OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2018

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

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos das 1ª e 2ª séries do Ensino Médio. Ela compreende **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 **somente para alunos da 1ª série**. **A Prova Experimental da 1ª Série é a denominada Nível B1 e a da 2ª Série é denominada Nível B2**
03) Além deste Caderno com as questões você deve receber um Caderno de Resoluções e um Kit Experimental com Caderno. Leia atentamente todas as instruções destes Cadernos e do Caderno de Resoluções antes do início da prova.
04) A duração da prova é de quatro horas, com uma extensão de **até trinta (30) minutos**, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo noventa (90) minutos**.

QUESTÕES TEÓRICAS

B.01 -(**somente para a 1ª série**) O grande trunfo da Física foi estabelecer, ao estudar um fenômeno, uma relação íntima entre duas linguagens,expressando-o tanto através da linguagem utilizada em nossa vida diária como por intermédio da linguagem da matemática. Sabemos que ambas fazem uso de símbolos para representar o que se deseja explicar. Abaixo temos uma história com alguns eventos matemáticos envolvidos:

> Em um dia ensolarado, em terras da Bahia, quando os portugueses ainda cá não haviam chegado, Ubirajara e Kauê, dois índios da tribo Tupi, saíram em busca de alimentos, caminhando em margens opostas de um rio. Após longa caminhada, avistaram dois coqueiros de alturas diferentes. Um coqueiro de 30 m de altura estava na margem do rio por onde caminhava Ubirajara e um outro, com 20 m de altura, na margem oposta, por onde caminhava Kauê. A distância entre os coqueiros era de 50 m. Os índios subiram até o alto das folhagens e lá se acomodaram olhando as águas do rio quando avistaram na superfície das águas um peixe. Munidos que estavam com arco e flecha, simultaneamente lançaram suas flechas que, após um curto intervalo de tempo, simultaneamente se cravaram no peixe. Como os arcos eram iguais, as flechas foram lançadas com a mesma velocidade e percorreram uma linha reta até acertar o alvo[1]. Pergunta-se: a que distância do coqueiro mais alto estava o peixe?

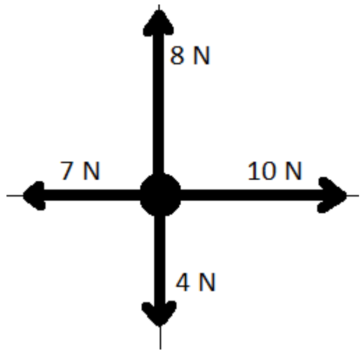
B.02 -(**somente para a 1ª série**) “A segunda lei do movimento de Newton afirma que uma força maior induz uma maior mudança de movimento e que múltiplas forças produzem uma mudança que é uma combinação das diferentes intensidades e direções das várias forças. Uma mudança no movimento é expressa como aceleração, definida como a mudança na velocidade com o tempo. A segunda lei de Newton – força é igual a massa vezes aceleração – é expressa na primeira equação aprendida por todos que estudam física:

[1]Problema adaptado do livro Y. PERELMAN, Algebra Recreativa (ciencia popular), Moscou: Editorial Mir, 1978.

$$F = ma$$

Esta foi chamada de a mais útil lei física jamais escrita. Aparentemente simples, a equação é de um poder espantoso e por vezes terrivelmente difícil de resolver"[2].

A dificuldade na aplicação dela decorre muitas vezes do esquecimento que força e aceleração são grandezas vetoriais.



Considerando a figura:

a) Qual a aceleração a que uma massa m de 0,5 Kg fica submetida quando sobre ela atuam forças como indicadas na figura?

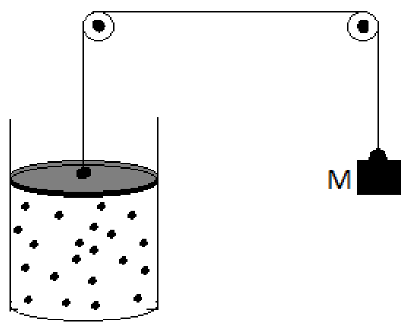
b) Qual a direção e sentido do movimento da massa m? Faça o desenho.

B.03 - A cinemática tem como objetivo descrever o movimento dos corpos e, para isso, o observador deve definir um sistema de referência ou referencial em relação ao qual o movimento é analisado. Vamos considerar os movimentos retilíneos de dois corpos A e B, um deslocando-se com velocidade constante e o outro com velocidade variada,ambos em relação a um ponto O. Em determinado instante estes dois objetos A e B encontram-se separados por uma distância de 15 m: A está com velocidade constante igual a 9,0 m/s; B com velocidade igual a 10 m/s e desacelerando a 4,0 m/s². Sabendo que ambos estão inicialmente se movimentando em um mesmo sentido, responda:a)Qual a velocidade do objeto B e o sentido no instante do encontro?b) Qual a velocidade de B em relação a A?

B.04 - "Será possível explicar os fenômenos do calor em termos dos movimentos de partículas se interatuando através de forças simples?" Perguntaram Infeld e Einstein,e continuaram:

> "Um vaso fechado contém uma certa massa de gás – de ar, por exemplo – a uma certa temperatura. Elevamos a temperatura pelo aquecimento e, assim, aumentamos a energia. Mas como estará esse calor relacionado com o movimento? ... De acordo com essa teoria[cinética], um gás é uma congregação de um número enorme de partículas, ou moléculas, movendo-se em todas as direções, colidindo umas com as outras e mudando de direção de movimento a cada colisão[3]".

A colisão das partículas com as paredes do vaso provoca pressão e, quanto maior a temperatura, maior será essa pressão. Como sabemos, trabalho provoca variação de energia de um corpo. Pode-se mostrar que o calor também realiza trabalho mecânico e, portanto, o calor é uma forma de energia.



Considere que um estudante colocou em um vaso cilíndrico fechado, de área transversal 100 cm², 28 g de nitrogênio à temperatura de 100°C. O nitrogênio fica contido no recipiente devido ao êmbolo (de massa desprezível) que fecha o recipiente. Neste êmbolo foi preso um fio (de massa desprezível) que passa por polias (sem atrito) e, em sua extremidade oposta, prendeu-se uma massa de 50 kg conforme mostra o desenho. Considere R = 8,3 J/mol.K, a pressão atmosférica local 10^5 N/m² , a gravidade local 10 m/s² e a massa molecular do nitrogênio 28 g/mol.

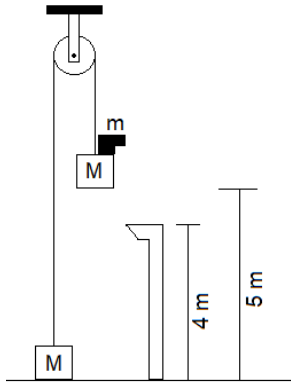
[2]BRENNAN, R. Gigantes da Física: uma história da física moderna através de oito biografias. Rio de janeiro: Jorge Zahar Editor, 2003.

[3] EINSTEIN, A. & INFELD L. A Evolução da Física. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976.

Diminuindo a temperatura do gás para 0^{o}C:

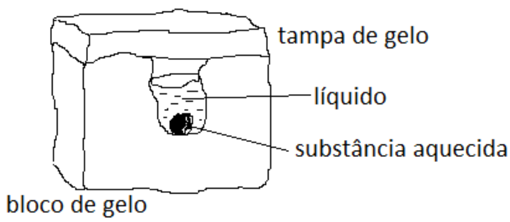
a) O que acontece com a massa M: fica parada, sobe ou desce e por quê?
b) Se a massa movimentar-se qual será seu deslocamento?

B.05 - Um aparelho que pode ser usado para estudar o movimento dos corpos consta de dois pesos, cada um de massa (M) igual a 100 g, presos entre si por um fio inextensível que passa por uma polia fixa (vê figura). No instante inicial a massa da esquerda está em contato com o solo e o da direita está a uma altura de 5 m do solo. Como as massas são iguais, não existe movimento. Então, sobre a massa da direita, coloca-se um sobrepeso de massa (m) 50 g. Com a colocação deste sobrepeso o sistema entra em movimento. Conforme indica o desenho, quando o corpo da direita desce, o sobrepeso vai se enganchar no suporte. O suporte tem altura igual a 4 m e, quando o sobrepeso fica aí preso, liberando a massa da direita deste peso extra, o sistema volta a ficar somente com as massas M da direita e M da esquerda presas pelo fio. Considere g = 10 m/s² e responda:



a. Qual a velocidade da massa da esquerda no instante que o sobrepeso fica enganchado no suporte?
b. O que acontece com a massa M, da direita, quando o suporte retira o sobrepeso de cima dela?

B.06 - Um dos primeiros e mais importantes estudiosos da física térmica foi Joseph Black. Ele observou que ao fornecer calor a uma mistura de água e gelo não ocorria aumento na temperatura do gelo, porém ocorria um aumento de água na mistura; também observou algo semelhante com a água em ebulição: ao fornecer calor à água, aumentava a quantidade de vapor sem alterar sua temperatura. Ele concluiu que o calor fornecido à mistura se combinava com as partículas de gelo ou com a água em ebulição tornando-se latente. Latente vem do latim “latens” e significa oculto. As substâncias apresentam um calor latente de fusão e um calor latente de vaporização.



Joseph Black idealizou o calorímetro de poço de gelo, e com ele é possível determinar o calor específico de uma substância desde que se conheça o calor latente de fusão do gelo, cujo valor é de 80 cal/g. Este calorímetro consiste essencialmente de um grande bloco de gelo a 0^{o}C, dotado de uma escavação, fechada por um tampão de gelo, também a 0^{o}C. Ao colocar a substância que se deseja saber o calor específico, a uma temperatura superior a 0^{o}C, no interior do poço, haverá uma troca de calor com o gelo até o sistema alcançar a temperatura de equilíbrio a 0^{o}C. Esta troca de calor, entre a substância e o gelo, provoca o derretimento parcial do gelo. Sabendo-se a massa da substância e medindo-se a massa de água contida no local, após o equilíbrio térmico, determina-se o calor específico da substância.

Em uma experiência observa-se que, ao colocar 1,0kg de uma substância a uma temperatura de 80^{o}C no calorímetro de poço de gelo, 212 g de água se formam. Neste caso, qual o calor específico da substância?

B.07 -“Uma partícula que não está sujeita à interação é dita uma *partícula livre*. Rigorosamente falando, não existe tal coisa, porque toda partícula está sujeita a interações com o resto das partículas do universo. Portanto, uma partícula livre deveria estar completamente isolada ou, então, ser a única partícula do universo. Assim sendo, seria impossível observá-la porque, no processo de observação, há sempre uma interação entre o observador e a partícula. Na prática, entretanto, há algumas partículas que podem ser consideradas livres quer porque, estando elas suficientemente afastadas de outras suas interações são desprezíveis, quer porque as interações com outras partículas cancelam-se, dando uma interação resultante nula"[4].

Newton estabeleceu que:

> Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças impressas nele.

Assim podemos assegurar que um corpo muda sua quantidade de movimento quando ocorrer uma interação com outro corpo. A segunda lei do movimento enunciada por Newton é mais esclarecedora quando expressa em forma de quantidade de movimento e impulso, grandeza física que relaciona a força que atua sobre um corpo e o intervalo de tempo de sua atuação sobre tal corpo.

Sabendo que existe neste contexto o denominado teorema impulso-quantidade de movimento, considere um corpo de massa 50 kg preso por uma corda e em movimento circular uniforme com velocidade linear igual a 8 m/s. Nessas condições, usando o teorema citado, a) se este corpo descreve um arco de 90^o em 2,0 segundos, qual o valor da força que a corda exerce sobre ele? b) se este movimento é sobre um plano horizontal sem atrito, qual o raio do círculo descrito?

B.08 - Um estudante resolveu medir a velocidade de deslocamento de um carro usando um espelho retrovisor convexo de 1 m de curvatura e adaptado para ter uma escala em mm que permite determinar o tamanho da imagem. Atravessando uma cidade, ao passar por um objeto de 1,75 m de altura,ele aciona um cronômetro. Quando a imagem do objeto aparece no retrovisor com a altura de 10 mm, o tempo registrado é de 10 s. Considerando constante a velocidade do carro neste intervalo de tempo, qual o seu valor em km/h?

---

[4]ALONSO & FINN. Física um curso universitário, Vol I – Mecânica, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1972.

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2018

2ª FASE –PROVA EXPERIMENTAL
NÍVEL B1 (alunos da 1ª série – Ensino Médio)

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES A SEGUIR:
01 – Esta prova experimental destina-se exclusivamente aos alunos da **1ª série do Ensino Médio**
02 – O **Caderno de Resoluções** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova. As resoluções devem ser transcritas no local indicado no Caderno de Resoluções. Respostas fora do local indicado não serão consideradas.
03 – Leia com atenção as questões desta prova e também o ANEXO A e OBSERVAÇÕES B, que se encontram logo depois das questões, antes de iniciar a prova.
04 – Todos os resultados numéricos de medidas e cálculos devem ser expressos de acordo com as instruções específicas.

Balanças

Balança é o nome dado a um instrumento utilizado para medir a massa de objetos. Sua origem exata não é muito bem conhecida. Há evidências concretas de que balanças vêm sendo utilizadas por algumas civilizações desde 2.000 anos antes de Cristo (a. C.). Porém, especula-se que elas já existissem muito antes disso, pois foram encontrados desenhos das mesmas em murais egípcios datados de 5.000 anos a. C.

Com o passar do tempo, as balanças ganharam cada vez mais importância e surgiu uma enorme variedade delas, como a balança de pratos, balança de braços, balanças de molas, hidráulicas, eletrônicas, etc. Independente do tipo de balança que se queira utilizar, para que as medidas de massas sejam precisas e confiáveis é necessário que elas passem por um procedimento de calibração.

Neste experimento propomos a utilização do que chamaremos de “balança de braços com escala” para que estudantes efetuem o procedimento de calibração de um instrumento de medida de massas e, após isto, sua utilização para medidas de massa e obtenção da densidade de um objeto.

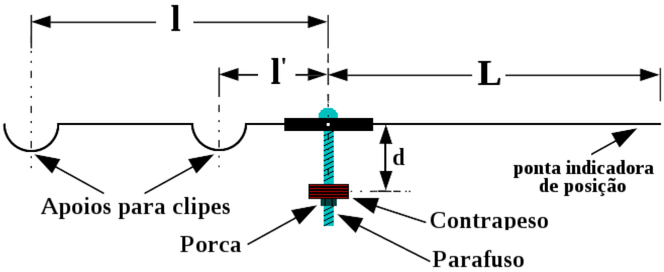


Figura 1: Modelo esquemático do sistema.

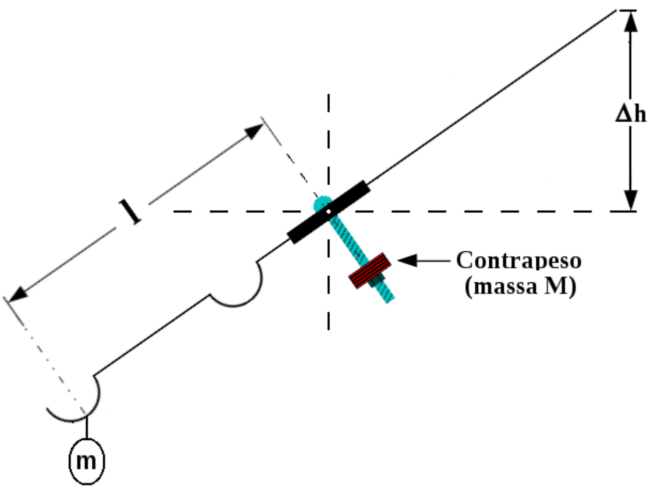


Figura 2: Sistema sob ação de força devido à presença da massa **m**.

Balança de braços com escala

Parte A

Considere o esquema mostrado nas figuras 1 e 2. Assuma que o deslocamento Δh, a ser medido com **uma escala milimetrada**, pode ser relacionado com o comprimento l e com a massa m do clipe pela equação:

$$\Delta h = C \cdot l \cdot m \tag{1}$$

onde C é uma constante a ser determinada experimentalmente.
1) Qual(is) a(s) unidade(s) de medida(s) da constante C?

2) Escreva uma expressão equivalente à Eq. (1) para o caso em que, ao invés de um único clipe pendurado na extremidade da haste, são utilizados n clipes de massas **idênticas** iguais a m_n, cuja soma totalize uma massa m. Ou seja, reescreva a equação (1) com Δh em função do número n de clipes.

Com os materiais disponibilizados no **kit experimental** para esta prova, siga as instruções de montagem mostradas no ANEXO A e, após a montagem, faça o seguinte experimento para determinar a constante C:

3) Inicialmente, meça os valores de l e da altura de referência h_0 (ver Fig. 9 do ANEXO A). Em seguida, adicione um clipe à haste no ponto de pesos e meça o valor do deslocamento Δh da ponta indicadora de posição (ver Fig. 2). Siga adicionando clipes um a um e, para cada clipe adicionado, meça os respectivos deslocamentos Δh, até que você tenha obtido 10 pontos experimentais. Organize os dados em uma tabela, com as respectivas incertezas nas medidas e, com os dados obtidos, faça um gráfico de **Δh em função de n**. Obs.: antes de medir os deslocamentos Δh, espere o sistema parar de oscilar.

4) Do gráfico construído no item 3, obtenha o valor da constante C, usando a relação entre a constante C e o coeficiente angular do gráfico. Calcule também a incerteza **σ**C (ver Tabela de Expressões B-1). Utilize $m_n = (6{,}53 \pm 0{,}10)\times 10^{-1}$ g.

Parte B

Retire os clipes do sistema.

5) Meça as dimensões (largura e comprimento) da folha de papel identificada com o **número 1** fornecida no **kit experimental**, com suas respectivas incertezas, e calcule o valor da área (A_f) e de sua incerteza (σA_f) (ver Tabela de Expressões B-1)

6) Coloque a folha de papel no mesmo ponto onde foram colocados os clipes e meça o valor do deslocamento Δh_f devido ao peso da folha. Utilize este valor de Δh_f, o valor obtido de C na questão 4 e a equação (1) para calcular o valor da massa da folha (m_f). Calcule também a incerteza da medida de m_f, ou seja, calcule σm_f.

7) Com base nos valores da massa (m_f) e da Área (A_f) da folha de papel, que já foram obtidos, calcule o valor da densidade do papel (em g/m²) e sua incerteza. Obs.: a densidade de uma folha de papel, quando expressa em termos de massa por unidade de área, é mais conhecida como gramatura – o peso de uma folha de 1 m² – na indústria papeleira.

8) Compare o resultado da questão anterior com o valor esperado (analise se são compatíveis) para a gramatura da folha que foi fornecida, que é de 75 g/m².

OBSERVAÇÕES B: Leia e Aplique

B1- Algarismos significativos

Definição: Toda medida contém geralmente uma margem de erro (incerteza, desvio) e, por isso, seu resultado deve ser escrito com um número de algarismos significativos que represente a precisão obtida. São ditos significativos todos os algarismos contados a partir do primeiro não nulo (diferente de zero), ou seja, o zero à esquerda não conta como significativo. Pelo menos um algarismo duvidoso é incluído no resultado de uma medida, mesmo que ele seja zero. Exemplos: o número 35 tem dois algarismos significativos; o número 3,50 tem três; o número 0,047 tem dois; o número $2{,}8 \times 10^4$ tem dois (somente os algarismos em frente à potência de 10 são significativos). Ao medir o comprimento de um objeto usando **uma régua milimetrada, a incerteza é de σ=0,5mm ou σ=0,05cm.** Ao medir o comprimento do objeto da figura abaixo, usando uma régua milimetrada é possível, neste caso, apresentar esta medida com, no máximo três algarismos significativos, ou seja, 29,3mm ou 2,93 cm. Nesta medida, temos certeza dos dois primeiros algarismos (2 e 9), enquanto que o algarismo 3 já é duvidoso, sendo estimado visualmente. Associar a esta medida um quarto algarismo não é correto, uma vez que este é desconhecido para a régua milimetrada.

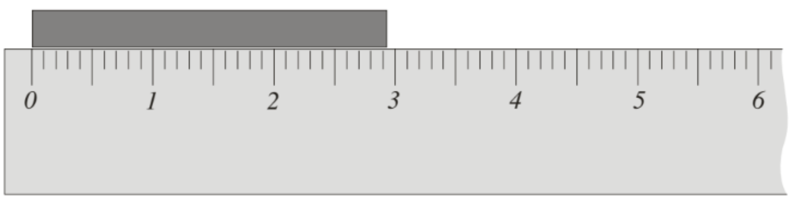


Fig. 1

Regras de aproximação de algarismos significativos: Às vezes é necessário fazer uma aproximação de um resultado de acordo com o número de significativos das medidas que lhe deram origem. Deste modo, os dígitos excedentes são arredondados, usando-se os seguintes critérios:

1- Se o primeiro dígito a ser desprezado for um número entre 0 e 4, o anterior não será alterado;
2- Se primeiro dígito a ser desprezado for um número entre 5 e 9, o anterior é acrescido de uma unidade.

Regras de operações com algarismos significativos: Nas operações com algarismos significativos deve-se preservar a precisão do resultado final. Valem, então, as seguintes regras:

1- **Na multiplicação e divisão** o resultado final deve ser escrito com um número de significativos igual ao do fator com menor número de significativos.

Exemplos: $3{,}7 \times 4{,}384 = 16$; $0{,}632 \div 0{,}20 = 3{,}2$; $4{,}40 \times 6242 = 2{,}75 \times 10^4$.

2- **Em operações envolvendo inverso de números e multiplicação por fatores constantes** (que não são resultados de medida), o número de significativos deve ser preservado no resultado.

Exemplos:
$1/248=0{,}00403$; $2 \times 6{,}23 = 12{,}5$; $4\pi \times 135 = 170$.

2- **Na soma e subtração** o resultado final terá um número de decimais igual ao da parcela com menos decimais.
Exemplos:
$3{,}4 + 0{,}256 - 2{,}22 = 1{,}4$; $34 + 2{,}92 - 0{,}5 = 36$; $0{,}831 - 6{,}26\times10^{-3} - 0{,}79 = 0{,}03$.

B2-Propagação de erros (incertezas, desvios) em um cálculo matemático

b) Todas as equações que descrevem fenômenos físicos são relações entre grandezas medidas. Estas grandezas têm desvios (incertezas) e, quando definimos uma função cujos parâmetros são valores medidos, devemos esperar que exista um desvio (incerteza) na determinação da função. Interessa-nos saber como os desvios (incertezas) sobre as variáveis se propagam na função: Considere uma função F(X,Y,Z). Os parâmetros X, Y, Z são valores medidos em laboratório com desvios absolutos **σ**X, **σ**Y e **σ**Z. Devemos esperar que a função F sofra um desvio **σ**F. Este valor **σ**F deve estar relacionado com os desvios dos parâmetros e com a própria função. Vamos supor agora que estes desvios são pequenos em relação a medida. Podemos então fazer uma aproximação e substituir a diferencial da função e de seus parâmetros pelos desvios **σ**F, **σ**X, **σ**Y e **σ**Z Para um cálculo rápido e simplificado, apresentamos na Tabela B-1 uma lista de fórmulas para operações mais comuns:

c)

Tabela B-1: Exemplos de expressões para cálculos de propagação de erros (incertezas, desvios) (b constante; / **x**/ significa módulo de x)

$F= F(x, y, z,...)$,	Expressão para a incerteza (desvio) σ_F
F= x+y+z	$\sigma_F= \sigma_X + \sigma_Y + \sigma_Z$
F= x-y-z	$\sigma_F= \sigma_X + \sigma_Y + \sigma_Z$
F= x + b	$\sigma_F= \sigma_X$
F= xyz	$\sigma_F=/yz/\ \sigma_X + /xz/\ \sigma_Y + /xy/\sigma_Z$
F= x/yz	$\sigma_F=/(yz)^{-1}/\ \sigma_X + /x(y^2z)^{-1}/\sigma_Y + /x(z^2y)^{-1}/\ \sigma_Z$

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2018

2ª FASE –PROVA EXPERIMENTAL
NÍVEL B2 (alunos da 2ª série – Ensino Médio)

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

OBFEP

CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES A SEGUIR:
01 – Esta prova experimental destina-se exclusivamente aos alunos da **2ª série do Ensino Médio**
02 – O **Caderno de Resoluções** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova. As resoluções devem ser transcritas no local indicado no Caderno de Resoluções. Respostas fora do local indicado não serão consideradas.
03 – Leia com atenção as questões desta prova e também o ANEXO A e OBSERVAÇÕES B, que se encontram logo depois das questões, antes de iniciar a prova.
04 – Todos os resultados numéricos de medidas e cálculos devem ser expressos de acordo com as instruções específicas

Balanças

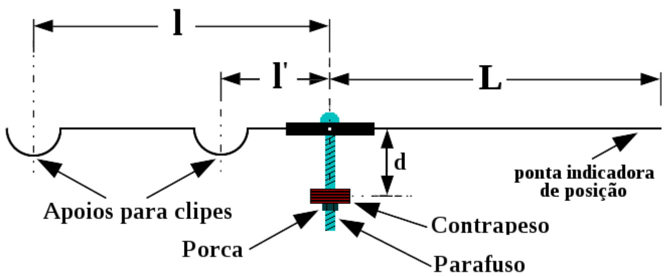


Figura 1: Modelo esquemático do sistema.

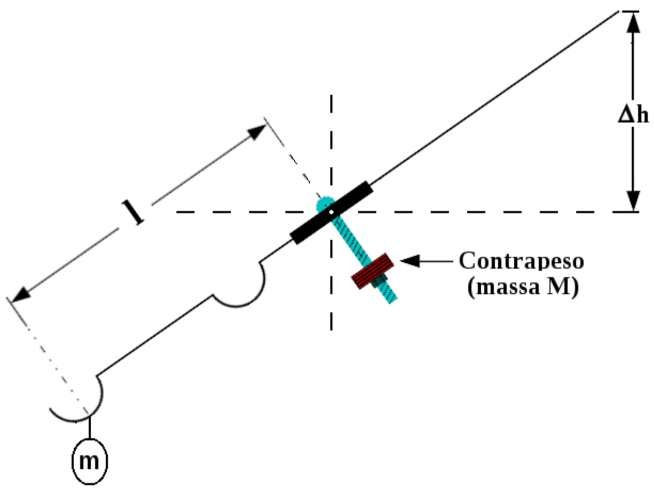


Figura 2: Sistema sob ação de força devido à presença da massa **m**.

Balança é o nome dado a um instrumento utilizado para medir a massa de objetos. Sua origem exata não é muito bem conhecida. Há evidências concretas de que balanças vêm sendo utilizadas por algumas civilizações desde 2.000 anos antes de Cristo (a. C.). Porém, especula-se que elas já existissem muito antes disso, pois foram encontrados desenhos das mesmas em murais egípcios datados de 5.000 anos a. C.

Com o passar do tempo, as balanças ganharam cada vez mais importância e surgiu uma enorme variedade delas, como a balança de pratos, balança de braços, balanças de molas, hidráulicas, eletrônicas, etc. Independente do tipo de balança que se queira utilizar, para que as medidas de massas sejam precisas e confiáveis é necessário que elas passem por um procedimento de calibração.

Neste experimento propomos a utilização do que chamaremos de "balança de braços com escala" para que estudantes efetuem o procedimento de calibração de um instrumento de medida de massas e, após isto, sua utilização para medidas de massa e obtenção da densidade de um objeto.

Balança de braços com escala

Parte A

Considere o esquema mostrado nas figuras 1 e 2. Assuma que o deslocamento Δh, a ser medido com **uma escala milimetrada**, pode ser relacionado com o comprimento *l* e com a massa *m* do clipe pela equação:

$$\Delta h = C \cdot l \cdot m \qquad (1)$$

onde *C* é uma constante a ser determinada experimentalmente.

1) Qual(is) a(s) unidade(s) de medida(s) da constante *C*?

2) Escreva uma expressão equivalente à Eq. (1) para o caso em que, ao invés de um único clipe pendurado na extremidade da haste são utilizados *n* clipes de massas **idênticas** iguais a m_n, cuja soma totalize uma massa *m*. Ou seja, reescreva a equação (1) com Δh em função do número *n* de clipes.

Com os materiais disponibilizados no **kit experimental** para esta prova, siga as instruções de montagem mostradas no ANEXO A e, após a montagem, faça o seguinte experimento para determinar a constante *C*:
3) Inicialmente, meça os valores de *l* e da altura de referência h_0 (ver Fig. 9 do ANEXO A). Em seguida, adicione um clipe à haste no ponto de pesos e meça o valor do deslocamento Δh da ponta indicadora de posição. Siga adicionando clipes um a um e, para cada clipe adicionado, meça os respectivos deslocamentos Δh, até que você tenha obtido 10 pontos experimentais. Organize os dados em uma tabela, com as respectivas incertezas nas medidas e, com os dados obtidos, faça um gráfico de **Δ*h* em função de *n***. Obs.: antes de medir os deslocamentos Δh, espere o sistema parar de oscilar.

4) Do gráfico construído no item 3, obtenha o valor da constante *C,* usando a relação entre a constante *C* e o coeficiente angular do gráfico. Calcule também a incerteza **σ**C (ver Tabela de expressões B-1). Utilize m_n = (6,53 ± 0,10)×10^{-1} g.
.

Parte B

Retire os clipes do sistema.

5) Meça as dimensões (largura e comprimento) das seis folhas de papel fornecidas no **kit experimental**, com suas respectivas incertezas, e calcule o valor das áreas (A_f) e de suas incertezas (**σ**A_f) (ver Tabela de Expressões B-1).

6) Para cada uma das folhas de papel fornecidas, pendure-as, uma de cada vez, no mesmo ponto onde foram colocados os clipes e meça o valor do deslocamento Δh_f devido ao peso de cada uma das folhas. Utilize os valores dos deslocamentos Δh_f, o valor obtido de *C* na questão 4 e a equação (1) para calcular os valores das massas (m_f) de cada uma das folhas. Calcule também as incertezas nas medidas de m_f, ou seja, calcule **σ**m_f. Organize os dados em uma tabela.

7) Com os valores das massas m_f das folhas de papel e de suas respectivas áreas A_f, construa um gráfico das massas medidas em função das áreas, e, a partir do coeficiente angular do gráfico, obtenha o valor da densidade do papel (em g/m²) e sua incerteza. Obs.: a densidade de uma folha de papel quando expressa em termos de massa por unidade de área é mais conhecida como gramatura – o peso de uma folha de 1 m² – na indústria papeleira.

8) Compare o resultado da questão anterior com o valor esperado (analise se são compatíveis) para a gramatura da folha que foi fornecida, que é de 75 g/m².

OBSERVAÇÕES B: Leia e Aplique
B1- Algarismos significativos

Definição: Toda medida contém geralmente uma margem de erro (incerteza, desvio) e, por isso, seu resultado deve ser escrito com um número de algarismos significativos que represente a precisão obtida. São ditos significativos todos os algarismos contados a partir do primeiro não nulo (diferente de zero), ou seja, o zero à esquerda não conta como significativo. Pelo menos um algarismo duvidoso é incluído no resultado de uma medida, mesmo que ele seja zero. Exemplos: o número 35 tem dois algarismos significativos; o número 3,50 tem três; o número 0,047 tem dois; o número 2,8 x 10^4 tem dois (somente os algarismos em frente à potência de 10 são significativos). Ao medir o comprimento de um objeto usando **uma régua milimetrada, a incerteza é de σ=0,5mm ou σ=0,05cm.** Ao medir o comprimento do objeto da figura abaixo, usando uma régua milimetrada é possível, neste caso, apresentar esta medida com, no máximo três algarismos significativos, ou seja, 29,3mm ou 2,93 cm. Nesta medida, temos certeza dos dois primeiros algarismos (2 e 9), enquanto que o algarismo 3 já é duvidoso, sendo estimado visualmente. Associar a esta medida um quarto algarismo não é correto, uma vez que este é desconhecido para a régua milimetrada.

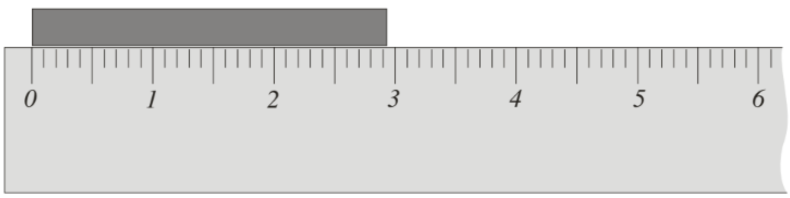


Fig. 1

Regras de aproximação de algarismos significativos: Às vezes é necessário fazer uma aproximação de um resultado de acordo com o número de significativos das medidas que lhes deram origem. Deste modo os dígitos excedentes são arredondados, usando-se os seguintes critérios:

1- Se o primeiro dígito a ser desprezado for um número entre 0 e 4, o anterior não será alterado;
2- Se o primeiro dígito a ser desprezado for um número entre 5 a 9, o anterior é acrescido de uma unidade.

Regras de operações com algarismos significativos: Nas operações com algarismos significativos deve-se preservar a precisão do resultado final. Valem, então, as seguintes regras:

1- **Na multiplicação e divisão** o resultado final deve ser escrito com um número de significativos igual ao do fator com menor número de significativos.

Exemplos: $3,7 \times 4,384 = 16$; $0,632 \div 0,20 = 3,2$; $4,40 \times 6242 = 2,75 \times 10^4$.

2- **Em operações envolvendo inverso de números e multiplicação por fatores constantes (**que não são resultados de medida**)**, o número de significativos deve ser preservado no resultado.

Exemplos:
$1/248=0,00403$; $2 \times 6,23 = 12,5$; $4\pi \times 135 = 170$.

2- **Na soma e subtração** o resultado final terá um número de decimais igual ao da parcela com menos decimais.
Exemplos:
$3,4 + 0,256 - 2,22 = 1,4$; $34 + 2,92 - 0,5 = 36$; $0,831 - 6,26\text{x}10\text{-}3 - 0,79 = 0,03$.

B2- Propagação de erros (incertezas, desvios) em um cálculo matemático

b) Todas as equações que descrevem fenômenos físicos são relações entre grandezas medidas. Estas grandezas têm desvios (incertezas)e, quando definimos uma função cujos parâmetros são valores medidos, devemos esperar que exista um desvio (incerteza) na determinação da função. Interessa-nos saber como os desvios (incertezas) sobre as variáveis se propagam na função: Considere uma função F(X,Y,Z). Os parâmetros X, Y, Z são valores medidos em laboratório com desvios absolutos **σ**X, **σ**Y e **σ**Z. Devemos esperar que a função F sofra um desvio **σ**F. Este valor **σ**F deve estar relacionado com os desvios dos parâmetros e com a própria função. Vamos supor agora que estes desvios são pequenos em relação à medida. Podemos então fazer uma aproximação e substituir a diferencial da função e de seus parâmetros pelos desvios **σ**F, **σ**X, **σ**Y e **σ**Z Para um cálculo rápido e simplificado, apresentamos na Tabela B-1 uma lista de fórmulas para operações mais comuns:
c)

Tabela B-1: Exemplos de expressões para cálculos de propagação de erros (incertezas, desvios) (b constante; / **x**/ significa módulo de x)

$F= F(x, y, z,...)$	**Expressão para a incerteza (desvio) σ_F**
F= x+y+z	$\sigma_F= \sigma_X + \sigma_Y + \sigma_Z$
F= x-y-z	$\sigma_F= \sigma_X + \sigma_Y + \sigma_Z$
F= x + b	$\sigma_F= \sigma_X$
F= xyz	$\sigma_F=/yz/\ \sigma_X +/xz/\ \sigma_Y + /xy/\sigma_Z$
F= x/yz	$\sigma_F=/(yz)^{-1}/\ \sigma_X +/x(y^2z)^{-1}/\sigma_Y + /x(z^2y)^{-1}/\ \sigma_Z$