



# Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas 2025



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO



Realização

Apoio

## 2ª FASE – NÍVEL C (estudantes das 3ª e 4ª séries – Ensino Médio e Técnico)

### LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

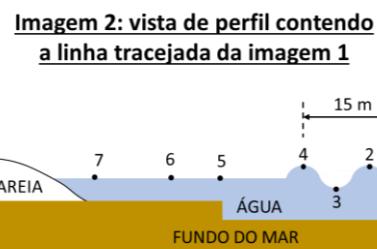
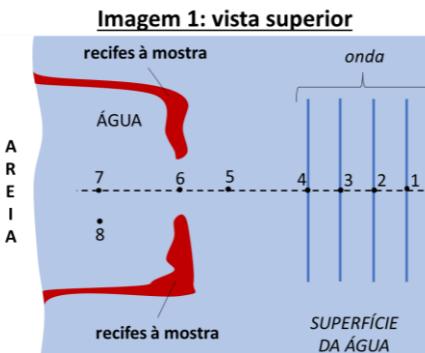
- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a estudantes das 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> séries do Ensino Médio e Técnico. Ela contém uma **Parte Teórica** com **cinco questões** e uma **Parte Experimental** com **seis questões**.
- 02) Além deste caderno com as questões, você deve receber um Caderno de Resoluções. Leia atentamente todas as instruções deste caderno e do Caderno de Resoluções antes de iniciar a prova.
- 03) A duração desta prova é de **quatro horas e trinta minutos**, com uma extensão de **até trinta (30) minutos**, devendo o(a) estudante permanecer na sala por, no **mínimo, noventa (90) minutos**.

**01.** O oceano é uma imensa fonte de recursos para a humanidade, mas o seu potencial energético é pouco explorado. As energias das ondas (ondomotriz) e das correntes de maré (maremotriz) poderiam mover geradores elétricos. Atualmente, o custo de instalação de usinas marítimas é muito alto, pois sua tecnologia está em fase embrionária. Mesmo assim, o mundo está atento a essas possibilidades, já que se trata de energias limpas e renováveis. No caso do aproveitamento das correntes de maré, a estratégia é usar turbinas submersas semelhantes aos aerogeradores. Para garantir uma correnteza suficiente para girar suas hélices, essas turbinas poderiam ser instaladas nos acessos mais estreitos de grandes baías. Sobre usinas submersas, responda aos itens abaixo.

- a) Liste duas vantagens e duas desvantagens de uma usina maremotriz em comparação com uma usina eólica.  
b) A água que atravessa os 30 m<sup>2</sup> da área varrida pela hélice de uma turbina maremotriz possui velocidade de 4 m/s.

A energia maremotriz trazida por essa água corresponde à energia cinética que teria a 6 m/s. Considerando que, nessas condições, essa turbina geradora estabelece 16.000 V de tensão elétrica e 60 A de corrente elétrica, determine o rendimento desse equipamento na conversão de energia maremotriz em energia elétrica. Adote: densidade da água = 1 tonelada/m<sup>3</sup>.

**02.** As imagens abaixo retratam uma praia onde vive uma comunidade cuja cultura incorporou diversos aspectos do mar, inclusive fenômenos ondulatórios manifestados pelas ondas. Nessa praia, os recifes que emergem da superfície da água formam um porto abrigado, onde os barcos podem entrar e sair por uma fenda de 9 metros de largura. A imagem 1 mostra uma vista superior da praia, revelando o que está acima da superfície da água. A imagem 2 apresenta uma visão de perfil, evidenciando os elementos contidos no plano vertical localizado sobre a linha tracejada da imagem 1.



No ponto 5, existe uma variação brusca na profundidade da água: de 4 m para 2 m. Nas imagens, vemos uma onda plana aproximando-se do porto com velocidade de 20 m/s. Considerando que a reflexão que acompanha a refração é insignificante e que a velocidade da onda na superfície da água é diretamente proporcional à profundidade da água, responda às questões a seguir.

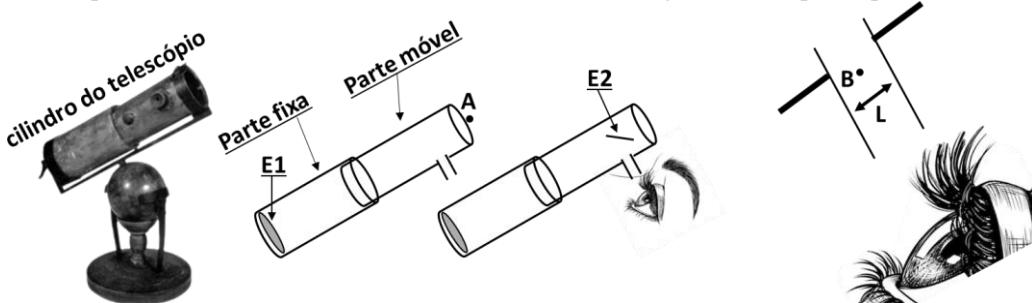
- a) Determine a frequência, a velocidade e o comprimento de onda antes e depois do ponto 5. Indique também se a amplitude da onda cresce ou diminui ao passar por esse ponto, justificando sua resposta.
- b) Os barcos devem ser ancorados próximos à areia, em locais com águas menos agitadas. Dentre os pontos 7 e 8, qual é o mais significativamente adequado para ancorar um barco? Justifique sua resposta com base nos fenômenos ondulatórios que ocorrem na situação.

**03.** Povoados de baixa renda estabelecidos em ilhas próximas geralmente acessam os recursos do litoral por meio de barcos a motor movidos a óleo diesel. Vejamos o caso de um morador do povoado (A), que utiliza seu barco para percorrer os 20 quilômetros até a cidade mais próxima (B), localizada no litoral. O rendimento do motor a diesel de seu barco muda em função da velocidade conforme gráfico ao lado. Esse morador faz essa travessia em movimento uniforme.

Considerando que a força de resistência que o barco descrito sofre é  $R = 1000 \cdot V$ , com essas grandezas nas unidades do SI, responda às perguntas abaixo sobre a travessia de A para B com esse barco.

- Sabendo que a combustão de cada litro de diesel libera 40 milhões de joules de energia, qual a quantidade de combustível consumida na travessia de A para B de menor duração?
- Qual o tempo de travessia que o motor consome 2 litros de combustível? Dê a resposta no formato mais enxuto usando as unidades: hora, minuto e segundo.

**04.** Conhecemos bem a influência de Isaac Newton no campo da Mecânica. Entretanto, suas contribuições para a Óptica também são amplas e importantes. Uma delas foi a criação do telescópio refletor. Os telescópios refratores (lunetas) produziam distorções nas imagens, pois utilizavam apenas lentes – sistemas ópticos que produzem dispersão na luz branca. O telescópio de Newton corrigiu esse problema ao substituir lentes por espelhos. Primeiramente, um espelho côncavo (E1) é utilizado para coletar a luz proveniente de um objeto que entra no cilindro do telescópio. O espelho E1 também tem a função de formar uma imagem em um ponto próximo (A).



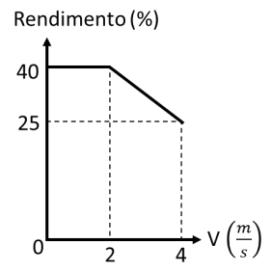
Antes que a luz atinja o ponto A, um espelho plano (E2) a desvia para o observador, fazendo com que a imagem que seria formada em A seja formada em B. De qualquer forma, essa primeira imagem é muito menor do que o objeto original. Para ampliá-la, a luz passa por uma lente convergente (L) antes de chegar aos olhos do observador. Assim, um observador consegue enxergar os detalhes de um objeto distante, mesmo que esse tenha a aparência de um ponto quando visto a olho nu. Se os elementos desse equipamento tivessem posições fixas, o telescópio só geraria uma imagem final nítida para objetos a uma distância específica. Para que o telescópio possa ser utilizado em diversas situações, é necessário que ele permita ajustes nas posições de seus componentes. Por isso, o cilindro possui uma parte móvel, e a lente L tem um certo grau de mobilidade. Baseando-se nesse enunciado, responda às perguntas a seguir.

- Digamos que um observador deseja visualizar um objeto localizado a 9,9995 quilômetros utilizando um telescópio newtoniano. Se, ao mirar o cilindro desse telescópio para esse objeto, o ponto A ficar a 50,0 cm do vértice do espelho E1, qual a distância entre o foco de E1 e o ponto A, em milímetros?
- Se a distância focal da lente L for 4,0 cm, calcule a distância entre o ponto B e o foco dessa lente para que a ampliação linear transversal produzida por ela seja igual a 100.

**05.** Os comportamentos impostos pela Física quântica aos corpos do mundo subatômico não se manifestam no mundo macroscópico. Vamos transgredir essa barreira e criar um modelo fictício para o sistema solar que não segue a verdadeira Física Quântica, mas herda um dos princípios fundamentais de qualquer modelo quântico: adota uma grandeza como referência, a qual terá uma quantidade específica como unidade quântica e as demais quantidades dessa grandeza serão múltiplos dessa unidade. Para o modelo que estamos criando, vamos adotar a distância dos planetas ao Sol como grandeza de referência e a distância de Mercúrio ao Sol como unidade quântica, simbolizando-a por  $R_1$ . Dessa forma, qualquer corpo que pertença a esse sistema deve se manter a uma distância do Sol que seja múltipla de  $R_1$ . Nesse modelo, as leis de Newton governam o movimento dos planetas subjugadas ao princípio quântico fundamental adotado. Vamos considerar que os planetas, na ordem conhecida, ocupem as primeiras órbitas possíveis para esse sistema e que a interação entre eles é insignificante comparada à interação entre o Sol e eles.

Com base na descrição apresentada no enunciado e no modelo atômico de Bohr, responda às perguntas abaixo.

- Liste uma diferença e uma semelhança entre o modelo solar proposto e o modelo atômico de Bohr?
- Se considerarmos a velocidade de Mercúrio igual a  $V_1$ , qual a velocidade de Marte em função de  $V_1$  para o sistema solar proposto? Nota: Marte é o 4º planeta do Sistema Solar.



# Prova Experimental Nível C- OBFEP 2025

## Força entre dois ímãs

### Kit experimental

- Uma base com ímã de neodímio (A)
- Um ímã de neodímio (B)
- Um tubo de acrílico com escala milimetrada
- Quatro cilindros de aço
- Um cilindro de alumínio



### I – Introdução

A força magnética entre dois ímãs, apesar de ser um fenômeno que pode ser observado facilmente, é um tópico que exige uma matemática avançada e não é apresentado na maioria dos livros textos de física básica. O experimento tratará deste tema.

Em uma das abordagens da Física Clássica do fenômeno, que usa a descrição da interação magnética entre dois circuitos elétricos fechados percorridos por corrente elétrica, são considerados pequenos laços (loop) de corrente os quais produzem o próprio campo e são afetados por campos externos. O campo devido à corrente é obtido através da lei de Biot-Savart. Nesse modelo, os entes importantes são os momentos de dipolo magnético associados aos laços (loop) de corrente infinitesimalmente pequenos; para um laço (contido num plano) suficientemente pequeno de corrente  $I$  e área  $S$ , o momento de dipolo magnético (vetor) é  $m = I \cdot S$ , onde a direção de  $m$  é normal à área e o sentido é obtido usando a corrente e a regra da mão direita.

Neste contexto, mostra-se<sup>1</sup> que, considerando dois dipolos magnéticos  $m_1$  e  $m_2$  de dimensões desprezíveis em comparação com a distância  $r$  que os separa, a força  $F_{21}$  em  $m_2$  devido a  $m_1$  é proporcional ao inverso da quarta potência de  $r$ , ou seja,

$$F_{21} = k \frac{1}{r^4}$$

No experimento, consideraremos que a Força é dada aproximadamente por

$$F = A \frac{1}{(d+L)^4} \quad (1)$$

<sup>1</sup> YUNG, K. W.; LANDECKER, P. B.; VILLANI, D. D. An analytic solution for the force between two magnetic dipoles. Magnetic and Electrical Separation, v. 9, p. 39–52, 1998.

em que  $d$  é a distância entre as faces dos dois ímãs cilíndricos,  $L$  é a altura de cada ímã e  $A$  é uma constante.

## 2-Metodologia

### Procedimentos experimentais

**Objetivo:** Verificar a validade da relação da força  $F$  da equação (1) para os ímãs do experimento.

Com o material disponibilizado no kit experimental, siga os passos seguintes:

**Passo 1)** Encaixe o tubo de acrílico na base, com o início da parte graduada do tubo voltada para a base;

**Passo 2)** Insira, no tubo de acrílico, o ímã pequeno (B) de modo que a face exposta dos ímãs estejam uma contra a outra. Assim, o ímã B deve *flutuar* no tubo; o denominaremos ímã flutuante;

**Passo 3)** Meça a distância  $d$  entre as duas faces dos dois ímãs (anotar o valor na **Tabela 1** assim como os valores associados às próximas medidas);

**Passo 4)** Adicione o cilindro de alumínio sobre o ímã flutuante e meça a nova distância  $d$  entre as duas faces dos dois ímãs;

**Passo 5)** Adicione um cilindro de aço sobre o cilindro de alumínio e meça a nova distância  $d$  entre as duas faces dos dois ímãs;

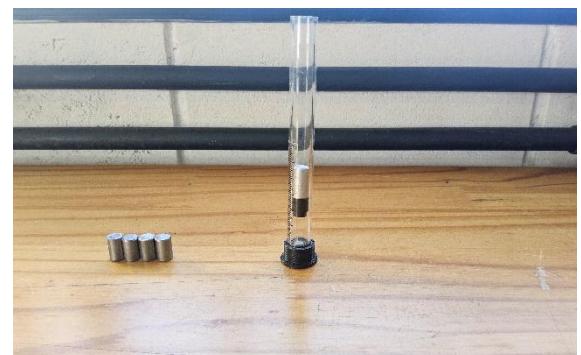
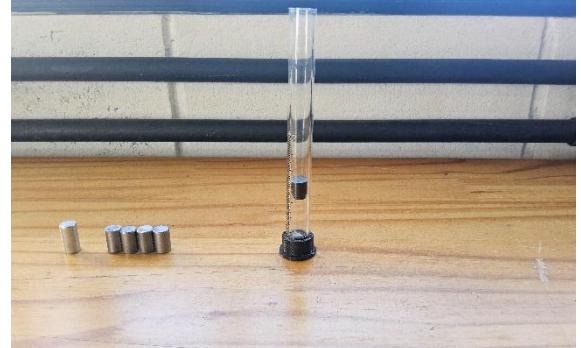
**Passo 6)** Adicione mais um cilindro de aço sobre aquele colocado no Passo 5 e meça a nova distância  $d$  entre as duas faces dos dois ímãs;

**Passo 7)** Repita o Passo 6 para cada um dos dois cilindros restantes, anotando a cada vez a nova distância  $d$  entre as faces dos dois ímãs;

**Passo 8)** Para facilitar os cálculos utilize **centímetro (cm)** como unidade de comprimento, e **grama (g)** como unidade de massa na equação. Considere os dados:

- Altura do ímã:  $L = 1 \text{ cm}$
- Aceleração da gravidade:  $g = 1000 \text{ cm/s}^2$
- Massa do ímã flutuante:  $m_i = 3 \text{ gramas}$
- Massa de cada um dos cilindros de aço:  $m_{ac} = 10 \text{ gramas}$
- Massa do cilindro de alumínio:  $m_{al} = 4 \text{ gramas}$

Desta forma a unidade de medida que utilizaremos para a força é  $g \cdot \text{cm/s}^2$  (**Dina** – unidade de força no sistema CGS).



**ATENÇÃO:** Todas as respostas às Questões de 1 a 6 devem estar na página 4 (quatro) do Caderno de Resoluções

### Questões

**Questão 1:** Desenhe um diagrama de forças do imã flutuante e explique porque vale a relação entre a força peso e a força magnética da equação  $F = A \frac{1}{(d+L)^4}$ .

**Questão 2:** Indique na equação  $F = A \frac{1}{(d+L)^4}$  a variável dependente, a variável independente, a constante e reescreva-a na forma  $Y = aX$ .

**Questão 3:** Reproduza a **Tabela 1** na **página 4** do **Caderno de Resoluções** e a preencha com os valores obtidos na experiência (Passos de 3 a 7) começando com o resultado do Passo 3

**Tabela 1:** Valores obtidos

Ordem	$F = m * g$	$d$	$d + L$	$(d + L)^4$	$\frac{1}{(d + L)^4}$
1					
2					
3					
4					
5					
6					

**Questão 4:** Faça um Gráfico usando a função Y encontrada na Questão 2 e os pontos experimentais da Questão 3

**Questão 5:** Com o gráfico pronto:

- a) Desenhe a reta que melhor se ajusta aos pontos do Gráfico  
(dica: utilizar a caixa do kit como régua para traçar esta reta).
  - b) Encontre o valor e as unidades da constante  $A$
  - c) Explique o que acontece quando a massa sobre o ímã flutuante é igual a zero.

**Questão 6:** Pode-se usar esse experimento como uma balança? Justifique.

Siga a OBFEP no Instagram: @obfep