# Avaliação Prática Seleção Final 2016
# Olimpíadas Internacionais de Física
# 11 de Abril 2016

## Caderno de Questões – Avaliação Experimental
## Instruções

1. Este caderno de questões contém **DEZ** folhas, incluindo esta com as instruções e rascunhos. Confira antes de começar a resolver a prova.

2. A prova tem valor de **100 pontos Experimentais**.

3. As respostas deverão ser transcritas na região demarcada para cada resposta, de acordo com as instruções nele contidas. Utilize somente o texto necessário para a compreensão da solução.

4. Utilize o verso das folhas para rascunho.

5. Este caderno deve ser **devolvido** ao final da prova juntamente com o caderno de respostas.

6. O estudante deverá permanecer na sala, **no mínimo**, 60 minutos.

7. A prova tem duração de **QUATRO HORAS.**

| | |
|---|---|
| Nome: | Série: |
| Nº e tipo de documento de identificação apresentado: | |
| Nome da Escola: | |
| Cidade: Estado: | |
| e-mail: | |
| Assinatura | |

**Determinação da Viscosidade Absoluta de Um Líquido (100 pontos)**

O movimento de queda de um corpo no interior de um fluido pode ser analisado sob ação de três forças; gravitacional, empuxo e atrito, e denominamos este regime de laminar quando o número de Reynolds R for menor ou igual a 1. Neste regime, o fluido se comporta como se fosse composto por camadas muito finas que deslizam umas sobre as outras devido ao atrito. Enquanto a ação das forças gravitacional e empuxo não dependem da velocidade, força de atrito crescerá a partir do repouso até uma velocidade limite $V_{lim}$ quando a força total sobre o corpo se tornará nula, mantendo assim em movimento retilíneo uniforme MRU. Considerando que a força de atrito viscoso é $F_{visc} = -6\pi\eta r v$, onde η é a viscosidade absoluta do fluido a ser determinada, r é o raio da esfera de aço, e v a velocidade da esfera. Nestas condições o número de Reynolds é escrito por:

$$R = \frac{2\,V\,r}{\xi}$$

Onde ξ é a viscosidade cinemática que definimos como

$$\xi = \frac{\eta}{\rho_{óleo}} = 2{,}3\ \text{cm}^2/\text{s}$$

Onde:
A aceleração da gravidade local é $g = 9{,}78\ \text{m/s}^2$.
A esfera de aço tem uma densidade de massa $\rho_{aço} = 7{,}85\ \text{g/cm}^3$.
O fluido, neste caso óleo lubrificante de carro, tem densidade de $\rho_{óleo} = 0{,}95\ \text{g/cm}^3$

- **a)** Escreva a equação da segunda lei de Newton para este corpo antes de atingir a velocidade limite em termos de dados acima. **(5 pontos)**
- **b)** Mostre que $v_{lim} = k\,r^2$ onde k depende somente de dados acima. **(10 pontos)**
- **c)** Mostre que $\eta = \frac{2g}{9k}\left(\rho_{aço} - \rho_{óleo}\right)$ **(5 pontos)**

Na prática a proximidade das paredes do tubo, onde está o óleo, influencia o valor da velocidade limite por um fator 1/f onde $f = 1 + x + x^2$ e que $x = 9r/2D$, sendo D o diâmetro interno do tubo e r o raio da esfera de aço, obtendo assim a velocidade mensurável $V_{limD}$ no tubo como:

$$v_{limD} = \frac{V_{lim}}{f}$$

O experimento proposto é a determinação da constante k experimentalmente utilizando esferas de raios diferentes com diferentes velocidades limites e posterior comparação da viscosidade do óleo obtida com o valor tabelado, e discussão de possíveis causas de erros obtidos.

Cada aluno terá um tubo de óleo com um lubrificante de automóvel como fluido viscoso. Ajuste o fio prumo do tubo se necessário.

Todas as medidas devem ser tomadas em condição de MRU ajustando dois marcadores (anéis de plástico preto) em **alturas convenientes**, determinando assim o início e término do trecho de MRU em que farão as medidas. Indique este intervalo de Δh e meça o seu valor. O Δh pode variar de posição e intervalo de acordo com a situação.

Existem esferas de aço de vários diâmetros diferentes. Utilize uma das esferas de cada diâmetro para efetuar teste de lançamento (para lançamento não é necessário medir o seu diâmetro), para estimar o intervalo de tempo para percorrer Δh, assim como para avaliar seus **reflexos e a estratégia** a ser utilizada para as medidas. Após o teste de lançamento, efetuar a medida do diâmetro da esfera a ser lançado com micrômetro e efetuar o lançamento.

- **d)** Escreva os valores de Δh, D e valores do raio de cada esfera com seus respectivos valores de erros (definir o instrumento de medida). **(10 pontos)**
- **e)** Monte uma tabela com os valores de tempos medidos, $V_{limD}$ ; $V_{im}$ e outros valores que achem necessários com seus respectivos valores de erros. **(20 pontos)**
- **f)** Trace uma reta utilizando o método gráfico ou mínimos quadrados com os respectivos valores de coeficiente angular e linear e seus desvios. O que significa coeficiente linear diferente de zero neste experimento? **(20 pontos)**
- **g)** Determinar o valor da constante k com respectivo erro, e compare com o valor fornecido. **(15 pontos)**
- **h)** Como e em que lugar do cilindro foi definida a altura de marcação do Δh? E quais foram os cuidados para determinar o intervalo de tempo de queda da esfera nesta distância? **(15 pontos)**

TRAÇADO DE RETAS, ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS E PROPAGAÇÃO DE ERROS.

**Valor Médio e seus erros.**

Para o cálculo do valor médio e seu desvio padrão para um mesmo parâmetro efetuando a mesma medida N vezes:

| Nome | Símbolo e fórmula | Nome por extenso |
|---|---|---|
| média | $\overline{x} = \frac{1}{N}\sum x_i$ | média aritmética |
| desvio padrão | $\Delta x = S = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum (x_i - \overline{x})^2}$ | desvio padrão de cada medida |
| erro padrão | $\Delta\overline{x} = S_m = \frac{S}{\sqrt{N}}$ | desvio padrão da média |

**Traçado de uma reta estatística.**

Em geral os dados experimentais podem ser representados por uma reta estatística, onde coeficiente angular, coeficiente linear, R (coeficiente de correlação), e σ (desvio padrão) fornecem informações importantes sobre parâmetros do experimento, qualidade de medidas, e os erros estatísticos resultantes.

Em um gráfico de uma reta é necessário saber qual é a variável independente e a dependente. A independente é aquele de valor imposto inicialmente, variável que você escolhe inicialmente, e a dependente é o valor resultante desta imposição. Na forma de equação escrevemos como:

$$Y = b + aX \qquad (1)$$

Note que primeiro é colocado o valor de X para depois se obter o valor de Y. Então X é a variável independente e Y a dependente.

Para obtermos os valores de coeficiente linear "b" e do angular "a", um dos métodos utilizados é o dos Mínimos Quadrados.
Para estimar o coeficiente angular e coeficiente linear da equação:

$$y = ax + b \qquad (2)$$
$$a = \Sigma\,(x_i - \bar{x})\,y_i \,/\, \Sigma\,(x_i - \bar{x})^2 \qquad (3)$$
$$b = \bar{y} - a\,\bar{x} \qquad (4)$$

variância dos $y_i$

$$S^2 = \Sigma\,(y_i - a\,x_i - b)^2 \,/\, (N - 2) \qquad (5)$$

erro padrão para estimar o coeficiente angular e linear

$$\Delta a = S \,/\, (\Sigma\,(x_i - \bar{x})^2)^{1/2} \qquad (6)$$
$$\Delta b = S\sqrt{\frac{1}{N} + \frac{\bar{x}^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}} \qquad (7)$$

**Algarismos Significativos**

REGRAS

1. Os erros das medidas são representados sempre com algarismos significativos. Exceto quando o algarismo significativo forem os números 1 ou 2, utilizamos dois algarismos significativos.
2. Primeiro, obtemos o valor do erro para depois obter a posição do último algarismo significativo do valor principal.
3. O valor principal deve sempre ter seu último algarismo significativo na mesma casa do último algarismo significativo do erro.
4. O valor principal e o seu erro devem sempre estar na mesma potência.
5. Os erros lidos diretamente nos instrumentos, ou fornecidos pelo fabricante, são escritos apenas com um algarismo significativo, exceto se vier com 2 algarismos escritos no instrumento.
6. Para arredondamento: de 0,000 até 0,499 mantém-se o último algarismo significativo. De 0,500 até 0,999 acrescentamos uma unidade ao último algarismo significativo.

7. O número zero colocado à esquerda do valor principal ou do erro não é algarismo significativo, mas colocado à direita é um algarismo significativo do número.
8. Para o efeito de cálculo, trabalhamos com todos os números disponíveis no instrumento, mas a representação final sempre deve obedecer às regras acima.

**Propagação de erros em um cálculo matemático**

Quando obtemos qualquer medida experimental, sempre teremos o envolvimento do erro da medida. Ao realizarmos cálculo com essas medidas haverá uma propagação destes erros e o resultado também deve ser representado com um erro.

Se tivermos duas medidas do tipo, $x \pm \Delta x$, e $y \pm \Delta y$, e realizarmos uma operação matemática qualquer, o resultante $f(x,y)$ também terá um erro $\Delta f(x,y)$. O valor do erro $\Delta f(x,y)$ pode ser obtido pela equação:

$$\Delta f(x,y) = [\ (\delta f / \delta x)^2 (\Delta x)^2 + (\delta f / \delta y)^2 (\Delta y)^2\ ]^{1/2}$$

Para um cálculo rápido e simplificado, apresentamos a seguir uma lista de fórmulas para operações mais comuns:

**Tabela 1.** ***Exemplos de fórmulas de propagação de erros.***

| $w = w(x, y, \cdots)$ | Expressões para $\sigma_w$ |
|---|---|
| $w = x \pm y \pm \cdots$ | $\sigma_w^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \cdots$ |
| $w = x^m$ | $\sigma_w = \mid m x^{m-1} \mid \sigma_x$ ou $\mid \frac{\sigma_w}{w} \mid = \mid m \frac{\sigma_x}{x} \mid$ |
| $w = a\,x$ | $\sigma_w = \mid a \mid \sigma_x$ ou $\mid \frac{\sigma_w}{w} \mid = \mid \frac{\sigma_x}{x} \mid$ |
| $w = a\,x + b$ | $\sigma_w = \mid a \mid \sigma_x$ |
| $w = a\,x\,y$ | $\sigma_w^2 = (ay)^2\,\sigma_x^2 + (ax)^2\,\sigma_y^2$<br>ou $(\frac{\sigma_w}{w})^2 = (\frac{\sigma_x}{x})^2 + (\frac{\sigma_y}{y})^2$ |
| $w = a\,\frac{x}{y}$ | $\sigma_w^2 = (\frac{a}{y})^2\,\sigma_x^2 + (\frac{ax}{y^2})^2\,\sigma_y^2$<br>ou $(\frac{\sigma_w}{w})^2 = (\frac{\sigma_x}{x})^2 + (\frac{\sigma_y}{y})^2$ |
| $w = a\,x^p\,y^q$ | $\sigma_w^2 = (a\,p\,x^{p-1}\,y^q)^2\,\sigma_x^2 + (a\,x^p\,q\,y^{q-1})^2\,\sigma_y^2$<br>ou $(\frac{\sigma_w}{w})^2 = (p\,\frac{\sigma_x}{x})^2 + (q\,\frac{\sigma_y}{y})^2$ |
| $w = a\ \mathrm{sen}\ b\,x$ | $\sigma_w = \mid ab \cos bx \mid \sigma_x$ ($\sigma_x$ em radianos) |
| $w = b \log_a x$ | $\sigma_w = \mid \frac{b}{\ln a} \mid \frac{\sigma_x}{x}$ |

**RESPOSTAS: a), b) e c)**

**RESPOSTAS: d) e e)**

## RESPOSTA f)

**RESPOSTAS g) e h)**