
- 7.6 Determine o vetor soma ($F_1 + F_2$) através do método analítico. Compare com o obtido graficamente.
- 7.7 Compare este valor de F_E com aquele obtido no dinamômetro.
- 7.8 Qual o erro percentual encontrado nos itens 7.3 e 7.6, com relação a força tomada como referência F_m ?
- 7.9 O ponto O do diagrama está sempre na mesma posição para um mesmo conjunto de forças, posições das roldanas e dinamômetro? Se você tirar o conjunto da posição de equilíbrio, o ponto O, volta a posição anterior? Esta constatação inviabiliza a verificação da lei de equilíbrio estático?
- 7.10 Determine a constante elástica da mola.

Experimento 2 – Análise da resultante de forças concorrentes

Para atender o segundo objetivo, posicione duas roldanas como indicado na fig 2. Vamos analisar a condição quando duas forças concorrentes f_1 e f_2 são equilibradas por uma força F_R . Se f_1 e f_2 são os módulos das forças devido às massas M_1 e M_2 presas nas extremidades dos fios, o módulo da resultante é dado por:

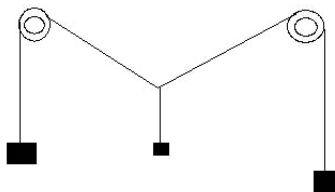


Figura 2: esquema da montagem experimental

$$R = (f_1^2 + f_2^2 + 2f_1f_2 \cos \alpha)^{1/2}$$

Onde α é o ângulo entre as direções das forças. Para o caso de massas iguais nas extremidades tem-se que as forças também são iguais ($f_1 = f_2 = f$), a expressão anterior fica:

$$R = [2f^2(1 + \cos \alpha)]^{1/2}$$

Colocando em outra forma:

$$\cos \alpha = \frac{R^2}{2f^2} - 1$$

8. Procedimento Experimental 2

- 8.1 Monte um arranjo experimental como indicado na figura 2.
- 8.2 Determine as massas dos 2 suportes antes de fixá-los nos extremos do cordão.
- 8.3 Adicione entre 50 e 100 gramas aos suportes, lembre-se da sugestão de massas iguais.
- 8.4 Próximo ao meio do cordão coloque o terceiro suporte. Determine o ângulo, usando um transferidor. Anote este valor. Afaste ligeiramente o suporte central da condição de equilíbrio e deixe-o voltar novamente a ela. Meça outra vez o ângulo. Repita o procedimento, anote o ângulo.
- 8.5 Adicione massas ao suporte do meio e anotes seus valores. Meça o ângulo α de modo semelhante ao anterior.
- 8.6 Repita o processo adicionando outras massas no suporte central.

Tabela 2: Dados coletados em diferentes configurações.

N	R ()	α_1	α_2	α_3	α_4	$\alpha_{\text{médio}}$	$\cos(\alpha)$	R^2 ()
1								
2								
3								
4								
5								

- 8.7 Faça um gráfico de $\cos(\alpha_{\text{médio}})$ versus R^2 .
- 8.8 Ajuste uma reta pelos pontos experimentais. Determine os coeficientes angular e linear. Dê a interpretação dos resultados.

9. Análise dos dados experimentais.

- 9.1 Por que a escolha do gráfico $\cos(\bar{\alpha}) \times R^2$?
- 9.2 Qual o significado dos coeficientes angular e linear?
- 9.3 Quais as possíveis causas das dispersões dos dados experimentais?
- 9.4 Como é possível estimar o atrito presente nas roldanas? Como ficaria a equação se o atrito presente nas roldanas for levado em consideração?

10. Bibliografia**Fundamental**

- Fundamentos de Física. D. Halliday and R. Resnick, Vol. 1 e 2, 4a Ed., Cap. 3 – Seções 1 a 5; Cap.5, Seções 1 a 8. Capítulo 13, Vol 2, (1994).
- Física – P. Tipler, Vol. 1

Complementar

- Física. F. Sears, M.W. Zemansky e H.D. Young, Vol 1, Cap. 1 – Seção 1-7. Cap. 2 – Seção 1-7, (1983).
- Física – Fundamentos e Aplicações; R.M. Eisberg, L.S. Lerner, Vol. 1, Cap. 1 – Seção 1-7, Cap. 2- Seção 1-7, (1983).