

# OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2024

## 2ª FASE – NÍVEL B (estudantes da 1ª e 2ª séries – Ensino Médio)



### LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

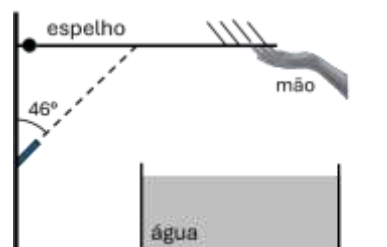
- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a estudantes das 1ª e 2ª séries do Ensino Médio. Ela compreende **8 questões teóricas e um procedimento experimental com 3 questões**.
- 02) Estudantes da 1ª série devem escolher no máximo **5 questões teóricas**, e estudantes da 2ª série também escolhem **5 questões teóricas** excetuando as indicadas como **somente para alunos(as) da 1ª série**. As Provas Experimentais da 1ª e 2ª séries são iguais.
- 03) Além deste caderno com as questões, você deve receber um Caderno de Resoluções. Leia atentamente todas as instruções deste caderno e do Caderno de Resoluções antes do início da prova.
- 04) A duração desta prova é de **quatro horas e trinta minutos**, com uma extensão de **até trinta (30) minutos**, devendo o aluno permanecer na sala por no **mínimo noventa (90) minutos**.

**01. (somente para alunos(as) da 1ª série)** Uma pedra de volume igual a  $10.000 \text{ cm}^3$ , presa por um fio, estava acima de um recipiente cilíndrico cuja base possuía raio de 20 cm. No recipiente existia uma porção de água que preenchia 10 cm de altura. Ao cortar o fio, a pedra entra em equilíbrio com  $\frac{3}{5}$  do seu volume imerso na água tocando o fundo do recipiente. Considerando  $\pi = 3$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e densidade da água igual a  $1 \text{ g/cm}^3$ , responda às perguntas abaixo para a nova posição da pedra.



- Qual a nova altura da superfície da água em relação à base do recipiente?
- Se a densidade da substância que compõe a pedra é  $0,8 \text{ g/cm}^3$ , qual o valor da força que o fundo do recipiente está aplicando na pedra?

**02. (somente para alunos(as) da 1ª série)** Um espelho plano recebeu um raio de luz emitido por uma caneta laser que formava um ângulo de  $46^\circ$  (seno = 0,72 e cosseno = 0,69) em relação à parede na qual foi fixada. A extremidade do espelho é fixada na parede por uma dobradiça e uma mão mantém o espelho na posição horizontal, conforme figura. Após refletir no espelho, a luz incide na água contida em um recipiente. Considerando que o índice de refração da água mede  $\frac{4}{3}$  e o do ar é igual ao do vácuo, responda às perguntas abaixo.



Dados:  $\text{sen } 17^\circ = 0,30$ ;  $\text{sen } 24^\circ = 0,40$ ;  $\text{sen } 33^\circ = 0,54$ .

- Qual o desvio que esse raio de luz sofre ao refratar do ar para a água?
- Se a mão abaixar, fazendo o espelho rotacionar de  $11^\circ$ , qual o novo ângulo de refração do raio de luz?

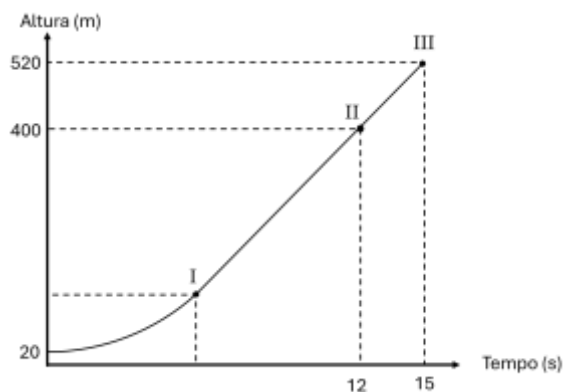
**03. (somente para alunos(as) da 1ª série)** Um termômetro descalibrado foi usado para medir a temperatura de uma porção de água em aquecimento juntamente com um termômetro bem calibrado, ambos na escala Fahrenheit. Nessa situação, o termômetro descalibrado indicou  $70^\circ\text{F}$  e  $120^\circ\text{F}$  quando o calibrado indicou  $77^\circ\text{F}$  e  $122^\circ\text{F}$ , respectivamente. Sabendo que  $32^\circ\text{F}$  equivale a  $0^\circ\text{C}$  e  $212^\circ\text{F}$  equivale a  $100^\circ\text{C}$ , responda às perguntas abaixo.

- Qual a temperatura correta em Fahrenheit quando o termômetro descalibrado indicar  $170^\circ\text{F}$ ?
- Qual a temperatura em Celsius quando o termômetro descalibrado indicar  $-30^\circ\text{F}$ ?

**04.** Um bloco de madeira de 10 kg encontrava-se no fundo da carroceria de um caminhão que desenvolvia uma velocidade constante de 6 m/s em um trecho retilíneo e horizontal de uma estrada. A superfície da carroceria também era de madeira e a distância entre o bloco e a cabine do motorista era 10 metros. De repente, um animal atravessou a pista na frente do caminhão, o que fez o motorista pisar no freio bruscamente, fazendo com que o caminhão retardasse até parar. Sabe-se que os coeficientes de atrito da madeira em contato com madeira medem 0,2 e 0,4. Considerando que a aceleração da gravidade vale  $10 \text{ m/s}^2$ , responda às perguntas abaixo.

- Qual a distância percorrida pelo caminhão durante essa frenagem se o bloco ficou na iminência de deslizar sobre a carroceria?
- Se o caminhão freasse com  $6 \text{ m/s}^2$ , o bloco estaria a que distância da cabine quando parasse de deslizar?

05. O gráfico mostra o movimento de um foguete de 1 tonelada que estava o rendimento de um motor experimental. O rendimento de um motor é o percentual do calor transformado pelo motor em energia mecânica. O calor é produzido pela queima do combustível. Nesse teste, o foguete parte do repouso do alto de uma plataforma, em  $t = 0$  s. O ponto I do gráfico representa o momento que o foguete deixa de manter constante a aceleração que possuía desde o início e passa manter a velocidade constante. O combustível usado pelo motor do foguete libera 40.000 kJ de calor por litro queimado.



O ponto III representa o momento que o motor tinha queimado 0,5 litro de combustível, a partir de  $t = 0$  s. Sabendo que o movimento foi apenas vertical e que  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>, responda às perguntas abaixo.

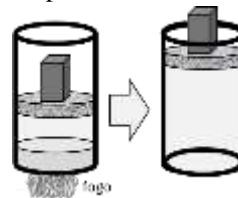
- Qual a aceleração desenvolvida nos primeiros segundos de movimento?
- Qual o rendimento desse motor para o intervalo de  $t = 0$  s até  $t = 15$  s?

06. Uma caneca cilíndrica contendo 250 g de um líquido foi colocada em um forno elétrico, todos a 20 °C. A parte interna da caneca tinha 10 cm de altura e 50 cm<sup>2</sup> de área da base. Os parâmetros térmicos do líquido e da caneca são: coeficiente de dilatação volumétrica da caneca =  $2 \cdot 10^{-5}$  °C<sup>-1</sup>; coeficiente de dilatação volumétrica do líquido =  $5 \cdot 10^{-4}$  °C<sup>-1</sup>; capacidade térmica da caneca = 40 cal/°C e calor específico do líquido = 0,8 cal/g°C. As amostras foram aquecidas mantendo-se em equilíbrio térmico entre si. Sabendo que o líquido alcançou a borda da caneca em 1 minuto de aquecimento, quando a sua temperatura atingiu 420 °C, responda às perguntas abaixo.



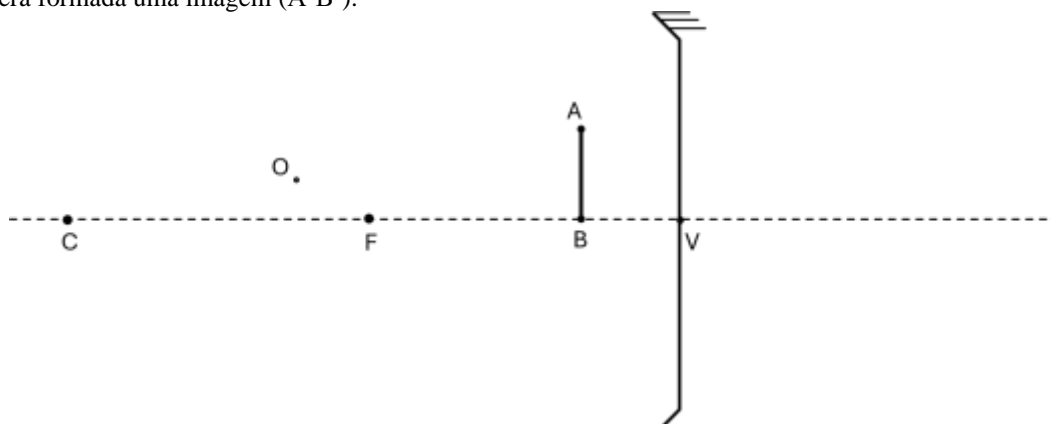
- Qual a potência média de absorção térmica do conjunto caneca com o líquido?
- Qual a altura inicial do líquido?

07. Em um recipiente, tinha éter em duas fases: uma líquida e outra gasosa. A fase gasosa tinha 2 mol e estava sob pressão de  $2 \times 10^5$  Pa. A fase líquida tinha 0,5 mol. Todo o éter estava a 27 °C, temperatura de ebulição do éter sob pressão de  $2 \times 10^5$  Pa. A partir de  $t = 0$  s, uma fonte térmica (fogo) passou a fornecendo calor ao conjunto, o que fez o líquido se transformar em gás sem que a temperatura do conjunto aumentasse. Nesse processo, o êmbolo que continha o éter gasoso no recipiente, movimentou-se. O fogo apagou quando não restava mais líquido no recipiente. No total, o éter recebeu 15.240 J de calor. Dados: 0 °C equivale a 273 K e constante dos gases ideais = 8 Pa.m<sup>3</sup>/K.mol. Considerando que a pressão do gás permaneceu constante, que o gás é ideal e que não existe atrito entre o êmbolo e o recipiente, responda às perguntas abaixo sobre o período que o éter recebeu calor.



- Qual a variação de volume de éter no estado gasoso, em litros?
- Desconsiderando o volume ocupado pelo éter líquido, qual a quantidade de calor utilizada para transformar o éter líquido em gasoso?

08. Na figura abaixo, vemos a representação de um espelho gaussiano e seus pontos principais: foco F, centro de curvatura C e vértice V. Na frente do espelho, existe um objeto (AB) e um olho (ponto O) de um observador. Devido ao espelho, será formada uma imagem (A'B').



- Na figura, localize o ponto imagem A' a partir de dois raios notáveis, aqueles que podem ser desenhados utilizando os pontos principais do espelho. Para cumprir esse comando, desenhe a imagem A'B'; os raios incidentes; os raios refletidos e seus prolongamentos, caso precise deles para respaldar sua resposta.
- Na figura, desenhe raios que saem das extremidades do objeto e incidem no olho O de duas formas: sem sofrer reflexão e sofrendo reflexão no espelho. Usando esses raios e argumentos geométricos, determine o que possui um maior tamanho aparente para o observador O: o objeto ou sua imagem. Justifique sua resposta.

# OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2024

## 2ª FASE – PROVA EXPERIMENTAL

### NÍVEL B (Estudantes da 1ª e 2ª Séries – Ensino Médio)



#### LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES A SEGUIR

01 – Esta prova experimental destina-se exclusivamente aos alunos da **1ª e 2ª séries 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 todas as questões da prova, antes de iniciá-la.

04 – Todos os resultados numéricos de medidas e cálculos devem ser expressos de acordo com as instruções específicas.

### Dilatação Térmica de Líquidos

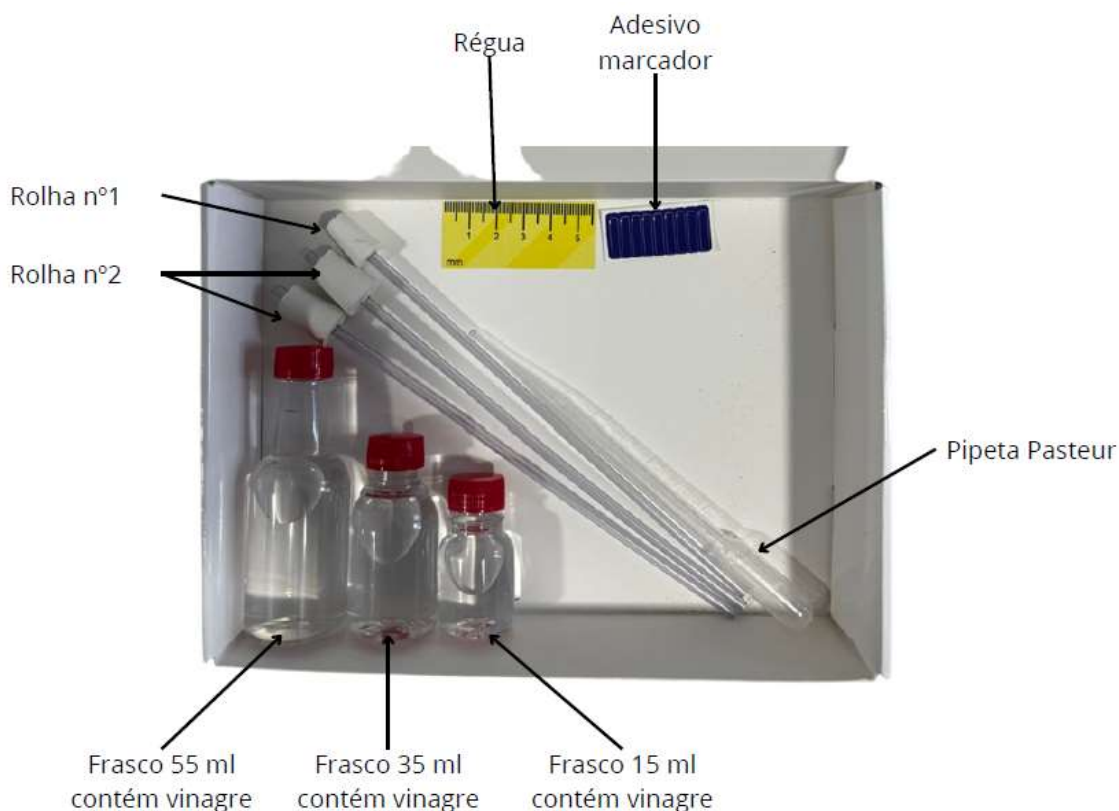


Figura1 (Material do kit)

#### B -1: Kit Experimental

- Um frasco de plástico de 15 ml com **vinagre (tampa vermelha)**
- Um frasco de plástico de 35 ml com **vinagre (tampa vermelha)**
- Um frasco de plástico de 55 ml com **vinagre (tampa vermelha)**
- Uma régua de papel.
- Uma pipeta Pasteur plástica.
- Três rolhas com canudos de **0,2cm** de diâmetro interno (Rolha **nº1** para o frasco de **15ml**; Rolha **nº2** para os frascos de **35ml** e **55ml**).
- Adesivos para marcar a altura do líquido.

## B-2: Dilatação Térmica

**B-2.1: Dilatação Térmica** é o fenômeno que ocorre quando se aumenta a temperatura de um corpo provocando, em consequência, de uma maneira geral, um aumento de suas dimensões.

### B-2.2: Coeficientes de Dilatação Linear

O material que compõe um corpo influencia na dilatação que este corpo apresenta e é levado em consideração, através do coeficiente de dilatação linear ( $\alpha$ ). Por exemplo, a **porcelana** tem  $\alpha = 3 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , o **vidro comum**  $\alpha = 8 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e o **ferro**  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

### B-2.3: Dilatação Térmica dos Sólidos

A dilatação dos sólidos é classificada em linear, superficial e volumétrica, a depender da dilatação mais significativa ocorrer em uma determinada dimensão (comprimento, largura e profundidade), em duas de suas dimensões ou nas suas três dimensões.

Mostra-se, para cada material, que o coeficiente de dilatação superficial é  $\beta = 2\alpha$  e que o coeficiente de dilatação volumétrica é  $\gamma = 3\alpha$

Para calcular a **dilatação volumétrica** de um corpo utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T \quad (\text{Equação 1})$$

onde,

$\Delta V$ : Variação do volume ( $\text{cm}^3$  ou  $\text{m}^3$ )

$V_0$ : Volume inicial ( $\text{cm}^3$  ou  $\text{m}^3$ )

$\gamma$ : Coeficiente de dilatação volumétrica ( $^\circ\text{C}^{-1}$ )

$\Delta T$ : Variação de temperatura ( $^\circ\text{C}$ )

### B-2.4: Dilatação Térmica dos Líquidos

Um líquido, devido a suas características, tem a forma e volume dados pelo recipiente que o contém. Assim, podemos estudar o que ocorre com o volume de um líquido, no aquecimento ou no resfriamento, se ele estiver em um recipiente graduado, por exemplo.

Por isso, para os líquidos, o interesse é no estudo da **dilatação volumétrica** que é analisada pela mesma equação da dilatação volumétrica dos sólidos.

Para cada líquido há um coeficiente de dilatação volumétrica. Por exemplo, o **mercúrio** tem  $\gamma = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , a **acetona**  $\gamma = 14,93 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e a **água**, para T no intervalo de  $20^\circ\text{C}$  a  $37^\circ\text{C}$ ,  $\gamma$  varia de  $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  a  $3,7 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

## B-3: O Experimento

Neste experimento será analisada a expansão térmica de líquidos considerando **vinagre**. Com esse objetivo temos, em primeiro lugar, que variar a temperatura do líquido, ou seja, observar o quanto seu volume se modifica devido a essa variação. Para isto, depois de colocar a rolha com o tubo de **0,2cm** de diâmetro interno no frasco de plástico, segure-o com a mão (ver procedimento experimental abaixo), e feche a mão por **X** minutos para que o líquido atinja a temperatura do corpo humano que consideraremos nesta experiência  **$37^\circ\text{C}$** ; será possível então, comparando o nível do líquido antes de segurar o frasco na mão fechada e após os **X** minutos indicados, medir a altura **H** a que chegará o líquido e a partir daí responder as questões postas. **O professor que aplicará a prova informará a temperatura inicial (a temperatura de antes de colocar o frasco na mão e fechá-la), ou seja, a temperatura ambiente da sala e a quantidade de minutos poderá ser controlada pelo(a) estudante olhando o relógio que estará na sala.**

## B-4: Procedimento experimental

- A **primeira etapa** é preparar os frascos de plásticos contendo **vinagre**.
  - Separe os frascos de plásticos de **15ml**, **35ml** e **55ml** contendo **vinagre**.
  - Retire as tampas dos frascos de plástico e introduza o canudo (tubinho) com a rolha **nº1** (menor) para o frasco de **15ml**, e com a rolha **nº2** para os frascos de **35ml** e **55ml**. Na colocação da rolha nos frascos de plástico, ajuste bem para não deixar ar dentro. Observe também que deverá haver líquido no canudo (tubinho) acima da boca do frasco de plástico.
  - Pronto, os frascos de **15ml**, **35ml** e **55ml** com o canudo (tubinho) e contendo **vinagre** estão preparados.

- A **segunda etapa** é observar a subida do **vinagre** no canudo (tubinho) de cada frasco.
  - Com o auxílio do adesivo marque a altura inicial que o líquido ficou no canudo (tubinho) dos **três** frascos de plásticos preparados na etapa anterior; anote o valor da temperatura da sala onde realiza o experimento.
  - Pegue o frasco menor com uma das mãos, fechando-a com o frasco dentro mas sem pressionar, por cerca de **10 minutos**; procure ficar sentado aguardando a passagem do tempo. Nesse tempo o frasco com o líquido deve chegar ao equilíbrio térmico, atingindo a mesma temperatura do seu corpo, **37° C**, portanto, maior do que a temperatura da sala; decorridos os **10 minutos**, com outro papel adesivo marque a posição final da água no canudo (tubinho). Repita esse procedimento para o frasco de **35ml**. Para o frasco de plástico de **55ml**, repita o procedimento por **15 minutos** (por seu tamanho ser maior).
  - Agora coloque os frascos na sua frente e observe a altura que o líquido subiu em cada canudo (tubinho); meça com a régua de papel, para cada frasco, a **distância H** entre os dois adesivos, colocados antes e depois do contato com sua mão, isto é, a altura do líquido correspondente à temperatura da sala e a altura do líquido correspondente à temperatura do seu corpo e, portanto, mais alta.
  - Reproduza no Caderno de Resolução a Tabela abaixo e preencha os valores de **H** obtidos para cada frasco.

**TABELA 1 - Líquido: Vinagre**

○ Frasco de 15ml	H(cm) =	$\Delta V =$
○ Frasco de 35ml	H(cm) =	$\Delta V =$
○ Frasco de 55ml	H(cm) =	$\Delta V =$

Tendo obtido os dados experimentais, o passo seguinte é responder as questões; suponha que, para a variação de temperatura usada, a dilatação dos recipientes contendo o líquido é desprezível.

### **B-5: Questões a partir dos dados obtidos no procedimento experimental**

**Questão 1** - Sabe-se que o volume de um cilindro com base de raio  $r$  e altura  $l$  é dado por

$$V = (\pi r^2) \cdot l \quad \text{(Equação 2)}$$

Considerando os valores de **H**, medidos para cada frasco, calcule o volume do cilindro entre as duas marcas no tubo, que corresponde à variação de volume  $\Delta V$  que ocorreu no vinagre e preencha a **Tabela 1** no Caderno de Resolução (use  $\pi = 3$ )

**Questão 2** - Considerando a variação de volume do **vinagre** obtida na Tabela 1:

**2.1)** reproduza, no Caderno de Resolução a **Figura 2** que se encontra no final desta prova e faça o gráfico  $V \times \Delta V$ , sendo  $V$  o volume do líquido contido em cada frasco, e  $\Delta V$  a correspondente **Variação de Volume** calculada na **Questão 1**.

**2.2)** desenhe uma reta que melhor se ajuste aos pontos do gráfico (use, se necessário, a caixa do kit como régua).

**2.3)** lembrando que a função  $y = f(x) = ax$ , com  $f(x)$  no eixo vertical e  $x$  no eixo horizontal determina uma reta, onde o valor de  $a$ , chamado **coeficiente angular** é constante e calculado pela taxa de variação de  $y$  em função de  $x$ , use o gráfico obtido no item **2.2** para determinar o coeficiente angular da reta desenhada.

**2.4)** a **Equação 1**, que indica o valor da variação de volume  $\Delta V$  em termos do volume  $V$ , pode ser expressa como

$$\Delta V = \gamma \cdot \Delta T \cdot V.$$

A função  $f(x) = ax$ , citada no item 2.3, tem uma forma similar a essa expressão de  $\Delta V$ . Faça um paralelo entre  $f(x) = ax$  e a expressão da variação do volume, ou seja, veja o que é semelhante entre elas.

**2.5)** usando a reta do item 2.2 obtenha e escreva o valor do coeficiente angular e, a partir dele, determine o valor de  $\gamma$  do **vinagre**.

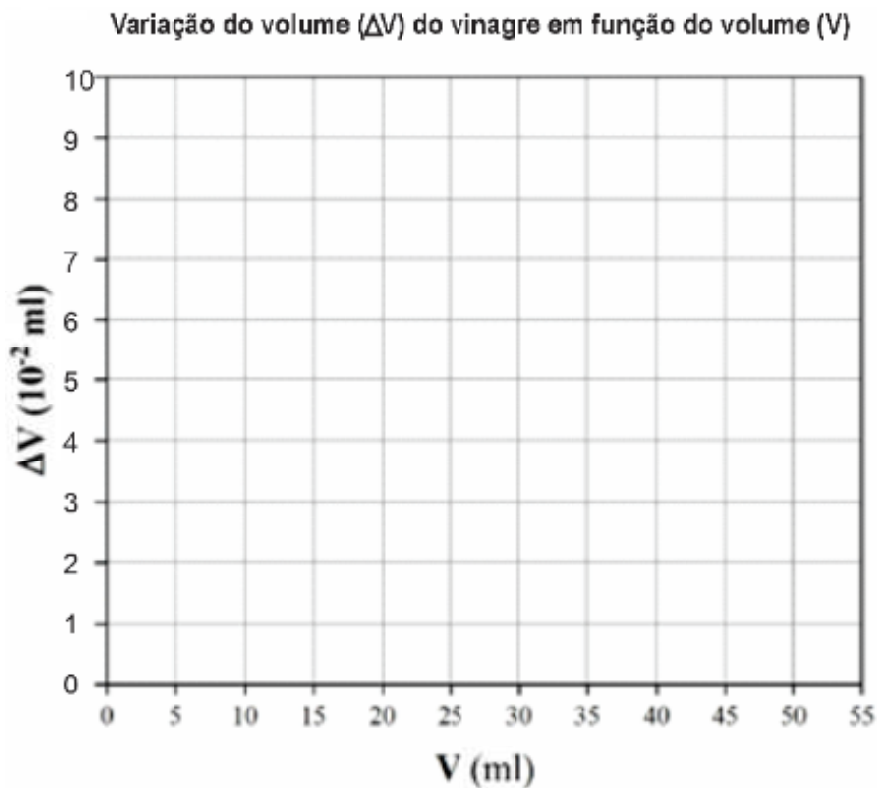
**Questão 3** - se houvesse um frasco de volume inicial  $V_0$  com uma mistura de água e vinagre, sendo neste frasco o volume inicial do vinagre  $V_{\text{vin}} = f V_0$  e o volume inicial da água  $V_{\text{ag}} = (1-f) V_0$ , com  $f$  um número positivo menor que **1 (um)**, como seria a expressão do coeficiente de dilatação volumétrica da mistura  $\gamma_{\text{mis}}$ , sabendo que o coeficiente de dilatação volumétrica da água é  $\gamma_{\text{ag}}$ , o coeficiente de dilatação volumétrica do vinagre é  $\gamma_{\text{vin}}$  e a variação de temperatura é  $\Delta T$ ? Obtenha a expressão de  $\gamma_{\text{mis}}$  em termos de  $\gamma_{\text{ag}}$  e  $\gamma_{\text{vin}}$  e analise o resultado, considerando que  $f$  pode variar de zero a um.

**LEMBRETES:**

**1. Coeficiente angular de uma reta**

- **Definição:** O coeficiente angular é a medida que caracteriza a declividade de uma reta em relação ao eixo das abscissas (Ox) de um plano cartesiano (x,y).
- **Como determinar:** Seja  $y = mx$ , a equação da reta, e O a origem do sistema de eixos; nesse caso, para calcular o coeficiente angular  $m$ , siga os passos:
  - (i) considere a reta desenhada no item 3.2.
  - (ii) escolha um ponto A no eixo das abscissas (Ox)
  - (iii) trace uma vertical do ponto A até encontrar um ponto da reta que denominamos B
  - (iv) divida o valor de AB por OA e terá o coeficiente angular.

**2. Relação entre Unidades:**  $1\text{cm}^3 = 1\text{ml}$



**Figura 2**