



OBFEF

OBFEF 2012

Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas

Provas 2.^a Fase dos Níveis A, B e C.
Resolução das Questões Teóricas e Experimentais.
Esquema de Montagem do Kit Experimental
com Ilustrações.

MANUAL OBFEF 2012

OBJETIVO GERAL

A OBFEP visa a valorização da escola pública, a melhoria do ensino e estudo das ciências, propiciando ao estudante uma forma de avaliar sua aptidão e seu interesse pela Ciência, em geral, e pela Física em particular. A OBFEP de um ponto de vista mais geral, se insere no conjunto de ações que buscam o sucesso e a permanência do estudante na escola e o desenvolvimento de práticas educativas que envolvam o maior número possível de estudantes. Visa-se, assim, com a OBFEP, o uso das ciências para compreensão da realidade dos alunos com a realização de atividades que estimulem sua criatividade, podendo-se citar como objetivos gerais:

- a) Contribuir para a melhoria da qualidade do ensino em ciências na educação básica;
- b) Promover maior inclusão social por meio da difusão da ciência;
- c) Ampliar o uso das tecnologias da informação e da comunicação com fins educacionais;
- d) Ampliar canais de colaboração entre universidades, institutos de pesquisa, sociedades científicas e escolas públicas;
- e) Fomentar a integração entre escola e comunidade.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A OBFEP tem entre seus objetivos específicos:

- a) Estimular o interesse dos estudantes pelas áreas científicas e tecnológicas, bem como o gosto pela ciência, em geral, e pela Física em particular;
- b) Engajar os estudantes em atividades que envolvam a experimentação e a investigação em ciências;
- c) Promover entre estudantes e professores a disseminação de práticas e atitudes tipicamente identificadas com a dos cientistas;
- d) Incentivar o aperfeiçoamento dos professores das escolas públicas contribuindo para sua valorização profissional;
- e) Desenvolver ferramentas de mediação pedagógica à distância para o ensino de ciências, da física e de atividades de ensino de caráter investigativo;
- f) Promover iniciativas de abordagem interdisciplinar na área da Física;
- g) Despertar e estimular o interesse do aluno pela Física;
- h) Aproximar as universidades, institutos de pesquisa e sociedades científicas das escolas públicas;
 - i) Incentivar alunos para o ingresso nas áreas científicas e tecnológicas;
 - j) Promover a inclusão social por meio da difusão do conhecimento;
 - k) Contribuir para a melhoria da qualidade na educação básica;
 - l) Proporcionar situações-problema aos estudantes;
 - m) Favorecer ações em equipe de investigação científica;
 - n) Promover a troca de conhecimentos por meio de ações colaborativas e cooperativas;
 - o) Proporcionar atividades de atualização para professores com o desenvolvimento de novas tecnologias de ensino bem como contribuir para o desenvolvimento de novas metodologias de ensino tanto na área experimental, como na área de simulações e na análise e resolução de problemas;
 - p) Investigar e adquirir informações sobre os limites e possibilidades dos estudantes do ensino fundamental e médio com relação ao conhecimento nas respectivas faixas etárias e níveis de escolaridade;
- q) Contribuir para a investigação do processo ensino-aprendizagem de Física.

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. Ela contém **cinco questões teóricas e um procedimento experimental com duas questões**.
- 02) Além deste caderno com as questões você deve receber um caderno de resoluções e um kit experimental. Leia atentamente todas as instruções deste caderno e do caderno de resoluções antes do início da prova.
- 03) A duração desta prova é de **três** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo noventa(90) minutos**.

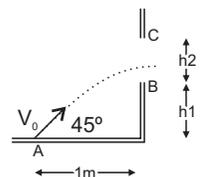
QUESTÕES TEÓRICAS

Questão 1. Um veículo está trafegando a 10 m/s quando o motorista observa que o sinal do semáforo fica amarelo. O veículo está a 50 m do semáforo e o motorista leva 1 s para reagir e acelerar. Se a aceleração é 2 m/s² constante e o semáforo fica por 3 s no amarelo, o veículo alcançará o semáforo antes que este mude para o vermelho? Justifique sua resposta.

Questão 2. Um estudante deseja inventar uma nova escala de temperatura denominada de U. O estudante nota que a água ferve, sob pressão normal, a 66° U e congela, sob pressão normal, a 6° U. Determine qual é a relação de conversão dessa escala para a escala Celsius (C). Qual o valor de 27° U em Celsius?

Questão 3. Pode-se estimar a profundidade de um poço de altura **H** liberando uma pedra da borda e, simultaneamente, disparando um cronômetro. Desliga-se o cronômetro ao se ouvir lá de cima o som (cuja velocidade no ar é de **v_s**) da pedra batendo no fundo do poço. Encontre a expressão para a profundidade do poço para um dado tempo **T** cronometrado. Use **g** como aceleração gravitacional local.

Questão 4. Lança-se um projétil do ponto A com velocidade $V_0 > 0$ formando um ângulo de 45° (sen 45° = cos 45°) com a horizontal. Qual é o intervalo de velocidades para que o projétil passe através da abertura BC mostrada na figura ao lado?



Questão 5. Um corpo sólido flutua, em equilíbrio térmico, num líquido a uma temperatura de 0° C de modo que 90% do volume total esteja submerso. A temperatura varia lentamente de modo que o corpo e o líquido estejam sempre em equilíbrio térmico. Se os coeficientes de dilatação volumétricos do sólido e do líquido são β_s e β_L , respectivamente, a que temperatura **T** o sólido estará totalmente submerso? Suponha que não haverá mudança de estado para essa temperatura. Use ρ_s e ρ_L as densidades do sólido e do líquido a 0° C.

GABARITO QUESTÕES TEÓRICAS

Instruções e observações:

1 - Este gabarito é exclusivo para os corretores das questões teóricas da prova da 2ª fase e não deve ser divulgado a alunos e professores.

2 - As instruções devem ser seguidas integralmente para que se minimizem diferenças entre as comissões estaduais. Não há possibilidade de modificação das notas a serem atribuídas mudando-se o critério de correção. As provas foram concebidas para que a correção seja feita de forma direta e rápida.

3 - Cada questão tem valor de 10 pontos.

Nas questões proceda da seguinte forma: i) verifique a(s) resposta(s) final(is), caso a resposta esteja correta atribua valor integral (10 pontos), caso não haja nenhuma instrução específica na questão. Caso o resultado final não esteja correto proceda estritamente de acordo com as atribuições propostas neste gabarito. Variações de respostas devem ser corrigidas atribuindo-se a pontuação proposta.

OBS: todo corretor deve resolver a(s) questão(ões) e entender o procedimento antes do início da resolução.

Questão 1.

Problema deve ser dividido em dois trechos:

$$t = 0 \text{ a } t_R \Rightarrow s = v_0 t$$

$$t = t_R \text{ a } t \quad s_{\text{final}} = v_0 t + v_0(t - t_R) + a(t - t_R)^2/2$$

$$s_{\text{final}} = 10 \times 1 + 10 \times (3 - 1) + (1/2) \times 2 \times (3 - 1)^2 = 34 \text{ m}$$

Resp.: Não alcançará o semáforo antes que mude.

Questão 2.

$$T_x = a T_c + b$$

$$66U = a 100 + b$$

$$6U = a 0 + b$$

Resp.: $T_x = (60/100)T_c + 6$

Resp.: $T_c = 35^\circ \text{C}$

Questão 3.

Problema deve ser dividido em dois trechos:

$$h = gt_1^2/2$$

$$h = v_s t_2 \quad (v_s \text{ velocidade do som no ar})$$

$$t = t_1 + t_2$$

$$h^2 - (2tv_s + 2v_s^2/g)h + tv_s^2 = 0$$

$$\text{Resp.: } h = tv_s \left\{ (1 + v_s/gt) - [(1 + v_s/gt)^2 - 1]^{1/2} \right\}$$

Questão 4.

Escolhemos $x_0 = 0$ e $y_0 = 0$, então

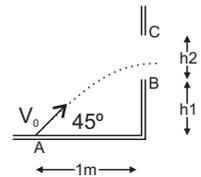
$$x = v_0 \cos \theta t \quad \text{e} \quad y = v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2, \text{ assim}$$

$$y = \tan \theta x - g x^2 / (2v_0^2 \cos^2 \theta), \text{ com } \theta = 45^\circ \text{ e } x = 1 \text{ m, temos}$$

$$y = x - g/v_0^2$$

$$v_0^2 = g/(1-y) \text{ com } y > 1$$

$$\text{Resp.: } \sqrt{\frac{g}{1 - (h_1 + h_2)}} > v_0 > \sqrt{\frac{g}{1 - h_1}}$$



Questão 5.

Definir

ρ_s (densidade do sólido na temperatura $T=0^\circ\text{C}$)

ρ_l (densidade do líquido na temperatura $T=0^\circ\text{C}$)

ρ_s' (densidade do sólido na temperatura T)

ρ_l' (densidade do líquido na temperatura T)

$$\rho_s = 0,9 \rho_l$$

$$\rho_s' = \rho_l'$$

$$m_s/V_s' = m_l/V_l' \Rightarrow \rho_s/(1 + \beta_s T) = \rho_l/(1 + \beta_l T)$$

Isolando T , e usando que $\rho_s = 0,9 \rho_l$, temos

$$\text{Resp.: } T = (\rho_s - \rho_l) / (\rho_l \beta_s - \rho_s \beta_l) = 0,1 / (0,9 \beta_l - \beta_s)$$

PROCEDIMENTO E QUESTÕES EXPERIMENTAIS DEFORMAÇÃO ELÁSTICA

O kit experimental encontra-se numa caixa indicada como “Kit Experimental”. Dentro da caixa você irá encontrar:

- uma base de plástico;
- uma haste de plástico;
- uma régua de plástico de 15 cm;
- uma “caixinha” com duas molas, quatro arruelas iguais e um gancho. A massa do gancho é muito menor que a de uma arruela.

A haste encaixa na base formando um conjunto no qual você deverá realizar os procedimentos experimentais de acordo com o indicado na figura 1. **PROCEDA COM CUIDADO NO ENCAIXE DA HASTE NA BASE.**

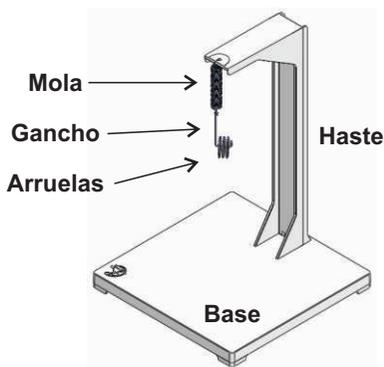


Figura 1

Procedimento Experimental: Monte a haste na base. Fixe uma das extremidades da mola no topo da haste (há um pequeno orifício) e na outra extremidade pendure o gancho. As arruelas devem ser colocadas no gancho e irão provocar uma elongação na mola. A régua de plástico será utilizada para determinar a elongação da mola. Iremos denominar como elongação da mola o valor x determinado como sendo a distância entre os extremos da região helicoidal (circular) como indicado na figura 2.

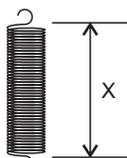


Figura 2

2ª FASE - NÍVEL A (alunos do 9º ano – Ensino Fundamental)

Será definida uma unidade de massa como sendo uma arruela (Au). Defina uma das molas como sendo Mola 1 e a outra como Mola 2 e utilize esta definição até o final do seu procedimento.

QUESTÃO EXPERIMENTAL 1

a) Para cada uma das molas meça o comprimento livre da mola, ou seja, o valor de x sem nenhuma tensão aplicada na sua extremidade. Anote os valores para cada mola no caderno de resposta.

b) Para cada mola (uma de cada vez) montada na extremidade da haste como indicado na figura 1 meça os valores de x (em cm) ao se acrescentar uma unidade de massa (Au) de cada vez até completar as quatro. Anote os valores numa tabela no caderno de resoluções usando o modelo abaixo:

Massa (Au)	x_1 (cm) - Mola 1	x_2 (cm) - Mola 2
1		
2		
3		
4		

1 Au = uma arruela, 2 Au = duas arruelas.

QUESTÃO EXPERIMENTAL 2

a) Usando os valores experimentais da tabela do item b) da questão 1 construa dois gráficos, um para cada mola, da Massa (em unidades de Au) como função da elongação x . Trace para cada gráfico a reta que melhor representa o comportamento dos pontos experimentais.

b) Obtenha a partir dos gráficos:

b1) Os valores de x_1 e x_2 (em cm) para o valor de massa = 0 Au. Expresse os resultados em cm.

b2) Os valores da relação de proporcionalidade entre a massa e a elongação para ambas as molas. Expresse os resultados em unidades de (Au/cm).

c) Qual das molas é menos elástica? Justifique sua resposta.

GABARITO QUESTÕES EXPERIMENTAIS

Questão 1.

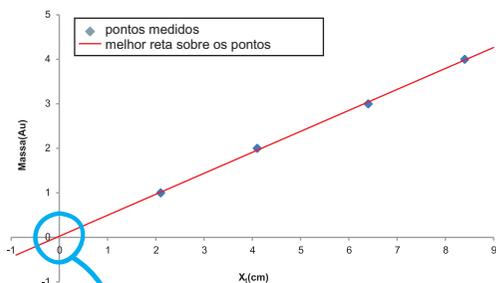
a) Comprimento da Mola 1 = 15 mm = 1,5 cm. Comprimento da Mola 2 = 18mm = 1,8 mm

b) Tabela

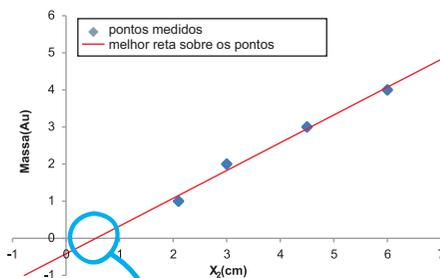
Massa (Au)	x_1 (cm) - Mola 1	x_2 (cm) - Mola 2
1	2,1	2,1
2	4,1	3,0
3	6,4	4,6
4	8,4	6,0

Questão 2.

a) Gráficos



b1) Mola 1 = 0 cm



Mola 2 = 0,5 cm

b2) Mola 1

$$\frac{\Delta M}{\Delta x_1} = \frac{(2 - 1)}{(4,1 - 2,1)} = \frac{1}{2} = 0,5 \frac{[\text{Au}]}{[\text{cm}]}$$

Mola 2

$$\frac{\Delta M}{\Delta x_2} = \frac{(2 - 1)}{(3,0 - 2,1)} = \frac{1}{0,9} = 1,1 \frac{[\text{Au}]}{[\text{cm}]}$$

c) A Mola 1 é mais elástica porque para uma mesma variação de massa ΔM temos

$$\Delta x_1 > \Delta x_2$$

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos das 1ª e 2ª séries do Ensino Médio. Ela contém **oito questões teóricas e um procedimento experimental com duas questões.**

02) Os alunos da 1ª série devem escolher no máximo 5 questões teóricas. Os alunos da 2ª série também escolhem 5 questões teóricas excetuando as indicadas como **exclusiva para alunos da 1ª série**. Não há restrições nas questões experimentais.

03) Além deste caderno com as questões você deve receber um caderno de resoluções e um kit experimental. Leia atentamente todas as instruções deste caderno e do caderno de resoluções antes do início da prova.

04) A duração desta prova é de **três** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo noventa(90) minutos**.

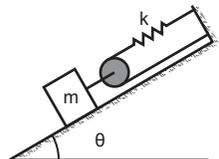
QUESTÕES TEÓRICAS

Questão 1. (exclusiva para alunos da 1ª série) - Um veículo está trafegando com velocidade constante v_0 quando o motorista observa que o sinal do semáforo fica amarelo. O veículo está a uma distância d do semáforo e o motorista leva um tempo t_r para reagir e frear o veículo. Qual é a mínima desaceleração, supondo constante, para que o veículo pare antes do semáforo? Qual é o tempo total que o veículo gasta para parar se possui a desaceleração mínima?

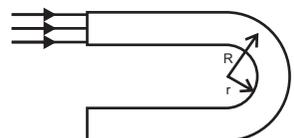
Questão 2. (exclusiva para alunos da 1ª série) - Um estudante deseja inventar uma nova escala de temperatura denominada de U. O estudante nota que a água ferve, sob pressão normal, a 66° U e congela, sob pressão normal, a 6° U. Determine qual é a relação de conversão dessa escala para a escala Celsius (C). Qual o valor de 27° U em Celsius?

Questão 3. Um bloco é colocado com uma das faces sobre um plano inclinado (de inclinação 30° com a horizontal). Se o coeficiente de atrito entre o bloco e o plano é μ , quais condições são necessárias para que o bloco deslize sobre o plano inclinado?

Questão 4. O corpo de massa m é deslocado de uma distância x_0 para baixo no plano inclinado (ao lado) a partir de sua posição de equilíbrio e, então, é solto em repouso. Considere a mola, os cabos e a roldana como ideais. Encontre a frequência de vibração do corpo.



Questão 5. Uma haste de material com índice de refração n é dobrada na forma mostrada na figura. Raios de luz incidem perpendicularmente na face superior. Considerando $2R = 3r$, para que valores do índice de refração do material toda luz incidente sai pela face inferior?

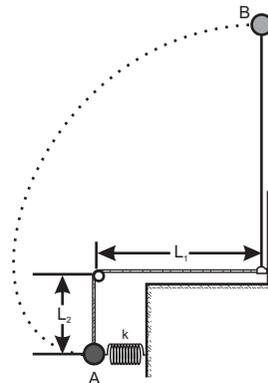


QUESTÕES TEÓRICAS

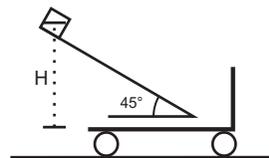
Questão 6. - Uma corda leve de comprimento total $L_1 + L_2$ está apoiada num pino liso como mostra a figura. Uma partícula de massa m , presa à corda, é lançada em repouso do ponto **A**. A mola, de constante elástica k , está comprimida de s . Determine:

a) a tensão do cabo quando a partícula estiver no ponto **B**.

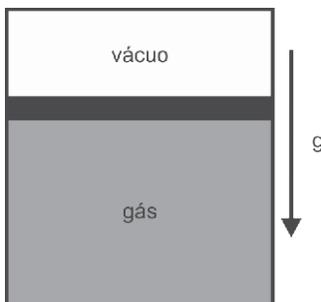
b) a constante elástica para que, ao chegar ao ponto **B**, a tensão na corda seja nula.



Questão 7. - Um bloco de massa m é abandonado em repouso do topo de uma rampa, com coeficiente de atrito cinético de 0,5, e cai sobre um carrinho de massa $M = 9m$ inicialmente em repouso. Se o carrinho pode se mover livremente, determine a velocidade final do carrinho e a fração de energia inicial perdida. Suponha que a velocidade com que o bloco abandona a rampa seja a mesma com que ele colide com o carrinho (despreze a pequena diferença de altura entre o final da rampa e a base do carrinho).



Questão 8. Um recipiente termicamente isolado é separado em duas partes por um êmbolo, de massa m , que pode se mover sem atrito (figura a seguir). Uma das partes do recipiente está cheia de gás ideal monoatômico. A outra parte do recipiente é vácuo. A massa do êmbolo é subitamente alterada para M . Qual é a razão entre os volumes inicial e final do gás após o equilíbrio térmico ter sido atingido novamente? Qual é a máxima compressão possível para o gás?



GABARITO QUESTÕES TEÓRICAS

Instruções e observações:

1 - Este gabarito é exclusivo para os corretores das questões teóricas da prova da 2ª fase e não deve ser divulgado a alunos e professores.

2 - As instruções devem ser seguidas integralmente para que se minimizem diferenças entre as comissões estaduais. Não há possibilidade de modificação das notas a serem atribuídas mudando-se o critério de correção. As provas foram concebidas para que a correção seja feita de forma direta e rápida.

3 - Cada questão tem valor de 10 pontos.

Nas questões proceda da seguinte forma: i) verifique a(s) resposta(s) final(is), caso a resposta esteja correta atribua valor integral (10 pontos), caso não haja nenhuma instrução específica na questão. Caso o resultado final não esteja correto proceda estritamente de acordo com as atribuições propostas neste gabarito. Variações de respostas devem ser corrigidas atribuindo-se a pontuação proposta.

OBS: todo corretor deve resolver a(s) questão(ões) e entender o procedimento antes do início da resolução.

Questão 1.

Problema deve ser dividido em dois trechos:

t_R tempo de reação

$$d = v_0 t_R + v_0 t - a_{\min} t^2 / 2$$

$$v = v_0 - at \Rightarrow t = v_0 / a_{\min}$$

Resolvendo, temos

$$\text{Resp.: } a_{\min} = v_0^2 / 2(d - v_0 t_R)$$

$$t = t_R + v_0 / a_{\min}$$

Resolvendo, temos

$$\text{Resp.: } t = 2d / v_0 - t_R$$

Questão 2.

$$T_x = a T_c + b$$

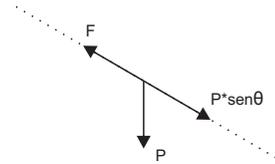
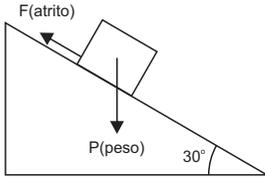
$$66U = a 100 + b$$

$$6U = a 0 + b$$

$$\text{Resp.: } T_x = (60/100)T_c + 6$$

$$\text{Resp.: } T_c = 35^\circ \text{C}$$

Questão 3.

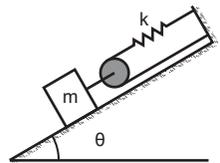
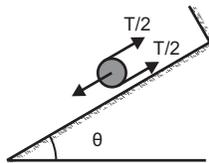
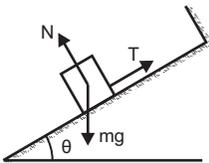


Componente do peso ($P \cdot \sin 30^\circ$) na direção da superfície deve ser maior que a força de atrito.

$$\mu mg \cos \theta < mg \sin \theta \Rightarrow \mu < \tan 30^\circ$$

Resp.: $\mu < \tan 30^\circ$

Questão 4.



$$T/2 = k(2\Delta x) \Rightarrow T = 4k \Delta x$$

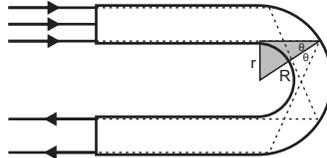
$$mg \sin \theta - T = ma$$

$$\text{no equilíbrio } mg \sin \theta = 4k(x_{\text{eq}} - l_0) \Rightarrow (x_{\text{eq}} - l_0) = mg \sin \theta / 4k$$

$$\text{portanto: } -4kx = ma \Rightarrow a = -(4k/m)x \Rightarrow \omega^2 = 4k/m$$

Resp.: $f = (1/\pi)(k/m)^{1/2}$

Questão 5.



para que toda luz saia pela face inferior, devemos ter reflexão interna total

$$\sin \theta \geq 1/n$$

$$\sin \theta = r/R \Rightarrow r/R \geq 1/n \Rightarrow n \geq 1,5$$

Resp.: $n \geq 1,5$

Questão 6.

Conservação da energia mecânica

$$ks^2/2 - mgL_2 = mv^2/2 + mg(L_1 + L_2)$$

$$T + mg = mv^2/(L_1 + L_2)$$

Resolvendo para T,

$$\text{Resp.: } T = [ks^2 - mg(3L_1 + 5L_2)]/(L_1 + L_2)$$

Tomando $T = 0$,

$$\text{Resp.: } k = mg(3L_1 + 5L_2)/s^2$$

Questão 7.

Trabalho - Energia Cinética

$$mv^2/2 - mgH = -\mu mg \cos \theta d \quad \text{com } d \sin \theta = H, \text{ d é a distância percorrida no plano inclinado.}$$

Com $\mu = 0,5$ e $\theta = 45^\circ$,

$$v^2 = 2gH - gH = gH \Rightarrow v = (gH)^{1/2}$$

Conservação da quantidade de movimento

$$mv_x = (m + M)V \quad \text{com } v_x = v \cos 45^\circ$$

Resolvendo, temos

$$\text{Resp.: } V = (2gH)^{1/2} / [2(1 + M/m)]$$

$$E_{mi} = mgH \quad \text{e} \quad E_{mf} = (m + M)V^2/2$$

$$E_{mf}/E_{mi} = 1/40 \Rightarrow E_{mf} = 2,5\% E_{mi}$$

$$\text{Resp.: } \text{Energia perdida} = (39/40) \times \text{Energia inicial ou } 97,5 \%$$

Questão 8.

$$\Delta Q = 0 \Rightarrow \Delta U = W \Rightarrow \Delta U = Mgh$$

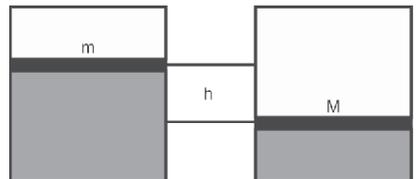
$$3P_f V_f/2 - 3P_i V_i/2 = Mgh, \quad Mg = P_f A \text{ e } mg = P_i A$$

Seja $\alpha = m/M$, então

$$\text{Resp.: } V_f/V_i = 5/(3\alpha + 2)$$

$$\text{Quando } \alpha \rightarrow 0 \Rightarrow V_f/V_i \rightarrow 2,5$$

$$\text{Resp.: } V_{\min} = 0,4V_i$$



PROCEDIMENTO E QUESTÕES EXPERIMENTAIS DEFORMAÇÃO ELÁSTICA

O kit experimental encontra-se numa caixa indicada como “Kit Experimental”. Dentro da caixa você irá encontrar:

- uma base de plástico;
- uma haste de plástico;
- uma régua de plástico de 15 cm;
- uma “caixinha” com duas molas, quatro arruelas iguais e um gancho. A massa do gancho é muito menor que a de uma arruela.

A haste encaixa na base formando um conjunto no qual você deverá realizar os procedimentos experimentais de acordo com o indicado na figura 1. **PROCEDA COM CUIDADO NO ENCAIXE DA HASTE NA BASE.**

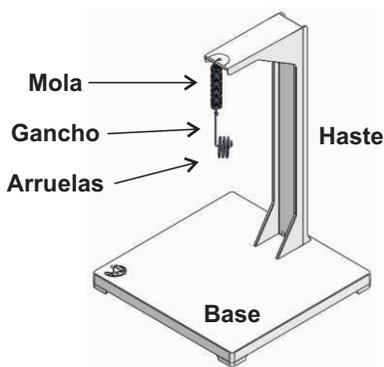


Figura 1

Procedimento Experimental: Monte a haste na base. Fixe uma das extremidades da mola no topo da haste (há um pequeno orifício) e na outra extremidade pendure o gancho. As arruelas devem ser colocadas no gancho e irão provocar uma elongação na mola. A régua de plástico será utilizada para determinar a elongação da mola. Iremos denominar como elongação da mola o valor x determinado como sendo a distância entre os extremos da região helicoidal (circular) como indicado na figura 2.

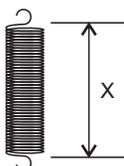


Figura 2

Será definida uma unidade de massa como sendo uma arruela (Au). Defina uma das molas como sendo Mola 1 e a outra como Mola 2 e utilize esta definição até o final do seu procedimento.

QUESTÃO EXPERIMENTAL 1

a) Para cada mola (uma de cada vez) montada na extremidade da haste como indicado na figura 1 meça os valores de x (em cm) ao se acrescentar uma unidade de massa (Au) de cada vez até completar as quatro. Anote os valores numa tabela no caderno de resoluções usando o modelo abaixo:

Massa (Au)	x_1 (cm) - Mola 1	x_2 (cm) - Mola 2
1		
2		
3		
4		

1 Au = uma arruela, 2 Au = duas arruelas.

b) Usando os valores experimentais da tabela do item anterior construa dois gráficos da Massa (em unidades de Au) como função da elongação das molas. Trace para cada gráfico a reta que melhor representa o comportamento dos pontos experimentais.

c) Obtenha a partir dos gráficos:

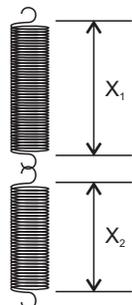
c1) Os valores de x_1 e x_2 para massa = 0 Au.

c2) O valor da relação de proporcionalidade entre a massa e a elongação. Expresse os resultados em unidades de (Au/cm).

QUESTÃO EXPERIMENTAL 2

a) Monte as duas molas uma conectada a outra como indicado na figura 3. Repita o procedimento do item a) da questão anterior e monte a tabela com os resultados experimentais obtidos.

Massa (Au)	$x_1 + x_2$ (cm)
1	
2	
3	



1 Au = uma arruela, 2 Au = duas arruelas.

2ª FASE - NÍVEL B (alunos da 1ª e 2ª Séries – Ensino Médio)

- b) Determine a partir da tabela anterior o valor da constante de proporcionalidade entre a massa e a elongação para o sistema com as duas molas conectadas. Expresse o resultado em unidades de (Au/cm).
- c) Compare o resultado do item b) desta questão com os resultados do item c) da questão experimental 1 e conclua.

Ao final do procedimento desmonte o sistema experimental e o guarde novamente na caixa. Você poderá leva-lo consigo para casa. Utilize-o no seu estudo de Física! Proponha novos experimentos junto com seu professor.

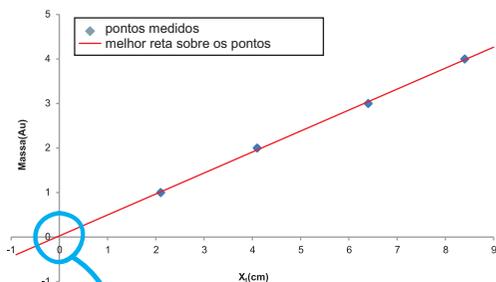
GABARITO QUESTÕES EXPERIMENTAIS

Questão 1.

a) Tabela

Massa (Au)	x_1 (cm) - Mola 1	x_2 (cm) - Mola 2
1	2,1	2,1
2	4,1	3,0
3	6,4	4,6
4	8,4	6,0

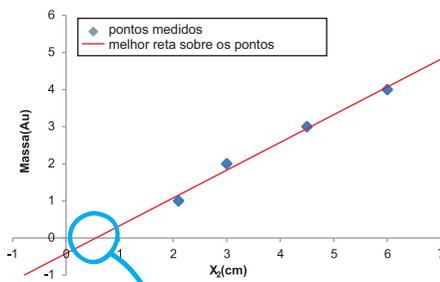
b) Gráficos



c1) Mola 1 = 0 cm

c2) Mola 1

$$\frac{\Delta M}{\Delta x_1} = \frac{(2 - 1)}{(4,1 - 2,1)} = \frac{1}{2} = 0,5 \frac{[\text{Au}]}{[\text{cm}]}$$



Mola 2 = 0,5 cm

Mola 2

$$\frac{\Delta M}{\Delta x_2} = \frac{(2 - 1)}{(3,0 - 2,1)} = \frac{1}{0,9} = 1,1 \frac{[\text{Au}]}{[\text{cm}]}$$

Questão 2.

a) Tabela

Massa (Au)	$x_1 + x_2$ (cm)
1	3,7
2	6,6
3	10,5

b) Mola 1 + Mola 2

$$\frac{\Delta M}{\Delta(x_1 + x_2)} = \frac{(2 - 1)}{(6,6 - 3,7)} = \frac{1}{2,9} = 0,34 \frac{[\text{Au}]}{[\text{cm}]}$$

c) As duas molas em série são equivalentes a uma mola mais elástica porque a razão $\Delta M/\Delta x$ é menor.

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

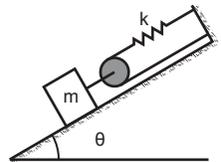
01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos da 3ª série do Ensino Médio. Ela contém **cinco questões teóricas e um procedimento experimental com duas questões.**

02) Além deste caderno com as questões você deve receber um caderno de resoluções e um kit experimental. Leia atentamente todas as instruções deste caderno e do caderno de resoluções antes do início da prova.

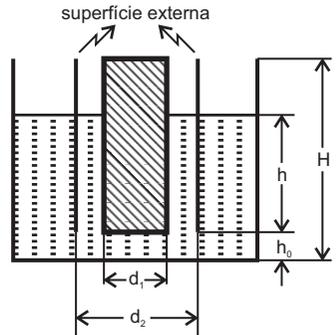
04) A duração desta prova é de **três** horas, devendo o aluno permanecer na sala por no **mínimo noventa(90) minutos.**

QUESTÕES TEÓRICAS

Questão 1. O corpo de massa m é deslocado uma distância x_0 para baixo no plano inclinado a partir de sua posição de equilíbrio e, então, é solto em repouso. Considere a mola, os cabos leves e a roldana ideais. Determine a função horária que descreve o movimento do corpo se ele parte da posição de equilíbrio subindo o plano.



Questão 2. A figura mostra, em corte, um sensor de nível capacitivo. Esse dispositivo consiste de dois cilindros concêntricos com diâmetros d_1 e d_2 e altura L . O tanque de armazenamento é também cilíndrico com diâmetro D e altura H . O capacitor é posicionado a uma altura h_0 do fundo do tanque. O líquido armazenado tem constante dielétrica κ , supostamente constante. Calcule a capacitância em função do volume de líquido dentro do tanque. Dado: a capacitância de um capacitor cilíndrico de comprimento L e raios R_1 e R_2 é



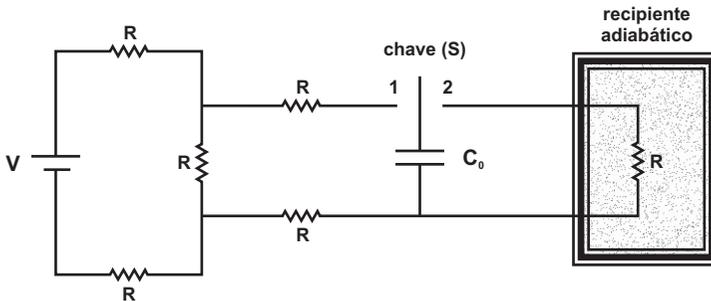
$$C_0 = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln(R_2/R_1)}$$

Questão 3. O fenômeno de difração devido a uma abertura circular tem importantes implicações para se determinar o **poder de resolução** de muitos instrumentos ópticos - incluindo o olho humano. A luz proveniente de uma fonte puntiforme entra no olho passando através da pupila e é focalizada em algum ponto da retina dependendo do ângulo que a luz entra no olho. A posição do primeiro mínimo da figura de difração é dada aproximadamente por $\text{sen}(\theta) = 1,22\lambda/d$ onde θ é o ângulo entre o eixo central e a reta que liga o centro da abertura à posição do mínimo, λ o comprimento de onda e d o diâmetro da abertura. O critério de Rayleigh define quando dois objetos estão resolvidos (separados), segundo este critério, a separação angular de duas fontes pontuais deve ser tal que o máximo central da figura de difração de uma das fontes coincida com o primeiro mínimo da figura de difração da segunda fonte. No caso da visão dos animais o poder de resolução depende de vários fatores do meio e também do sistema óptico, mas este critério

QUESTÕES TEÓRICAS

pode ser usado como uma boa aproximação. Dois objetos puntiformes que emitem luz com comprimento de onda de 545 nm estão a uma distância **D** da abertura e separados 2 mm um do outro. Segundo esse modelo, a que distância, aproximadamente, devem estar os objetos para que o olho humano consiga distingui-los (separá-los)? Algumas aves de rapina possuem a abertura da pupila de até 15 mm. Compare a resolução do olho humano com a resolução desse tipo de ave. Considere que a abertura da pupila do olho humano seja 2,5 mm e use a aproximação de pequenos ângulos $\text{sen}(\theta) \approx \theta$ e $\text{cos}(\theta) \approx 1$.

Questão 4. O capacitor **C₀** do circuito mostrado está inicialmente descarregado. Ligamos a chave na posição **1** e aguardamos um tempo suficiente para que o capacitor carregue completamente. Mudamos então a chave para a posição **2**. Dentro do recipiente, termicamente isolado, existe um gás que tem capacidade calorífica a volume constante **C_v**. Qual é a variação de temperatura do gás?



Questão 5. Considere um relógio a bordo de um satélite orbitando a Terra com velocidade **v**, como por exemplo um satélite usado em GPS (Sistema de Posicionamento Global). Duas correções relativísticas, uma da Relatividade Restrita e outra da Relatividade Geral devem ser levadas em consideração na medida do tempo em projetos de GPS. De acordo com a Relatividade Restrita, o relógio no satélite está sujeito a dilatação temporal devido à sua velocidade. O relógio posicionado no satélite viajando com velocidade **v** ($v \ll c$) atrasará quando comparado ao relógio na Terra pelo fator $\frac{1}{\gamma} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \approx 1 - \frac{v^2}{c^2}$ onde **c** é a velocidade da luz. Também, o relógio no satélite deve adiantar em relação ao relógio na Terra devido ao efeito do potencial gravitacional da Terra dado por $V = -G \frac{M}{r}$, onde **G** é a constante gravitacional, **M** é a massa da Terra e **r** é a distância do centro da Terra. Um fóton viajando em direção à Terra perde energia potencial e ganha energia cinética e com isso altera a sua frequência com um pequeno desvio, dado por $\Delta f = f \frac{\Delta V}{c^2}$. Esse efeito faz com que a frequência diminua e consequentemente haja uma dilatação do tempo, já que $\Delta t = \frac{1}{f}$ e, portanto, o relógio posicionado no satélite adiantará quando comparado com o relógio na Terra pelo fator $\frac{\Delta V}{c^2}$.

Qual é, então, a diferença entre os tempos indicados pelo relógio localizado num satélite a uma altura **h** da superfície da Terra e o relógio que está fixo na Terra? Suponha que a órbita do satélite seja circular e que a Terra seja perfeitamente esférica.

GABARITO QUESTÕES TEÓRICAS

Instruções e observações:

1 - Este gabarito é exclusivo para os corretores das questões teóricas da prova da 2ª fase e não deve ser divulgado a alunos e professores.

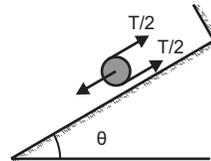
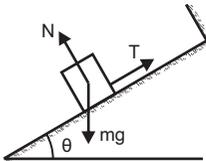
2 - As instruções devem ser seguidas integralmente para que se minimizem diferenças entre as comissões estaduais. Não há possibilidade de modificação das notas a serem atribuídas mudando-se o critério de correção. As provas foram concebidas para que a correção seja feita de forma direta e rápida.

3 - Cada questão tem valor de 10 pontos.

Nas questões proceda da seguinte forma: i) verifique a(s) resposta(s) final(is), caso a resposta esteja correta atribua valor integral (10 pontos), caso não haja nenhuma instrução específica na questão. Caso o resultado final não esteja correto proceda estritamente de acordo com as atribuições propostas neste gabarito. Variações de respostas devem ser corrigidas atribuindo-se a pontuação proposta.

OBS: todo corretor deve resolver a(s) questão(ões) e entender o procedimento antes do início da resolução.

Questão 1.



$$T/2 = k(2\Delta x) \Rightarrow T = 4k\Delta x$$

$$mg\text{sen}\theta - T = ma$$

$$\text{no equilíbrio } mg\text{sen}\theta = 4k(x_{\text{eq}} - l_0) \Rightarrow (x_{\text{eq}} - l_0) = mg\text{sen}\theta/4k$$

$$\text{portanto: } -4kx = ma \Rightarrow a = -(4k/m)x \Rightarrow \omega^2 = 4k/m$$

$$\text{Resp.: } x = x_0 \text{sen}(\omega t); \quad \omega = 2(k/m)^{1/2}$$

Questão 2.

Dado a capacitância de um capacitor cilíndrico: $C_0 = 2\pi\epsilon_0 L/\ln(d_2/d_1)$

$$C_1 = 2\pi\kappa\epsilon_0 h/\ln(d_2/d_1) \text{ e } C_2 = 2\pi\epsilon_0(L - h)/\ln(d_2/d_1)$$

$$V = (h + h_0)\pi D^2/4 \Rightarrow h = 4V/\pi D^2 - h_0$$

$$C = C_1 + C_2 = C_0[(\kappa - 1)h/L + 1]$$

$$\text{Resp.: } C(V) = C_0[(4V/\pi D^2 - h_0/L)(\kappa - 1) + 1]; \quad L = H - h_0$$

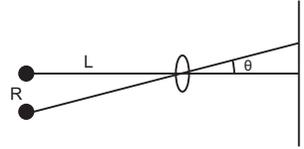
2ª FASE - NÍVEL C (alunos da 3ª série – Ensino Médio)

Questão 3.

$$\text{sen}\theta = 1,22 \lambda / d \Rightarrow 1,22 \lambda / d \approx R/L \Rightarrow L = Rd / (1,22 \lambda) \Rightarrow L \approx 7,5 \text{ m}$$

Resp.: $L \approx 7,5 \text{ m}$

Resp.: $L_{\text{ave}} = 6L_{\text{humano}} = 45 \text{ m}$



Questão 4.

Capacitor carregado:

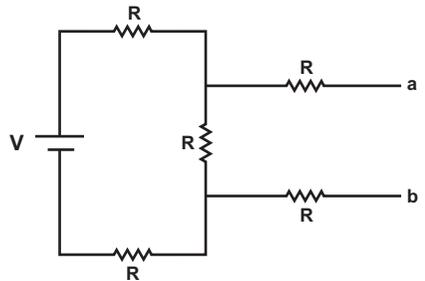
$$V - 3Ri = 0 \Rightarrow V_{\text{ab}} = V/3 = V_c$$

$$U_c = C_0 V_c^2 / 2$$

$$Q = U_c = C_0 V_c^2 / 2 = CV^2 / 18$$

$$Q = C_v \Delta T \Rightarrow \Delta T = CV^2 / 18C_v$$

Resp.: $\Delta T = CV^2 / 18C_v$



Questão 5.

Definir

$$F = ma \Rightarrow GMm/r^2 = mv^2/R \Rightarrow v^2 = gR/r^2,$$

sendo r o raio da terra, R a distância do centro da Terra até o satélite, M massa da Terra e m a massa do satélite.

$$\Delta t_1 = -v^2/c^2 = -gr^2/(2Rc^2)$$

$$\Delta t_2 = \Delta V/c^2 = [-GM/R + GM/r]/c^2 = gr(1 - r/R)/c^2$$

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 = g(-3r^2/2R + r)/c^2$$

Resp.: $\Delta t = g(-3r^2/2R + r)/c^2$

PROCEDIMENTO E QUESTÕES EXPERIMENTAIS DEFORMAÇÃO ELÁSTICA

O kit experimental encontra-se numa caixa indicada como “Kit Experimental”. Dentro da caixa você irá encontrar:

- uma base de plástico;
- uma haste de plástico;
- uma régua de plástico de 15 cm;
- uma “caixinha” com duas molas, quatro arruelas iguais e um gancho. A massa do gancho é muito menor que a de uma arruela.

A haste encaixa na base formando um conjunto no qual você deverá realizar os procedimentos experimentais de acordo com o indicado na figura 1. **PROCEDA COM CUIDADO NO ENCAIXE DA HASTE NA BASE.**

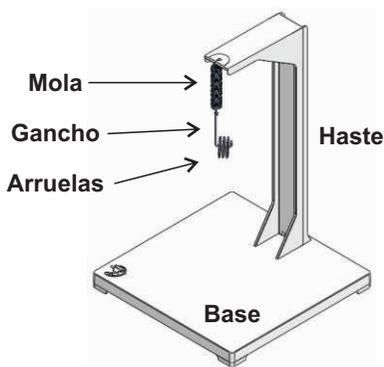


Figura 1

Procedimento Experimental: Monte a haste na base. Fixe uma das extremidades da mola no topo da haste (há um pequeno orifício) e na outra extremidade pendure o gancho. As arruelas devem ser colocadas no gancho e irão provocar uma elongação na mola. A régua de plástico será utilizada para determinar a elongação da mola. Iremos denominar como elongação da mola o valor x determinado como sendo a distância entre os extremos da região helicoidal (circular) como indicado na figura 2.

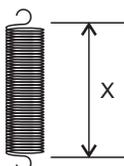


Figura 2

2ª FASE - NÍVEL C (alunos da 3ª série – Ensino Médio)

Será definida uma unidade de massa como sendo uma arruela (Au). Defina uma das molas como sendo Mola 1 e a outra como Mola 2 e utilize esta definição até o final do seu procedimento.

QUESTÃO EXPERIMENTAL 1

a) Para cada mola (uma de cada vez) montada na extremidade da haste como indicado na figura 1 meça os valores de x (em cm) ao se acrescentar uma unidade de massa (Au) de cada vez até completar as quatro. Anote os valores numa tabela no caderno de resoluções usando o modelo abaixo:

Massa (Au)	x_1 (cm) - Mola 1	x_2 (cm) - Mola 2
1		
2		
3		
4		

1 Au = uma arruela, 2 Au = duas arruelas.

b) Usando os valores experimentais da tabela do item anterior construa dois gráficos da Massa (em unidades de Au) como função da elongação das molas. Trace para cada gráfico a reta que melhor representa o comportamento dos pontos experimentais.

c) Obtenha a partir dos gráficos:

c1) Os valores de x_1 e x_2 para massa = 0 Au.

c2) Os valores da relação de proporcionalidade entre a massa e a elongação para as duas molas. Expresse os resultados em unidades de (Au/cm).

QUESTÃO EXPERIMENTAL 2

a) Monte as duas molas uma conectada a outra como indicado na figura 3. Repita o procedimento do item a) da questão anterior e monte a tabela com os resultados experimentais obtidos.

Massa (Au)	$x_1 + x_2$ (cm)
1	
2	
3	

1 Au = uma arruela, 2 Au = duas arruelas.

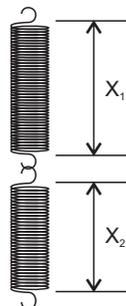


Figura 3

2ª FASE - NÍVEL C (alunos da 3ª série – Ensino Médio)

b) Determine a partir da tabela anterior o valor da constante de proporcionalidade entre a massa e a elongação para o sistema com as duas molas conectadas. Expresse o resultado em unidades de (Au/cm).

c) A partir da análise dos resultados determine o valor da constante elástica **K** de um sistema com **N** molas idênticas de constante elástica k_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) conectadas como na figura 3.

Ao final do procedimento desmonte o sistema experimental e o guarde novamente na caixa. Você poderá leva-lo consigo para casa. Utilize-o no seu estudo de Física! Proponha novos experimentos junto com seu professor.

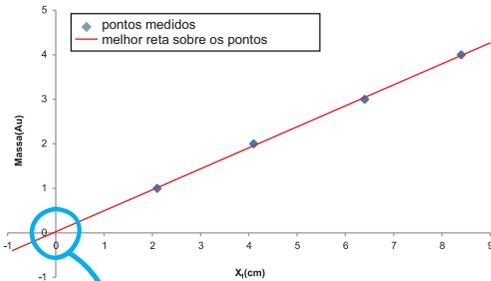
GABARITO QUESTÕES EXPERIMENTAIS

Questão 1.

a) Tabela

Massa (Au)	x_1 (cm) - Mola 1	x_2 (cm) - Mola 2
1	2,1	2,1
2	4,1	3,0
3	6,4	4,6
4	8,4	6,0

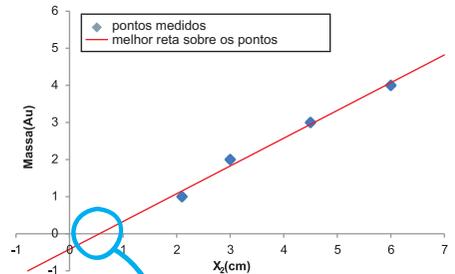
b) Gráficos



c1) Mola 1 = 0 cm

c2) Mola 1

$$\frac{\Delta M}{\Delta x_1} = \frac{(2 - 1)}{(4,1 - 2,1)} = \frac{1}{2} = 0,5 \frac{[\text{Au}]}{[\text{cm}]}$$



Mola 2 = 0,5 cm

Mola 2

$$\frac{\Delta M}{\Delta x_2} = \frac{(2 - 1)}{(3,0 - 2,1)} = \frac{1}{0,9} = 1,1 \frac{[\text{Au}]}{[\text{cm}]}$$

Questão 2.

a) Tabela

Massa (Au)	$x_1 + x_2$ (cm)
1	3,7
2	6,6
3	10,5

b) Mola 1 + Mola 2

$$\frac{\Delta M}{\Delta(x_1 + x_2)} = \frac{(2 - 1)}{(6,6 - 3,7)} = \frac{1}{2,9} = 0,34 \frac{[\text{Au}]}{[\text{cm}]}$$

c) A força é igual nas duas molas.

$$F = k_1 x_1 \text{ e } F = k_2 x_2, \text{ e fazendo } x = x_1 + x_2$$

então, para duas molas

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

e para N molas

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \dots + \frac{1}{k_N}$$

Realização:



Apoio:

Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação



Olimpiada Brasileira de Física

