Manual de Instruções e Guia de Experimentos

CONJUNTO DE MECÂNICA DOS SÓLIDOS

OBSERVAÇÃO SOBRE OS DIREITOS AUTORAIS

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

POLITICA DE DEVOLUÇÕES

Todas as devoluções de produtos requerem uma autorização de devolução de mercadoria (RMA). Para isto entre em contato conosco pelo nosso formulário de contato, ou pelo email contato@azeheb.com.br ou pelo telefone (41) 3052-3650.
Produtos devolvidos para troca ou crédito deverão estar em condição de novo e na sua embalagem original. O produto não será aceito para troca ou crédito, e será devolvido para o cliente se não estiver em condição de novo.

GARANTIA

Nossos produtos possuem garantia contra defeitos de fabricação. Para maiores informações e detalhes, por favor, consulte nosso termo de garantia.

ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Prestamos assistência técnica permanente para nossos produtos diretamente em nossa fábrica. Antes de enviar qualquer produto para conserto entre em contato com nossa empresa pelo nosso formulário de contato, ou pelo e-mail contato@azeheb.com.br ou pelo telefone (41) 3052-3650 para solicitar a autorização de devolução de mercadoria (RMA). Não serão aceitos produtos para conserto que tenham sido enviados sem contato prévio com nossa empresa.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

A AZEHEB se reserva ao direito de alterar as composições e características dos produtos sem aviso prévio.

ATENÇÃO

Este manual é exclusivamente para fins de sugestão de montagens de experimentos.
DEPENDENDO DA VERSÃO ADQUIRIDA, A COMPOSIÇÃO DO SEU KIT PODE SER DIFERENTE DA APRESENTADA NESTE MANUAL.

CASO SEJA NECESSÁRIO CONFERIR A COMPOSIÇÃO DO PRODUTO ADQUIRIDO:
VENDA PRIVADA: conferir a versão adquirida no orçamento aprovado. Se necessário contactar nossos vendedores.
VENDA PÚBLICA OU LICITAÇÃO: conferir com a PROPOSTA aceita pelo pregoeiro, e não com o edital (Cópia da proposta no CD de manuais que acompanha o pedido.)

Endereço:
AZEHEB | Laboratórios de Física
Rua Evaristo F.F. da Costa, 621
Bairro Jardim das Américas
Curitiba – PR
CEP 81530-090
Telefone: (41) 3052-3650
E-mail: azeheb@azeheb.com.br

AZEHEB
Laboratórios Educacionais

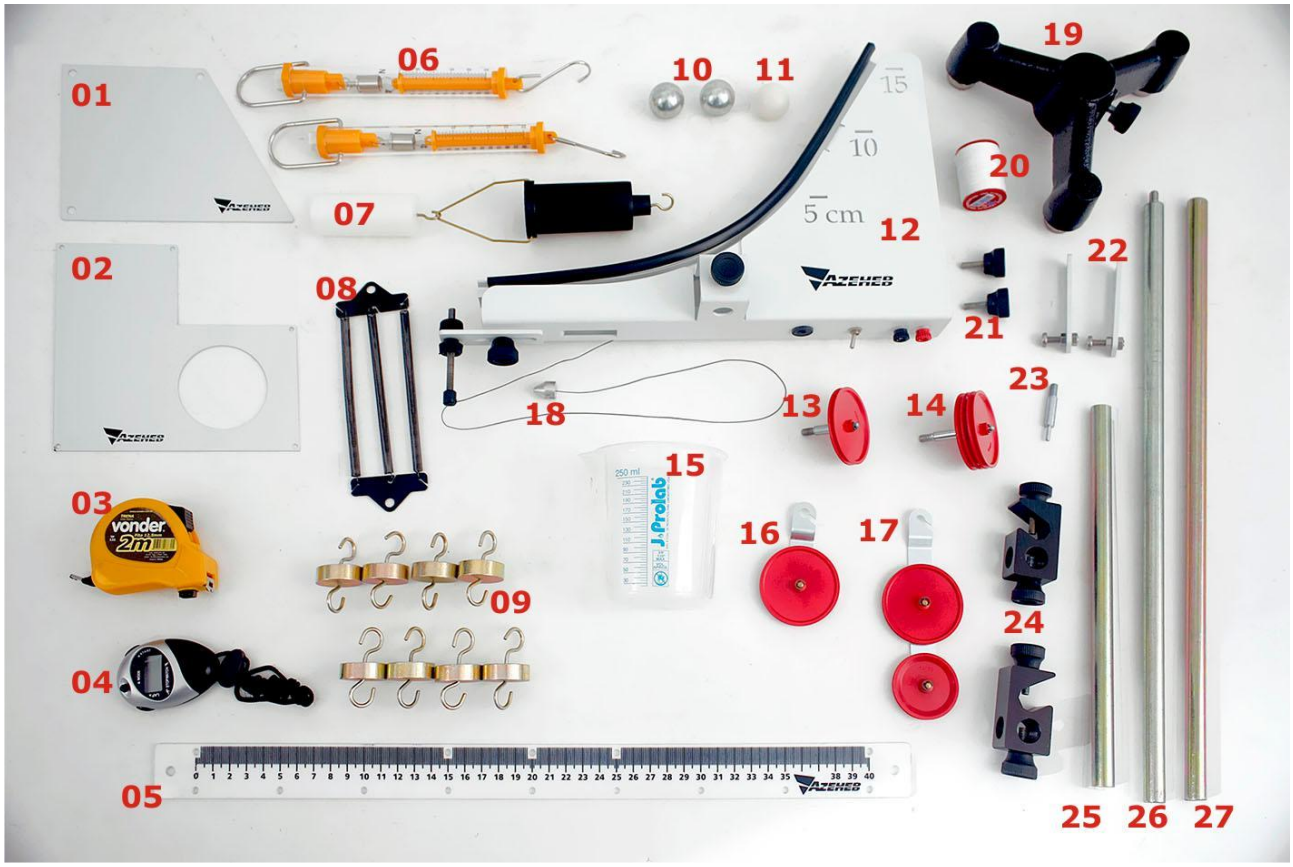
SUMÁRIO (MANUAL DO PROFESSOR)

SUMÁRIO (MANUAL DO PROFESSOR) 3
COMPOSIÇÃO 4
DISPARADOR ELETROMAGNÉTICO 5
ACESSÓRIOS (VENDIDOS SEPARADAMENTE): 5
ESQUEMAS DE MONTAGEM DO EQUIPAMENTO 6
LARGADOR ELETROMAGNÉTICO 6
MONTAGEM DO SENSOR PGS-D10 9
AJUSTE DE POSICIONAMENTO DO SENSOR FOTOELÉTRICO PGS-D10 10
MONTAGEM COM SENSOR DE TEMPO DE VÔO TFS-D10 E CRONÔMETRO 11
EXPERIMENTOS 12
EXPERIMENTO 01 - LANÇAMENTO HORIZONTAL DE PROJÉTIL COM RAMPA 12
EXPERIMENTO 02 – LANÇAMENTO HORIZONTAL DE PROJÉTIL COM RAMPA UTILIZANDO CRONOMETRO E SENSOR 17
EXPERIMENTO 03 - LEI DE HOOKE COM MOLA HELICOIDAL 21
EXPERIMENTO 04 - LEI DE HOOKE COM MOLAS HELICOIDAIS ASSOCIADAS 24
PARTE I - 2 Molas associadas em série. 24
PARTE II - Duas molas associadas em paralelo 26
EXPERIMENTO 05 - RESULTANTE DE FORÇAS COPLANARES PARALELAS 27
EXPERIMENTO 06 - CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO DE UM CORPO RÍGIDO 30
PARTE I - Verificação das condições de equilíbrio de um corpo rígido 30
PARTE II - Determinação do peso do travessão 32
PARTE III - Determinação do peso de um corpo qualquer usando as condições de equilíbrio de corpo rígido. 34
EXPERIMENTO 07 - TRAÇÕES EM CORDAS 36
EXPERIMENTO 08 - VANTAGEM MECÂNICA NAS ALAVANCAS 38
PARTE I – Alavanca inter-resistente 38
PARTE II – Alavanca interpotente 40
PARTE III – Alavanca Interfixa 42
EXPERIMENTO 09 - VANTAGEM MECÂNICA EM POLIAS MÓVEIS E FIXAS 43
PARTE I - Vantagem mecânica em uma polia fixa. 43
PARTE II - Vantagem mecânica em uma polia móvel com fios paralelos 45
PARTE III - Vantagem mecânica em uma polia móvel com fios não paralelos 46
EXPERIMENTO 10 - VANTAGEM MECÂNICA EM ASSOCIAÇÕES DE POLIAS MÓVEIS E FIXAS 47
PARTE I - Uma polia móvel e uma fixa 47
PARTE II - Duas polias fixas e uma polia móvel dupla. 49
EXPERIMENTO 11 - CENTRO DE GRAVIDADE 50
EXPERIMENTO 12 - PÊNDULO SIMPLES 53
PARTE I - Relação entre o período e a massa pendular (lei das massas) 53
PARTE II - Relação entre o período e a amplitude. 55
PARTE III - Relação entre o período e o comprimento pendular. 56
EXPERIMENTO 13 - OSCILADOR MASSA-MOLA VERTICAL 58
EXPERIMENTO 14 - PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES 61
PARTE I - Peso aparente e empuxo 61
PARTE II - Relacionar empuxo e o peso do volume de líquido deslocado por um corpo imerso num líquido. 62

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

COMPOSIÇÃO



Item	*Código*	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
01	62005598	1,00	UN	PLACA TRAPEZOIDAL P/ CENTRO DE GRAVIDADE
02	62005600	1,00	UN	PLACA CENTRO DE GRAVIDADE COM ORIFICO
03	03003020	1,00	UN	TRENA ACO 3M
04	62001239	1,00	UN	CRONOMETRO DIGITAL MANUAL
05	62005519	1,00	UN	REGUA METALICA 0 – 38CM MECANICA DOS SOLIDOS
06	62001066	1,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
06	62001067	1,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 5N / 500G
07	62001068	1,00	UN	DUPLO CILINDRO DE ARQUIMEDES
08	62002001	1,00	UN	ACESSORIO P/ ASSOCIACAO DE MOLAS *(k≈10N/m)*
09	62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
10	62001074	2,00	UN	ESFERA DE ACO Ø25MM
11	62005120	1,00	UN	ESFERA DE NYLON Ø25MM
12	62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS
13	62002072	1,00	UN	ROLDANA FIXA SIMPLES Ø50MM
14	62002071	1,00	UN	ROLDANA FIXA DUPLA Ø50MM
15	02007012	1,00	UN	BECKER GRADUADO DE PLASTICO 0250ML
16	62002075	3,00	UN	ROLDANA MOVEL SIMPLES Ø50MM
17	62002073	1,00	UN	ROLDANA MOVEL DUPLA Ø40MM - Ø50MM
18	62005274	1,00	UN	FIO DE PRUMO
20	23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
19	29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO E SAPATAS
21	53001006	2,00	UN	MANIPULO CABECA PLASTICA M5X25
22	62002096	2,00	UN	PENDURADOR / NIVELADOR
23	62005182	1,00	UN	HASTE Ø1/4X40MM C/ ROSCA M5X10MM E REBAIXO DE 10X3MM
24	31003001	2,00	UN	FIXADOR METALICO P/ FIXACAO DE HASTES COM 2 MANÍPULOS
25	30002009	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 250MM AZE0113PA002
26	30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6
27	30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

DISPARADOR ELETROMAGNÉTICO

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*	*Foto*
62001206	1,00	UN	CONJ DE ACESSÓRIOS PARA DISPARADOR ELETROMAGÉNTICO COMPOSTO POR: 01 UN. 62002170 - ELETROIMÃ COM BORNES E HASTE DE FIXAÇÃO 01 UN. 38039020 - FONTE DE ALIMENTAÇÃO CHAVEADA DC 12V/2A 01 UN. 55009010 - PAR DE CABO DE LIGAÇÃO BANANA/BANANA 01 UN. 62002169 - CHAVE LIGA/DESLIGA 01 UN. 62005810 - SUPORTE PARA ELETROIMÃ	

ACESSÓRIOS (VENDIDOS SEPARADAMENTE):

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*	*Foto*
62001213	1,00	UN	SENSOR DE TEMPO DE VOO TFS-D10	
62001201	1,00	UN	SENSOR FOTOELÉTRICO PGS-D10 COMPOSTO POR: 01 UNID. SENSOR FOTOELÉTRICO 01 UNID. CABO USB 1,8M 01 UNID. MANIPULO M6X16 01 UNID. KNOB DE METAL M6 01 UNID. HASTE DE METAL 120MM COM ROSCA M6	
62001226	1,00	UN	CRONOMETRO LCD DIGITAL TIMER MODELO AZB-30 USB COM FONTE DE ALIMENTAÇÃO	

Laboratórios Educacionais

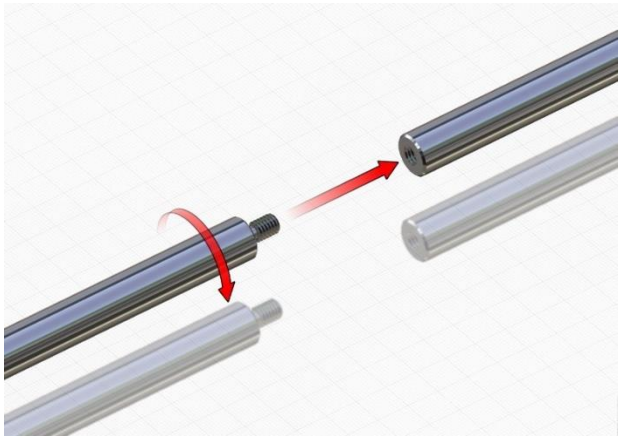
Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

ESQUEMAS DE MONTAGEM DO EQUIPAMENTO

LARGADOR ELETROMAGNÉTICO

Esta sequência de montagem mostra como utilizar a rampa de lançamento com o largador eletromagnético para segurar a esfera.

Passo 1
Rosquear as hastes acopláveis.

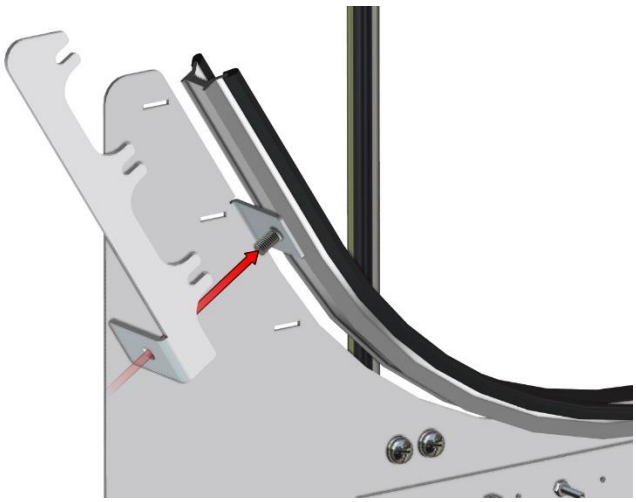


Passo 2
Fixar a haste no tripé.

Passo 3
Fixar a rampa para lançamentos na haste.

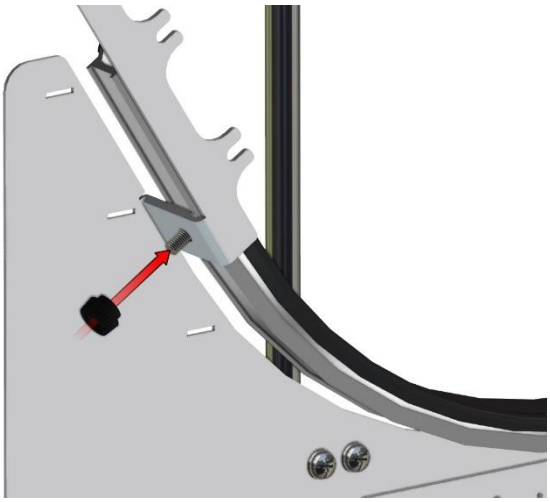
Laboratórios Educacionais

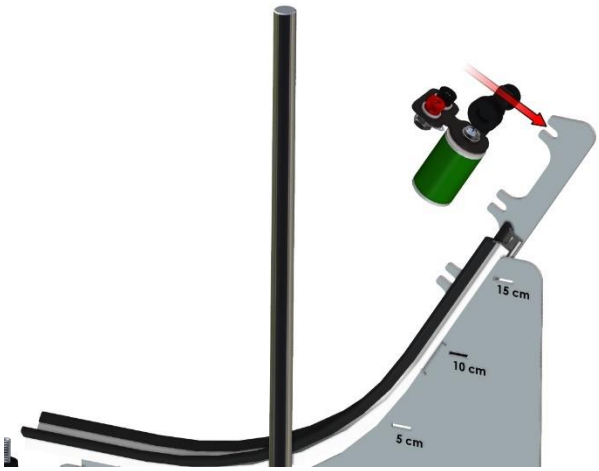
Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.



Passo 4
Prender o fixador do eletroímã utilizando uma porca plásica M5.

Passo 5
Prender o fixador do eletroímã.

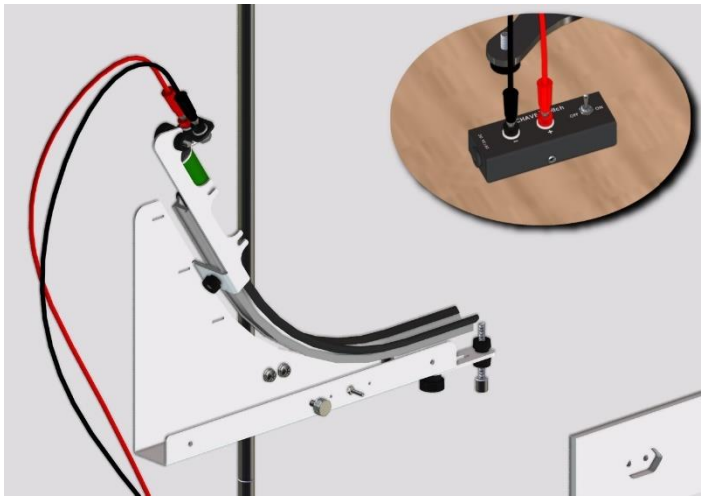




Passo 6
Fixar o eletroimã

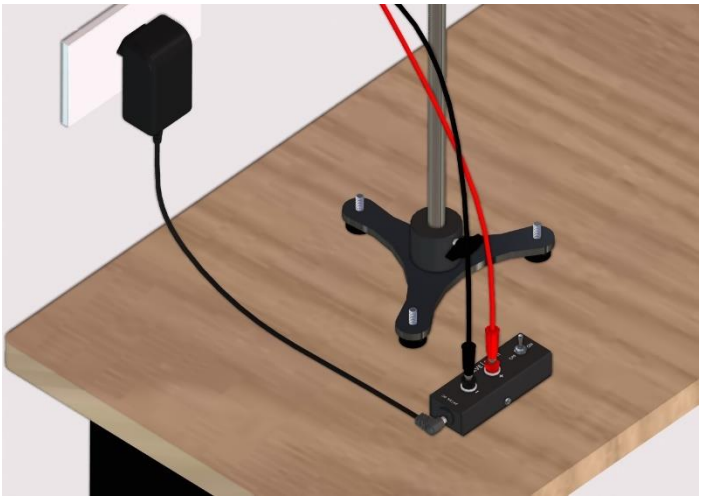
Laboratórios Educacionais

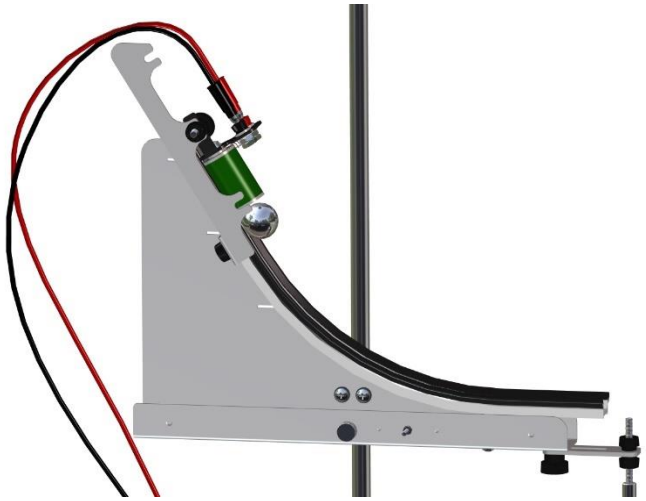
Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.



Passo 7
Efetuar a conexão elétrica do eletroímã com a chave liga/desliga.

Passo 8
Ligar a fonte de alimentação conforme mostra a figura.





Passo 9
Pronto o sistema de lançamento eletromagnético está montado. Observe que a esfera pode ser posicionada em 3 alturas diferentes.

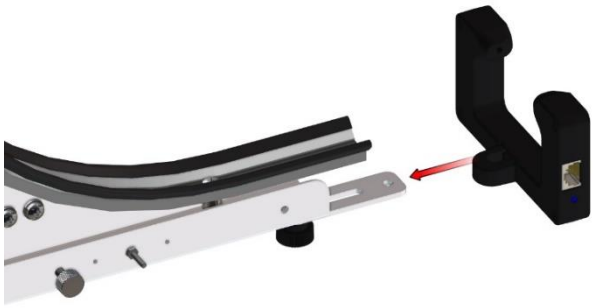
Laboratórios Educacionais

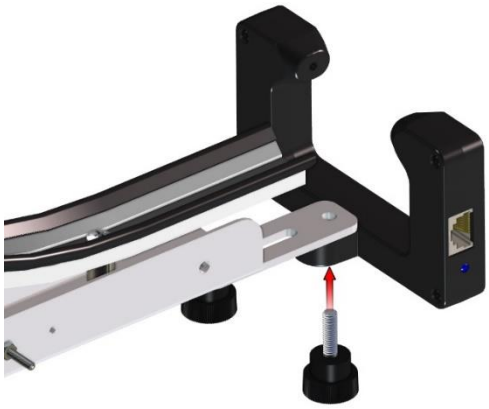
Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

MONTAGEM DO SENSOR PGS-D10

Esta sequência de montagem mostra como montar o sensor para ser utilizado com o cronômetro Azb-20 Lite.

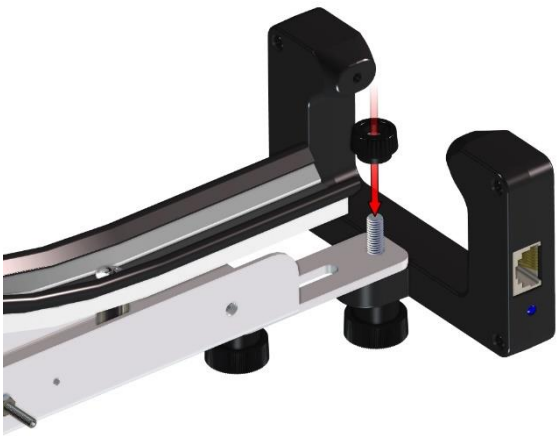
Passo 1
Posicionar o sensor conforme mostra a figura.





Passo 2
Introduzir o manípulo no sensor.

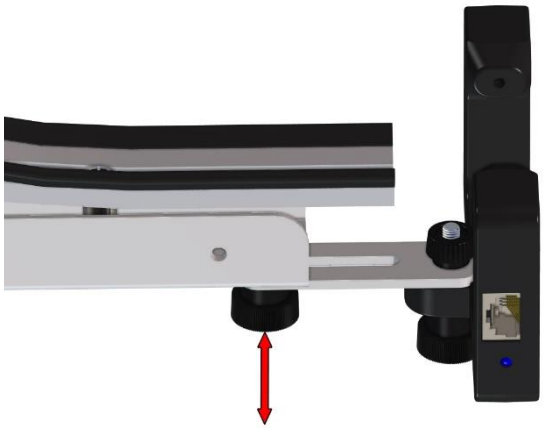
Passo 3
Fixar o sensor rosqueando o knob no manípulo.



Laboratórios Educacionais

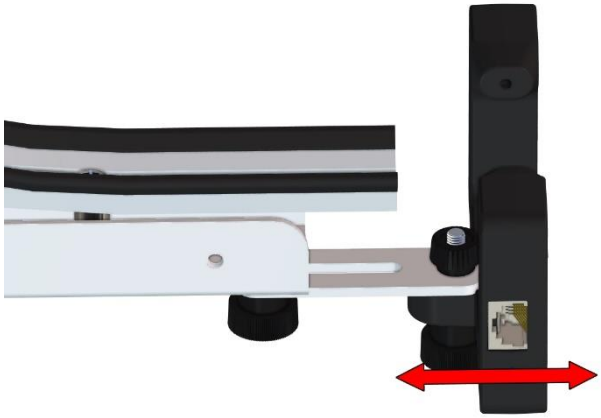
Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

AJUSTE DE POSICIONAMENTO DO SENSOR FOTOELÉTRICO PGS-D10



Passo 1
Soltar o manípulo conforme indicado na figura.

Passo 2.
Posicionar o sensor e apertar o manípulo indicado no passo 1.

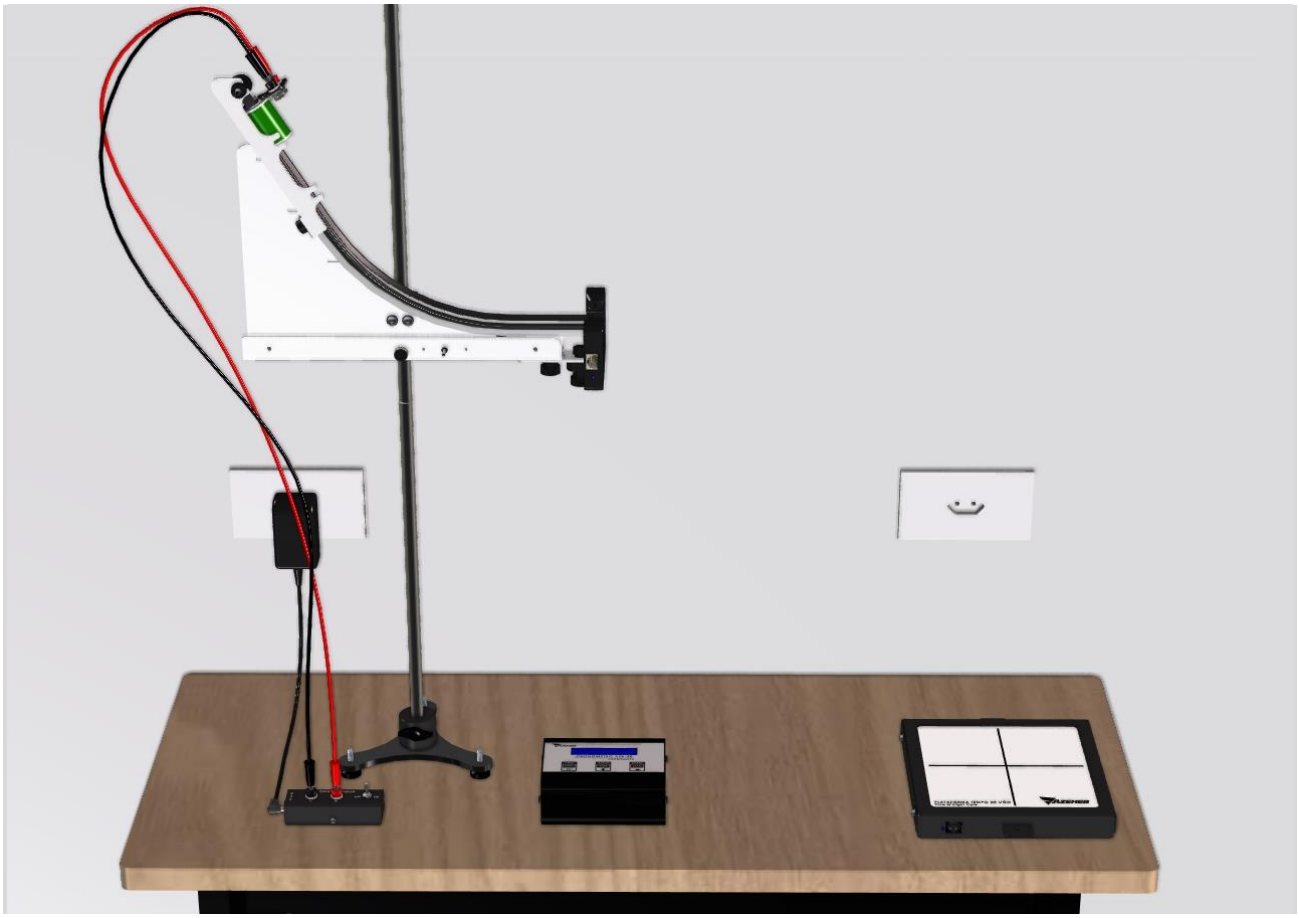


Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

MONTAGEM COM SENSOR DE TEMPO DE VÔO TFS-D10 E CRONÔMETRO

A imagem abaixo ilustra a montagem da rampa de lançamento utilizando o sensor, caixa coletora e o cronômetro para a medida do tempo de voo da esfera.



Para utilizar esta montagem conectar o sensor fotoelétrico PGS-D10 na porta S1 e o sensor te tempo de vôo TFS-D10 na porta S2 do cronômetro AZB-30 USB.

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTOS

EXPERIMENTO 01 - LANÇAMENTO HORIZONTAL DE PROJÉTIL COM RAMPA

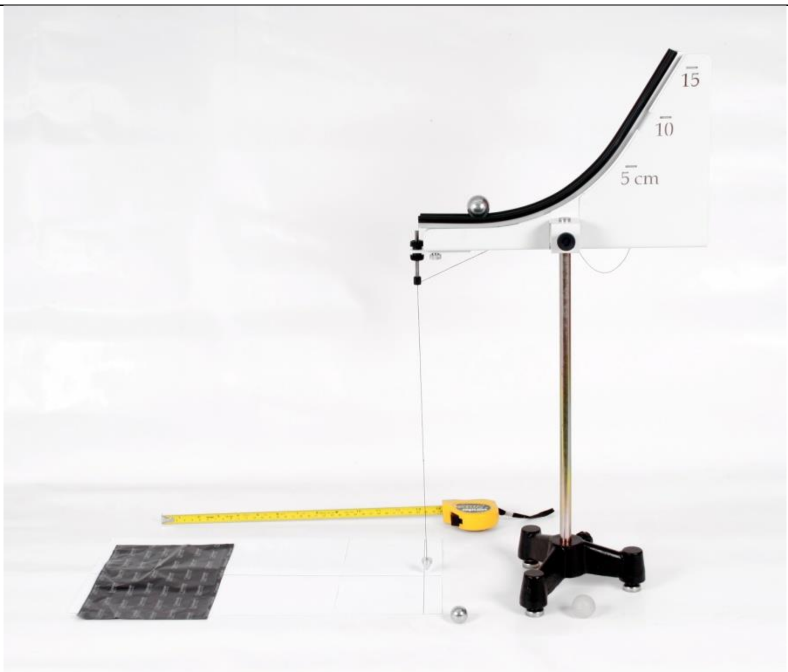
OBJETIVO: Reconhecer as grandezas físicas envolvidas no movimento bidimensional de um projétil lançado horizontalmente. Verificar a validade das equações do movimento bidimensional. Verificar se a massa do projétil interfere no alcance horizontal.

>>> ***Material Utilizado*** >>>

Código	***Quant.***	***Unid.***	***Descrição***
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
03003020	1,00	UN	TRENA ACO 3M
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
62005120	1,00	UN	ESFERA DE NYLON Ø25MM
62001074	2,00	UN	ESFERA DE ACO Ø25MM
62005274	1,00	UN	FIO DE PRUMO COM ADESÃO MAGNÉTICA
XXXXXXXX	2,00	UM	FOLHA DE PAPEL SULFITE A4 (*)
XXXXXXXX	1,00	UM	FOLHA DE PAPEL CARBONO A4 (*)

(*) Não acompanha o produto.

PARTE I - Relação entre alcance e velocidade de lançamento



>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Montar o equipamento conforme a mostra a figura e nivelar o conjunto para que a velocidade do projétil ao abandonar a rampa tenha a direção horizontal.

2. Medir a altura de lançamento da parte inferior da esfera até a superfície da mesa.
y=0,500m

3. Usar um fio de prumo para marcar a origem O dos deslocamentos horizontais.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

4. Fixar na mesa duas folhas de papel sulfite A4 de forma que contenham o ponto O indicado pelo prumo.

5. Abandonar a esfera (bolinha de plástico) da posição 5,00 cm, na rampa. A esfera vai percorrer a rampa e após abandoná-la vai realizar um movimento no espaço até colidir com a superfície da mesa. Observar o ponto de contato da esfera com a mesa e colocar sobre essa região uma folha de papel carbono.

6. Realizar 3 lançamentos para cada um dos desníveis na rampa (5,00; 10,0 e 15,0 cm) e anotar na tabela os valores encontrados para os alcances *A*, em cada desnível.

7. Calcular o valor médio do alcance para cada desnível.

Desnível na rampa h(m)	Alcance horizontal				Velocidade de lançamento v_o(m/s)
	A_1 (m)	A_2 (m)	A_3 (m)	Valor médio A(m)	
0,05	**0,286**	**0,284**	**0,285**	**0,285**	**0,891**
0,10	**0,377**	**0,374**	**0,374**	**0,375**	**1,17**
0,15	**0,455**	**0,450**	**0,445**	**0,450**	**1,41**

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Calcular o valor médio do alcance para cada desnível.

2. Usar a equação do movimento em queda livre e determinar o tempo de permanência do projétil no ar.

   $y = \frac{1}{2} g t_q^2$ ou $t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$ $\qquad t_q = \sqrt{\frac{2 \times 0{,}500}{9{,}78}} = 0{,}320\ s$

3. Usar a equação do movimento horizontal do projétil (movimento retilíneo uniforme) $x = x_0 + v_0 . t$ e calcular o valor da velocidade V_o de lançamento para cada um dos desníveis na rampa.

   $x = x_0 + v \cdot t \quad como \quad x_0 = 0 \;\; e \;\; x = A \; obtém - se \quad v_0 = \frac{A}{t}$

   $v_o = \frac{0{,}285}{0{,}320} = 0{,}891\ m/s \qquad v_o = \frac{0{,}375}{0{,}320} = 1{,}17\ m/s \qquad v_o = \frac{0{,}450}{0{,}320} = 1{,}41\ m/s$

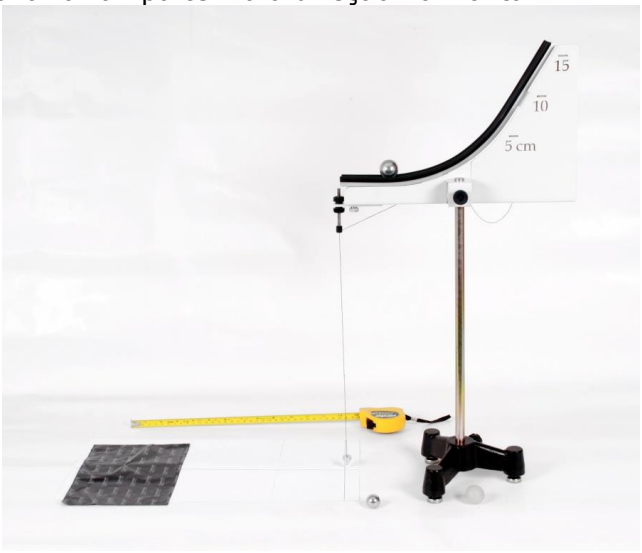
4. O que ocorre com a velocidade de lançamento do projétil quando o desnível na rampa aumenta? Isto tem alguma relação com o alcance medido experimentalmente? Justificar a resposta.
   Conforme o desnível na rampa aumenta, a esfera adquire maior velocidade (v_0 = velocidade de lançamento) ao abandoná-la. Como a aceleração que atua sobre a esfera após o lançamento é a gravitacional, que é vertical, o movimento horizontal da esfera é um MRU. Como o tempo de queda para as diferentes velocidades de lançamento é o mesmo (só depende da altura do ponto em que a esfera abandona a rampa em relação à superfície da mesa), o alcance será maior quanto maior a velocidade de lançamento.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II - Relação entre alcance e massa do projétil

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Montar o equipamento conforme a mostra a figura e nivelar o conjunto para que a velocidade do projétil ao abandonar a rampa tenha a direção horizontal.



2. Medir a altura de lançamento da parte inferior da esfera até a superfície da mesa.
   y=0,500 m

3. Usar um fio de prumo para marcar a origem O dos deslocamentos horizontais.

4. Fixar na mesa duas folhas de papel sulfite A4 de forma que contenham o ponto O indicado pelo prumo.

5. Abandonar a esfera de aço (∅ - 25,4 mm) na rampa da posição 15,0 cm. A esfera vai percorrer a rampa e após abandoná-la vai realizar um movimento no espaço até colidir com a superfície da mesa. Observar o ponto de contato da esfera com a mesa e colocar sobre essa região uma folha de papel carbono.

6. Realizar 3 lançamentos e anotar na tabela os valores encontrados para os alcances *X*.

7. Repetir os procedimentos de lançamento utilizando a esfera de plástico (∅ - 25,4 mm).

		Alcance horizontal			
Desnível na rampa h(m)	**Material da esfera**	**A_1 (m)**	**A_2 (m)**	**A_3 (m)**	**Valor médio X(m)**
0,150	Aço	0,415	0,415	0,415	0,415
	Plástico	0,410	0,410	0,410	0,410

>>> ***Análise dos Resultados e Conclusões*** >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Calcular o valor médio do alcance para cada uma das esferas.

2. Comparar os valores experimentais dos alcances obtidos para cada esfera. A diferença de massa interfere no valor do alcance?
   A diferença entre os resultados experimentais de 0,005 m é menor que a tolerância admitida (5%) e podem ser considerados iguais. Portanto, a massa não interfere significativamente no valor do alcance.

PARTE III - Obtenção do alcance através do princípio da

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

conservação de energia mecânica.

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Montar o equipamento conforme a mostra a figura e nivelar o conjunto para que a velocidade do projétil ao abandonar a rampa tenha a direção horizontal.

2. Medir a altura de lançamento da parte inferior da esfera até a superfície da mesa.
y=0,500 m

3. Usar um fio de prumo para marcar a origem O dos deslocamentos horizontais.

4. Fixar na mesa duas folhas de papel sulfite A4 de forma que contenham o ponto O indicado pelo prumo.

5. Abandonar a esfera de plástico na rampa da posição 5,00 cm. A medida desse desnível é fundamental para obter bons resultados. A esfera vai percorrer a rampa e após abandoná-la vai realizar um movimento no espaço até colidir com a superfície da mesa. Observar o ponto de contato da esfera com a mesa e colocar sobre essa região uma folha de papel carbono.

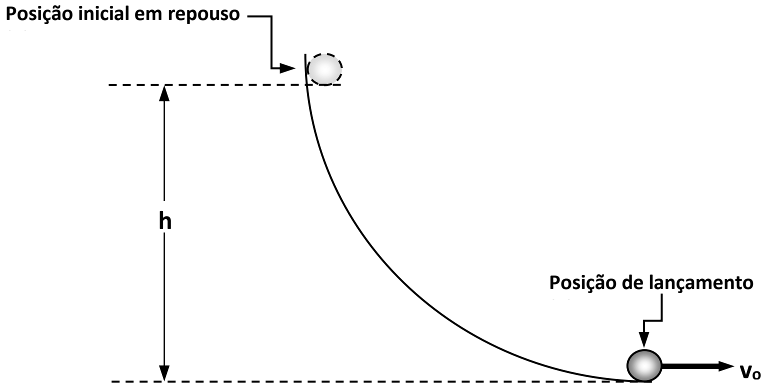
6. Realizar 3 lançamentos para o desnível de 0,15m e anotar na tabela os valores encontrados para os alcances *X*.

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>

	Alcance Horizontal	
Desnível na Rampa h(m)	**A (m)**	**Valor Médio X(m)**
0,15	0,450	0,450
0,15	0,455	
0,15	0,445	

1. Calcular o valor médio do alcance.

2. Usar o Princípio da Conservação da Energia conforme mostrado a seguir para encontrar a velocidade de lançamento (v_O):



Energia na posição (1) = Energia na posição (2):
Energia na posição (1): energia potencial gravitacional.
Energia na posição (2): energia cinética de translação somada à energia cinética de rotação.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

$$mgh = \frac{I\omega^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

como $I_{esfera} = \frac{2mR^2}{5}$ e $\omega = \frac{v}{R}$ obtém-se para a velocidade de lançamento:

$$v_o = \sqrt{\frac{10gh}{7}}$$

$$v = \sqrt{\frac{10 \times 9,78 \times 0,15}{7}} = 1,45\ m/s$$

A energia mecânica na posição (1) é igual a energia potencial gravitacional tomando como referência a posição horizontal de lançamento. A energia mecânica na posição (2) é igual à energia cinética de translação somada à energia cinética de rotação, pois a esfera rola ao descer a rampa.

3. Calcular o valor do tempo de permanência no ar:

$$t_{ar} = \sqrt{\frac{2y}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,500}{9,78}} = 0,320\ s$$

4. Calcular o alcance A_{calc} através da equação do movimento horizontal do projétil.

$$x = x_0 + v \cdot t \quad como \quad x_0 = 0 \ e \ x = A \ obtém-se \ A_{calc} = v_o \times t$$

$$A_{calc} = 1,45 \times 0,320 = 0,464\ m$$

5. Comparar o alcance medido com o alcance obtido no procedimento anterior. Calcular o erro (desvio) percentual. Justificar as discrepâncias encontradas.

Alcance obtido através da equação do movimento horizontal: A_{calc} = 0,464 m.
Alcance medido: X_{med} = 0,450 m.
Diferença entre os valores: $X_{calc} - X_{med}$ = 0,464 – 0,450 = 0,014 m.
Erro percentual: $e\% = \frac{0,014}{0,459} \times 100\% = 3,1\%$

No cálculo da velocidade através da conservação da energia, foi suposto que o sistema é conservativo (não se levou em conta as perdas por atrito). Por isso a velocidade de lançamento encontrada se torna maior que a real e consequentemente, o alcance calculado através desse valor será maior que o valor medido.

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

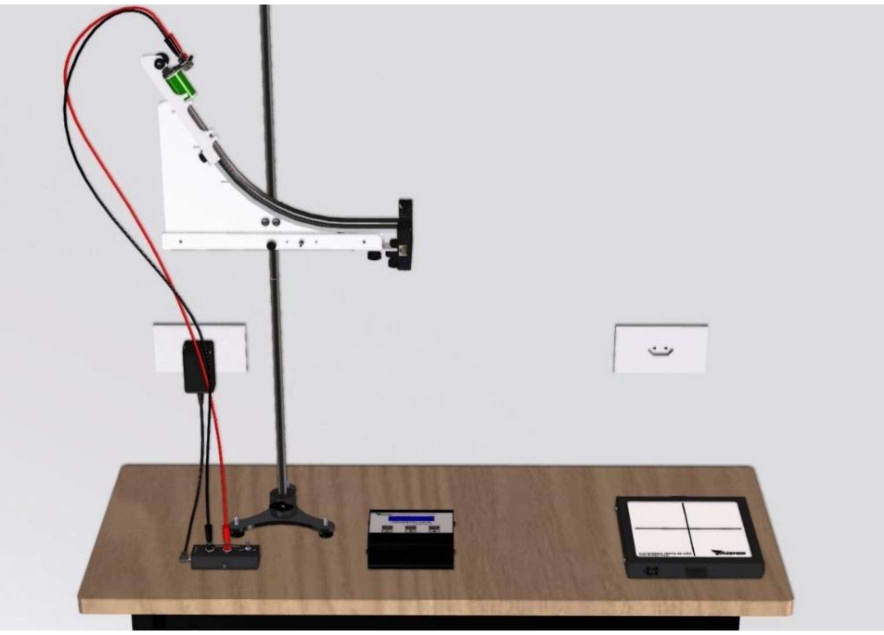
EXPERIMENTO 02 – LANÇAMENTO HORIZONTAL DE PROJÉTIL COM RAMPA UTILIZANDO CRONOMETRO E SENSOR

OBJETIVO: Verificar a validade das equações do movimento bidimensional sob ação única da gravidade

>>> ***Material Utilizado*** >>

Código	***Quant.***	***Unid.***	***Descrição***
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
03003020	1,00	UN	TRENA ACO 3M
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
62005120	1,00	UN	ESFERA DE NYLON Ø25MM
62001074	2,00	UN	ESFERA DE ACO Ø25MM
62005274	1,00	UN	FIO DE PRUMO COM ADESÃO MAGNÉTICA
62001206	1,00	UN	CONJ DE ACESSÓRIOS PARA LARGADOR ELETROMAGÉNTICO COMPOSTO POR: 01 UN. ELETROIMÃ COM BORNES E HASTE DE FIXAÇÃO 01 UN. FONTE DE ALIMENTAÇÃO CHAVEADA DC 12V/2A 01 UN. PAR DE CABO DE LIGAÇÃO BANANA/BANANA 01 UN. CHAVE LIGA/DESLIGA 01 UN. SUPORTE PARA ELETROIMÃ
62001201	1,00	UN	SENSOR FOTOELÉTRICO PGS-D10 (*) COMPOSTO POR: 01 UNID. SENSOR FOTOELÉTRICO 01 UNID. CABO USB 1,8M 01 UNID. MANIPULO M6X16 01 UNID. KNOB DE METAL M6 01 UNID. HASTE DE METAL 120MM COM ROSCA M6
62001213	1,00	UN	SENSOR DE TEMPO DE VOO TFS-D10 (*)
62001226	1,00	UN	CRONOMETRO LCD DIGITAL TIMER MODELO AZB-30 USB (*)
XXXXXXXX	2,00	UM	FOLHA DE PAPEL SULFITE A4 (**)
XXXXXXXX	1,00	UM	FOLHA DE PAPEL CARBONO A4 (**)

(*)ITENS VENDIDOS SEPARADAMENTE. NÃO ACOMPANHAM O PRODUTO.
(**)NÃO ACOMPANHAM O PRODUTO.



Montagem do experimento de lançamento horizontal com rampa curva

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Montar o equipamento conforme a mostra a figura acima e nivelar o conjunto para que a velocidade do projétil ao abandonar a rampa tenha a direção horizontal.

2. Fixar a esfera (projétil) no eletroímã.

3. Regular a altura de lançamento (na saída da rampa) para y = 1,00 m. A medida da altura é feita do centro do sensor até o plano horizontal que contém o ponto de recepção do projétil na plataforma posicionada no piso da sala.

4. Usar um fio de prumo para marcar a origem "O" dos deslocamentos horizontais. O referencial para o fio de prumo deve coincidir com a posição do sensor na saída da rampa.

5. Abandonar a esfera (projétil) na rampa da posição 15,0 cm. A esfera vai percorrer a rampa e após abandoná-la vai realizar um movimento no espaço até colidir com a plataforma receptora. A tomada de tempo inicia quando a esfera passa pelo sensor e termina quando ela atinge a plataforma.

6. Realizar alguns lançamentos para observar onde a esfera toca a plataforma receptora.

7. Cobrir a plataforma receptora com uma folha de papel branco recoberta com carbono, se necessário recortar a folha de papel branco e a folha de carbono.

8. Conectar o sensor de tempo de vôo TFS-D10 na porta S2 do cronômetro AZB-30 USB e o sensor fotoelétrico PGS-D10 na porta S1.

9. Pressionar a tecla FUNC para ir para a função 1 [F1].

10. Pressionar e segurar por 3s a tecla MEM/SETUP para entrar no modo de configuração da função 1 [F1] - Cfg.

11. Pressionar a tecla MEM/SETUP para escolher o modo de disparo do cronômetro que deverá ser pelo sensor. Para isto pressione a tecla MEM/SETUP dentro do modo de configuração da função 1 até aparecer "Sns" no canto inferior esquerdo do display. Para gravar a configuração pressione a tecla FUNC.

12. Antes de soltar a esfera, prepare o cronômetro para efetuar a medida do tempo. Para isto pressione duas vezes a tecla START. Ao clicar na tecla START uma vez, irá aparecer o símbolo de (*) piscando mostrando que o cronômetro está em modo "stand-by". Pressionar novamente a tecla START e o símbolo de (*) ficará fixo, mostrando que o cronômetro pronto e está aguardando a interrupção do sensor para iniciar a medida do tempo.

13. Liberar a esfera e observar a medida do tempo no cronômetro.

14. Liberar a esfera e verificar o tempo indicado no cronômetro. Medir o alcance horizontal *X* desde o ponto O até a marca na plataforma.

15. Realizar 3 lançamentos e anotar na tabela os valores médios encontrados para *X* e t.
Para o primeiro lançamento os alcances e intervalos de tempo obtidos foram:
X_1 = 0,437m; X_2 = 0,434m e X_3 = 0,435m. Valor médio a ser considerado: X = 0,435 m.
t_1 = 0,455s; t_2 = 0,458s e t_3 = 0,456s. Valor médio a ser considerado: t = 0,456 s.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

16. Repetir o experimento para os valores de *y* sugeridos na tabela 1.

Tabela 1

N	Altura de lançamento *Y* (m)	Tempo t (s)	Alcance X (m)
1	1,00	0,456	0,435
2	1,10	0,477	0,465
3	1,20	0,500	0,489
4	1,30	0,519	0,500

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Com os valores experimentais da tabela1, usar a equação do movimento horizontal do projétil (movimento retilíneo uniforme) $x = x_o + v_o \cdot t$ e calcular o valor da velocidade V_{O1} de lançamento em função do alcance e do tempo de permanência no ar e preencher a tabela2.

$$x = x_0 + v_0 \cdot t \text{ como } x_0 = 0 \text{ obtém-se: } v_{0_1} = \frac{x}{t}$$

Tabela 2

N	Tempo t (s)	Alcance X (m)	Velocidade inicial V_{O1} (m/s)
1	0,456	0,435	0,954
2	0,477	0,465	0,975
3	0,500	0,489	0,978
4	0,519	0,500	0,963
Valor médio			0,968

2. Calcular o valor médio da velocidade inicial V_O.

3. Combinar as duas equações horárias do movimento bidimensional (origem considerada no ponto de lançamento e orientação vertical para baixo):

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

E obter uma expressão que forneça o cálculo da velocidade inicial V_{O2} em função do alcance e da altura de lançamento.

Sendo: $\begin{cases} x_0 = 0 \\ v_{0_x} = v_0 \\ y_0 = 0 \\ v_{0_y} = 0 \\ a = g \end{cases}$ Substituindo nas equações horárias: $\begin{cases} x = v_0 \cdot t \\ y = \frac{g \cdot t^2}{2} \end{cases}$ e resulta: $v_{0_2} = x \cdot \sqrt{\frac{g}{2 \cdot y}}$

4. Aplicar na equação obtida os valores experimentais da altura de lançamento *y* e do alcance *x* e completar a tabela 3.

Para a primeira linha da tabela 3: $v_{0_2} = 0,435 \cdot \sqrt{\frac{9,78}{2 \cdot 1,00}} = 0,962 \, {}^{m}/{}_{s^2}$

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

Tabela 3

N	Altura de lançamento y (m)	Alcance X (m)	Velocidade inicial V_{O2} (m/s)
1	1,00	0,435	0,962
2	1,10	0,465	0,980
3	1,20	0,489	0,987
4	1,30	0,500	0,970
Valor médio			0,975

5. Calcular o valor médio da velocidade de lançamento V_O.
Valor médio de v_o = (0,962 + 0,980 + 0,987 +0,970)/4 = 0,975 m/s

6. Comparar os valores da velocidade de lançamento V_O , obtidos nas tabelas 2 e 3.
Valor médio da velocidade inicial calculada pelo alcance horizontal e tempo (tabela2):

V_{O1} = 0,968 m/s

Valor médio da velocidade inicial calculada pelo alcance horizontal e altura de queda (tabela3):

V_{O2} = 0,975 m/s

7. Considerando uma tolerância de 5% é possível confirmar a validade das equações horárias do movimento bidimensional sob ação única da gravidade? Justificar.

O desvio ou erro percentual é: $\boldsymbol{e\% = \frac{|v_{0_1} - v_{0_2}|}{v_{0_1}} x100\% = \frac{|0{,}968 - 0{,}975|}{0{,}968} = 0{,}7\%}$

O desvio entre os valores da velocidade inicial determinada pelos dois processos é de 0,7% bem menor que a tolerância admitida, portanto pode-se confirmar a validade das equações horárias do movimento utilizadas no experimento.

8. Na equação $\boldsymbol{v_0 = x \cdot \sqrt{\frac{g}{2 \cdot y}}}$ pode-se obter y = f(x): $\boldsymbol{y = \frac{g}{2 \cdot {v_0}^2} \cdot x^2}$. Substituir nesta expressão o valor médio da velocidade inicial, usar o valor de g local e obter a equação y=f(x).

Para os valores sugeridos tem-se: $\boldsymbol{y = \frac{9{,}78}{2 \cdot 0{,}968^2} \cdot x^2}$ e então: $\boldsymbol{y = 5{,}22 \cdot x^2}$

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 03 - LEI DE HOOKE COM MOLA HELICOIDAL

OBJETIVO: Reconhecer a relação de proporcionalidade entre a deformação de uma mola helicoidal e a intensidade da força aplicada.

>>> ***Material Utilizado*** >>>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
62002001	1,00	UN	ACESSORIO P/ ASSOCIACAO DE MOLAS (k≈10N/m)
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Montar o equipamento conforme a figura.

2. Pendurar a régua de 400 mm no suporte.

3. Medir o comprimento inicial da mola (Lo)
Lo = 0,131 m

4. Prender uma massa aferida de 50,0 g na extremidade da mola.

5. Aguardar alguns segundos e medir o comprimento final L após a deformação e anotar o valor obtido na tabela.

6. Retirar carga e verificar se a mola retoma o comprimento inicial (Lo).

7. Recolocar o peso retirado no procedimento anterior.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

8. Acrescentar 50,0 g à mola e repetir os procedimentos anteriores até completar a tabela.

Massa	Força F(N)	Comprimento inicial L_o (m)	Comprimento final L(m)	deformação x(m)	k = F/x (N/m)
0,050	0,489	0,131	0,148	0,017	28,8
0,100	0,978	0,131	0,165	0,034	28,8
0,150	1,467	0,131	0,182	0,051	28,8
0,200	1,956	0,131	0,200	0,069	28,4
0,250	2,445	0,131	0,217	0,086	28,4
				$K_{médio}$ =	28,6

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Calcular a força aplicada à mola (peso das massas aferidas), usando o valor da aceleração da gravidade local.
g_{local} = 9,78 m/s^2.

2. O que acontece com os valores da deformação da mola à medida que a força aumenta?
A deformação aumenta na mesma proporção do aumento da força.

3. Calcular o valor de F/x para cada situação.

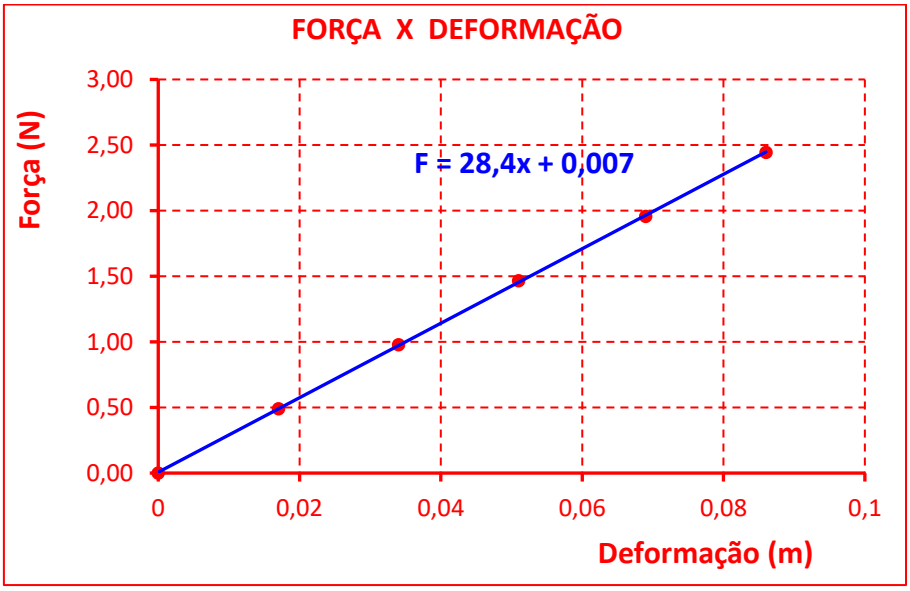
$$k = \frac{F}{x} = \frac{0,489}{0,017} = 28,8\,\frac{N}{m}$$

para a primeira linha da tabela

4. Calcular o valor médio de $k = \frac{F}{x}$.

$$k_m = \frac{28,8 + 28,8 + 28,8 + 28,4 + 28,4}{5} = 28,6\ N/m$$

5. Construir o gráfico de F em função de x.



Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

6. Qual é o aspecto do gráfico? O que se pode concluir a respeito da relação entre a força deformadora e a deformação da mola?
O gráfico é uma reta inclinada em relação aos eixos e passa pela orígem. Isto implica que as duas grandezas plotadas são diretamente proporcionais.

7. Determinar o coeficiente angular da reta.

$$A = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{1,467 - 0,489}{0,051 - 0,017} = 28,8\ N/m$$

8. Determinar o coeficiente linear da reta.
B = 0

9. Os valores encontrados concordam com a equação fornecida com a ajuda dos recursos do Excel (F = 28,4x + 0,007) na plotagem do gráfico?
O aplicativo fornece a equação de uma reta média que passa pelos pontos plotados. Como as diferenças entre os valores são menores que a tolerância pode-se admitir que são iguais.

10. Comparar o valor do coeficiente angular com o quociente F/x da tabela.
A diferença entre os valores é bem menor que a tolerância admitida (5%) e eles podem ser considerados iguais

11. Qual é o significado físico do coeficiente angular da reta?
É igual à constante elástica da mola

12. O que é limite de elasticidade?
É o maior valor para o qual a força e a deformação guardam ainda a relação de proporcionalidade

13. A mola ultrapassou o limite de elasticidade?
Não, pois foi observado que, ao ser retirada a força a mola retornava para o seu comprimento primitivo, não havendo deformação residual.

14. Enunciar a Lei de Hooke.
Abaixo do limite de elasticidade a força aplicada a um corpo elástico e a deformação que ela causa são diretamente proporcionais.

15. Os resultados experimentais estão de acordo com o que estabelece a Lei de Hooke?
Sim, pois dentro da tolerância admitida as duas grandezas, força e deformação mantiveram quociente constante o que indica que essas grandezas são diretamente proporcionais confirmando o que estabelece a Lei de Hooke.

16. Onde se aplica isso?
- Construção de medidores de força.
- Instrumentos analógicos de medidas elétricas.
- Dispositivos diversos existentes num veículo automotor (pedais de freio e embreagem, disco de embreagem, suspensão, etc).
- Dispositivos mecânicos que precisam retornar à posição inicial após cessar seu acionamento.
- Componentes de dispositivos usados para medida de massa em ausência da gravidade.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 04 - LEI DE HOOKE COM MOLAS HELICOIDAIS ASSOCIADAS

OBJETIVO: Determinar a constante elástica de molas associadas.

>>> ***Material Utilizado*** >>>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
62002001	1,00	UN	ACESSORIO P/ ASSOCIACAO DE MOLAS (k≈10N/m)
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
62005519	1,00	UN	REGUA METALICA 0 - 38CM MECANICA DOS SOLIDOS

PARTE I - 2 Molas associadas em série.

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Montar o equipamento conforme a figura.

2. Medir o comprimento inicial L_o da associação.
L_O=0,260 m

3. Pendurar uma massa aferida de 50,0 g na extremidade das molas e calcular o módulo da força deformadora $\vec{F}$ (peso da massa pendurada) usando o valor da aceleração da gravidade local.
g =9,78 m/s^2

4. Medir o comprimento final L das molas deformadas.

5. Retirar a massa pendurada e verificar se as molas retomam a posição inicial.

6. Recolocar a massa retirada no procedimento anterior.

7. Repetir os procedimentos anteriores com as massas sugeridas até completar a tabela.

Massa	Força F(N)	Comprimento inicial L_o (m)	Comprimento final L(m)	deformação x(m)	k = F/x (N/m)
0,050	0,489	0,260	0,294	0,034	14,38
0,100	0,978	0,260	0,329	0,069	14,17
0,150	1,467	0,260	0,365	0,105	13,97
				$K_{médio}$	14,17

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

>>> *Análise de Resultados e Conclusões*>>

1. Calcular o valor de F/x para cada situação.
$\boldsymbol{k = \frac{0{,}489}{0{,}034} = 14{,}38\ N/m}$ para a primeira linha da tabela.

2. Calcular o valor médio de F/x (Constante elástica da mola).
K_m =14,17 N/m.

3. Os resultados experimentais concordam com a Lei de Hooke. Justificar.
Os resultados mostram que existe a relação de proporção direta entre a força deformadora e a deformação das molas associadas em série.

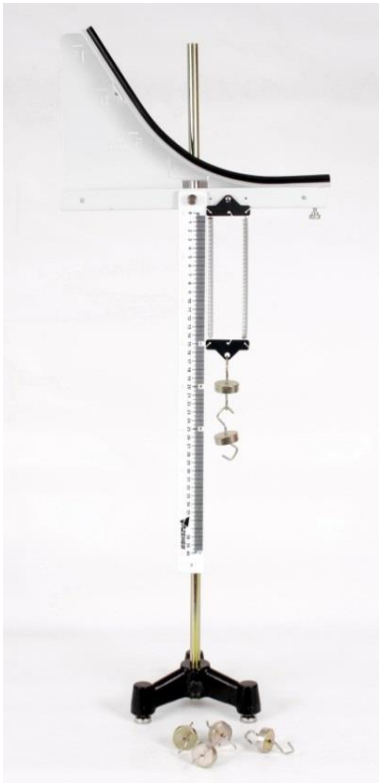
4. Comparar o valor da constante elástica da associação em série de duas molas (com a mesma constante elástica)obtida neste experimento, com o valor obtido no experimento anterior realizado com apenas uma mola. Considerar uma tolerância de 5%.
Para a tolerância admitida pode-se considerar que a constante elástica da associação em série deste experimento é igual à metade da do anterior, realizado com apenas 1 mola.

5. O que acontece com a constante elástica quando duas molas iguais são associadas em série?
A constante elástica da associação se reduz à metade da constante de cada uma das molas.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II - Duas molas associadas em paralelo

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>



1. Montar o equipamento conforme a figura.
2. Medir o comprimento inicial da associação.
   L_o = 0,128 m
3. Pendurar uma massa aferida de 50,0 g na extremidade das molas e calcular o módulo da força deformadora $\vec{F}$ (peso da massa pendurada) usando o valor da aceleração da gravidade local. g =9,78 m/s^2
4. Medir a deformação experimentada pela associação e anotar o valor obtido na tabela.
5. Retirar a massa pendurada e verificar se a associação assume novamente o mesmo comprimento inicial.
6. Recolocar a massa retirada no procedimento anterior.
7. Acrescentar mais 50,0 g ao conjunto e medir a nova deformação.
8. Repetir os procedimentos anteriores até completar a tabela:

Massa	Força F(N)	Comprimento inicial L_o (m)	Comprimento final L(m)	deformação x(m)	k = F/x (N/m)
0,050	0,489	0,128	0,137	0,009	54,33
0,100	0,978	0,128	0,145	0,017	57,53
0,150	1,467	0,128	0,154	0,026	56,42
0,200	1,956	0,128	0,163	0,035	55,89
				$K_{médio}$	56,04

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Calcular o valor de F/x para cada situação.
   $\boldsymbol{k = \frac{0,489}{0,137} = 54,33\ N/m}$ para a primeira linha da tabela.
2. Calcular o valor médio de F/x (Constante elástica da mola).
   K_m =56,04 N/m.
3. Os resultados experimentais concordam com a Lei de Hooke. Justificar.
   Os resultados mostram que existe uma relação de proporção direta entre a força deformadora e a deformação das molas associadas em série.
4. Comparar o valor da constante elástica da associação em paralelo de duas molas (com a mesma constante elástica) obtida neste experimento, com o valor obtido no experimento anterior realizado com apenas uma mola. Considerar uma tolerância de 5%.
   Para a tolerância admitida pode-se considerar que a constante elástica da associação em paralelo deste experimento é igual ao dobro da do anterior, realizado com apenas 1 mola.
5. O que acontece com a constante elástica quando duas molas iguais são associadas em paralelo?
   A constante elástica da associação é igual ao dobro das constantes de cada uma das molas.

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

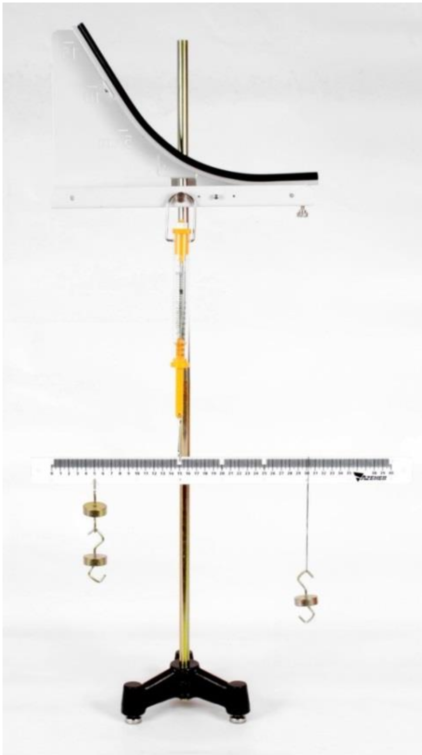
EXPERIMENTO 05 - RESULTANTE DE FORÇAS COPLANARES PARALELAS

OBJETIVO: Utilizar os métodos analítico e gráfico para determinação da resultante de forças paralelas

>>> *Material Utilizado* >>>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001067	1,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 5N / 500G
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
62005519	1,00	UN	REGUA METALICA 0 - 38CM MECANICA DOS SOLIDOS
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS

>>> *Procedimentos Experimentais* >>



1. Montar o equipamento conforme mostra a figura.

2. Com o dinamômetro medir o peso P do travessão.
   P = 0,50 N

3. Aferir o dinamômetro de 5N para que seja utilizado na vertical.

4. Pendurar o travessão no dinamômetro por um ponto *O* fora do centro de massa.
   O travessão foi suspenso pela marca de 15 cm.

5. Pendurar no travessão a massa aferida m_1 de peso F_1= 1,00N na marca e 5,0 cm

6. Pendurar no travessão a massa m_2 de peso F_2= 0,50N. Variar a posição da massa m_2, de forma a manter o travessão em equilíbrio na posição horizontal.

>>> *Análise de Resultados e Conclusões*>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

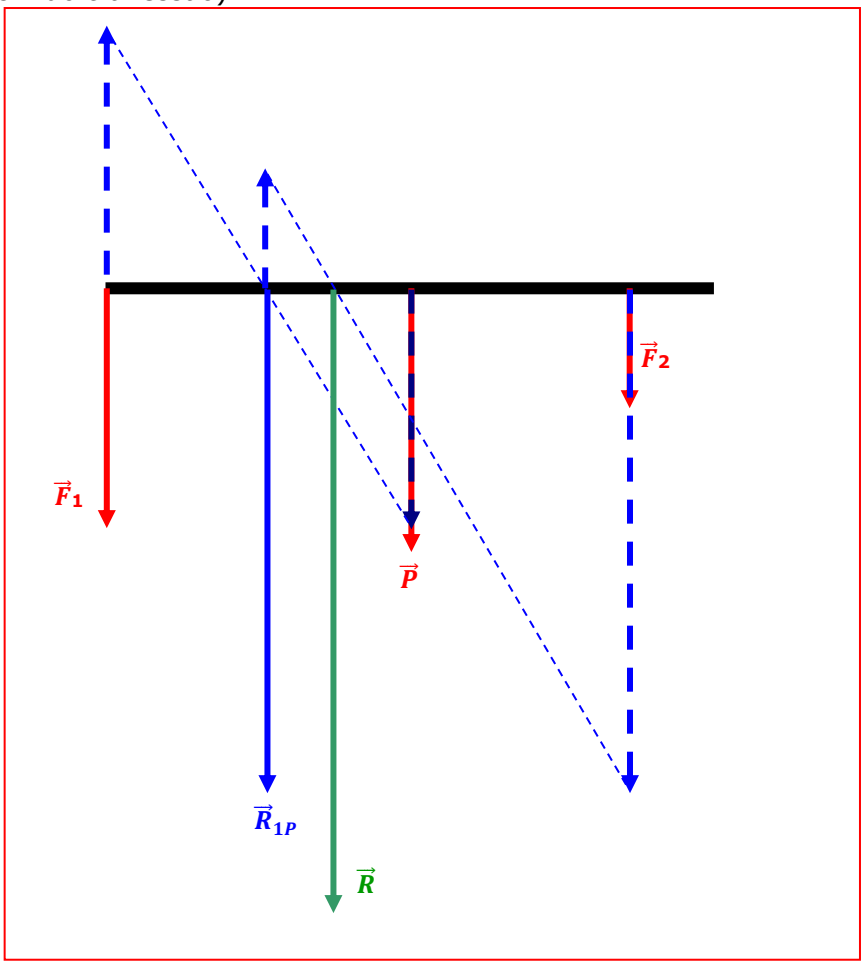
1. Determinar analiticamente o módulo da resultante R das forças paralelas F_1, F_2 e P.

$$\mathbf{R = F_1 + F_2 + P = 1,00\,N + 0,50\,N + 0,50\,N = 2,00\,N}$$

2. Comparar a intensidade de R com valor da força F_D indicada pelo dinamômetro. O que se conclui?
   R = 2,00 N e F_D =2,00 N . Possuem o mesmo módulo

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

3. Usar uma folha de papel A4 e a escala de 4cm/N para obter graficamente a intensidade da resultante de F_1, F_2 e P e o seu ponto de aplicação. (sugestão: usar a escala 1cm do papel para cada 4cm do travessão)



A regra para encontrar o ponto de aplicação da resultante de duas forças paralelas aplicadas ao travessão é a seguinte:

a) transporta-se as duas forças trocando seus pontos de aplicação.
b) Inverte-se o sentido de uma delas.
c) A resultante estará localizada na intersecção da reta que une as extremidades das forças com o travessão.

Na figura, inverteu-se o sentido de P trocando os pontos de aplicação de P e F_1, obtendo-se o ponto de aplicação da resultante R_{1P} entre P e F_1 localizado a 10,6cm de F_1. Como as forças possuem o mesmo sentido a resultante será a soma de suas intensidades:

$$R_{1P} = 0,50 + 1,0 = 1,50 \text{ N.}$$

O mesmo processo foi aplicado para se obter a resultante entre F_2 e R_{1P}, obtendo-se o ponto de aplicação da resultante R do sistema localizado a 15,0 cm da força F_1. O módulo da resultante será a soma dos módulos de R_{1P} e F_2:

$$R = 1,50 + 0,5 = 2,00 \text{ N}$$

4. A força indicada pelo dinamômetro tem alguma relação com o valor encontrado para a resultante das três forças paralelas F_1, F_2 e P?

A força indicada pelo dinamômetro é a equilibrante do sistema das três forças paralelas F_1, F_2 e P

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

5. Em que ponto do travessão está localizado o ponto de aplicação da resultante encontrado graficamente?
No ponto de suspensão, onde está localizada a resultante das três forças a 10,0 cm da força F_1.

6. Explicar porque o ponto de aplicação da resultante deve coincidir com o ponto de fixação do dinamômetro.
Porque a equilibrante do sistema (força indicada pelo dinamômetro) está aplicada nesse ponto.

7. O que possuem em comum a força F_D e a resultante R das forças F_1, F_2 e P e no que diferem?
F_D e R possuem o mesmo módulo (2,60N), a mesma direção (ambas são verticais), e diferem em sentido.

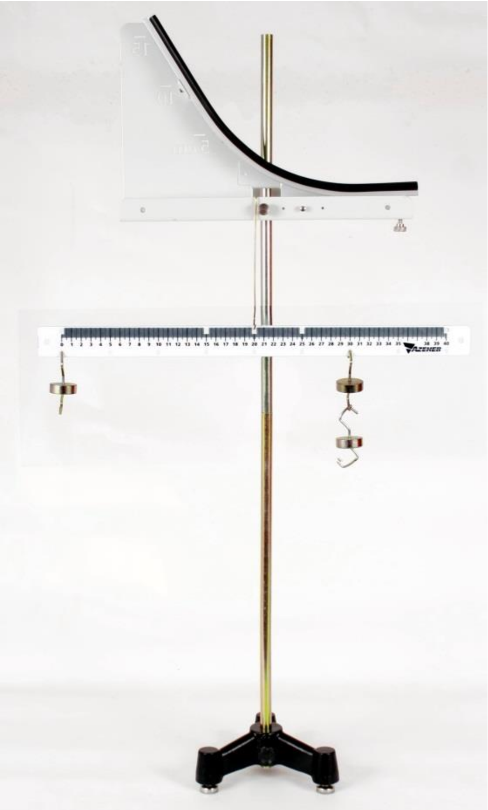
Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

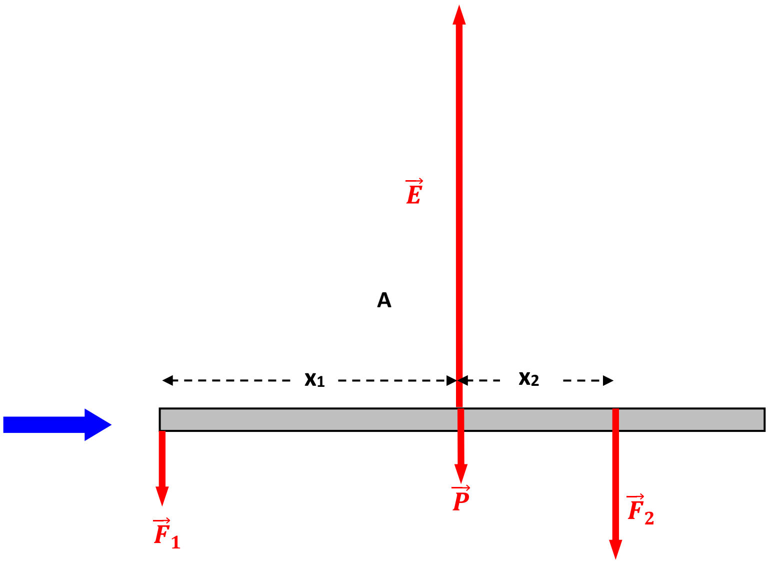
EXPERIMENTO 06 - CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO DE UM CORPO RÍGIDO

OBJETIVO: Reconhecer as condições de equilíbrio de um corpo e utilizá-las na solução de problemas práticos.

>>> ***Material Utilizado*** >>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
62005519	1,00	UN	REGUA METALICA 0 - 38CM MECANICA DOS SOLIDOS
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS





PARTE I - Verificação das condições de equilíbrio de um corpo rígido

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Medir o peso P da régua usada como travessão:
P = 0,50 N

2. Montar o equipamento de acordo com a figura.

3. O travessão deve ser suspenso pelo furo central (ponto O).

4. Pendurar inicialmente os pesos F_1 = 0,50N e F_2 = 1,00N e equilibrar o travessão na

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

horizontal variando a posição dos pesos.

5. Medir a distância d_1 do peso F_1 ao ponto O e a distância d_2 de F_2 até o ponto O e anotá-los na tabela.

6. Variar o valor de F_2 conforme sugerido, medir a nova distância d_2 e completar a tabela.

F_1 (N)	d_1 (m)	F_2 (N)	d_2 (m)	$F_1.d_1$ (Nm)	$F_2.d_2$ (Nm)	M_R (Nm)
0,50	0,20	1,00	0,10	+0,100	-0,100	0
1,50	0,10	1,00	0,15	+0,150	-0,150	0

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Determinar a intensidade do momento escalar (ou torque) produzido pela força F_1 e pela força F_2 em relação ao ponto O.
Para a primeira linha da tabela:
$\boldsymbol{M_{01} = F_1 d_1}$ e $\boldsymbol{M_{02} = F_2 d_2}$
a. $\boldsymbol{M_{01} = 0,50 \times 0,20 = 0,100 Nm}$ (movimento anti-horário)
$\boldsymbol{M_{02} = -1,00 \times 0,10 = -0,100 Nm}$ (movimento horário)
Para a segunda linha da tabela:
b. $\boldsymbol{M_{01} = 1,50 \times 0,10 = 0,150 Nm}$ (movimento anti-horário)
$\boldsymbol{M_{02} = -1,00 \times 0,15 = -0,150 Nm}$ (movimento horário)

2. Determinar o momento resultante $\boldsymbol{M_{0R} = M_{01} + M_{02}}$:
Para as duas linhas da tabela obtém-se : $\boldsymbol{M_{0R} = 0,100 - 0,100 = 0}$

3. O momento resultante é nulo? O que isso significa quanto à possibilidade de rotação do corpo?
O momento resultante é nulo e portanto o corpo está em equilíbrio de rotação

4. Anotar a força indicada pelo dinamômetro.
F_D = 1,50 N (para as forças da 1ª. linha da tabela)
F_D = 2,50 N (para as forças da 2ª. linha da tabela)

5. Determinar a intensidade da resultante das forças que atuam no travessão.
As forças que atuam no travessão são os dois pesos pendurados e o peso do próprio travesão:
F_R = 1,50 N (para as forças da 1ª. linha da tabela)
F_R = 2,50 N (para as forças da 1ª. linha da tabela)

6. Com base nesse resultado haverá equilíbrio de translação? Justificar.
A força aplicada pelo dinamômetro tem o mesmo módulo a mesma direção e o sentido oposto ao da resultante calculada acima e portanto é a equilibrante do sistema.

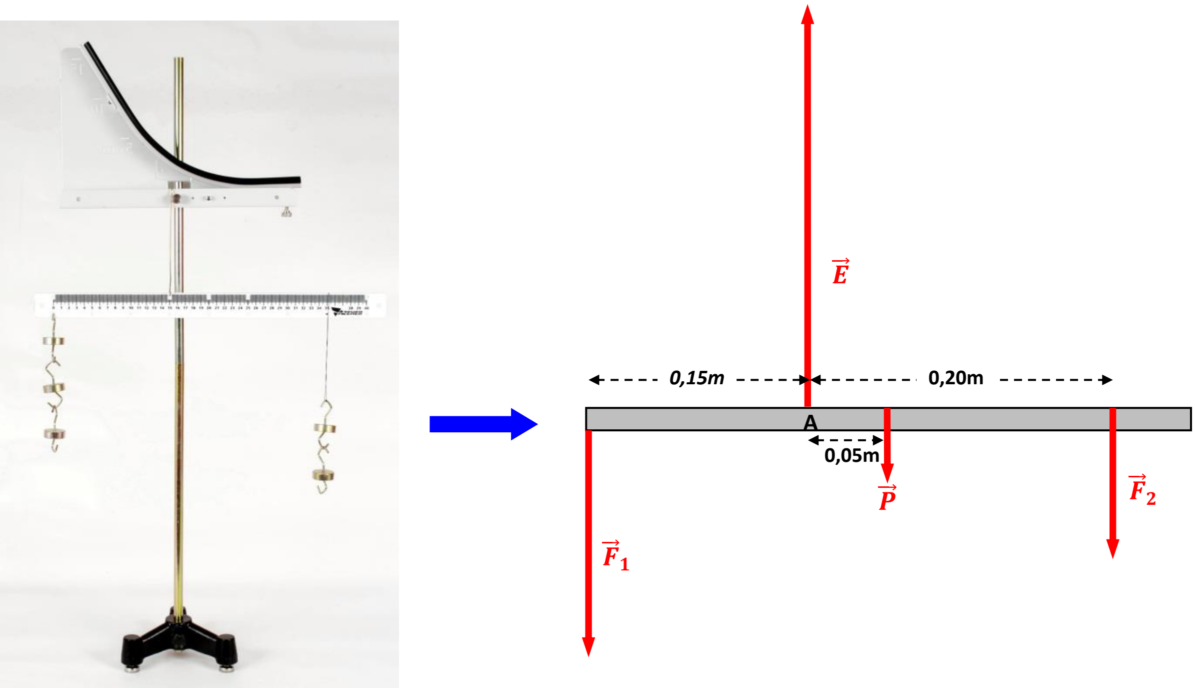
7. Para um corpo rígido estar em equilíbrio é suficiente que a resultante das forças atuantes seja nula? Justificar.
Não, pois apesar da resultante ser nula o sistema de forças pode apresentar torque (momento estático) não nulo e o corpo sofrerá rotação.

8. Escrever as condições de equilíbrio de um corpo
Para que um corpo rígido esteja em equilíbrio devem ser satisfeitas duas condições:
- A resultante das forças atuantes deve ser nula.
- A soma dos momentos das forças atuantes deve ser nula.

9. No experimento realizado as condições de equilíbrio de um corpo rígido foram comprovadas?
Conforme os valores experimentais mostraram essas condições foram plenamente satisfeitas.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II - Determinação do peso do travessão



>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Usar o dinamômetro de 2,5 N ajustado para utilização na vertical e medir o peso do travessão.
   P_{med} = 0,50 N

2. Montar o equipamento conforme a figura. Usar um fio para pendurar o travessão por um ponto A fora do seu centro de gravidade.

3. Usar fios de linha para pendurar massas m_1 e m_2 de pesos F_1 e F_2 conhecidos nos dois lados do travessão. Deslocá-las até que o conjunto fique em equilíbrio com o travessão na horizontal.

4. Anotar o módulo dos pesos F_1 e F_2 utilizados para equilibrar o travessão.

	F_1	F_2
Módulo (N)	1,50	1,00
Braço (m)	0,15	0,20

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Identificar as forças que atuam no travessão.
   - F_1 = peso da carga do lado esquerdo
   - F_2 = peso da carga do lado direito
   - P = peso do travessão
   - E = força aplicada pelo ponto de suspensão.

2. Quantas e quais forças atuam apenas no ponto de suspensão?
   No ponto de suspensão do travessão atua a força E de reação do apoio (que é a equilibrante do sistema) A resultante R das forças F_1 , F_2 e P também está aplicada nesse ponto.

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

3. Medir os braços de cada uma das forças atuantes no sistema em relação ao ponto A.
x_1=0,15 m; x_2=0,20 m; x_P=0,05; m x_E = 0 m;

4. Aplicar as condições de equilíbrio para determinar a intensidade do peso do travessão:

- A soma dos momentos das forças atuantes num corpo em equilíbrio é igual a zero:

$$\sum M_0 = 0 \quad \rightarrow F_1 \cdot x_1 - F_2 \cdot x_2 - P \cdot x + E \cdot 0 = 0$$

$$1,50 \cdot 0,15 - 1,00 \cdot 0,20 - P \cdot 0,05 + E \cdot 0 = 0$$

$$P = 0,50\ N$$

5. Comparar o valor do peso do travessão encontrado através das condições de equilíbrio com o valor medido.
São iguais, conforme era de se esperar.

6. Usar as condições de equilíbrio de um corpo para determinar a força que atua no ponto de suspensão do travessão.

- A soma das forças atuantes num corpo em equilíbrio é igual a zero:

$$\sum F = 0 \rightarrow -F_1 - F_2 - P + E = 0$$

$$-1,50 - 1,00 - P + E = 0$$

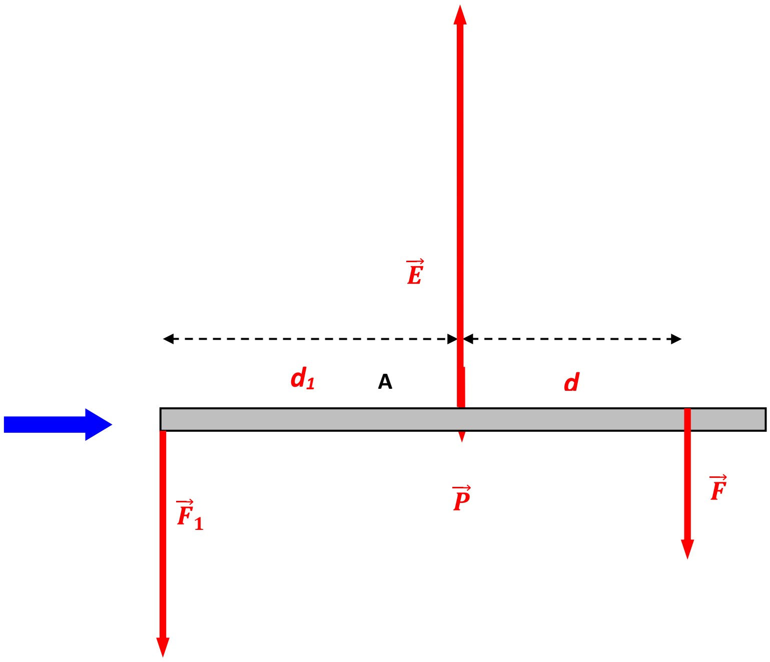
$$E = 3,00\ N$$

7. Qual o efeito de rotação que a força calculada no item 10 (força de reação do apoio) produz no travessão? Justificar.
Como esta força está aplicada no eixo de rotação, o seu braço é zero e portanto o torque é nulo.

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE III - Determinação do peso de um corpo qualquer usando as condições de equilíbrio de corpo rígido.



>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Usar o dinamômetro de 2,5N e medir o peso do travessão.
Peso do travessão P = 0,50 N

2. Montar o equipamento conforme a figura. O travessão pode ser suspenso pelo seu centro.

3. Pendurar num dos lados a massa m_1 de peso F_1 conhecido.
F_1 = 1,00 N

4. No outro lado pendurar um corpo de peso F desconhecido.

5. Deslocá-los até o equilíbrio horizontal.

6. Anotar o módulo do peso F_1 .

7. Medir os braços de cada uma das forças atuantes no sistema em relação ao ponto A.
Braço da peso conhecido F_1 → d_1= 0,20 m
Braço do peso do travessão = braço da força equilibrante = 0
Braço do peso F → d = 0,140 cm

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Identificar as forças que atuam no travessão.
Força F_1, o peso P do travessão, o peso do corpo pendurado F e a equilibrante E

2. Quantas e quais forças atuam apenas no ponto de suspensão?
O peso do travessão P e e a equilibrante E do ponto de fixação

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

3. Aplicar as condições de equilíbrio para determinar a intensidade do peso desconhecido e da força equilibrante:

$\begin{cases} \sum F = 0 \\ \sum M_0 = 0 \end{cases} \begin{cases} -1,00 - 0,5 - F + E = 0 \\ 1,0 \times 0,20 + P \times 0 + E \times 0 - F \times 0,140 = 0 \end{cases}$ que resulta:

$$F = 1,43\ N$$

$$E = 2,93\ N$$

4. Usar o dinamômetro para medir o peso desconhecido e compará-lo com o obtido no experimento.
Usado o dinamômetro na medição direta foi confirmado o resultado experimental

Laboratórios Educacionais

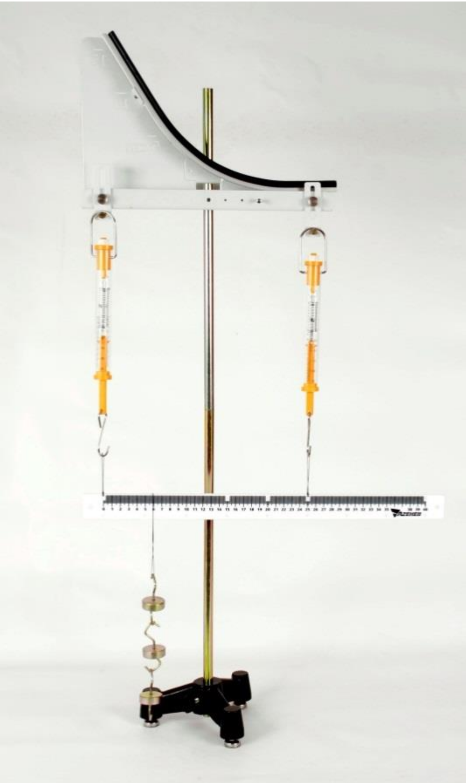
Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

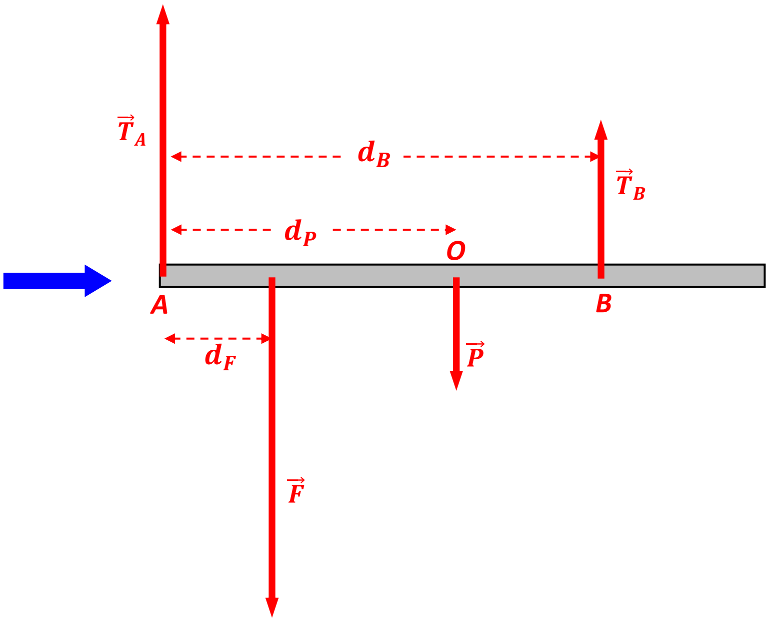
EXPERIMENTO 07 - TRAÇÕES EM CORDAS

OBJETIVO: Aplicar as condições de equilíbrio para determinar as trações em cordas

>>> *Material Utilizado* >>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001066	1,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001067	1,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 5N / 500G
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002096	2,00	UN	PENDURADOR / NIVELADOR
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
62005519	1,00	UN	REGUA METALICA 0 - 38CM MECANICA DOS SOLIDOS
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
53001006	2,00	UN	MANIPULO CABECA PLASTICA M5X25





>>> *Procedimentos Experimentais* >>

1. Sempre que for usar o dinamômetro ajustar o zero para a posição de utilização.

2. Medir com o dinamômetro de 2,50N o peso P do travessão.
   P = 0,50 N

3. Montar o equipamento conforme a figura.

4. Pendurar um peso F de 1,50N fora do centro do travessão.

5. Deslocar os dinamômetros verticalmente nas presilhas, de forma que o travessão se mantenha em equilíbrio horizontal.

6. Anotar os valores das trações T_A e T_B indicados pelos dinamômetros.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

T_A = 1,25 N e T_B =0,75 N

7. Medir os braços das forças atuantes em relação ao ponto A.
Braço de T_A: d_A= 0
Braço de F: d_F = 0,06 m
Braço de P: d_P = 0,20 m
Braço de T_B d_B = 0,25 m

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Identificar as forças atuantes no travessão.
As trações T_A e T_B o peso P do travessão e o peso F da carga

2. Aplicar as condições de equilíbrio de um corpo rígido para calcular as forças de tração T_A no fio A e T_B no fio B.

$$\begin{cases} \boldsymbol{T_A + T_B - 1,50 - 0,50 = 0} \\ \boldsymbol{T_A \times 0 - 1,50 \times 0,06 - 0,5 \times 0,20 + T_B \times 0,25 = 0} \end{cases} \text{ que resulta: } \begin{cases} \boldsymbol{T_A = 1,24N} \\ \boldsymbol{T_B = 0,76N} \end{cases}$$

3. Comparar com os valores obtidos pela leitura nos dinamômetros.
As diferenças encontradas são menores que a tolerância adotada (5%) e portanto os resultados experimentais podem ser considerados satisfatórios.

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 08 - VANTAGEM MECÂNICA NAS ALAVANCAS

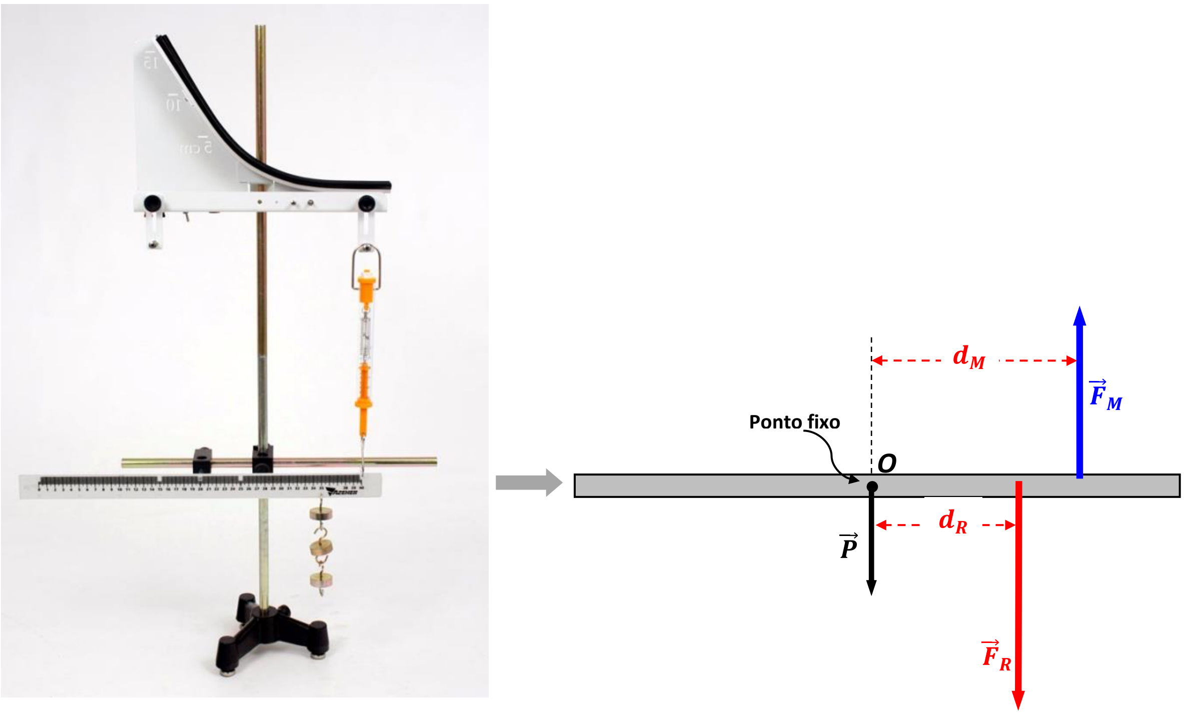
OBJETIVO: Verificar a vantagem mecânica nos diferentes tipos de alavancas.

PARTE I – Alavanca inter-resistente

>>> *Material Utilizado* >>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001066	1,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002096	2,00	UN	PENDURADOR / NIVELADOR
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
62005182	1,00	UN	HASTE Ø1/4X40MM C/ ROSCA M5X10MM E REBAIXO DE 10X3MM
62005519	1,00	UN	REGUA METALICA 0 - 38CM MECANICA DOS SOLIDOS
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
31003001	2,00	UN	FIXADOR METALICO MOD AZB-027 P/ FIXACAO HASTES
30002009	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 250MM AZE0113PA002
53001006	2,00	UN	MANIPULO CABECA PLASTICA M5X25

>>> *Procedimentos Experimentais* >>



1. Montar o equipamento conforme a figura. O travessão deve ser suspenso pelo centro.
   O travessão foi suspenso pelo centro de gravidade para que a força resistente não incluísse o seu peso.

2. Pendurar a extremidade direita do travessão no dinamômetro de 2,5 N (ajustado para ser utilizado na vertical).

3. Aplicar um peso de 1,50 N entre o dinamômetro e o centro do travessão.

4. Variar a posição vertical do dinamômetro (para cima ou para baixo na presilha), de forma

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

que o travessão se mantenha em equilíbrio horizontal.

5. Anotar o valor da força motora F_M indicado pelo dinamômetro.
Força motora indicada pelo dinamômetro: F_M = 1,10 N.

6. Medir os braços das forças atuantes em relação ao ponto de apoio do travessão.
Braço da força motora: b_M = 0,20 m.
Braço da força resistente: b_R = 0,15 m.

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Identificar as forças atuantes no travessão.
São quatro as forças atuantes no travessão:
- O seu próprio peso
- A reação do ponto de fixação
- A força peso da carga (força resistente)
- A força aplicada pelo dinamômetro (força motora)

2. Aplicar a condição de equilíbrio e encontrar o valor teórico da força motora.

$$\sum \boldsymbol{\tau = 0 \rightarrow -F_R \cdot d_r + F_M \cdot d_M = 0 \rightarrow F_M = \frac{1,50 \cdot 0,15}{0,20} = 1,125\ N}$$

3. Verificar se o valor encontrado está coerente com o valor apresentado pelo dinamômetro.

$$\boldsymbol{e\% = \frac{|1,10 = 1,13|}{1,13} \times 100 = 2,7\%}$$

Os valores podem ser considerados iguais pois estão dentro da tolerância admitida de 5%.

4. Determinar a vantagem mecânica apresentada pela alavanca inter-resistente.

$$\boldsymbol{\rho = \frac{|\vec{F}_r|}{|\vec{F}_m|} = \frac{1,50}{1,10} = 1,36}$$

5. Se o travessão fosse equilibrado fora da horizontal haveria mudança na vantagem mecânica?
Não pois a relação entre os braços permaneceria a mesma

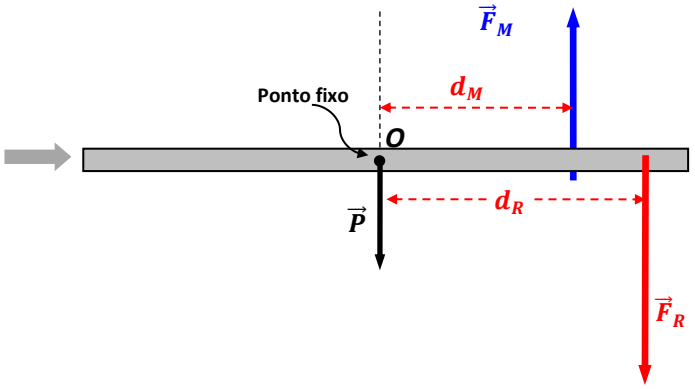
6. Citar alguns exemplos de alavancas inter-resistentes comumente utilizadas.
Carrinhos de mão, alça premas, quebra-nozes, etc

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II – Alavanca interpotente

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>



1. Montar o equipamento conforme a figura. O travessão deve ser suspenso pelo centro.
2. Colocar o dinamômetro de 2,50 N entre a extremidade e o ponto de apoio.
3. Pendurar na extremidade do travessão um peso de 1,50 N.
4. Variar a posição vertical do dinamômetro, de forma que o travessão se mantenha em equilíbrio horizontal.
5. Anotar o valor indicado pelo dinamômetro.
   Força motora indicada pelo dinamômetro: F_M = 1,95 N
6. Medir os braços das forças atuantes em relação ao ponto de apoio.
   Braço da força motora: d_M = 0,150 m
   Braço da força resistente: d_R = 0,200 m

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Identificar as forças atuantes no travessão.
   São quatro as forças atuantes no travessão:
   - O seu próprio peso
   - A reação do ponto de fixação
   - A força peso da carga (força resistente)
   - A força aplicada pelo dinamômetro (força motora)

2. Aplicar a condição de equilíbrio e encontrar o valor teórico da força motora.

$$\sum \tau = 0 \rightarrow -F_R \cdot d_r + F_M \cdot d_M = 0 \rightarrow F_M = \frac{1,50 \cdot 0,20}{0,15} = 2,00\ N$$

3. Verificar se o valor encontrado está coerente com o valor apresentado pelo dinamômetro.

$$e\% = \frac{|1,95 - 2,00|}{2,00} \times 100 = 2,5\%$$

   Os valores podem ser considerados iguais pois estão dentro da tolerância admitida de 5%.

4. Determinar a vantagem mecânica apresentada pela alavanca interpotente.

$$\rho = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|} = \frac{1,50}{1,95} = 0,77$$

5. Citar alguns exemplos de alavancas interpotentes comumente utilizadas.
   Pinças, pegadores de doces, antebraço humano, etc

AZEHEB Laboratórios Educacionais

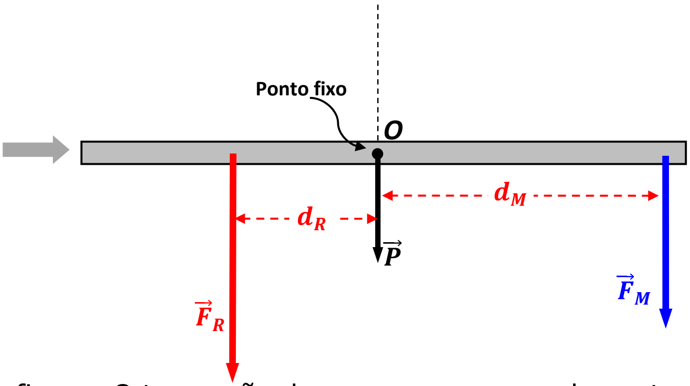
Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE III – Alavanca Interfixa

>>> *Procedimentos Experimentais* >>



1. Montar o equipamento conforme a figura. O travessão deve ser suspenso pelo centro.

2. Ajustar o dinamômetro de 2,50 N para trabalhar na vertical, dirigido para cima e prendê-lo na extremidade do travessão, conforme indicado.

3. Pendurar na outra extremidade do travessão um peso de 1,50 N.

4. Variar a posição vertical do dinamômetro (para cima ou para baixo na presilha), de forma que o travessão se mantenha em equilíbrio horizontal.

5. Anotar o valor indicado pelo dinamômetro.
Força motora indicada pelo dinamômetro: F_M = 0,75 N

6. Medir os braços das forças atuantes em relação ao ponto de apoio.
Braço da força motora: b_M = 0,20 m
Braço da força resistente: b_R = 0,10m

>>> *Análise de Resultados e Conclusões*>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Identificar as forças atuantes no travessão.
São quatro as forças atuantes no travessão:
- O seu próprio peso
- A reação do ponto de fixação
- A força peso da carga (força resistente)
- A força aplicada pelo dinamômetro (força motora)

2. Aplicar a condição de equilíbrio e encontrar o valor teórico da força motora.

$$\sum \tau = 0 \rightarrow -F_R \cdot d_r + F_M \cdot d_M = 0 \rightarrow F_M = \frac{1,50 \cdot 0,10}{0,20} = 0,75\ N$$

3. Verificar se o valor encontrado está coerente com o valor apresentado pelo dinamômetro.
Foram encontrados valores iguais.

4. Determinar a vantagem mecânica apresentada pela alavanca interfixa.

$$\rho = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|} = \frac{1,50}{0,75} = 2,0$$

5. Citar alguns exemplos de alavancas interfixas comumente utilizadas.
Alicates, tesouras, pé-de-cabra, gangorra, etc.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 09 - VANTAGEM MECÂNICA EM POLIAS MÓVEIS E FIXAS

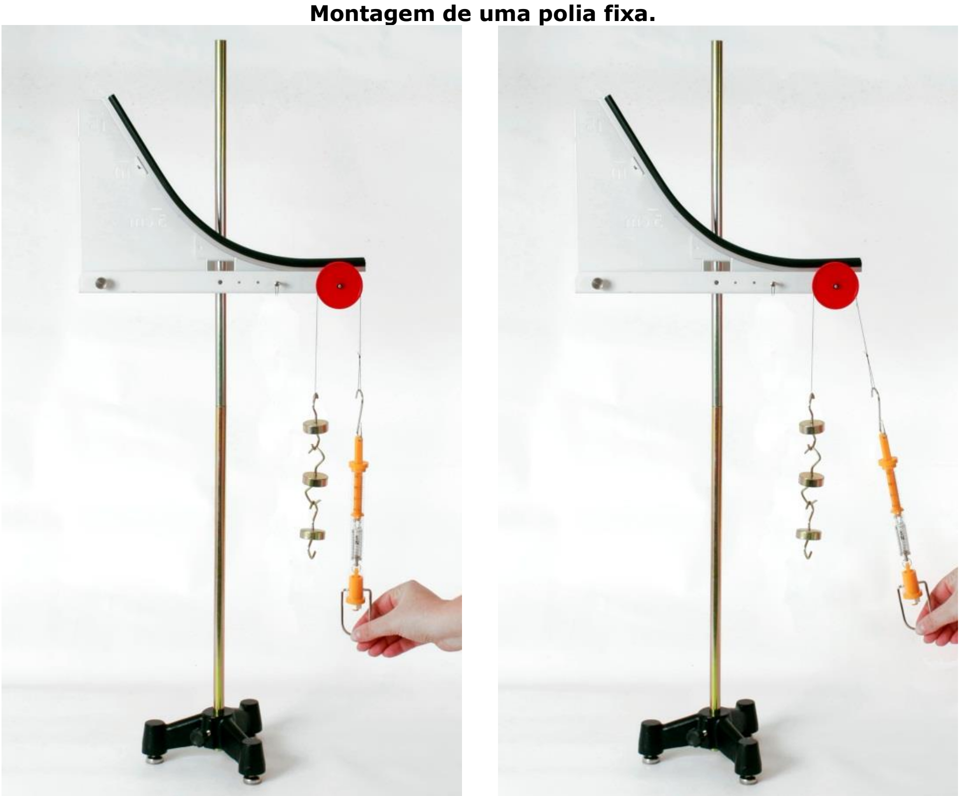
OBJETIVO: Verificar a vantagem mecânica oferecida por polias fixas e móveis.

>>> ***Material Utilizado*** >>>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001066	2,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002072	1,00	UN	ROLDANA FIXA SIMPLES Ø50MM
62002075	3,00	UN	ROLDANA MOVEL SIMPLES Ø50MM
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS

PARTE I - Vantagem mecânica em uma polia fixa.

Montagem de uma polia fixa.



(a) fios paralelos. **(b) fios em ângulo**

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Montar o equipamento conforme a figura (a).

2. Utilizar na montagem dinamômetros de 2,50N e aferir o mesmo para uso na posição mostrada.

3. Pendurar em uma das extremidades do fio massas aferidas para um peso de 1,00N.

4. Anotar a medida da intensidade da força indicada pelo dinamômetro.
F_D = 1,00 N.

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Calcular a vantagem mecânica ρ de uma polia fixa, usando a expressão: $\rho = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|}$

$$\rho = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|} = \frac{1,00}{1,00} = 1,0$$

2. Afastar lateralmente um dos fios de maneira que formem um ângulo qualquer conforme figura (b).

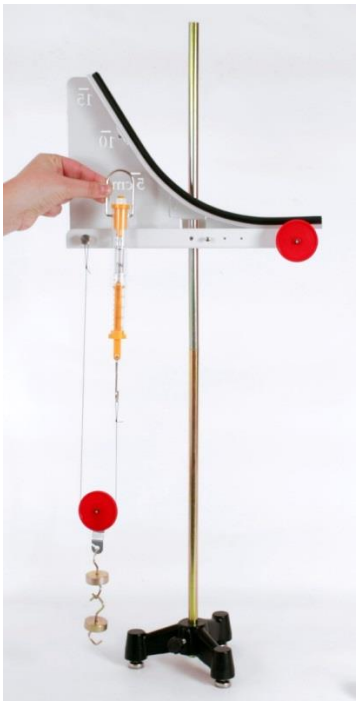
3. Houve mudança na indicação do dinamômetro?
A indicação do dinamômetro permanece a mesma.

4. Considerando o resultado encontrado para a vantagem mecânica para qual a utilidade do uso da polia fixa?
A polia fixa é utilizada para dar mais comodidade e poder variar a direção de aplicação da força motora. Ela não oferece vantagem mecânica mas é acessório necessário na maioria das associações de roldanas.

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II - Vantagem mecânica em uma polia móvel com fios paralelos



>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Montar o equipamento conforme a figura.

2. Com um dinamômetro de 1,00 N medir o peso P da roldana móvel.
Peso da roldana móvel: P_R = 0,12N

3. Utilizar na montagem dinamômetro de 1,00N e aferir o mesmo para uso na posição mostrada.

4. Pendurar uma carga de peso igual a 1,00N.

5. Anotar a medida da intensidade da força indicada pelo dinamômetro.
Força motora indicada pelo dinamômetro: F_M = 0,56 N

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Calcular a vantagem mecânica ρ de uma polia móvel, usando a expressão $\rho = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|}$

$$\rho = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|} = \frac{\mathbf{1,00}}{\mathbf{0,55}} = \mathbf{1,79}$$

2. De acordo com a teoria, qual deveria ser a relação entre a força motora aplicada e o peso da carga?
A força motora deveria ser igual à metade do peso da carga.

3. Porque a vantagem mecânica não resultou igual a 2 ?
Porque no cálculo realizado não se considerou o peso da polia de 0,12 N. Assim na realidade a força resistente é 1,12 N e não 1,00N. Refazendo os cálculos:

$$\rho = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|} = \frac{\mathbf{1,12}}{\mathbf{0,56}} = \mathbf{2,00}$$

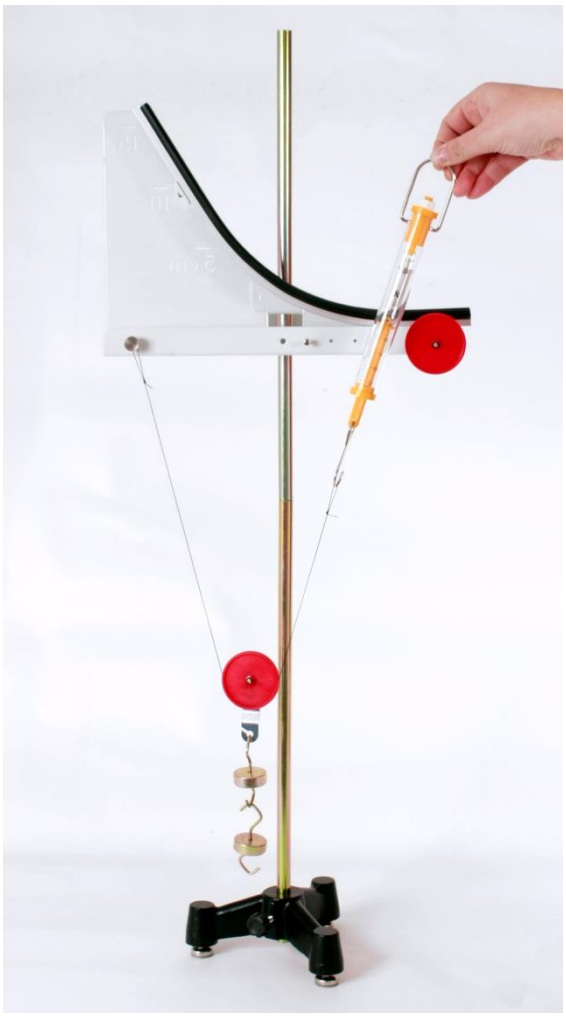
Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

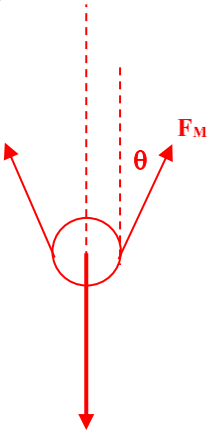
PARTE III - Vantagem mecânica em uma polia móvel com fios não paralelos

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Na montagem da figura variar a posição do dinamômetro de maneira que os fios formem um ângulo θ com a vertical, conforme mostra a figura.



2. Verificar o que ocorre com a força motora à medida o ângulo θ aumenta.



Experimentalmente se verifica que a força motora aumenta

3. A força motora aumenta ou diminui com o aumento do ângulo θ ? Porque isso ocorre?

Projetando as forças que atuam nos dois ramos do fio que passa pela polia na direção da força resistente se tem:

$$|\vec{F}_R| = 2|\vec{F}_M| \times cos\theta \;\therefore\; |\vec{F}_M| = \frac{|\vec{F}_R|}{2cos\theta}$$

Conforme mostra a expressão, a força motora aumenta com o aumento do ângulo θ.

Para um ângulo de 30º o dinamômetro indica para a força motora 0,60 N.

4. Escrever uma expressão para calcular a vantagem mecânica nesse caso, em função do ângulo que os fios formam com a vertical.

$$\rho = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|} = |\vec{F}_R| \times \frac{2cos\theta}{|\vec{F}_R|} \;\therefore$$

$$\rho = 2cos\theta$$

$$\rho = 2 \cdot cos30^o = 1,7$$

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

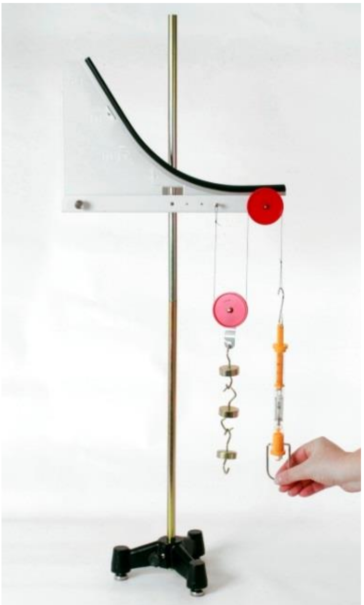
EXPERIMENTO 10 - VANTAGEM MECÂNICA EM ASSOCIAÇÕES DE POLIAS MÓVEIS E FIXAS

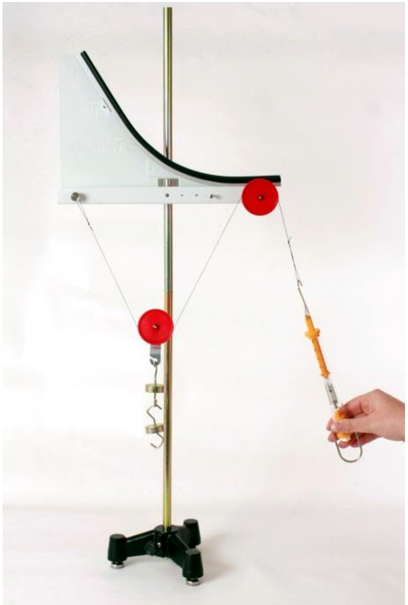
OBJETIVO: Verificar a vantagem mecânica oferecida por uma associação de polias móveis.

PARTE I - Uma polia móvel e uma fixa

>>> ***Material Utilizado*** >>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001066	2,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002072	1,00	UN	ROLDANA FIXA SIMPLES Ø50MM
62002075	3,00	UN	ROLDANA MOVEL SIMPLES Ø50MM
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS





>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Aferir o dinamômetro para realizar medidas na vertical.

2. Determinar a massa e o peso de uma polia móvel.
m = 12g e P = 0,12 N

3. Montar o equipamento conforme a figura (a). Observar que os ramos do fio que sustenta a polia móvel são paralelos.

4. Pendurar na roldana móvel uma massa m_1 de 150g (F_R = 1,50 N).

5. Anotar o valor da intensidade da força motora F_{ME} indicada pelo dinamômetro, que equilibrou o sistema.
F_{ME} = 0,80 N

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>

1. Aplicar a expressão $F_{MT} = \frac{F_R}{2}$ para calcular o valor teórico da força motora (F_{MT}).

$$|\vec{F}_{MT}| = \frac{|\vec{F}_R|}{2} = 0,75\ N$$

2. Comparar o valor de F_{MT} (teórico) com o valor de F_{ME} (experimental). Qual a razão da diferença entre os dois valores?
A diferença se deve ao fato de que a polia não é ideal e deve-se considerar o seu peso. Assim sendo a força resistente real é de 0,80 N e não 0,75 N

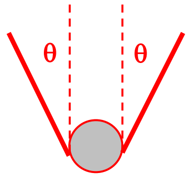
3. Refazer os cálculos considerando agora as massas da polia móvel. O que se pode concluir?

$|\vec{F}_{MT}| = \frac{|\vec{F}_R|}{2} = \frac{1,62}{2} = 0,81\ N$ que é o valor indicado pelo dinamômetro.

4. Qual o valor experimental da vantagem mecânica da associação?

$$\rho = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|} = \frac{1,62}{0,80} = 2,0$$

5. Reposicionar a polia fixa de maneira que cada um dos ramos do fio que sustenta a polia móvel forme um ângulo θ com a vertical. Medir esse ângulo.



θ = 30º

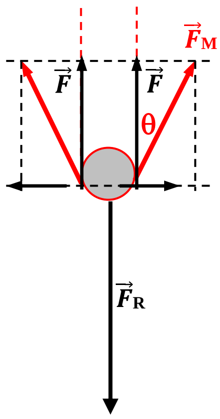
6. Considerar a mesma força resistente dos procedimentos anteriores.
A força resistente se constitui no peso da roldana mais a carga: F_R = 1,62 N.

7. Aplicar a expressão $|\vec{F}_{MT}| = \frac{|\vec{F}_R|}{2cos\theta}$ para calcular o valor teórico da força motora (F_{MT}).
$|\vec{F}_{MT}| = \frac{1,62}{2cos30^0}$ e que resulta: $|\vec{F}_{MT}| 0,87\ N$

8. Anotar o valor da força motora indicada pelo dinamômetro:
Força motora indicada pelo dinamômetro: $|\vec{F}_M| = 0,90\ N$.

9. Considerar uma tolerância de 5% de erro e comentar os resultados.
Os resultados (teórico e experimental) são coerentes, o que conforma a validade da expressão que fornece a intensidade da força motora.

10. Calcular o rendimento obtido neste procedimento e comentar a respeito dos resultados.
$\rho = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|} = \frac{1,62}{0,90} = 1,8$
Observa-se que com os ramos em ângulo o valor da força motora diminui pelo fato de que não é toda a força motora indicada pelo dinamômetro que equilibra a força resistente, mas apenas uma de suas componentes (vertical), conforme mostra o esquema a seguir:



De acordo com o diagrama de forças, para o equilíbrio se tem que ter 2F = F_R.
Como F = F_M.cosθ então: $F_M = \frac{F_R}{2\cos\theta}$

Como a força motora aumenta conseqüentemente o rendimento diminui.

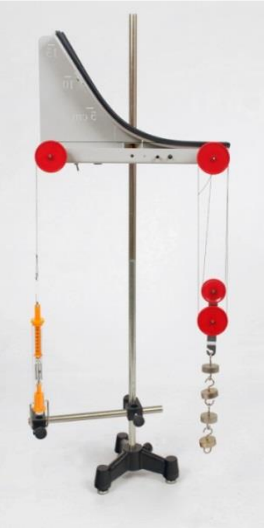
Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II - Duas polias fixas e uma polia móvel dupla.

>>> *Material Utilizado* >>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001066	2,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002071	1,00	UN	ROLDANA FIXA DUPLA Ø50MM
62002072	1,00	UN	ROLDANA FIXA SIMPLES Ø50MM
62002073	1,00	UN	ROLDANA MOVEL DUPLA Ø40MM - Ø50MM
62002075	3,00	UN	ROLDANA MOVEL SIMPLES Ø50MM
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
31003001	2,00	UN	FIXADOR METALICO MOD AZB-027 P/ FIXACAO HASTES
30002009	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 250MM AZE0113PA002

>>> *Procedimentos Experimentais* >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>



1. Montar o equipamento de suporte conforme a figura.

2. Com um dinamômetro medir o peso P da roldana móvel.
P = 0,24 N

3. Aferir o dinamômetro de 2,00 N para ser utilizado na vertical (vai ser solicitado para cima).

4. Pendurar na roldana móvel uma massa m_1 de 200g (F_1 = 2,00N) e completar a montagem com o dinamômetro na extremidade livre do fio.

5. Anotar o valor da força motora F_M indicada pelo dinamômetro.
F_M = 0,55 N

>>> *Análise de Resultados e Conclusões*>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Qual o valor da força resistente?
Considerando a polia ideal: F_R = 2,00 N

2. Segundo o que determina a teoria, qual o valor esperado para a força motora?

$$F_M = \frac{F_R}{2n} = \frac{2,00}{2 \times 2} = 0,50N$$

3. O valor indicado pelo dinamômetro confirma essa hipótese?
Não, o dinamômetro indicou 0,55 N

4. O que justifica a diferença entre o valor esperado e o experimental para a força motora?
É que deve se considerar o peso da polia. Nesse caso a força resistente será 2,24 N ao invés de 2,00 N.
Assim: $F_M = \frac{F_R}{2n} = \frac{2,24}{2 \times 2} = 0,56N$ que é praticamente o valor indicado pelo dinamômetro

5. Determinar a vantagem mecânica do sistema.

$$\rho = \frac{|F_R|}{|F_M|} = \frac{2,24}{0,55} = 4,1$$

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 11 - CENTRO DE GRAVIDADE

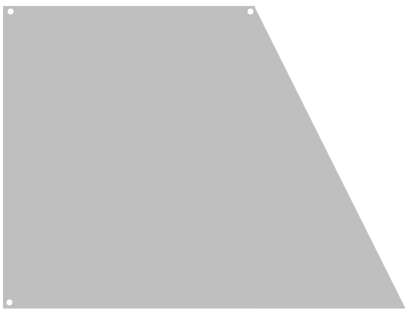
OBJETIVO: Determinar experimentalmente o centro de gravidade de uma figura plana e comparar com o valor obtido por processo analítico.

>>> *Material Utilizado* >>

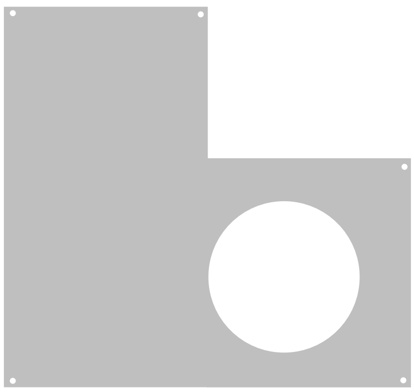
Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001224	1,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62005182	1,00	UN	HASTE Ø1/4X40MM C/ ROSCA M5X10MM E REBAIXO DE 10X3MM
62005600	1,00	UN	PLACA CENTRO DE GRAVIDADE COM ORIFICO
62005598	1,00	UN	PLACA TRAPEZOIDAL P/ CENTRO DE GRAVIDADE
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
31003001	1,00	UN	FIXADOR METALICO MOD AZB-027 P/ FIXACAO HASTES

>>> *Procedimentos Experimentais* >>

1. Montar o equipamento conforme a figura. Construir um fio de prumo, com um fio e uma massa de 50 g com gancho.



Corpo de prova 1 - CP_1

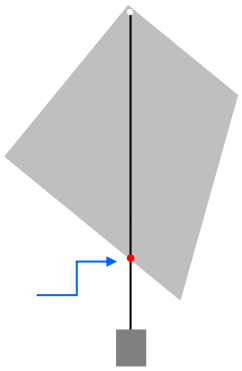


Corpo de prova 2 – CP_2

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

2. Pendurar o corpo de prova CP_1 no suporte por um dos orifícios e em seguida o fio de prumo.

3. Com uma caneta de ponta porosa, marcar a posição em que o fio de prumo encontra o lado oposto do corpo de prova.

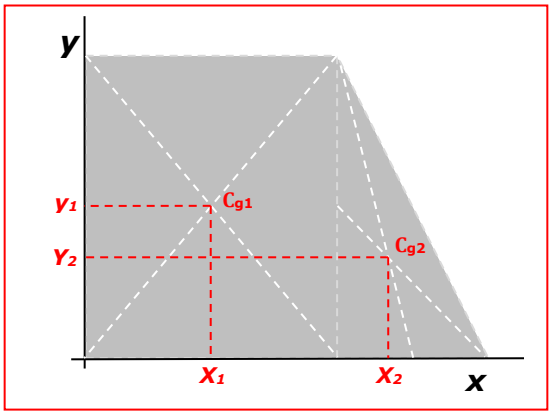


4. Repetir estes procedimentos com os outros orifícios praticados no corpo de prova.

5. Retirar o corpo de prova do suporte e desenhar numa folha de papel sulfite o seu contorno e as marcas obtidas com o fio de prumo..

6. No diagrama desenhado, estabelecer um sistema de coordenadas (x,y) de maneira que dois lados do corpo de prova repousem sobre os eixos, conforme ilustrado a seguir.

7. Dividir o corpo de prova em figuras geométricas regulares (quadrado, retângulo, triângulo, circulo, etc.)



8. Determinar os centros de gravidades das figuras geométricas regulares, e suas coordenadas em relação ao plano cartesiano escolhido.

Figura 1 → $\begin{cases} x_1 = 5,0\ cm \\ y_1 = 6,0\ cm \\ A_1 = 120,0\ cm \end{cases}$ Figura 2 → $\begin{cases} x_2 = 12,0\ cm \\ y_2 = 4,0\ cm \\ A_2 = 36,0\ cm \end{cases}$

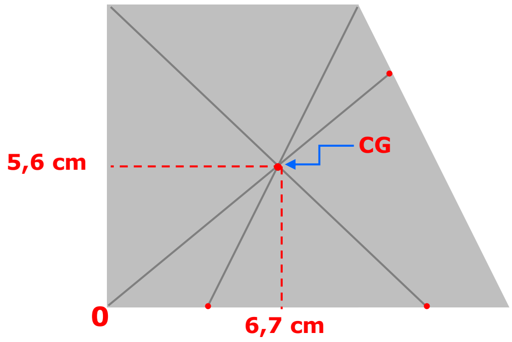
9. Repetir o experimento com o corpo de prova CP_2.

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. No corpo de prova, traçar retas que unem o centro de cada orifício às marcas indicadas pelo fio de prumo nas bordas opostas (feitas quando o corpo estava pendurado). Determinar o centro de gravidade "CG" obtido na intersecção das retas traçadas.



2. Na figura correspondente ao corpo de prova no papel, calcular as coordenadas do centro de gravidade, por meio das expressões:

$$X_{cm} = \frac{\sum(x_i \cdot A_i)}{\sum A_i} \quad \text{e} \quad Y_{cm} = \frac{\sum(y_i \cdot A_i)}{\sum A_i}$$

$$X_{cm} = \frac{120,0 \cdot 5,0 + 36,0 \cdot 12,0}{120,0 + 36,0} = 6,6\ cm$$

$$Y_{cm} = \frac{120,0 \cdot 6,0 + 36,0 \cdot 4,0}{120,0 + 36,0} = 5,5\ cm$$

3. Verificar se o ponto de coordenadas (X_{cm}, Y_{cm}) coincide com o centro de gravidade encontrado pelo encontro das retas traçadas no corpo de prova.

4. Comparar os valores encontrados.

$$e_x = \frac{|6,6 - 6,7|}{6,6} \times 100\% = 1,5\%$$

$$e_y = \frac{|5,5 - 5,6|}{5,5} \times 100\% = 1,8\%$$

5. Recolocar o corpo de prova no suporte com o fio de prumo. O fio de prumo passa pelo centro de gravidade assinalado no corpo de prova?
Verificou-se que o fio de prumo contém o centro de gravidade do corpo de prova.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 12 - PÊNDULO SIMPLES

OBJETIVOS: Obter experimentalmente a expressão que relaciona as grandezas físicas presentes no movimento de um pêndulo simples. Determinar experimentalmente o valor da aceleração da gravidade local.

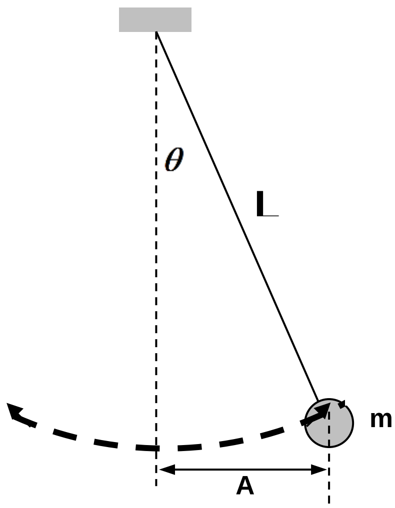
>>> ***Material Utilizado*** >>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001066	2,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001224	3,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62005519	1,00	UN	REGUA METALICA 0 - 38CM MECANICA DOS SOLIDOS
03003020	1,00	UN	TRENA ACO 3M
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
31003001	2,00	UN	FIXADOR METALICO MOD AZB-027 P/ FIXACAO HASTES
30002009	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 250MM AZE0113PA002

Observação:
O experimento será realizado considerando a restrição de que o pêndulo irá sempre realizar oscilações com pequenas amplitudes, isto é, o ângulo máximo que o fio pode formar com a vertical deve ser menor que 10º. Para tanto basta usar a equação $A < L\,sen\,10^0$ para calcular o afastamento (A) em cada passo do experimento, onde L é o comprimento do fio.

PARTE I - Relação entre o período e a massa pendular (lei das massas)

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>



1. Montar o pêndulo simples conforme a figura, com um fio de comprimento 0,75 m e uma massa de 50 g.

2. Deslocar a massa pendular da posição de equilíbrio de um ângulo menor que 10º.

3. Liberar a massa e medir o tempo de duração de 10 oscilações completas.

4. Anotar o valor do tempo T de duração de uma oscilação (período do pêndulo).

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

5. Repetir os procedimentos para massas de 100 g e 150 g.

Comprimento Pendular L (m)	Massa pendular m (kg)	Tempo de 10 oscilações 10T (s)	Período T (s)
0,775	0,050	17,70	1,770
0,775	0,100	17,65	1,765
0,775	0,150	17,74	1,774

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Dentro da tolerância adotada de 5% é possível afirmar que o período permanece constante?
O valor médio dos períodos é de 1,767 s. As diferenças entre os valores medidos e o valor médio estão abaixo da tolerância de 5% o que permite concluir que o período permanece constante.

2. O que se pode concluir a respeito da dependência entre o período de oscilação e a massa oscilante?
Para pequenas amplitudes, como as do experimento o período independe da massa oscilante.

3. Qual a restrição a ser feita com relação à conclusão anterior?
A amplitude angular deve ser menor que 10°.

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II - Relação entre o período e a amplitude.

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Montar o pêndulo simples, conforme mostra a figura.
2. Usar um fio com comprimento pendular de aproximadamente L = 75 cm.
3. O comprimento L é medido do ponto de suspensão até o centro de massa do corpo pendular.
4. Afastar a massa pendular da posição de equilíbrio em aproximadamente 0,015 m. (Esse valor garante a amplitude angular menor que 10º para L = 1,10m).
5. Liberar a massa pendular e medir o tempo de 10 oscilações completas.
6. Repetir por três vezes a tomada de tempo para essa amplitude e anotar o valor médio dos períodos apresentados pelo cronômetro na tabela 1.
7. Variar a amplitude para os valores sugeridos na tabela e repetir os procedimentos de obtenção do período.

Amplitude A (m)	Tempo de 10 oscilações	Período T (s)
0,150	17,61	1,761
0.100	17,46	1,746
0,050	17,59	1,759

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Adotando-se uma tolerância de 5% de erro o período permaneceu constante?
   Pode-se considerar que o período é o mesmo para as medidas realizadas.
2. O que se pode concluir a respeito da dependência entre o período de oscilação e a amplitude do movimento.
   Para pequenas amplitudes, como as do experimento o período independe da amplitude de oscilação.
3. Qual a restrição a ser feita com relação à conclusão anterior?
   A amplitude angular deve ser menor que 10º.
4. Realizar a medida do período para uma amplitude que corresponda a um ângulo bem maior que 10º. Por exemplo afastar a massa pendular em 0,80m.
   Realizadas três medidas resultou um valor médio de T = 2,21s que mostra que para ângulos maiores que 10º (grandes amplitudes) o período depende da amplitude.
5. Como pode ser enunciada então a Lei do Isocronismo (dependência entre período e amplitude)?
   Para pequenas oscilações (ângulos com a vertical menores que 10º) o período de um pêndulo gravítico independe da amplitude.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE III - Relação entre o período e o comprimento pendular.

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Utilizar a mesma montagem e o comprimento pendular inicial de aproximadamente 0,75m.

2. O comprimento L é medido do ponto de suspensão até o centro de massa do corpo pendular.

3. Afastar a massa pendular da posição de equilíbrio. Para calcular a amplitude de maneira que não ultrapasse o limite de 10º usar a expressão $A = L \cdot sen10^0$.

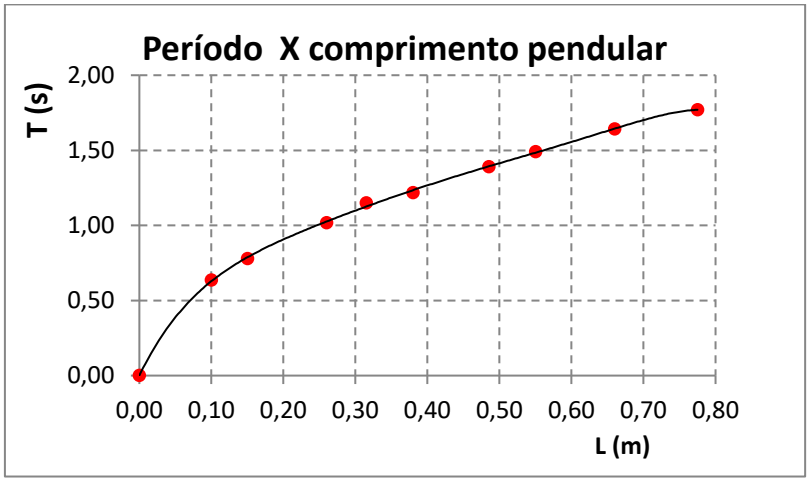
4. Liberar a massa pendular e medir o tempo de 10 oscilações completas. Repetir por três vezes a tomada de tempo para esse comprimento pendular e anotar o valor médio dos períodos apresentados pelo cronômetro na tabela.

5. Repetir os procedimentos de medida do período para os comprimentos sugeridos na tabela.
   * A precisão da medida do comprimento do fio é muito importante!

Comprimento Pendular L (m)	Tempo de 10 oscilações 10T (s)	Período T (s)	Aceleração da gravidade local g (m/s²)
0,775	17,70	1,770	9,77
0,660	16,42	1,642	9,66
0,550	14,91	1,491	9,77
0,485	13,90	1,390	9,91
0,380	12,18	1,218	9,98
0,315	11,50	1,150	9,40
0,260	10,18	1,018	9,91
0,150	7,79	0,779	9,76
0,100	6,35	0,635	9,77
		Valor médio :	9,77

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Construir o gráfico T versus L em papel milimetrado.

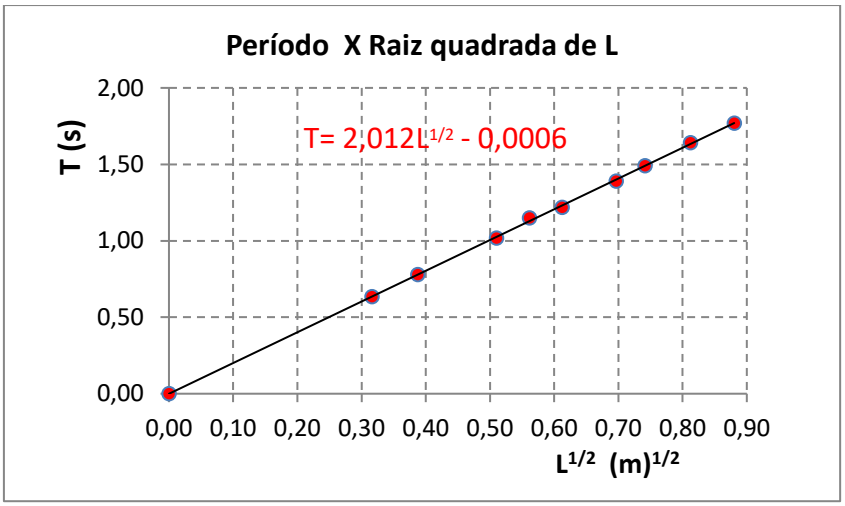


2. Qual o aspecto da curva apresentada pelo gráfico? Qual a função que representa essa curva?
A curva indica que as grandezas devem se relacionar por meio de uma função raiz quadrada.

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

3. Utilizar a mudança de variáveis conveniente e linearizar o gráfico.



4. Usar os recursos do EXCEL e obter a equação que corresponde ao gráfico linearizado.
A equação apresentada é:

$$T = 2,012\sqrt{L} - 0,0006$$

Como a reta deve passar pela orígem, pode-se desprezar o termo independente e a equação que relaciona o período e o comprimento pendular fica:

$$T = 2,012\sqrt{L}$$

O que mostra que para pequenas oscilações o período do pêndulo simples é diretamente proporcional à raiz quadrada do comprimento pendular.

5. A teoria estabelece que o período e o comprimento pendular são relacionados pela expressão:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Comparar as duas equações e obter a aceleração da gravidade local:

$$0,212\sqrt{L} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow g = \frac{4\pi^2}{2,012^2} \rightarrow g = 9,75\ \frac{m}{s^2}$$

6. Considerar o valor da aceleração da gravidade local (Consultar a tabela dos valores da aceleração gravitacional em função da latitude) e comparar com o valor experimental.

$$e\% = \frac{|9,78 - 9,75|}{9,78} \times 100\% = 0,3\%$$

7. Com base nos resultados experimentais (para pequenas oscilações) o que se conclui a respeito da dependência entre:

a) Período e Amplitude?
O período não depende da amplitude
b) Período e Massa Pendular?
O período não depende da massa pendular
c) Período e comprimento pendular?
O período é diretamente proporcional à raiz quadrada do comprimento pendular.

8. O período de um pêndulo simples depende do local onde se realiza o experimento ? Justificar.
Sim, pois o período varia com o inverso da raiz quadrada da aceleração da gravidade que por sua vez depende da latitude e da altitude do local.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 13 - OSCILADOR MASSA-MOLA VERTICAL

OBJETIVO: Verificar a validade da equação que fornece o período de oscilação de um pêndulo elástico que realiza movimento harmônico simples

>>> *Material Utilizado* >>>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001224	3,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62001239	1,00	UN	CRONOMETRO DIGITAL MANUAL
62002001	1,00	UN	ACESSORIO P/ ASSOCIACAO DE MOLAS (k≈10N/m)
62005182	1,00	UN	HASTE Ø1/4X40MM C/ ROSCA M5X10MM E REBAIXO DE 10X3MM
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
31003001	2,00	UN	FIXADOR METALICO MOD AZB-027 P/ FIXACAO HASTES

>>> *Procedimentos Experimentais* >>>

1. Usar a montagem mostrada na figura.

2. Pendurar 50g na extremidade da mola e estabelecer o repouso do conjunto massa-mola.

3. Afastar a massa da posição de equilíbrio e liberá-la cuidadosamente para que o conjunto inicie um movimento oscilatório na vertical.

4. Com um cronômetro manual medir o tempo de 10 oscilações completas.

5. Repetir esse procedimento três vezes e anotar o tempo médio de 10 oscilações.
$10T_1 = 3{,}85$ s

6. Anotar na tabela o tempo gasto para realizar uma oscilação completa (período T) e a massa responsável pela força restauradora. Observar que se deve acrescentar 1/3 da massa da mola ao valor da massa oscilante pendurada.
$T_1 = 3{,}85/10 = 0{,}385$ s
$m = 0{,}050 + 0{,}003 = 0{,}053$ kg
No caso do experimento realizado a massa da mola era de 9,0 g e portanto foi

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

acrescentado à massa oscilante o valor de 0,003 kg.

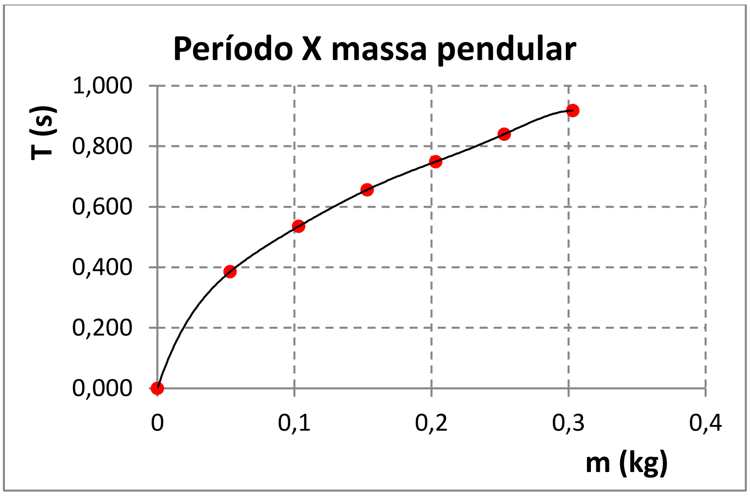
7. Acrescentar 50g à mola e repetir os procedimentos de medida do período de oscilação até completar a tabela.

Tabela: Período em função da massa pendular

N	*Período* T_{exp}(s)	Massa m(kg)
1	0	0
2	0,385	0,053
3	0,535	0,103
4	0,656	0,153
5	0,749	0,203
6	0,835	0,120
	0,899	0,140

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Construir o gráfico T = f(m).

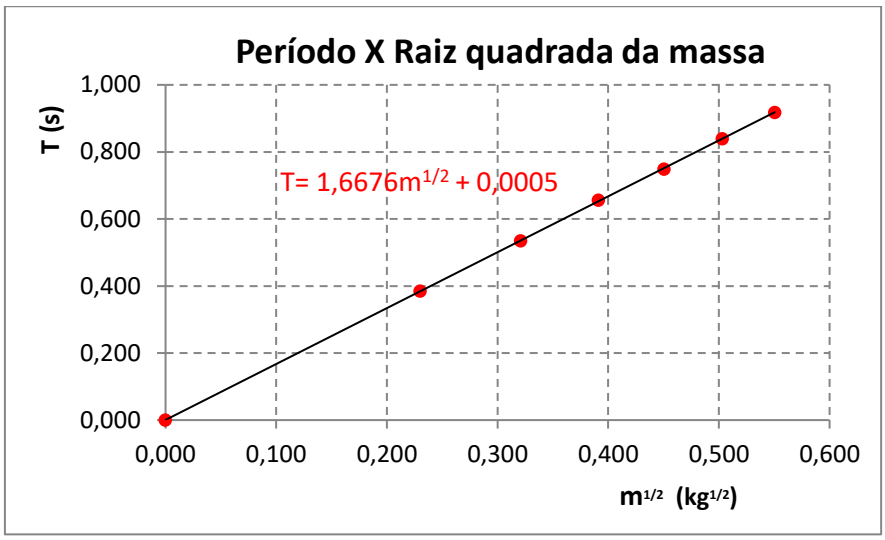


2. Qual o aspecto da curva obtida?
A curva é uma parábola invertida.

3. Realizar a mudança de variável conveniente no eixo das abscissas para linearizar o gráfico.
A mudança de variável que lineariza o gráfico é substituir a massa plotada no eixo das abscissas pela sua raiz quadrada.

N	*Período* T_{exp}(s)	Massa m(kg)	Raiz quadrada da massa $\sqrt{m}$ ($\sqrt{kg}$)
1	0	0	0,0000
2	0,385	0,053	0,2302
3	0,535	0,103	0,3209
4	0,656	0,153	0,3912
5	0,749	0,203	0,4506
6	0,835	0,120	0,5030
	0,899	0,140	0,5505

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.



4. Qual deve ser a relação de dependência entre T e m?
Conforme o gráfico linearizado mostra, o período é diretamente proporcional à raiz quadrada da massa.

$$T \propto \sqrt{m}$$

5. Estabelecer a equação matemática que relaciona o período e a massa pendular.
O recurso do Excel mostra que a equação correspondente ao gráfico é:

$$T = 1,6676\sqrt{m} + 0,0005$$

O coeficiente linear pode ser desprezado, pois a reta deve passar pela orígem dos eixos. Assim a expressão que relaciona as duas grandezas é:

$$T = 1,668\sqrt{m}$$

6. Sabe-se que a equação do pêndulo elástico deduzida teoricamente e que relaciona as grandezas físicas envolvidas é dada por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Comparar as duas expressões e obter a constante elástica da mola.

$$1,668\sqrt{m} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow k = \frac{4\pi^2}{1,668^2} \rightarrow k = 14,19\ N/m$$

7. Comparar o valor da constante do oscilador obtido no procedimento anterior com o valor encontrado anteriormente no experimento de associação de duas molas em série (k = 14,12 N/m).

$$e\% = \frac{|14,12 - 14,19|}{14,12} \times 100\% = 0,50\%$$

8. Os resultados experimentais confirmam a validade da equação que relaciona o período com a massa oscilante no pêndulo elástico?

Sim. Os resultados obtidos confirmam a validade da expressão com um erro muito abaixo da tolerância admitida.

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 14 - PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

OBJETIVOS:

- Estudar a ação exercida sobre um corpo quando mergulhado total ou parcialmente num líquido em equilíbrio.
- Conceituar peso aparente de um corpo mergulhado num líquido.
- Verificar que quando um corpo é mergulhado total ou parcialmente num líquido em equilíbrio ele fica sujeito à uma força denominada empuxo exercida pela massa líquida.
- Analisar as grandezas presentes e relacioná-las de forma a obter uma expressão que possibilite o cálculo do empuxo sobre um corpo quando ele é mergulhado total ou parcialmente num líquido em equilíbrio.

>>> ***Material Utilizado*** >>>

Código	***Quant.***	***Unid.***	***Descrição***
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
02007012	1,00	UN	BECKER GRADUADO DE PLASTICO 0250ML
62001066	1,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001068	1,00	UN	DUPLO CILINDRO DE ARQUIMEDES
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
31003001	1,00	UN	FIXADOR METALICO MOD AZB-027 P/ FIXACAO HASTES
30002009	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 250MM AZE0113PA002

PARTE I - Peso aparente e empuxo

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Utilizar a montagem mostrada na figura.
2. Pendurar o corpo de prova (cilindro) no dinamômetro e anotar o valor de seu peso.
   P = 0,55 N
3. Mergulhar totalmente o cilindro no recipiente contendo água sem tocar o fundo como mostra a figura.
4. Anotar a indicação do dinamômetro.
   P_A= 0,10 N

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

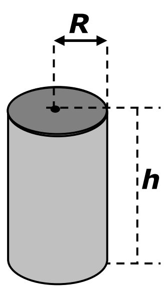
>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Qual a diferença verificada entre as duas medidas?
   $P-P_A$ = 0,45 N
2. Qual o significado físico da segunda medida?
   É o peso aparente do corpo
3. A que se deve a diferença entre as duas medidas realizadas?
   A força que o líquido exerce sobre o corpo.
4. Qual a direção e o sentido dessa força?
   Vertical para cima
5. Como ela é denominada?
   Empuxo
6. Qual deve ser a expressão que relaciona empuxo, peso e peso aparente?
   $E = P - P_A$
7. Trocar a água contida no Bequer por álcool e refazer o experimento.
   P = 0,55 N
   P_A = 0,15 N
   $$E = 0{,}55 - 0{,}15 = 0{,}40N$$
8. Comparar os valores encontrados para o empuxo nos dois experimentos.
   E_{AGUA} = 0,45 N
   E_{Alcool} = 0,40 N
   Os valores encontrados são diferentes.
9. O empuxo depende da natureza do líquido?´
   Sim.

PARTE II - Relacionar empuxo e o peso do volume de líquido deslocado por um corpo imerso num líquido.

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Montar o equipamento conforme a figura.
2. Calcular o volume do cilindro:
   $V_c = \pi \times R^2 \times h$.
   Medidas do cilindro:
   Diâmetro: Φ = 2,9 cm
   Altura : 6,9 cm
   $$V_c = \pi R^2 h = \pi \times \left(\frac{2{,}9}{2}\right)^2 \times 6{,}9 = 45{,}6\ cm^3$$
3. Pendurar o cilindro maciço na extremidade inferior do recipiente oco
4. Medir o peso P do conjunto recipiente+cilindro indicado no dinamômetro.
   P = 0,85 N
5. Colocar uma quantidade conveniente de água no Bequer.
6. Mergulhar o cilindro de nylon na água de forma que fique totalmente submerso e sem tocar no fundo, conforme mostra a figura e anotar o valor indicado no dinamômetro (Peso aparente do cilindro + peso do recipiente).
   P' = 0,40 N



Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

>>> *Análise de Resultados e Conclusões*>>

1. Determinar a diferença entre P e P'. O que essa diferença representa?
P – P' representa o empuxo E sobre o cilindro mergulhado na água.
E = P – P' = 0,85 - 0,40 = 0,45 N

2. Observar que o volume do cilindro é igual ao volume interno do recipiente.

3. Manter o cilindro imerso, colocar água vagarosa e cuidadosamente no recipiente e observar o que acontece com o valor indicado no dinamômetro.
A indicação do dinamômetro aumenta a medida que o recipiente recebe água.

4. Quando o recipiente estiver completamente cheio anotar o valor F_D indicado no dinamômetro.
F_D = 0,85 N

5. O que representa o peso do volume de líquido colocado no recipiente
O peso do volume de líquido no recipiente equilibra o empuxo.
E = P_{LD}

6. Comparar o volume de água que foi deslocado V_{LD} pelo cilindro submerso, com o que foi colocado no recipiente.
$V_{LD} = V_A$ = 45,6 cm^3 = 4,56.10^{-5} m^3
pois o cilindro maciço tem o mesmo volume que o volume interno do cilindro oco.

7. Calcular o peso do volume de líquido deslocado pelo cilindro submerso.
$\mathbf{P_{Ld} = m_{Ld} \times g = \mu_L \times V_{Ld} \times g = 1000 \times 4,56 \cdot 10^{-5} \times 9,78 = 0,45\ N}$

8. O que se pode concluir a respeito da relação entre o Empuxo aplicado pelo líquido e o peso do volume de líquido deslocado?
O empuxo aplicado pela massa líquida é igual ao peso do volume de líquido deslocado pelo corpo nele mergulhado.

9. Comparar esse valor do empuxo com os outros os valores encontrados anteriormente.
São iguais

10. De quais grandezas físicas depende o empuxo apresentado por uma massa líquida quando se mergulha nele um corpo sólido? Justificar.
Conforme visto acima, E = $P_{\text{volume de líquido deslocado}}$, portanto:
$\mathbf{E = m_{Ld} \times g = \mu_L \times V_{Ld} \times g}$
A expressão mostra que o Empuxo depende:
a) da massa específica do liquido - μ_L
b) do volume de líquido deslocado pelo corpo imerso - V_{Ld}
c) da aceleração da gravidade local – g

11. Enunciar o Princípio de Arquimedes.
"Todo corpo mergulhado em um líquido sofre a ação de uma força vertical dirigida para cima denominada empuxo cuja intensidade é igual ao peso do volume de líquido deslocado"

12. Repetir o experimento utilizando álcool ao invés de água no bequer.
P = 0,85 N
P_A = 0,45 N
$E = P - P_A = 0,85 - 0,45 = 0,40$ N
$\mathbf{P_{Ld} = \mu_L \times V_{Ld} \times g = 850 \times 4,56 \cdot 10^{-5} \times 9,78 = 0,38\ N}$

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

SUMÁRIO (MANUAL DO ALUNO)

SUMÁRIO (MANUAL DO ALUNO) 1
EXPERIMENTOS 2
EXPERIMENTO 01 - LANÇAMENTO HORIZONTAL DE PROJÉTIL COM RAMPA 2
EXPERIMENTO 02 – LANÇAMENTO HORIZONTAL DE PROJÉTIL COM RAMPA UTILIZANDO CRONOMETRO E SENSOR 7
EXPERIMENTO 03 - LEI DE HOOKE COM MOLA HELICOIDAL 11
EXPERIMENTO 04 - LEI DE HOOKE COM MOLAS HELICOIDAIS ASSOCIADAS 14
PARTE I - 2 Molas associadas em série. 14
PARTE II - Duas molas associadas em paralelo 16
EXPERIMENTO 05 - RESULTANTE DE FORÇAS COPLANARES PARALELAS 18
EXPERIMENTO 06 - CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO DE UM CORPO RÍGIDO 21
PARTE I - Verificação das condições de equilíbrio de um corpo rígido 21
PARTE II - Determinação do peso do travessão 24
PARTE III - Determinação do peso de um corpo qualquer usando as condições de equilíbrio de corpo rígido. 26
EXPERIMENTO 07 - TRAÇÕES EM CORDAS 28
EXPERIMENTO 08 - VANTAGEM MECÂNICA NAS ALAVANCAS 30
PARTE I – Alavanca inter-resistente 30
PARTE II – Alavanca interpotente 32
PARTE III – Alavanca interfixa 34
EXPERIMENTO 09 - VANTAGEM MECÂNICA EM POLIAS MÓVEIS E FIXAS 36
PARTE I - Vantagem mecânica em uma polia fixa. 36
PARTE II - Vantagem mecânica em uma polia móvel com fios paralelos 38
PARTE III - Vantagem mecânica em uma polia móvel com fios não paralelos 39
EXPERIMENTO 10 - VANTAGEM MECÂNICA EM ASSOCIAÇÕES DE POLIAS MÓVEIS E FIXAS 40
PARTE I - Uma polia móvel e uma fixa 40
PARTE II - Duas polias fixas e uma polia móvel dupla. 42
EXPERIMENTO 11 - CENTRO DE GRAVIDADE 44
EXPERIMENTO 12 - PÊNDULO SIMPLES 47
PARTE I - Relação entre o período e a massa pendular (Lei das massas) 47
PARTE II - Relação entre o período e a amplitude. 49
PARTE III - Relação entre o período e o comprimento pendular. 50
EXPERIMENTO 13 - OSCILADOR MASSA-MOLA VERTICAL 54
EXPERIMENTO 14 - PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES 58
PARTE I - Peso aparente e empuxo 58
PARTE II - Relacionar empuxo e o peso do volume de líquido deslocado por um corpo imerso num líquido. 60

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTOS

EXPERIMENTO 01 - LANÇAMENTO HORIZONTAL DE PROJÉTIL COM RAMPA

OBJETIVO: Reconhecer as grandezas físicas envolvidas no movimento bidimensional de um projétil lançado horizontalmente. Verificar a validade das equações do movimento bidimensional. Verificar se a massa do projétil interfere no alcance horizontal.

>>> ***Material Utilizado*** >>>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
03003020	1,00	UN	TRENA ACO 3M
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
62005120	1,00	UN	ESFERA DE NYLON Ø25MM
62001074	2,00	UN	ESFERA DE ACO Ø25MM
62005274	1,00	UN	FIO DE PRUMO COM ADESÃO MAGNÉTICA
XXXXXXXX	2,00	UM	FOLHA DE PAPEL SULFITE A4 (*)
XXXXXXXX	1,00	UM	FOLHA DE PAPEL CARBONO A4 (*)

(*) Não acompanha o produto.

PARTE I -Relação entre alcance e velocidade de lançamento

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Montar o equipamento conforme a mostra a figura e nivelar o conjunto para que a velocidade do projétil ao abandonar a rampa tenha a direção horizontal.

2. Medir a altura de lançamento da parte inferior da esfera até a superfície da mesa.
y=__________m

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

3. Usar um fio de prumo para marcar a origem O dos deslocamentos horizontais.

4. Fixar na mesa duas folhas de papel sulfite A4 de forma que contenham o ponto O indicado pelo prumo.

5. Abandonar a esfera (bolinha de plástico) da posição 5,00 cm, na rampa. A esfera vai percorrer a rampa e após abandoná-la vai realizar um movimento no espaço até colidir com a superfície da mesa. Observar o ponto de contato da esfera com a mesa e colocar sobre essa região uma folha de papel carbono.

6. Realizar 3 lançamentos para cada um dos desníveis na rampa (5,00; 10,0 e 15,0 cm) e anotar na tabela os valores encontrados para os alcances *A*, em cada desnível.

7. Calcular o valor médio do alcance para cada desnível.

Desnível na rampa h(m)	Alcance horizontal				Velocidade de lançamento v_o(m/s)
	A_1 (m)	A_2 (m)	A_3 (m)	Valor médio A(m)	
0,05					
0,10					
0,15					

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Calcular o valor médio do alcance para cada desnível.

2. Usar a equação do movimento em queda livre e determinar o tempo de permanência do projétil no ar.

3. Usar a equação do movimento horizontal do projétil (movimento retilíneo uniforme) $\boldsymbol{x} = \boldsymbol{x_0} + \boldsymbol{v_0}.\boldsymbol{t}$ e calcular o valor da velocidade *Vₒ* de lançamento para cada um dos desníveis na rampa.

4. O que ocorre com a velocidade de lançamento do projétil quando o desnível na rampa aumenta? Isto tem alguma relação com o alcance medido experimentalmente? Justificar a resposta.

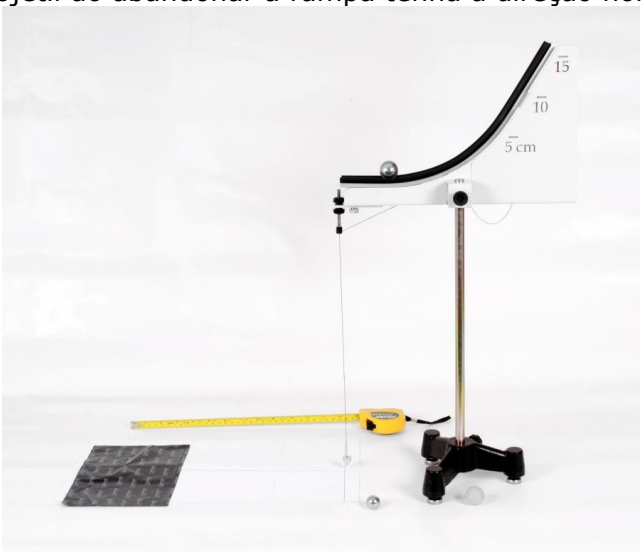
AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II - Relação entre alcance e massa do projétil

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Montar o equipamento conforme a mostra a figura e nivelar o conjunto para que a velocidade do projétil ao abandonar a rampa tenha a direção horizontal.



2. Medir a altura de lançamento da parte inferior da esfera até a superfície da mesa.
y=_____m

3. Usar um fio de prumo para marcar a origem O dos deslocamentos horizontais.

4. Fixar na mesa duas folhas de papel sulfite A4 de forma que contenham o ponto O indicado pelo prumo.

5. Abandonar a esfera de aço (∅ - 25,4 mm) na rampa da posição 15,0 cm. A esfera vai percorrer a rampa e após abandoná-la vai realizar um movimento no espaço até colidir com a superfície da mesa. Observar o ponto de contato da esfera com a mesa e colocar sobre essa região uma folha de papel carbono.

6. Realizar 3 lançamentos e anotar na tabela os valores encontrados para os alcances *X*.

7. Repetir os procedimentos de lançamento utilizando a esfera de plástico (∅ - 25,4 mm).

		Alcance horizontal			
Desnível na rampa h(m)	**Material da esfera**	**A_1 (m)**	**A_2 (m)**	**A_3 (m)**	**Valor médio X(m)**
0,150	Aço				
	Plástico				

>>> ***Análise dos Resultados e Conclusões*** >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Calcular o valor médio do alcance para cada uma das esferas.

2. Comparar os valores experimentais dos alcances obtidos para cada esfera. A diferença de massa interfere no valor do alcance?

_____
_____
_____
_____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE III - Obtenção do alcance através do princípio da conservação de energia mecânica.

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Montar o equipamento conforme a mostra a figura e nivelar o conjunto para que a velocidade do projétil ao abandonar a rampa tenha a direção horizontal.

2. Medir a altura de lançamento da parte inferior da esfera até a superfície da mesa.
y=_____m

3. Usar um fio de prumo para marcar a origem O dos deslocamentos horizontais.

4. Fixar na mesa duas folhas de papel sulfite A4 de forma que contenham o ponto O indicado pelo prumo.

5. Abandonar a esfera de plástico na rampa da posição 5,00 cm. A medida desse desnível é fundamental para obter bons resultados. A esfera vai percorrer a rampa e após abandoná-la vai realizar um movimento no espaço até colidir com a superfície da mesa. Observar o ponto de contato da esfera com a mesa e colocar sobre essa região uma folha de papel carbono.

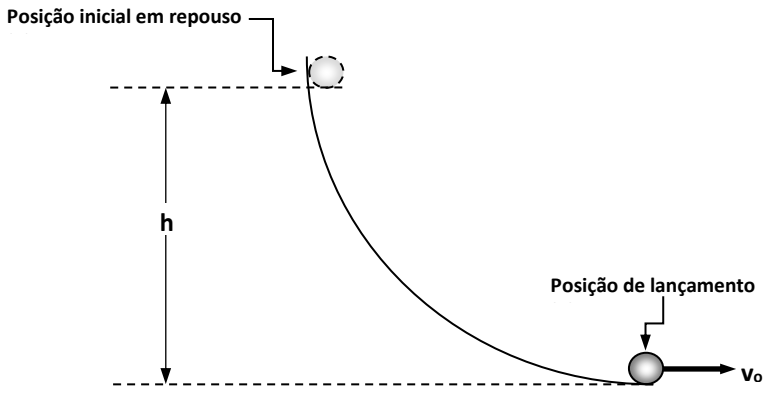
6. Realizar 3 lançamentos para o desnível de 0,15m e anotar na tabela os valores encontrados para os alcances *X*.

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

	Alcance Horizontal	
Desnível na Rampa h(m)	**A (m)**	**Valor Médio X(m)**
0,15		
0,15		
0,15		

1. Calcular o valor médio do alcance.

2. Usar o Princípio da Conservação da Energia conforme mostrado a seguir para encontrar a velocidade de lançamento (v_O):



Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

3. Calcular o valor do tempo de permanência no ar:

4. Calcular o alcance A_{calc} através da equação do movimento horizontal do projétil.

5. Comparar o alcance medido com o alcance obtido no procedimento anterior. Calcular o erro (desvio) percentual. Justificar as discrepâncias encontradas.

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

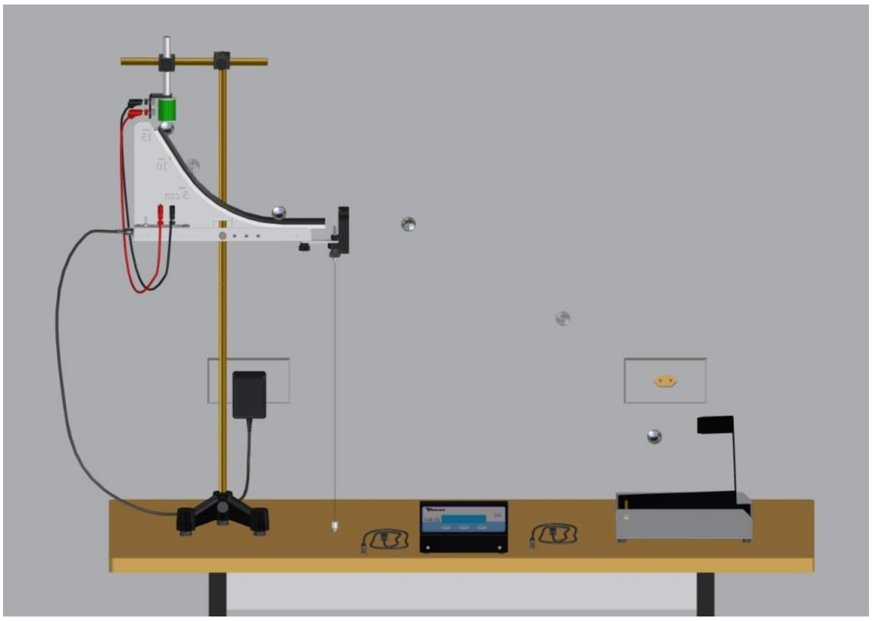
EXPERIMENTO 02 – LANÇAMENTO HORIZONTAL DE PROJÉTIL COM RAMPA UTILIZANDO CRONOMETRO E SENSOR

OBJETIVO: Verificar a validade das equações do movimento bidimensional sob ação única da gravidade

>>> ***Material Utilizado*** >>>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
03003020	1,00	UN	TRENA ACO 3M
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
62005120	1,00	UN	ESFERA DE NYLON Ø25MM
62001074	2,00	UN	ESFERA DE ACO Ø25MM
62005274	1,00	UN	FIO DE PRUMO COM ADESÃO MAGNÉTICA
62001206	1,00	UN	CONJ DE ACESSÓRIOS PARA LARGADOR ELETROMAGÉNTICO COMPOSTO POR: 01 UN. ELETROIMÃ COM BORNES E HASTE DE FIXAÇÃO 01 UN. FONTE DE ALIMENTAÇÃO CHAVEADA DC 12V/2A 01 UN. PAR DE CABO DE LIGAÇÃO BANANA/BANANA 01 UN. CHAVE LIGA/DESLIGA 01 UN. SUPORTE PARA ELETROIMÃ
62001201	1,00	UN	SENSOR FOTOELÉTRICO PGS-D10 (*) COMPOSTO POR: 01 UNID. SENSOR FOTOELÉTRICO 01 UNID. CABO USB 1,8M 01 UNID. MANIPULO M6X16 01 UNID. KNOB DE METAL M6 01 UNID. HASTE DE METAL 120MM COM ROSCA M6
62001213	1,00	UN	SENSOR DE TEMPO DE VOO TFS-D10 (*)
62001226	1,00	UN	CRONOMETRO LCD DIGITAL TIMER MODELO AZB-30 USB (*)
XXXXXXXX	2,00	UM	FOLHA DE PAPEL SULFITE A4 (**)
XXXXXXXX	1,00	UM	FOLHA DE PAPEL CARBONO A4 (**)

(*)ITENS VENDIDOS SEPARADAMENTE. NÃO ACOMPANHAM O PRODUTO.
(**)NÃO ACOMPANHAM O PRODUTO.



Montagem do experimento de lançamento horizontal com rampa curva

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Montar o equipamento conforme a mostra a figura acima e nivelar o conjunto para que a velocidade do projétil ao abandonar a rampa tenha a direção horizontal.

2. Fixar a esfera (projétil) no eletroímã.

3. Regular a altura de lançamento (na saída da rampa) para y = 1,00 m. A medida da altura é feita do centro do sensor até o plano horizontal que contém o ponto de recepção do projétil na plataforma posicionada no piso da sala.

4. Usar um fio de prumo para marcar a origem "O" dos deslocamentos horizontais. O referencial para o fio de prumo deve coincidir com a posição do sensor na saída da rampa.

5. Abandonar a esfera (projétil) na rampa da posição 15,0 cm. A esfera vai percorrer a rampa e após abandoná-la vai realizar um movimento no espaço até colidir com a plataforma receptora. A tomada de tempo inicia quando a esfera passa pelo sensor e termina quando ela atinge a plataforma.

6. Realizar alguns lançamentos para observar onde a esfera toca a plataforma receptora.

7. Cobrir a plataforma receptora com uma folha de papel branco recoberta com carbono, se necessário recortar a folha de papel branco e a folha de carbono.

8. Conectar o sensor de tempo de vôo TFS-D10 na porta S2 do cronômetro AZB-30 USB e o sensor fotoelétrico PGS-D10 na porta S1.

9. Pressionar a tecla FUNC para ir para a função 1 [F1].

10. Pressionar e segurar por 3s a tecla MEM/SETUP para entrar no modo de configuração da função 1 [F1] - Cfg.

11. Pressionar a tecla MEM/SETUP para escolher o modo de disparo do cronômetro que deverá ser pelo sensor. Para isto pressione a tecla MEM/SETUP dentro do modo de configuração da função 1 até aparecer "Sns" no canto inferior esquerdo do display. Para gravar a configuração pressione a tecla FUNC.

12. Antes de soltar a esfera, prepare o cronômetro para efetuar a medida do tempo. Para isto pressione duas vezes a tecla START. Ao clicar na tecla START uma vez, irá aparecer o símbolo de (*) piscando mostrando que o cronômetro está em modo "stand-by". Pressionar novamente a tecla START e o símbolo de (*) ficará fixo, mostrando que o cronômetro pronto e está aguardando a interrupção do sensor para iniciar a medida do tempo.

13. Liberar a esfera e observar a medida do tempo no cronômetro.

14. Liberar a esfera e verificar o tempo indicado no cronômetro. Medir o alcance horizontal *X* desde o ponto O até a marca na plataforma.

15. Realizar 3 lançamentos e anotar na tabela os valores médios encontrados para *X* e t.

____
____
____
____
____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

16. Repetir o experimento para os valores de *y* sugeridos na tabela 1.

Tabela 1

N	Altura de lançamento *Y* (m)	Tempo t (s)	Alcance X (m)
1	**1,00**		
2	**1,10**		
3	**1,20**		
4	**1,30**		

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Com os valores experimentais da tabela1, usar a equação do movimento horizontal do projétil (movimento retilíneo uniforme) $x = x_o + v_o \cdot t$ e calcular o valor da velocidade V_{O1} de lançamento em função do alcance e do tempo de permanência no ar e preencher a tabela2.

$$x = x_0 + v_0 \cdot t \text{ como } x_0 = 0 \text{ obtém-se: } v_{0_1} = \frac{x}{t}$$

Tabela 2

N	Tempo t (s)	Alcance X (m)	Velocidade inicial V_{O1} (m/s)
1			
2			
3			
4			
Valor médio			

2. Calcular o valor médio da velocidade inicial V_O.

3. Combinar as duas equações horárias do movimento bidimensional (origem considerada no ponto de lançamento e orientação vertical para baixo):

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

E obter uma expressão que forneça o cálculo da velocidade inicial V_{O2} em função do alcance e da altura de lançamento.

4. Aplicar na equação obtida os valores experimentais da altura de lançamento *y* e do alcance *x* e completar a tabela 3.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

Tabela 3

N	Altura de lançamento y (m)	Alcance X (m)	Velocidade inicial V_{O2} (m/s)
1	1,00		
2	1,10		
3	1,20		
4	1,30		
Valor médio			

5. Calcular o valor médio da velocidade de lançamento V_O.

_____
_____
_____
_____

6. Comparar os valores da velocidade de lançamento V_O , obtidos nas tabelas 2 e 3.

_____
_____
_____
_____

7. Considerando uma tolerância de 5% é possível confirmar a validade das equações horárias do movimento bidimensional sob ação única da gravidade? Justificar.

_____
_____
_____
_____

8. Na equação $\boldsymbol{v_0 = x \cdot \sqrt{\frac{g}{2 \cdot y}}}$ pode-se obter y = f(x): $\boldsymbol{y = \frac{g}{2 \cdot {v_0}^2} \cdot x^2}$. Substituir nesta expressão o valor médio da velocidade inicial, usar o valor de g local e obter a equação y=f(x).

_____
_____
_____
_____

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 03 - LEI DE HOOKE COM MOLA HELICOIDAL

OBJETIVO: Reconhecer a relação de proporcionalidade entre a deformação de uma mola helicoidal e a intensidade da força aplicada.

>>> *Material Utilizado* >>>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
62002001	1,00	UN	ACESSORIO P/ ASSOCIACAO DE MOLAS (k≈10N/m)
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS

>>> *Procedimentos Experimentais* >>>

1. Montar o equipamento conforme a figura.

2. Pendurar a régua de 400 mm no suporte.

3. Medir o comprimento inicial da mola (Lo)
Lo = _________m

4. Prender uma massa aferida de 50,0 g na extremidade da mola.

5. Aguardar alguns segundos e medir o comprimento final L após a deformação e anotar o valor obtido na tabela.

6. Retirar carga e verificar se a mola retoma o comprimento inicial (Lo).

7. Recolocar o peso retirado no procedimento anterior.

8. Acrescentar 50,0 g à mola e repetir os procedimentos anteriores até completar a tabela.

Massa	Força F(N)	Comprimento inicial L_o (m)	Comprimento final L(m)	deformação x(m)	k = F/x (N/m)
0,050					
0,100					
0,150					
0,200					
0,250					
				$K_{médio}$	

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

>>> *Análise de Resultados e Conclusões*>>

1. Calcular a força aplicada à mola (peso das massas aferidas), usando o valor da aceleração da gravidade local.

g_{local} = 9,78 m/s^2.

2. O que acontece com os valores da deformação da mola à medida que a força aumenta?

_____
_____
_____
_____

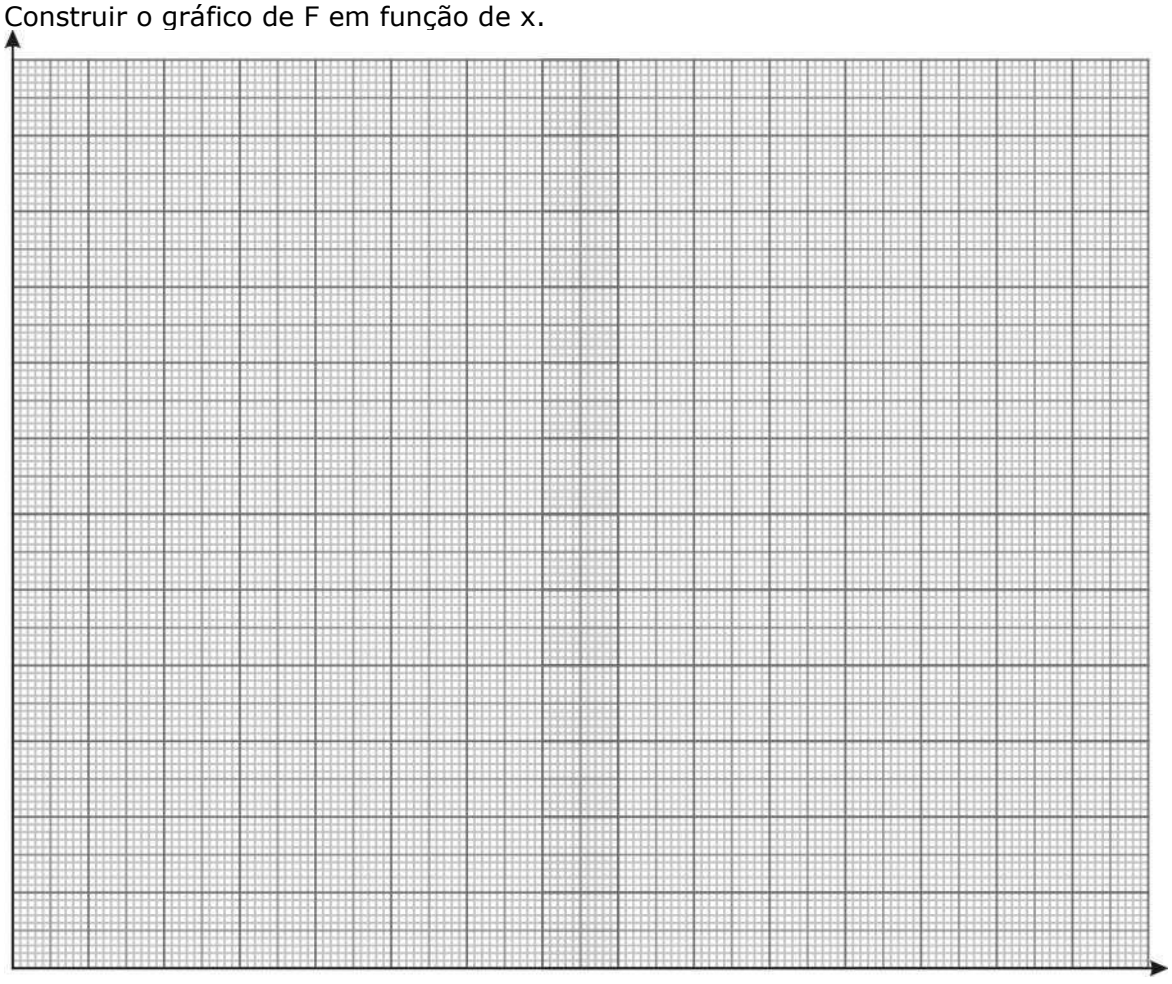
3. Calcular o valor de F/x para cada situação.

_____
_____
_____
_____

4. Calcular o valor médio de $\boldsymbol{k} = \frac{F}{x}$.

_____
_____
_____
_____

5. Construir o gráfico de F em função de x.



Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

6. Qual é o aspecto do gráfico? O que se pode concluir a respeito da relação entre a força deformadora e a deformação da mola?

7. Determinar o coeficiente angular da reta.

8. Determinar o coeficiente linear da reta.

9. Os valores encontrados concordam com a equação fornecida com a ajuda dos recursos do Excel (F = 28,4x + 0,007) na plotagem do gráfico?

10. Comparar o valor do coeficiente angular com o quociente F/x da tabela.

11. Qual é o significado físico do coeficiente angular da reta?

12. O que é limite de elasticidade?

13. A mola ultrapassou o limite de elasticidade?

14. Enunciar a Lei de Hooke.

15. Os resultados experimentais estão de acordo com o que estabelece a Lei de Hooke?

16. Onde se aplica isso?

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 04 - LEI DE HOOKE COM MOLAS HELICOIDAIS ASSOCIADAS

OBJETIVO: Determinar a constante elástica de molas associadas.

>>> ***Material Utilizado*** >>>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
62002001	1,00	UN	ACESSORIO P/ ASSOCIACAO DE MOLAS (k≈10N/m)
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
62005519	1,00	UN	REGUA METALICA 0 - 38CM MECANICA DOS SOLIDOS

PARTE I - 2 Molas associadas em série.

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Montar o equipamento conforme a figura.

2. Medir o comprimento inicial L_o da associação.
Lo = _________m

3. Pendurar uma massa aferida de 50,0 g na extremidade das molas e calcular o módulo da força deformadora $\vec{F}$ (peso da massa pendurada) usando o valor da aceleração da gravidade local.
g =9,78 m/s^2.

4. Medir o comprimento final L das molas deformadas.

5. Retirar a massa pendurada e verificar se as molas retomam a posição inicial.

6. Recolocar a massa retirada no procedimento anterior.

7. Repetir os procedimentos anteriores com as massas sugeridas até completar a tabela.

Massa	Força F(N)	Comprimento inicial L_o (m)	Comprimento final L(m)	deformação x(m)	k = F/x (N/m)
0,050					
0,100					
0,150					
				$K_{médio}$	

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

>>> *Análise de Resultados e Conclusões*>>

1. Calcular o valor de F/x para cada situação.

_____
_____
_____
_____

2. Calcular o valor médio de F/x (Constante elástica da mola).

_____
_____
_____
_____

3. Os resultados experimentais concordam com a Lei de Hooke. Justificar.

_____
_____
_____
_____

4. Comparar o valor da constante elástica da associação em série de duas molas (com a mesma constante elástica)obtida neste experimento, com o valor obtido no experimento anterior realizado com apenas uma mola. Considerar uma tolerância de 5%.

_____
_____
_____
_____

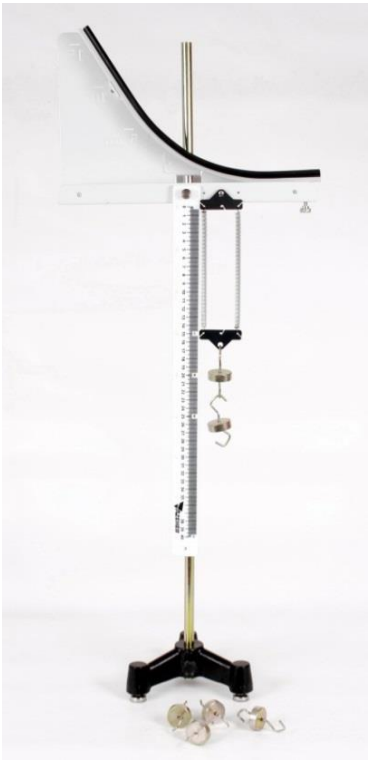
5. O que acontece com a constante elástica quando duas molas iguais são associadas em série?

_____
_____
_____
_____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II - Duas molas associadas em paralelo

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>



1. Montar o equipamento conforme a figura.

2. Medir o comprimento inicial da associação.
Lo = _____m

3. Pendurar uma massa aferida de 50,0 g na extremidade das molas e calcular o módulo da força deformadora $\vec{F}$ (peso da massa pendurada) usando o valor da aceleração da gravidade local.
g =9,78 m/s^2.

4. Medir a deformação experimentada pela associação e anotar o valor obtido na tabela.

5. Retirar a massa pendurada e verificar se a associação assume novamente o mesmo comprimento inicial.

6. Recolocar a massa retirada no procedimento anterior.

7. Acrescentar mais 50,0 g ao conjunto e medir a nova deformação.

8. Repetir os procedimentos anteriores até completar a tabela:

Massa	Força F(N)	Comprimento inicial L_o (m)	Comprimento final L(m)	deformação x(m)	k = F/x (N/m)
0,050					
0,100					
0,150					
0,200					
				$K_{médio}$	

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

6. Calcular o valor de F/x para cada situação.

_____
_____
_____
_____

7. Calcular o valor médio de F/x (Constante elástica da mola).

_____
_____
_____
_____

8. Os resultados experimentais concordam com a Lei de Hooke. Justificar.

_____
_____
_____
_____

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

9. Comparar o valor da constante elástica da associação em paralelo de duas molas (com a mesma constante elástica) obtida neste experimento, com o valor obtido no experimento anterior realizado com apenas uma mola. Considerar uma tolerância de 5%.

_____
_____
_____
_____

10. O que acontece com a constante elástica quando duas molas iguais são associadas em paralelo?

_____
_____
_____
_____

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 05 - RESULTANTE DE FORÇAS COPLANARES PARALELAS

OBJETIVO: Utilizar os métodos analítico e gráfico para determinação da resultante de forças paralelas

>>> ***Material Utilizado*** >>>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001067	1,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 5N / 500G
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
62005519	1,00	UN	REGUA METALICA 0 - 38CM MECANICA DOS SOLIDOS
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Montar o equipamento conforme mostra a figura.

2. Com o dinamômetro medir o peso P do travessão.
P = __________ N

3. Aferir o dinamômetro de 5N para que seja utilizado na vertical.

4. Pendurar o travessão no dinamômetro por um ponto *O* fora do centro de massa.

5. Pendurar no travessão a massa aferida m_1 de peso F_1= 1,00N na marca e 5,0 cm

6. Pendurar no travessão a massa m_2 de peso F_2= 0,50N.
Variar a posição da massa m_2, de forma a manter o travessão em equilíbrio na posição horizontal.

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Determinar analiticamente o módulo da resultante R das forças paralelas F_1, F_2 e P.

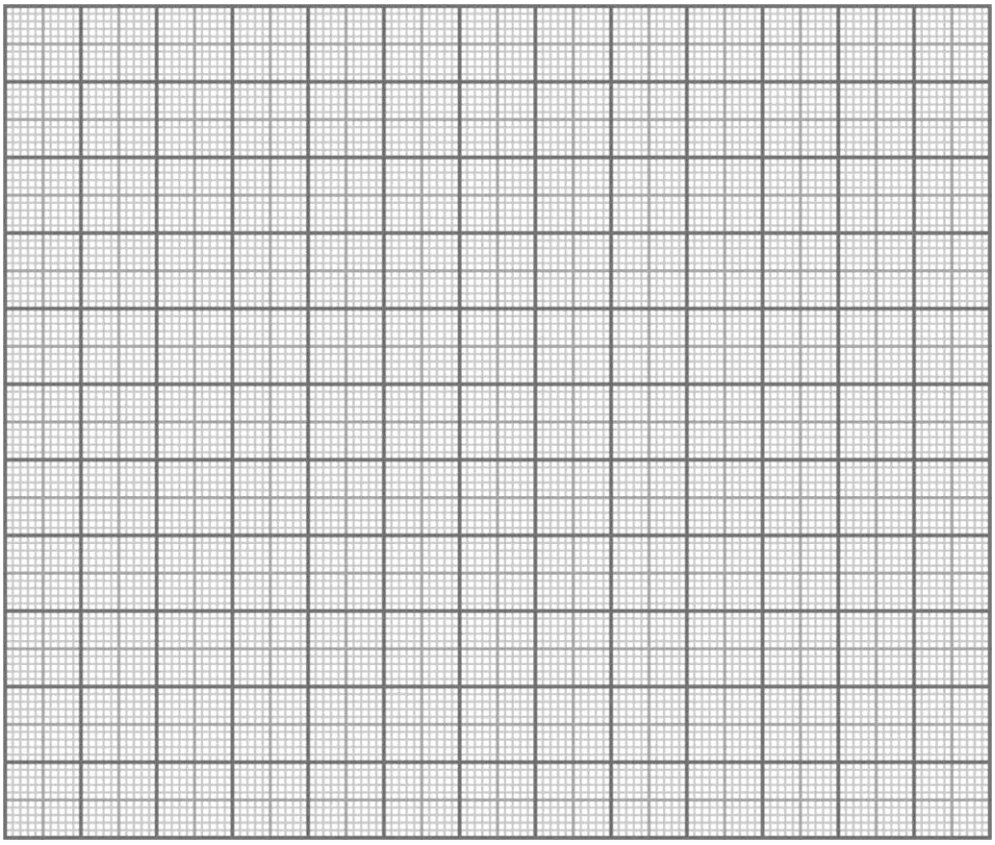
____
____
____
____

2. Comparar a intensidade de R com valor da força F_D indicada pelo dinamômetro. O que se conclui?

____
____
____
____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

3. Usar uma folha de papel A4 e a escala de 4cm/N para obter graficamente a intensidade da resultante de F_1, F_2 e P e o seu ponto de aplicação. (sugestão: usar a escala 1cm do papel para cada 4cm do travessão)



4. A força indicada pelo dinamômetro tem alguma relação com o valor encontrado para a resultante das três forças paralelas F_1, F_2 e P?

5. Em que ponto do travessão está localizado o ponto de aplicação da resultante encontrado graficamente?

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

6. Explicar porque o ponto de aplicação da resultante deve coincidir com o ponto de fixação do dinamômetro.

_____
_____
_____
_____

7. O que possuem em comum a força F_D e a resultante R das forças F_1, F_2 e P e no que diferem?

_____
_____
_____
_____

Laboratórios Educacionais

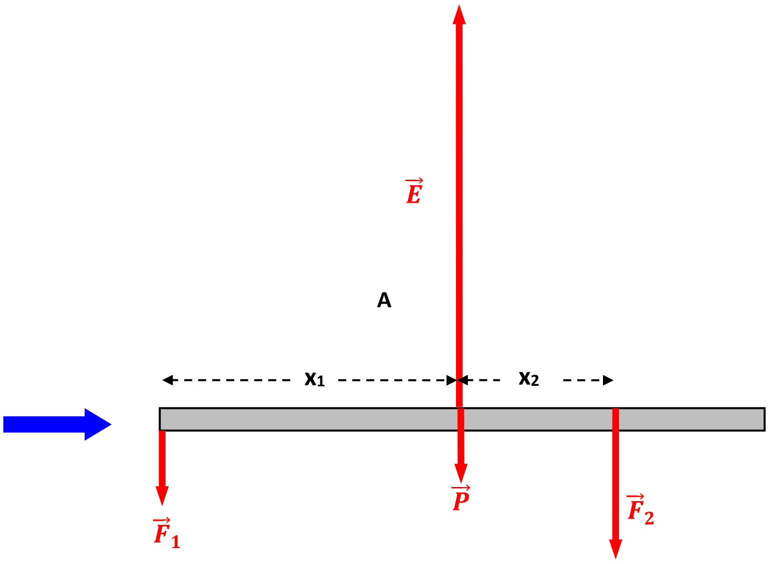
Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 06 - CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO DE UM CORPO RÍGIDO

OBJETIVO: Reconhecer as condições de equilíbrio de um corpo e utilizá-las na solução de problemas práticos.

>>> ***Material Utilizado*** >>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
62005519	1,00	UN	REGUA METALICA 0 - 38CM MECANICA DOS SOLIDOS
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS



PARTE I - Verificação das condições de equilíbrio de um corpo rígido

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Medir o peso P da régua usada como travessão:
P = ________ N

2. Montar o equipamento de acordo com a figura.

3. O travessão deve ser suspenso pelo furo central (ponto O).

4. Pendurar inicialmente os pesos F_1 = 0,50N e F_2 = 1,00N e equilibrar o travessão na

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

horizontal variando a posição dos pesos.

5. Medir a distância d_1 do peso F_1 ao ponto O e a distância d_2 de F_2 até o ponto O e anotá-los na tabela.

6. Variar o valor de F_2 conforme sugerido, medir a nova distância d_2 e completar a tabela.

F_1 (N)	d_1 (m)	F_2 (N)	d_2 (m)	$F_1.d_1$ (Nm)	$F_2.d_2$ (Nm)	M_R (Nm)
0,50		1,00	0,10			
1,50		1,00	0,15			

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Determinar a intensidade do momento escalar (ou torque) produzido pela força *F_1* e pela força *F_2* em relação ao ponto O.

2. Determinar o momento resultante $\boldsymbol{M_{0R} = M_{01} + M_{02}}$:

3. O momento resultante é nulo? O que isso significa quanto à possibilidade de rotação do corpo?

4. Anotar a força indicada pelo dinamômetro.

5. Determinar a intensidade da resultante das forças que atuam no travessão.

6. Com base nesse resultado haverá equilíbrio de translação? Justificar.

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

7. Para um corpo rígido estar em equilíbrio é suficiente que a resultante das forças atuantes seja nula? Justificar.

_____
_____
_____
_____

8. Escrever as condições de equilíbrio de um corpo

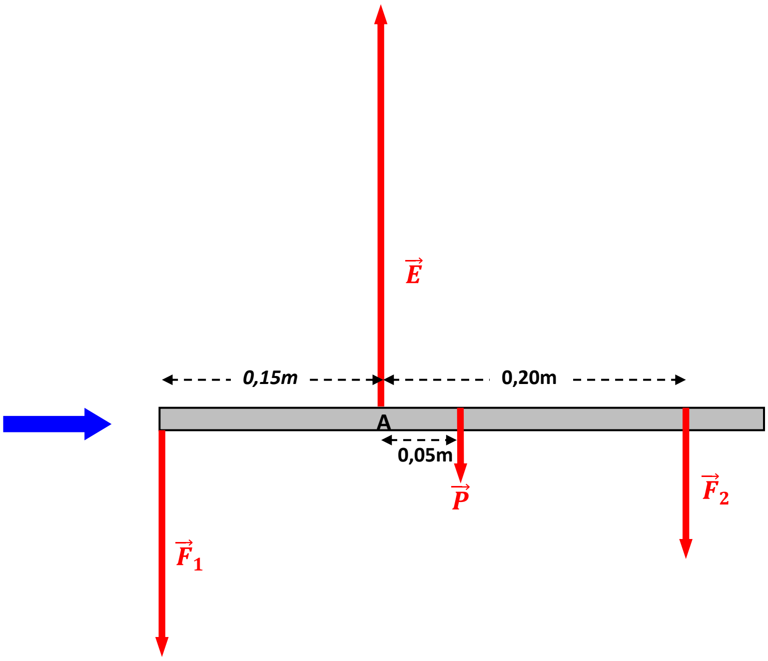
_____
_____
_____
_____

9. No experimento realizado as condições de equilíbrio de um corpo rígido foram comprovadas?

_____
_____
_____
_____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II - Determinação do peso do travessão



>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Usar o dinamômetro de 2,5 N ajustado para utilização na vertical e medir o peso do travessão.
   P = ________ N

2. Montar o equipamento conforme a figura. Usar um fio para pendurar o travessão por um ponto A fora do seu centro de gravidade.

3. Usar fios de linha para pendurar massas m_1 e m_2 de pesos F_1 e F_2 conhecidos nos dois lados do travessão. Deslocá-las até que o conjunto fique em equilíbrio com o travessão na horizontal.

4. Anotar o módulo dos pesos F_1 e F_2 utilizados para equilibrar o travessão.

	F_1	F_2
Módulo (N)		
Braço (m)		

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Identificar as forças que atuam no travessão.
____
____
____
____

2. Quantas e quais forças atuam apenas no ponto de suspensão?
____
____
____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

3. Medir os braços de cada uma das forças atuantes no sistema em relação ao ponto A.

4. Aplicar as condições de equilíbrio para determinar a intensidade do peso do travessão:

5. Comparar o valor do peso do travessão encontrado através das condições de equilíbrio com o valor medido.

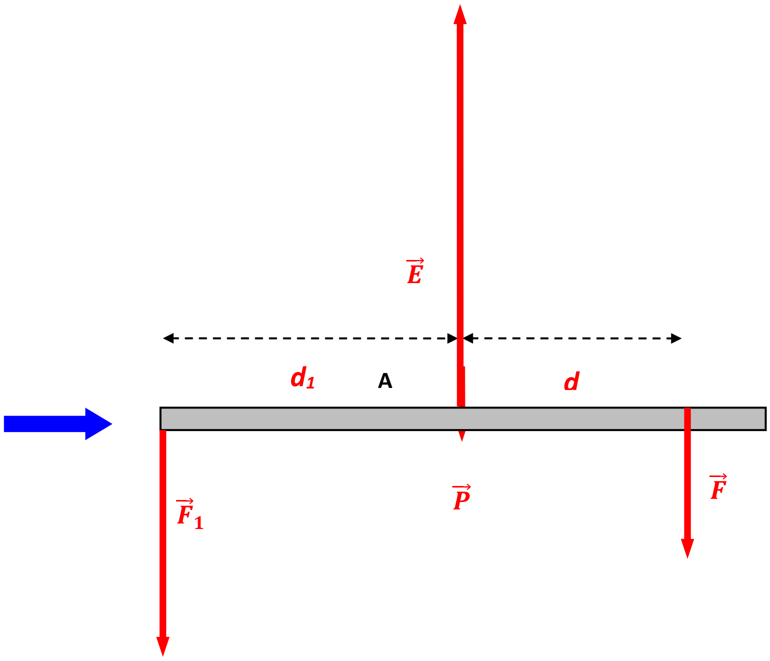
6. Usar as condições de equilíbrio de um corpo para determinar a força que atua no ponto de suspensão do travessão.

7. Qual o efeito de rotação que a força calculada no item 10 (força de reação do apoio) produz no travessão? Justificar.

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE III - Determinação do peso de um corpo qualquer usando as condições de equilíbrio de corpo rígido.



>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Usar o dinamômetro de 2,5N e medir o peso do travessão.
P = ________ N

2. Montar o equipamento conforme a figura . O travessão pode ser suspenso pelo seu centro.

3. Pendurar num dos lados a massa m_1 de peso F_1 conhecido.
F_1 = ________ N

4. No outro lado pendurar um corpo de peso F desconhecido.

5. Deslocá-los até o equilíbrio horizontal.

6. Anotar o módulo do peso F_1 .

7. Medir os braços de cada uma das forças atuantes no sistema em relação ao ponto A.
Braço da peso conhecido F_1 → d_1= ________ m
Braço do peso do travessão = braço da força equilibrante = _______
Braço do peso F → d = __________ cm

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Identificar as forças que atuam no travessão.

____
____
____
____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

2. Quantas e quais forças atuam apenas no ponto de suspensão?

_____
_____
_____
_____

3. Aplicar as condições de equilíbrio para determinar a intensidade do peso desconhecido e da força equilibrante:

_____
_____
_____
_____

4. Usar o dinamômetro para medir o peso desconhecido e compará-lo com o obtido no experimento.

_____
_____
_____
_____

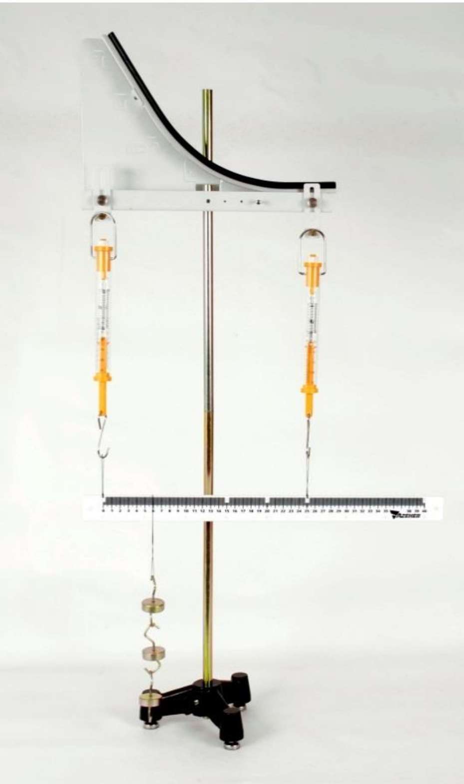
Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

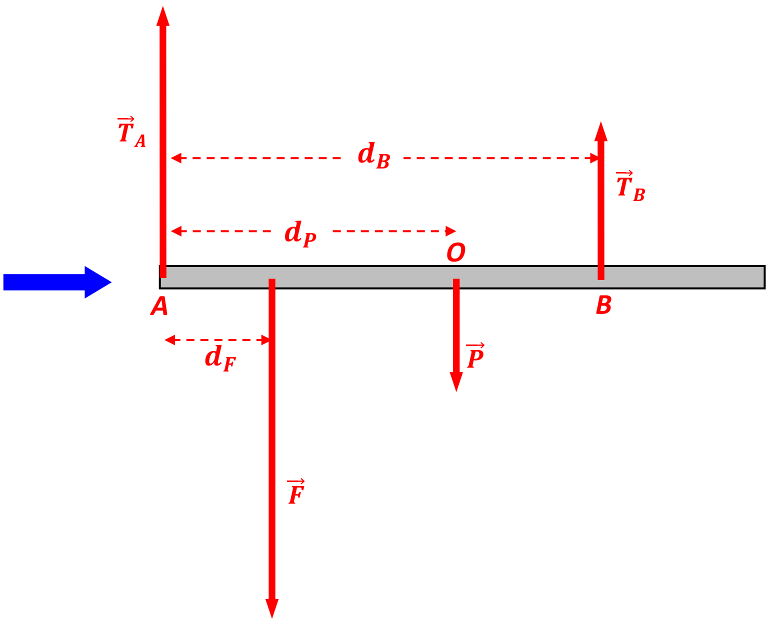
EXPERIMENTO 07 - TRAÇÕES EM CORDAS

OBJETIVO: Aplicar as condições de equilíbrio para determinar as trações em cordas

>>> ***Material Utilizado*** >>>

Código	***Quant.***	***Unid.***	***Descrição***
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001066	1,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001067	1,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 5N / 500G
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002096	2,00	UN	PENDURADOR / NIVELADOR
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
62005519	1,00	UN	REGUA METALICA 0 - 38CM MECANICA DOS SOLIDOS
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
53001006	2,00	UN	MANIPULO CABECA PLASTICA M5X25





>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Sempre que for usar o dinamômetro ajustar o zero para a posição de utilização.

2. Medir com o dinamômetro de 2,50N o peso P do travessão.
P = ________ N

3. Montar o equipamento conforme a figura.

4. Pendurar um peso F de 1,50N fora do centro do travessão.

5. Deslocar os dinamômetros verticalmente nas presilhas, de forma que o travessão se mantenha em equilíbrio horizontal.

6. Anotar os valores das trações T_A e T_B indicados pelos dinamômetros.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

T_A = _____ N e T_B =_____ N

7. Medir os braços das forças atuantes em relação ao ponto A.
Braço de T_A: d_A= _____ m
Braço de F: d_F = _____ m
Braço de P: d_P = _____ m
Braço de T_B d_B = _____ m

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Identificar as forças atuantes no travessão.

_____
_____
_____
_____

2. Aplicar as condições de equilíbrio de um corpo rígido para calcular as forças de tração T_A no fio A e T_B no fio B.

_____
_____
_____
_____

3. Comparar com os valores obtidos pela leitura nos dinamômetros.

_____
_____
_____
_____

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 08 - VANTAGEM MECÂNICA NAS ALAVANCAS

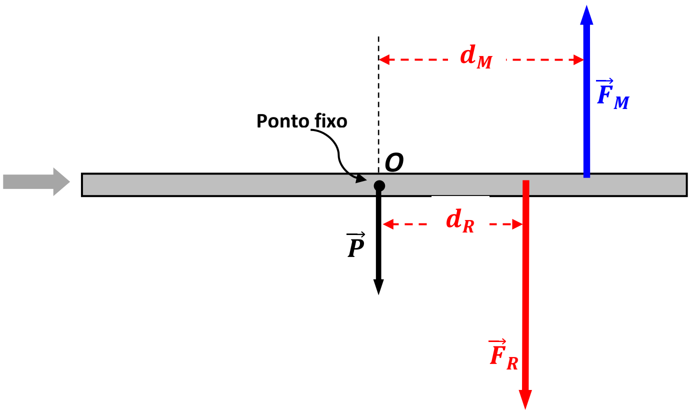
OBJETIVO: Verificar a vantagem mecânica nos diferentes tipos de alavancas.

PARTE I – Alavanca inter-resistente

>>> ***Material Utilizado*** >>>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001066	1,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002096	2,00	UN	PENDURADOR / NIVELADOR
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
62005182	1,00	UN	HASTE Ø1/4X40MM C/ ROSCA M5X10MM E REBAIXO DE 10X3MM
62005519	1,00	UN	REGUA METALICA 0 - 38CM MECANICA DOS SOLIDOS
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
31003001	2,00	UN	FIXADOR METALICO MOD AZB-027 P/ FIXACAO HASTES
30002009	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 250MM AZE0113PA002
53001006	2,00	UN	MANIPULO CABECA PLASTICA M5X25

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>



1. Montar o equipamento conforme a figura. O travessão deve ser suspenso pelo centro.

2. Pendurar a extremidade direita do travessão no dinamômetro de 2,5 N (ajustado para ser utilizado na vertical).

3. Aplicar um peso de 1,50 N entre o dinamômetro e o centro do travessão.

4. Variar a posição vertical do dinamômetro (para cima ou para baixo na presilha), de forma que o travessão se mantenha em equilíbrio horizontal.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

5. Anotar o valor da força motora F_M indicado pelo dinamômetro.
Força motora indicada pelo dinamômetro: F_M = _____ N.

6. Medir os braços das forças atuantes em relação ao ponto de apoio do travessão.
Braço da força motora: b_M = _____ m
Braço da força resistente: b_R = _____ m

>>> *Análise de Resultados e Conclusões*>>

1. Identificar as forças atuantes no travessão.

_____
_____
_____
_____

2. Aplicar a condição de equilíbrio e encontrar o valor teórico da força motora.

_____
_____
_____
_____

3. Verificar se o valor encontrado está coerente com o valor apresentado pelo dinamômetro.

_____
_____
_____
_____

4. Determinar a vantagem mecânica apresentada pela alavanca inter-resistente.

_____
_____
_____
_____

5. Se o travessão fosse equilibrado fora da horizontal haveria mudança na vantagem mecânica?

_____
_____
_____
_____

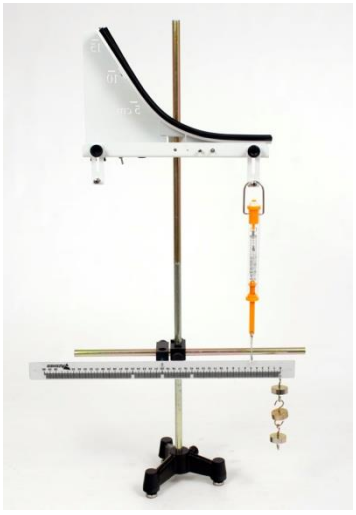
6. Citar alguns exemplos de alavancas inter-resistentes comumente utilizadas.

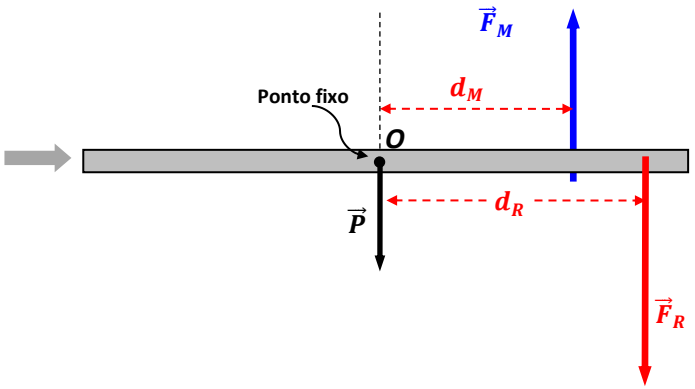
_____
_____
_____
_____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II – Alavanca interpotente

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>





1. Montar o equipamento conforme a figura. O travessão deve ser suspenso pelo centro.

2. Colocar o dinamômetro de 2,50 N entre a extremidade e o ponto de apoio.
3. Pendurar na extremidade do travessão um peso de 1,50 N.
4. Variar a posição vertical do dinamômetro, de forma que o travessão se mantenha em equilíbrio horizontal.

5. Anotar o valor indicado pelo dinamômetro.
Força motora indicada pelo dinamômetro: F_M = _____ N

6. Medir os braços das forças atuantes em relação ao ponto de apoio.
Braço da força motora: d_M = _____ m
Braço da força resistente: d_R = _____ m

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Identificar as forças atuantes no travessão.

_____
_____
_____
_____

2. Aplicar a condição de equilíbrio e encontrar o valor teórico da força motora.

_____
_____
_____
_____

3. Verificar se o valor encontrado está coerente com o valor apresentado pelo dinamômetro.

_____
_____
_____
_____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

4. Determinar a vantagem mecânica apresentada pela alavanca interpotente.

_____
_____
_____
_____

5. Citar alguns exemplos de alavancas interpotentes comumente utilizadas.

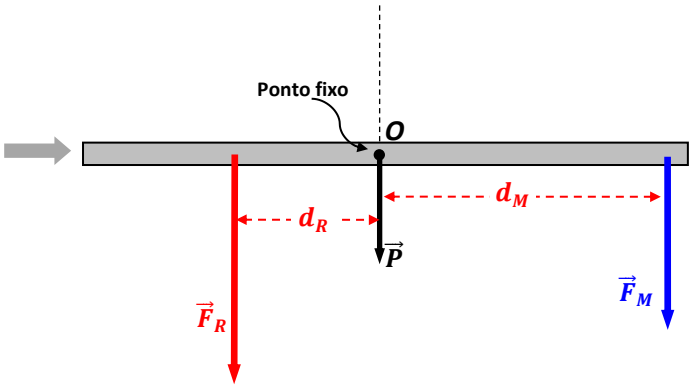
_____
_____
_____
_____

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE III – Alavanca interfixa

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>



1. Montar o equipamento conforme a figura. O travessão deve ser suspenso pelo centro.

2. Ajustar o dinamômetro de 2,50 N para trabalhar na vertical, dirigido para cima e prendê-lo na extremidade do travessão, conforme indicado.

3. Pendurar na outra extremidade do travessão um peso de 1,50 N.

4. Variar a posição vertical do dinamômetro (para cima ou para baixo na presilha), de forma que o travessão se mantenha em equilíbrio horizontal.

5. Anotar o valor indicado pelo dinamômetro.
Força motora indicada pelo dinamômetro: F_M = _____ N

6. Medir os braços das forças atuantes em relação ao ponto de apoio.
Braço da força motora: b_M = _____ m
Braço da força resistente: b_R = _____ m

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Identificar as forças atuantes no travessão.

_____
_____
_____
_____

2. Aplicar a condição de equilíbrio e encontrar o valor teórico da força motora.

_____
_____
_____
_____

3. Verificar se o valor encontrado está coerente com o valor apresentado pelo dinamômetro.

_____
_____
_____
_____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

4. Determinar a vantagem mecânica apresentada pela alavanca interfixa.

_____
_____
_____
_____

5. Citar alguns exemplos de alavancas interfixas comumente utilizadas.

_____
_____
_____
_____

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 09 - VANTAGEM MECÂNICA EM POLIAS MÓVEIS E FIXAS

OBJETIVO: Verificar a vantagem mecânica oferecida por polias fixas e móveis.

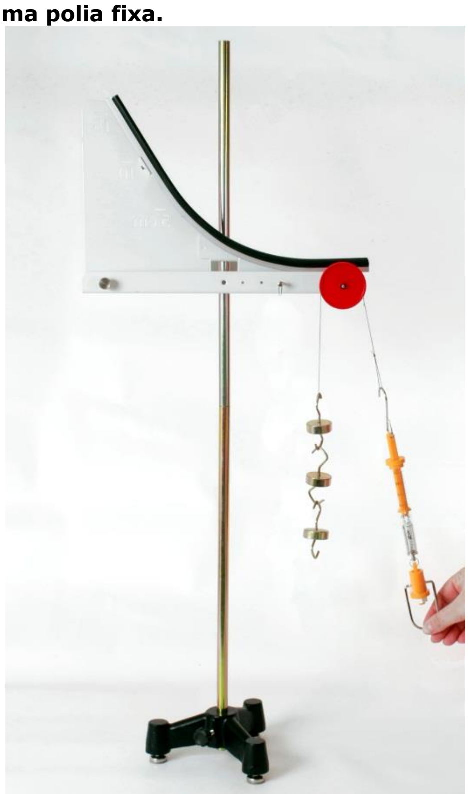
>>> ***Material Utilizado*** >>>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001066	2,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002072	1,00	UN	ROLDANA FIXA SIMPLES Ø50MM
62002075	3,00	UN	ROLDANA MOVEL SIMPLES Ø50MM
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS

PARTE I - Vantagem mecânica em uma polia fixa.

Montagem de uma polia fixa.

(a) fios paralelos.



(b) fios em ângulo

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Montar o equipamento conforme a figura (a).

2. Utilizar na montagem dinamômetros de 2,50N e aferir o mesmo para uso na posição mostrada.

3. Pendurar em uma das extremidades do fio massas aferidas para um peso de 1,00N.

4. Anotar a medida da intensidade da força indicada pelo dinamômetro.
F_D = _________ N.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

>>> *Análise de Resultados e Conclusões*>>

5. Calcular a vantagem mecânica ρ de uma polia fixa, usando a expressão: $\rho = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|}$

_____
_____
_____
_____

6. Afastar lateralmente um dos fios de maneira que formem um ângulo qualquer conforme figura (b).

_____
_____
_____
_____

7. Houve mudança na indicação do dinamômetro?

_____
_____
_____
_____

8. Considerando o resultado encontrado para a vantagem mecânica para qual a utilidade do uso da polia fixa?

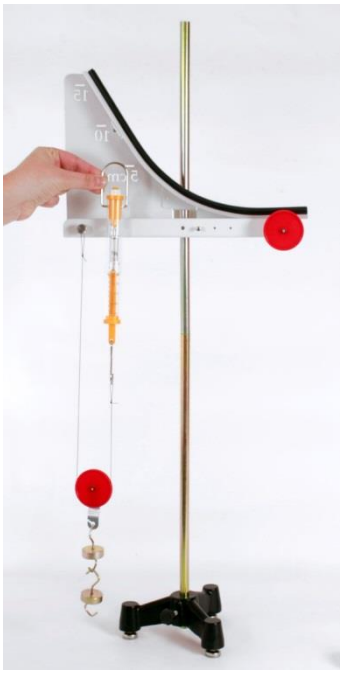
_____
_____
_____
_____

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II - Vantagem mecânica em uma polia móvel com fios paralelos

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>



1. Montar o equipamento conforme a figura.

2. Com um dinamômetro de 1,00 N ou balança medir o peso P da roldana móvel.
Peso da roldana móvel: P_R = _____N

3. Utilizar na montagem dinamômetro de 1,00N e aferir o mesmo para uso na posição mostrada.

4. Pendurar uma carga de peso igual a 1,00N.

5. Anotar a medida da intensidade da força indicada pelo dinamômetro.
Força motora indicada pelo dinamômetro: F_M = 0,56 N

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Calcular a vantagem mecânica ρ de uma polia móvel, usando a expressão $\rho = \frac{|\vec{F}_R|}{|\vec{F}_M|}$

_____
_____
_____
_____

2. De acordo com a teoria, qual deveria ser a relação entre a força motora aplicada e o peso da carga?

_____
_____
_____
_____

3. Porque a vantagem mecânica não resultou igual a 2?

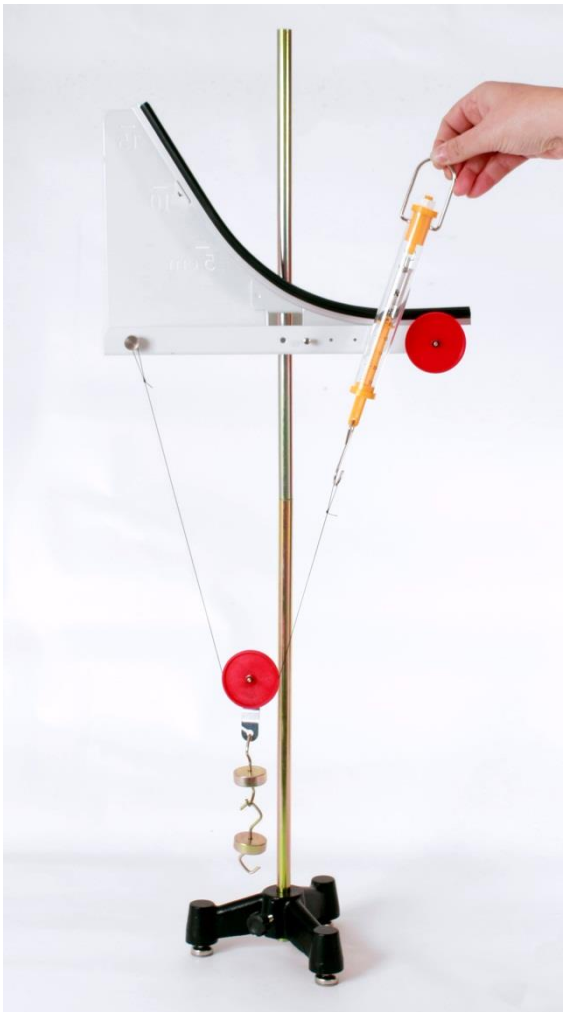
_____
_____
_____
_____

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE III - Vantagem mecânica em uma polia móvel com fios não paralelos

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>



1. Na montagem da figura variar a posição do dinamômetro de maneira que os fios formem um ângulo θ com a vertical, conforme mostra a figura.

2. Verificar o que ocorre com a força motora à medida o ângulo θ aumenta.

3. A força motora aumenta ou diminui com o aumento do ângulo θ ? Porque isso ocorre?

4. Escrever uma expressão para calcular a vantagem mecânica nesse caso, em função do ângulo que os fios formam com a vertical.

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

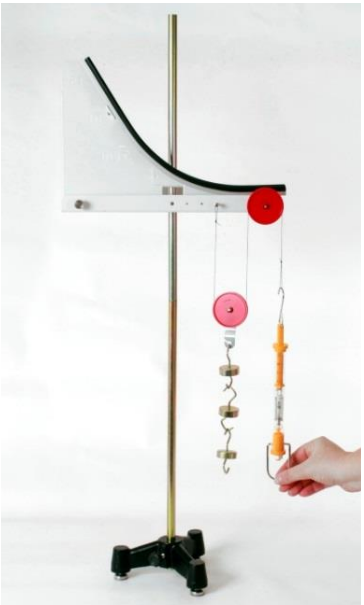
EXPERIMENTO 10 - VANTAGEM MECÂNICA EM ASSOCIAÇÕES DE POLIAS MÓVEIS E FIXAS

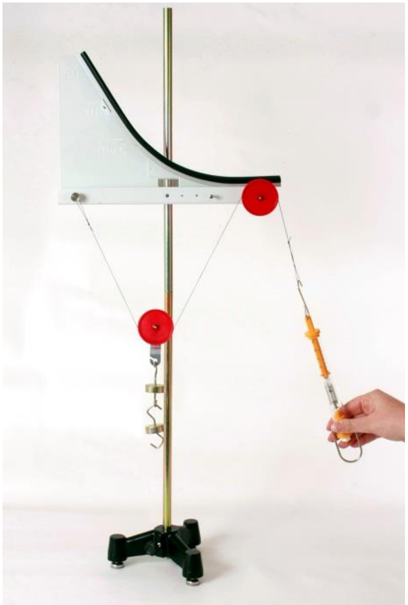
OBJETIVO: Verificar a vantagem mecânica oferecida por uma associação de polias móveis.

PARTE I - Uma polia móvel e uma fixa

>>> ***Material Utilizado*** >>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001066	2,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002072	1,00	UN	ROLDANA FIXA SIMPLES Ø50MM
62002075	3,00	UN	ROLDANA MOVEL SIMPLES Ø50MM
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS





>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Aferir o dinamômetro para realizar medidas na vertical.

2. Determinar a massa e o peso de uma polia móvel.
m = _______ e P = ________ N

3. Montar o equipamento conforme a figura (a). Observar que os ramos do fio que sustenta a polia móvel são paralelos.

4. Pendurar na roldana móvel uma massa m_1 de 150g (F_R = 1,50 N).

5. Anotar o valor da intensidade da força motora F_{ME} indicada pelo dinamômetro, que equilibrou o sistema.
F_{ME} = ________ N

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

>>> *Análise de Resultados e Conclusões*>>

1. Aplicar a expressão $F_{MT} = \frac{F_R}{2}$ para calcular o valor teórico da força motora (F_{MT}).

2. Comparar o valor de F_{MT} (teórico) com o valor de F_{ME} (experimental). Qual a razão da diferença entre os dois valores?

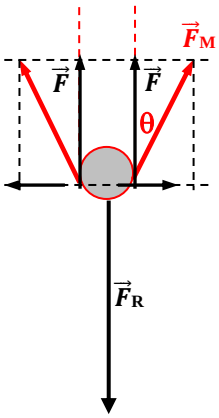
3. Refazer os cálculos considerando agora as massas da polia móvel. O que se pode concluir?

4. Qual o valor experimental da vantagem mecânica da associação?

5. Reposicionar a polia fixa de maneira que cada um dos ramos do fio que sustenta a polia móvel forme um ângulo θ com a vertical. Medir esse ângulo.

6. Considerar a mesma força resistente dos procedimentos anteriores.

7. Aplicar a expressão $|\vec{F}_{MT}| = \frac{|\vec{F}_R|}{2cos\theta}$ para calcular o valor teórico da força motora (F_{MT}).



8. Anotar o valor da força motora indicada pelo dinamômetro:

9. Considerar uma tolerância de 5% de erro e comentar os resultados.

10. Calcular o rendimento obtido neste procedimento e comentar a respeito dos resultados.

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II - Duas polias fixas e uma polia móvel dupla.

>>> *Material Utilizado* >>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001066	2,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001224	8,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62002071	1,00	UN	ROLDANA FIXA DUPLA Ø50MM
62002072	1,00	UN	ROLDANA FIXA SIMPLES Ø50MM
62002073	1,00	UN	ROLDANA MOVEL DUPLA Ø40MM - Ø50MM
62002075	3,00	UN	ROLDANA MOVEL SIMPLES Ø50MM
62002181	1,00	UN	RAMPA PARA LANCAMENTOS COM SISTEMA PARA LARGADOR
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
31003001	2,00	UN	FIXADOR METALICO MOD AZB-027 P/ FIXACAO HASTES
30002009	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 250MM AZE0113PA002

>>> *Procedimentos Experimentais* >>

1. Montar o equipamento de suporte conforme a figura.

2. Com um dinamômetro medir o peso P da roldana móvel.
P = ________ N

3. Aferir o dinamômetro de 2,00 N para ser utilizado na vertical (vai ser solicitado para cima).

4. Pendurar na roldana móvel uma massa m_1 de 200g (F_1 = 2,00N) e completar a montagem com o dinamômetro na extremidade livre do fio.

5. Anotar o valor da força motora F_M indicada pelo dinamômetro.
F_M = ________N

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

>>> *Análise de Resultados e Conclusões*>>

1. Qual o valor da força resistente?

_____
_____
_____
_____

2. Segundo o que determina a teoria, qual o valor esperado para a força motora?

_____
_____
_____
_____

3. O valor indicado pelo dinamômetro confirma essa hipótese?

_____
_____
_____
_____

4. O que justifica a diferença entre o valor esperado e o experimental para a força motora?

_____
_____
_____
_____

5. Determinar a vantagem mecânica do sistema.

_____
_____
_____
_____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 11 - CENTRO DE GRAVIDADE

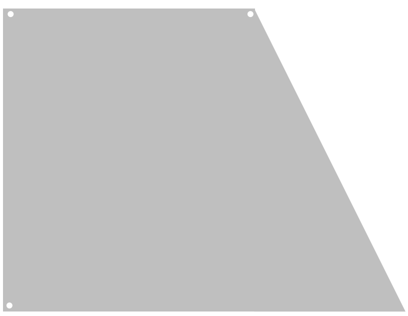
OBJETIVO: Determinar experimentalmente o centro de gravidade de uma figura plana e comparar com o valor obtido por processo analítico.

>>> *Material Utilizado* >>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001224	1,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62005182	1,00	UN	HASTE Ø1/4X40MM C/ ROSCA M5X10MM E REBAIXO DE 10X3MM
62005600	1,00	UN	PLACA CENTRO DE GRAVIDADE COM ORIFICO
62005598	1,00	UN	PLACA TRAPEZOIDAL P/ CENTRO DE GRAVIDADE
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
31003001	1,00	UN	FIXADOR METALICO MOD AZB-027 P/ FIXACAO HASTES

>>> *Procedimentos Experimentais* >>

1. Montar o equipamento conforme a figura. Construir um fio de prumo, com um fio e uma massa de 50 g com gancho.



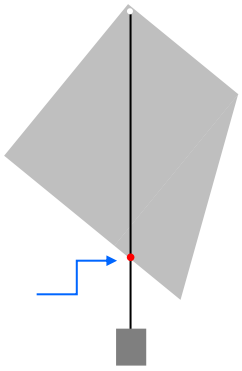
Corpo de prova 1 - CP_1

Corpo de prova 2 – CP_2

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

2. Pendurar o corpo de prova CP_1 no suporte por um dos orifícios e em seguida o fio de prumo.

3. Com uma caneta de ponta porosa, marcar a posição em que o fio de prumo encontra o lado oposto do corpo de prova.



4. Repetir estes procedimentos com os outros orifícios praticados no corpo de prova.

5. Retirar o corpo de prova do suporte e desenhar numa folha de papel sulfite o seu contorno e as marcas obtidas com o fio de prumo..

6. No diagrama desenhado, estabelecer um sistema de coordenadas (x,y) de maneira que dois lados do corpo de prova repousem sobre os eixos, conforme ilustrado a seguir.

7. Dividir o corpo de prova em figuras geométricas regulares (quadrado, retângulo, triângulo, circulo, etc.)

8. Determinar os centros de gravidades das figuras geométricas regulares, e suas coordenadas em relação ao plano cartesiano escolhido.

_____
_____
_____
_____

9. Repetir o experimento com o corpo de prova CP_2**.**

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. No corpo de prova, traçar retas que unem o centro de cada orifício às marcas indicadas pelo fio de prumo nas bordas opostas (feitas quando o corpo estava pendurado). Determinar o centro de gravidade "CG" obtido na intersecção das retas traçadas.

2. Na figura correspondente ao corpo de prova no papel, calcular as coordenadas do centro de gravidade, por meio das expressões:

$$X_{cm} = \frac{\sum(x_i \cdot A_i)}{\sum A_i} \quad \text{e} \quad Y_{cm} = \frac{\sum(y_i \cdot A_i)}{\sum A_i}$$

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

3. Verificar se o ponto de coordenadas (X_{cm}, Y_{cm}) coincide com o centro de gravidade encontrado pelo encontro das retas traçadas no corpo de prova.

4. Comparar os valores encontrados.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

5. Recolocar o corpo de prova no suporte com o fio de prumo. O fio de prumo passa pelo centro de gravidade assinalado no corpo de prova?

_____
_____
_____
_____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 12 - PÊNDULO SIMPLES

OBJETIVOS: Obter experimentalmente a expressão que relaciona as grandezas físicas presentes no movimento de um pêndulo simples. Determinar experimentalmente o valor da aceleração da gravidade local.

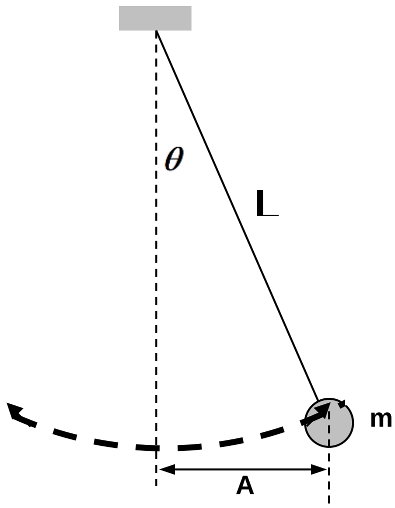
>>> ***Material Utilizado*** >>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001066	2,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001224	3,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62005519	1,00	UN	REGUA METALICA 0 - 38CM MECANICA DOS SOLIDOS
03003020	1,00	UN	TRENA ACO 3M
23016002	1,00	UN	CARRETEL DE LINHA 10 PIPA C/ 120 METROS
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
31003001	2,00	UN	FIXADOR METALICO MOD AZB-027 P/ FIXACAO HASTES
30002009	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 250MM AZE0113PA002

Observação:
O experimento será realizado considerando a restrição de que o pêndulo irá sempre realizar oscilações com pequenas amplitudes, isto é, o ângulo máximo que o fio pode formar com a vertical deve ser menor que 10º. Para tanto basta usar a equação $A < L\,sen\,10^0$ para calcular o afastamento (A) em cada passo do experimento, onde L é o comprimento do fio.

PARTE I - Relação entre o período e a massa pendular (Lei das massas)

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>



1. Montar o pêndulo simples conforme a figura, com um fio de comprimento 0,75 m e uma massa de 50 g.

2. Deslocar a massa pendular da posição de equilíbrio de um ângulo menor que 10º.

3. Liberar a massa e medir o tempo de duração de 10 oscilações completas.

4. Anotar o valor do tempo T de duração de uma oscilação (período do pêndulo).

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

5. Repetir os procedimentos para massas de 100 g e 150 g.

Comprimento Pendular L (m)	Massa pendular m (kg)	Tempo de 10 oscilações 10T (s)	Período T (s)
0,775			
0,775			
0,775			

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

1. Dentro da tolerância adotada de 5% é possível afirmar que o período permanece constante?

____

____

____

____

2. O que se pode concluir a respeito da dependência entre o período de oscilação e a massa oscilante?

____

____

____

____

3. Qual a restrição a ser feita com relação à conclusão anterior?

____

____

____

____

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II - Relação entre o período e a amplitude.

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Montar o pêndulo simples, conforme mostra a figura.
2. Usar um fio com comprimento pendular de aproximadamente L = 75 cm.
3. O comprimento L é medido do ponto de suspensão até o centro de massa do corpo pendular.
4. Afastar a massa pendular da posição de equilíbrio em aproximadamente 0,015 m. (Esse valor garante a amplitude angular menor que 10° para L = 1,10m).
5. Liberar a massa pendular e medir o tempo de 10 oscilações completas.
6. Repetir por três vezes a tomada de tempo para essa amplitude e anotar o valor médio dos períodos apresentados pelo cronômetro na tabela 1.
7. Variar a amplitude para os valores sugeridos na tabela e repetir os procedimentos de obtenção do período.

Amplitude A (m)	Tempo de 10 oscilações	Período T (s)
0,150		
0.100		
0,050		

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Adotando-se uma tolerância de 5% de erro o período permaneceu constante?

_____
_____
_____
_____

2. O que se pode concluir a respeito da dependência entre o período de oscilação e a amplitude do movimento.

_____
_____
_____
_____

3. Qual a restrição a ser feita com relação à conclusão anterior?

_____
_____
_____
_____

4. Realizar a medida do período para uma amplitude que corresponda a um ângulo bem maior que 10°. Por exemplo afastar a massa pendular em 0,80m.

_____
_____
_____
_____

5. Como pode ser enunciada então a Lei do Isocronismo (dependência entre período e amplitude)?

_____
_____
_____
_____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE III - Relação entre o período e o comprimento pendular.

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Utilizar a mesma montagem e o comprimento pendular inicial de aproximadamente 0,75 m.
2. O comprimento L é medido do ponto de suspensão até o centro de massa do corpo pendular.
3. Afastar a massa pendular da posição de equilíbrio. Para calcular a amplitude de maneira que não ultrapasse o limite de 10º usar a expressão $A = L \cdot sen10^0$.
4. Liberar a massa pendular e medir o tempo de 10 oscilações completas. Repetir por três vezes a tomada de tempo para esse comprimento pendular e anotar o valor médio dos períodos apresentados pelo cronômetro na tabela.
5. Repetir os procedimentos de medida do período para os comprimentos sugeridos na tabela.

   * A precisão da medida do comprimento do fio é muito importante !

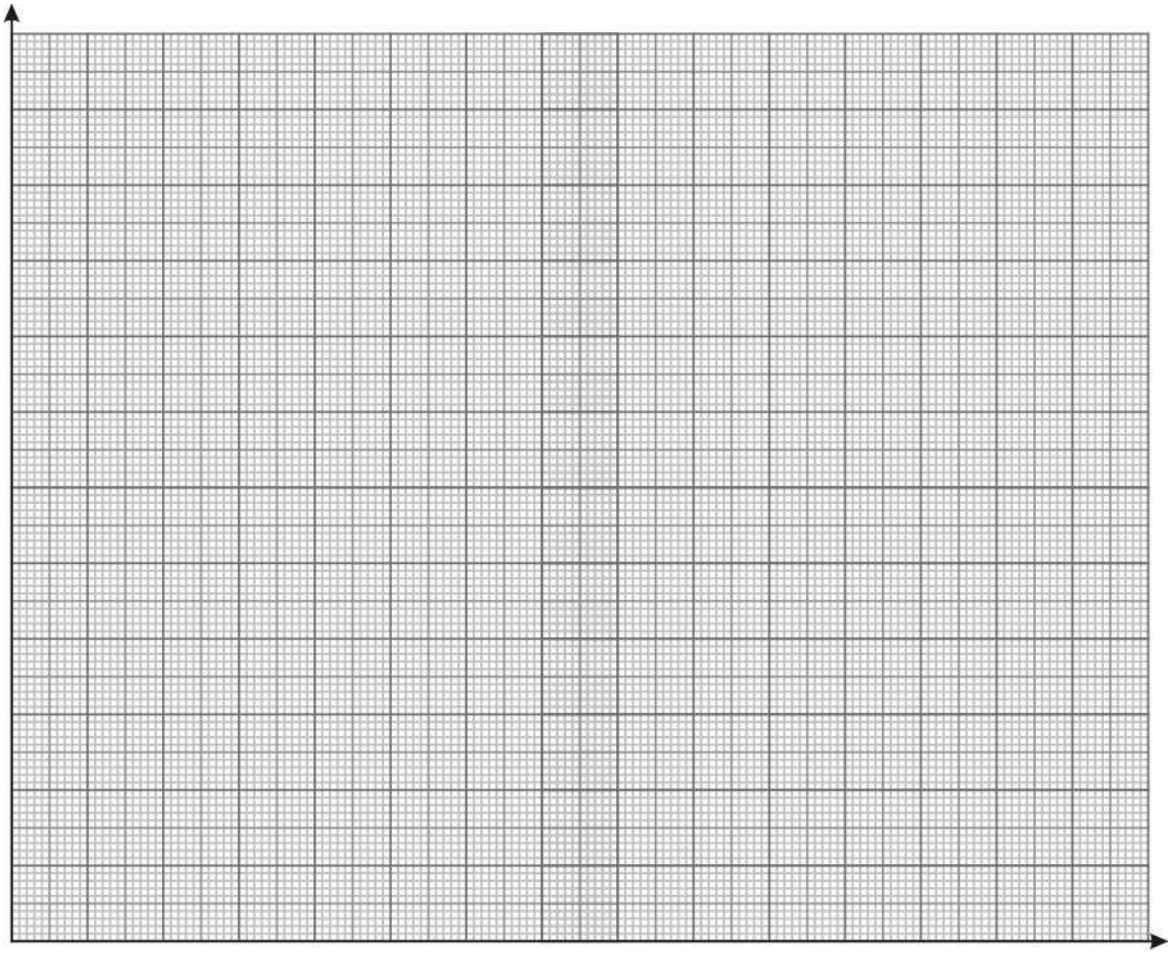
Comprimento Pendular L (m)	Tempo de 10 oscilações 10T (s)	Período T (s)	Aceleração da gravidade local g (m/s²)
0,775			
0,660			
0,550			
0,485			
0,380			
0,315			
0,260			
0,150			
0,100			
		Valor médio :	

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

>>> *Análise de Resultados e Conclusões*>>

1. Construir o gráfico T versus L em papel milimetrado.



2. Qual o aspecto da curva apresentada pelo gráfico? Qual a função que representa essa curva?

_____

_____

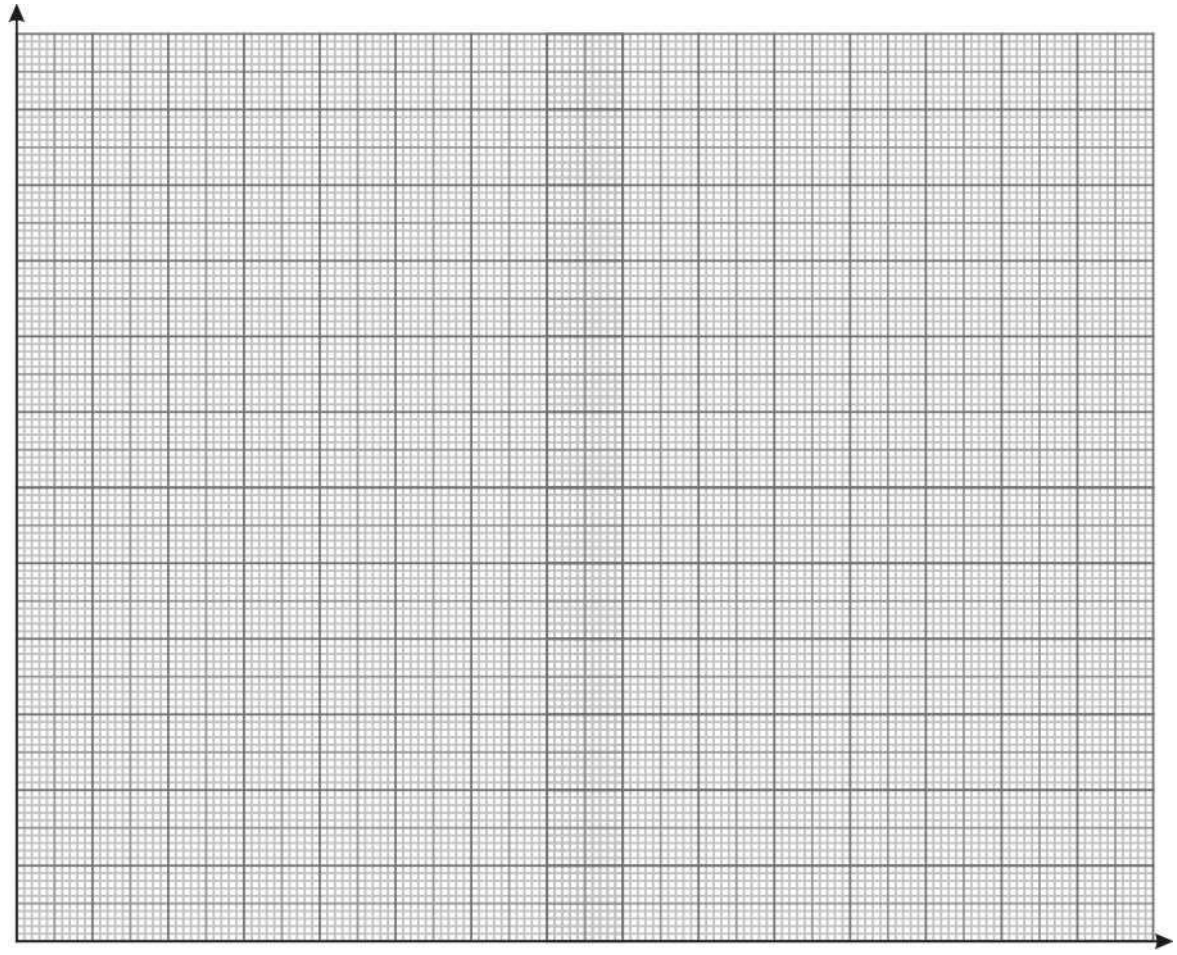
_____

_____

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

3. Utilizar a mudança de variáveis conveniente e linearizar o gráfico.



4. Usar os recursos do EXCEL e obter a equação que corresponde ao gráfico linearizado.
A equação apresentada é:

_____
_____
_____
_____

5. A teoria estabelece que o período e o comprimento pendular são relacionados pela expressão:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Comparar as duas equações e obter a aceleração da gravidade local:

_____
_____
_____
_____

6. Considerar o valor da aceleração da gravidade local (Consultar a tabela dos valores da aceleração gravitacional em função da latitude) e comparar com o valor experimental.

_____
_____
_____
_____

AZEHEB Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

7. Com base nos resultados experimentais (para pequenas oscilações) o que se conclui a respeito da dependência entre:

a) Período e Amplitude?

_____

_____

b) Período e Massa Pendular?

_____

_____

c) Período e comprimento pendular?

_____

_____

8. O período de um pêndulo simples depende do local onde se realiza o experimento ? Justificar.

_____

_____

_____

_____

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 13 - OSCILADOR MASSA-MOLA VERTICAL

OBJETIVO: Verificar a validade da equação que fornece o período de oscilação de um pêndulo elástico que realiza movimento harmônico simples

>>> ***Material Utilizado*** >>

Código	***Quant.***	***Unid.***	***Descrição***
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
62001224	3,00	UN	MASSA AFERIDA C/ GANCHO 050G
62001239	1,00	UN	CRONOMETRO DIGITAL MANUAL
62002001	1,00	UN	ACESSORIO P/ ASSOCIACAO DE MOLAS (k≈10N/m)
62005182	1,00	UN	HASTE Ø1/4X40MM C/ ROSCA M5X10MM E REBAIXO DE 10X3MM
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
31003001	2,00	UN	FIXADOR METALICO MOD AZB-027 P/ FIXACAO HASTES

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

1. Usar a montagem mostrada na figura.

2. Pendurar 50g na extremidade da mola e estabelecer o repouso do conjunto massa-mola.

3. Afastar a massa da posição de equilíbrio e liberá-la cuidadosamente para que o conjunto inicie um movimento oscilatório na vertical.

4. Com um cronômetro manual medir o tempo de 10 oscilações completas.

5. Repetir esse procedimento três vezes e anotar o tempo médio de 10 oscilações.
$10T_1$ = _________ s

6. Anotar na tabela o tempo gasto para realizar uma oscilação completa (período T) e a massa responsável pela força restauradora. Observar que se deve acrescentar 1/3 da massa da mola ao valor da massa oscilante pendurada.
T_1 = _________/10 = ________ s
m = ________ + ______ = _________ kg

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

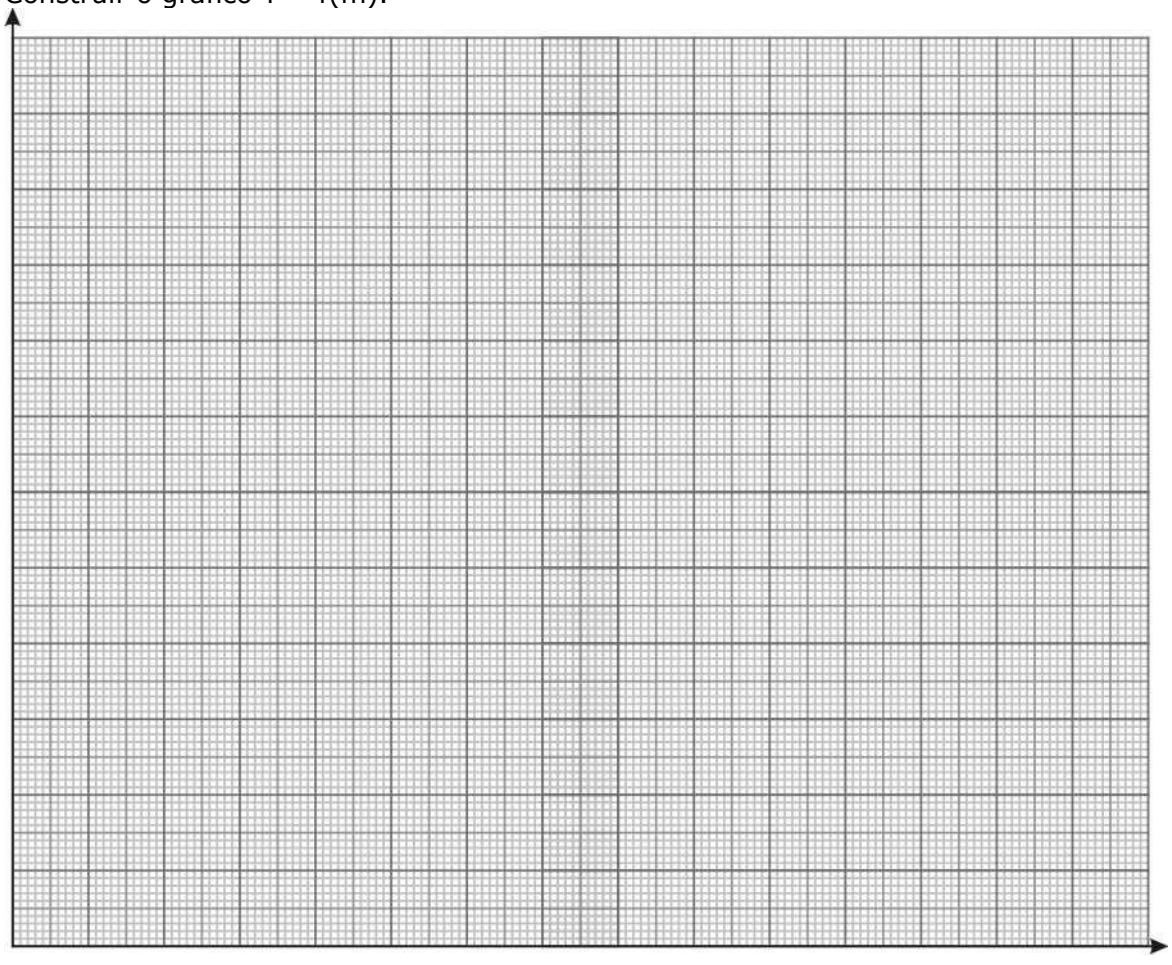
7. Acrescentar 50g à mola e repetir os procedimentos de medida do período de oscilação até completar a tabela.

Tabela: Período em função da massa pendular

N	*Período* T_{exp}(s)	Massa m(kg)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Construir o gráfico T = f(m).



2. Qual o aspecto da curva obtida?

_____

_____

_____

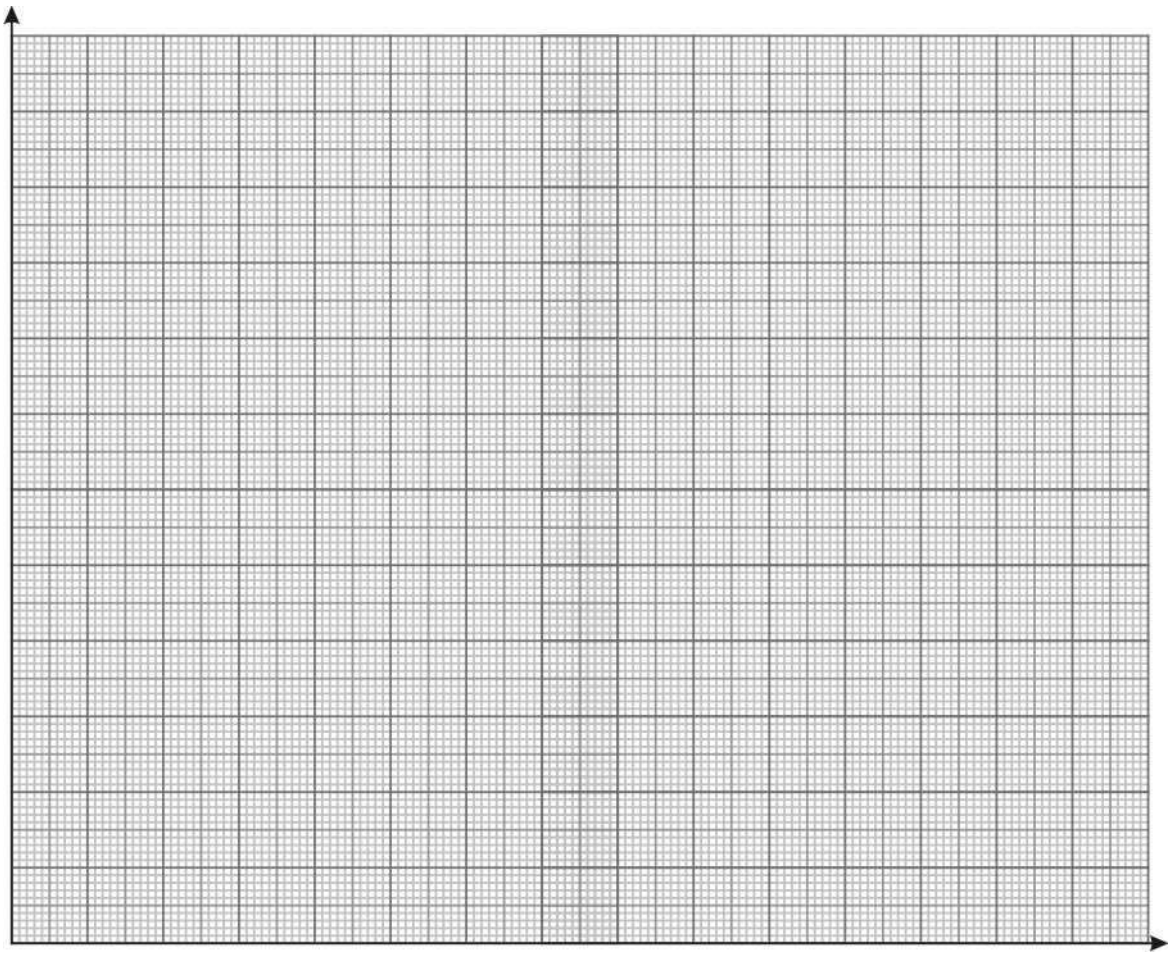
_____

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

3. Realizar a mudança de variável conveniente no eixo das abscissas para linearizar o gráfico.

N	*Período* T_{exp}(s)	Massa m(kg)	Raiz quadrada da massa $\sqrt{m}$ $(\sqrt{kg})$
1			
2			
3			
4			
5			
6			



4. Qual deve ser a relação de dependência entre T e m?

5. Estabelecer a equação matemática que relaciona o período e a massa pendular.

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

6. Sabe-se que a equação do pêndulo elástico deduzida teoricamente e que relaciona as grandezas físicas envolvidas é dada por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Comparar as duas expressões e obter a constante elástica da mola.

7. Comparar o valor da constante do oscilador obtido no procedimento anterior com o valor encontrado anteriormente no experimento de associação de duas molas em série (k = 14,12 N/m).

8. Os resultados experimentais confirmam a validade da equação que relaciona o período com a massa oscilante no pêndulo elástico?

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

EXPERIMENTO 14 - PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

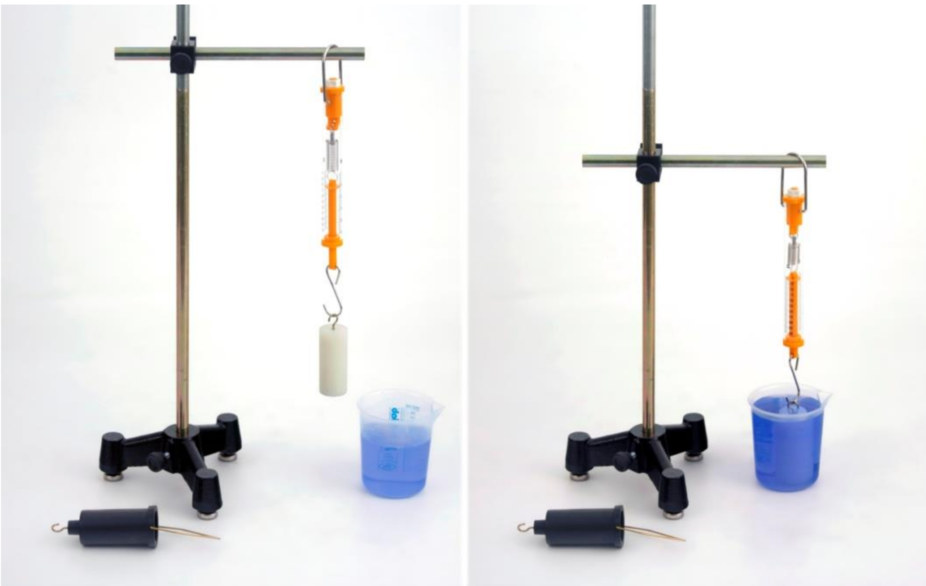
OBJETIVOS:

- Estudar a ação exercida sobre um corpo quando mergulhado total ou parcialmente num líquido em equilíbrio.
- Conceituar peso aparente de um corpo mergulhado num líquido.
- Verificar que quando um corpo é mergulhado total ou parcialmente num líquido em equilíbrio ele fica sujeito à uma força denominada empuxo exercida pela massa líquida.
- Analisar as grandezas presentes e relacioná-las de forma a obter uma expressão que possibilite o cálculo do empuxo sobre um corpo quando ele é mergulhado total ou parcialmente num líquido em equilíbrio.

>>> ***Material Utilizado*** >>

Código	*Quant.*	*Unid.*	*Descrição*
30002014	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA EXTERNA M6x10
30002015	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 405MM C/ ROSCA INTERNA M6x15
02007012	1,00	UN	BECKER GRADUADO DE PLASTICO 0250ML
62001066	1,00	UN	DINAMOMETRO DE PLASTICO 2.5N / 250G
62001068	1,00	UN	DUPLO CILINDRO DE ARQUIMEDES
29003003	1,00	UN	TRIPE DE ACO PEQUENO COM MANIPULO M6X25 E SAPATAS
31003001	1,00	UN	FIXADOR METALICO MOD AZB-027 P/ FIXACAO HASTES
30002009	1,00	UN	HASTE Ø12.7MM X 250MM AZE0113PA002

PARTE I - Peso aparente e empuxo



>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>>

1. Utilizar a montagem mostrada na figura.

2. Pendurar o corpo de prova (cilindro) no dinamômetro e anotar o valor de seu peso.
P = ___________ N

3. Mergulhar totalmente o cilindro no recipiente contendo água sem tocar o fundo como mostra a figura.

4. Anotar a indicação do dinamômetro.

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

P_A= _____ N

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Qual a diferença verificada entre as duas medidas?

2. Qual o significado físico da segunda medida?

3. A que se deve a diferença entre as duas medidas realizadas?

4. Qual a direção e o sentido dessa força?

5. Como ela é denominada?

6. Qual deve ser a expressão que relaciona empuxo, peso e peso aparente?

7. Trocar a água contida no Bequer por álcool e refazer o experimento.

8. Comparar os valores encontrados para o empuxo nos dois experimentos.

9. O empuxo depende da natureza do líquido?´

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

PARTE II - Relacionar empuxo e o peso do volume de líquido deslocado por um corpo imerso num líquido.

>>> ***Procedimentos Experimentais*** >>

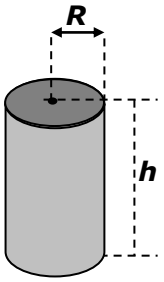
1. Montar o equipamento conforme a figura.

2. Calcular o volume do cilindro:
$V_c = \pi \times R^2 \times h$.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

3. Pendurar o cilindro maciço na extremidade inferior do recipiente oco

4. Medir o peso P do conjunto recipiente+cilindro indicado no dinamômetro.
P = _____ N



5. Colocar uma quantidade conveniente de água no Bequer.

6. Mergulhar o cilindro de nylon na água de forma que fique totalmente submerso e sem tocar no fundo, conforme mostra a figura e anotar o valor indicado no dinamômetro (Peso aparente do cilindro + peso do recipiente).
P' = _____ N

>>> ***Análise de Resultados e Conclusões***>>

1. Determinar a diferença entre P e P'. O que essa diferença representa?

_____
_____
_____
_____

2. Observar que o volume do cilindro é igual ao volume interno do recipiente.

3. Manter o cilindro imerso, colocar água vagarosa e cuidadosamente no recipiente e observar o que acontece com o valor indicado no dinamômetro.

_____
_____
_____
_____

4. Quando o recipiente estiver completamente cheio anotar o valor F_D indicado no dinamômetro.

_____
_____
_____
_____

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.

5. O que representa o peso do volume de líquido colocado no recipiente

6. Comparar o volume de água que foi deslocado V_{LD} pelo cilindro submerso, com o que foi colocado no recipiente.

7. Calcular o peso do volume de líquido deslocado pelo cilindro submerso.

8. O que se pode concluir a respeito da relação entre o Empuxo aplicado pelo líquido e o peso do volume de líquido deslocado?

9. Comparar esse valor do empuxo com os outros os valores encontrados anteriormente.

10. De quais grandezas físicas depende o empuxo apresentado por uma massa líquida quando se mergulha nele um corpo sólido? Justificar.

11. Enunciar o Princípio de Arquimedes.

12. Repetir o experimento utilizando álcool ao invés de água no bequer.

Laboratórios Educacionais

Este manual é protegido pelas leis de direitos autorais e todos os direitos são reservados. Entretanto é permitida e garantida para instituições de ensino a reprodução de qualquer parte deste manual para ser fornecida e usada nos laboratórios e não para venda. A reprodução em qualquer outra circunstância, sem a permissão da AZEHEB é proibida.