

★ RECOMPOSIÇÃO DAS APRENDIZAGENS ★

CADERNO DO PROFESSOR

# FÍSICA

**3<sup>a</sup> SÉRIE**  
DO ENSINO MÉDIO

**VOL. 1**





# FÍSICA

**3<sup>a</sup> SÉRIE**  
DO ENSINO MÉDIO

**VOL. 1**



# ORGANIZAÇÃO

## GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ

HELDER ZAHLUTH BARBALHO  
GOVERNADOR DO ESTADO DO PARÁ

HANA GHASSAN TUMA  
VICE-GOVERNADORA DO ESTADO DO PARÁ

RICARDO NASSER SEFER  
SECRETÁRIO DE ESTADO DE EDUCAÇÃO - SEDUC

JÚLIO CÉSAR MEIRELES DE FREITAS  
SECRETÁRIO ADJUNTO DE EDUCAÇÃO BÁSICA - SAEB

RAIMUNDO CORREA DE OLIVEIRA  
DIRETOR DE FORMAÇÃO - DIFOR

DIONÍSIO JOSÉ DA COSTA SÁ  
COORDENADOR DE FORMAÇÃO DOS PROFISSIONAIS DO  
MAGISTÉRIO

LILIAN CELINA GUEDES DE ASCUI  
COORDENADORA DE COMUNICAÇÃO

## EQUIPE DE ELABORAÇÃO

Júlio César Meireles de Freitas  
COORDENADOR GERAL

Raimundo Correa de Oliveira  
COORDENADOR DE PRODUÇÃO

Dionísio José da Costa Sá  
COORDENADOR DE ELABORAÇÃO

Silvanev Fonseca Ferreira Seabra  
COORDENADORA DE REVISÃO

Cláudia Regina Bezerra Ferreira  
COORDENADORA DE APOIO INSTITUCIONAL

Artur Alves Pinheiro  
DESIGNER

Henok Golvim da Silva  
DIAGRAMAÇÃO

## ELABORADORES

Júlio César Mendes Lobato  
PROFESSOR FORMADOR DA DIFOR

João Amaro Ferreira Neto  
PROFESSOR FORMADOR DA DRE BELÉM 5

## SUMÁRIO

<b>SEMANAS 1</b>	<b>9</b>
<b>SEMANAS 2</b>	<b>14</b>
<b>SEMANAS 3</b>	<b>20</b>
<b>SEMANAS 4</b>	<b>26</b>
<b>SEMANAS 5</b>	<b>32</b>
<b>SEMANAS 6</b>	<b>39</b>
<b>SEMANAS 7</b>	<b>45</b>
<b>SEMANAS 8</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>60</b>



# APRESENTAÇÃO

## PREZADOS PROFESSORES,

Este Caderno, Professor(a), foi pensado para seus estudantes da 3<sup>a</sup>. Série do Ensino Médio, da Educação Básica do Estado do Pará. Como tal, o material foi escrito de forma que você pudesse oportunamente (1) mobilizar os saberes do seu Componente Curricular e/ou da sua Área, por meio das Habilidades apontadas na Matriz de Referência ENEM; (2) mobilizar/acionar, por meio dos Descritores Prioritários de Língua Portuguesa e/ou de Matemática, habilidades de Leitura e do Pensamento Lógico-Matemático necessários, inclusive, à compreensão do seu Componente curricular e, não menos importante, (3) garantir os direitos de aprendizagem dos(as) alunos (as) para o longo da vida.

O Caderno de Física – 3<sup>a</sup>. série segue o mesmo padrão dos demais Cadernos de 2025: para cada Semana de aula proposta, há um Resumo Teórico que, como o nome diz, é uma síntese, o que não impede você de otimizá-lo, se assim o achar conveniente; depois, são apresentadas 6 questões, elaboradas conforme as diretrizes do SAEB e do ENEM. São ao todo 48 questões seguidas de comentários sobre gabarito e distratores, de forma que você possa debater com a turma o porquê de cada resposta ser ou não ser o gabarito. Sugerimos ainda que possa tornar o momento da Correção/Análise das respostas dadas pelos estudantes como um momento especial de aprendizagem, diante dos distratores que, porventura, tenham marcado, pois apontam para possíveis compreensões e fragilidades que os estudantes possam ter. O material ainda traz um quadro em que você encontra competência específica da área, sugestão de Objeto de Conhecimento e Habilidade da Matriz de Referência ENEM, de forma alinhada para cada Semana.

Como as intencionalidades deste Caderno são o de recompor aprendizagens e o de contribuir com a Proficiência Leitora e o Pensamento Lógico-Matemático, com vistas à melhoria dos níveis paraenses atuais do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), no Pará, eis que também estarão no Caderno os Descritores Prioritários ora de Língua Portuguesa, ora de Matemática, como ferramentas a serviço da compreensão das questões de Biologia. Dessa forma, os Descritores Prioritários estão a serviço da resolução do Comando das questões de Biologia. Não se trata de dar aula dos Descritores; trata-se de resolver as questões à luz deles, utilizando-os, referendando-os, acionando-os para a resolução, mobilizando para isso os saberes de Biologia que oportunamente serão trabalhados na 3<sup>a</sup> série do Ensino Médio.

Observe, caro(a) professor(a), que o ponto de partida para a utilização pedagógica deste caderno, é a identificação no seu plano de aula da habilidade que se pretende alcançar, e por via de consequência da expectativa de aprendizagem que essa habilidade aponta, naturalmente, mobilizando para este fim, um objeto de conhecimento do seu componente curricular. Estamos diante, portanto, de um novo paradigma de ensino, no qual o conteúdo e/ou o objeto do conhecimento não representa um fim em si, mas um meio para se alcançar as habilidades da Matriz de Referência ENEM.



## 1ª SEMANA

### 1. Organizador Curricular

Competência de área 6	Habilidade (ENEM)	Objetos de conhecimento
Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	Carga elétrica.

## 2. De olho no conceito

### 2.1 Princípio da atração e repulsão entre cargas elétricas

A matéria é constituída de partículas denominadas átomos. Cada átomo por sua vez, é formado, basicamente, por uma parte central denominada núcleo e por uma parte periférica chamada eletrosfera.

No núcleo encontram-se prótons e nêutrons. Na eletrosfera encontram-se os elétrons girando em torno do núcleo. Os prótons e os elétrons possuem uma propriedade física denominada carga elétrica. Por convenção:

$p^+$  (próton) - carga elétrica positiva

$e^-$  (elétron) - carga elétrica negativa

$n^0$  (nêutron) - carga elétrica nula ou neutra

*"Cargas elétricas de mesmo sinal se repelem e de sinais opostos se atraem, com forças de mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos."*

No (SI) a unidade de carga elétrica é o Coulomb (C)

### 2.2 Funcionalidade do fio terra

O fio terra é um condutor metálico ligado à terra (solo) como mostra a figura 1. Nos eletrodomésticos possui a função de impedir que suas partes metálicas fiquem energizadas (com excesso de cargas), protegendo assim os usuários.

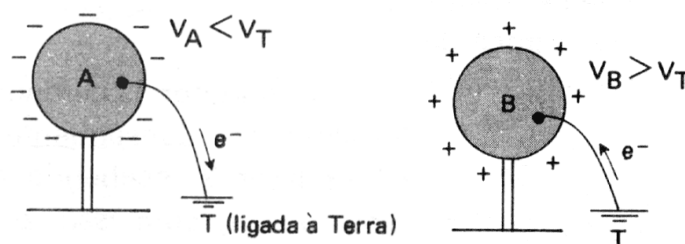


Figura 1: Movimento de elétrons no fio terra (Fonte: <https://fisica.net/>).

Um para-raios é sempre aterrado, pois toda vez que ligamos à terra uma armadura metálica garantimos a segurança do dispositivo.

### 2.3 Eletrização por atrito

A eletrização por atrito ocorre quando dois corpos diferentes natureza são esfregados um contra o outro, resultando na transferência de elétrons e, conseqüentemente, na criação de cargas elétricas opostas entre os materiais. O material que for eletronegativo possui tendência de ganhar elétrons e o eletropositivo, tendência de perder elétrons. Sendo importante mencionar que a quantidade de elétrons cedidos é igual a que foi recebida. Compreender este processo é crucial, pois ele está intimamente ligado a conceitos básicos de eletrostática que se observa no cotidiano.

### 3. **Aprofundamento das aprendizagens**

#### **QUESTÃO 01**

Descritor de Língua Portuguesa acionado

D4 Inferir uma informação implícita em um texto.

O inverno amazônico é marcado pela grande quantidade de chuvas e pela incidência de raios. O Brasil é o país com o maior índice de descargas atmosféricas do mundo. No estado do Pará, três municípios lideram esse ranking: Mãe do Rio, Moju e Santa Maria, no Nordeste paraense. (Fonte: Diário do Pará 06/02/2023)

Se durante uma tempestade em Belém, uma nuvem carregada positivamente aproxima-se do mercado de ferro que possui para-raios, conforme a figura a seguir.



Figura: Descarga atmosférica sobre os Para-raios do mercado de ferro (Fonte: stock.adobe - Adaptado)

Identifique a alternativa que estabelece uma descarga elétrica nos para-raios do mercado?

- A) prótons sobem dos para-raios para a nuvem.
- B) elétrons sobem dos para-raios para a nuvem.
- C) nêutrons descem da nuvem para os para-raios.
- D) elétrons descem da nuvem para os para-raios.
- E) elétrons e prótons transferem-se da nuvem para os para-raios e vice-versa.

**GABARITO (B)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha o princípio da atração e repulsão entre cargas elétricas de forma implícita por meio de descargas atmosféricas que se deve à nuvem carregada positivamente e para-raios.

- A) Cargas de sinais iguais se repelem, logo os prótons não sobem do para raios para a nuvem.
- B) Após a quebra da rigidez dielétrica elétrons sobem do para raios para a nuvem.

**Accionando o descritor!** A informação implícita refere-se à diferença de sinais entre as cargas que faz com que elas se atraiam, criando a descarga atmosférica.

- C) Os nêutrons não possuem carga elétrica, portanto, não são afetados pelo campo elétrico.
- D) Cargas de sinais iguais se repelem, logo os elétrons não descem da nuvem.
- E) Após a quebra da rigidez dielétrica elétrons sobem do para raios para a nuvem.

#### **QUESTÃO 02**

Descritor de Língua Portuguesa acionado

D4 Inferir uma informação implícita em um texto.

A Pedra do Peixe na feira do Ver-o-Peso em Belém-PA, necessita de lavagem diária, devido a comercialização do pescado por atacado. O poder de limpeza da água remove impurezas, microorganismos e substâncias nocivas. Como as moléculas de água são polarizadas (separação de cargas positivas e negativas em um objeto neutro) como mostra a figura a seguir. Isso torna a água suscetível à limpeza devido à atração de partículas neutras ou carregadas.

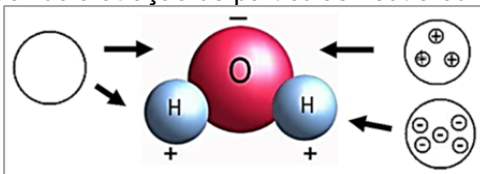


Figura: Molécula de água atraindo partículas eletrizadas e neutras (Fonte: brainly.com.br – Adaptado)

A atração das partículas neutras pelas moléculas polarizadas de água se deve ao fato

- A) das partículas neutras não terem cargas elétricas.
- B) das partículas neutras terem somente cargas elétricas positivas.
- C) das partículas neutras terem somente cargas elétricas negativas.
- D) das partículas neutras terem somente cargas elétricas de nêutrons.
- E) das partículas neutras terem cargas elétricas positivas e negativas na mesma proporção.

**GABARITO (E)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha o princípio da atração e repulsão entre cargas elétricas de forma implícita por meio de um corpo (ou partícula) neutro.

- A) Partículas neutras possuem tanto cargas elétricas positivas, quanto negativas.
- B) Partículas neutras possuem cargas negativas.
- C) Partículas neutras possuem cargas positivas.
- D) Os nêutrons não possuem carga elétrica.
- E) Corpo (ou partícula) neutro número de prótons igual ao número de elétrons.

**Accionando o descritor!** A informação implícita refere-se a moléculas de água ser neutra e possuir separação eletrostática das cargas, de forma a atrair partículas eletrizadas e não eletrizadas.

### **QUESTÃO 03**

Descritor de Língua Portuguesa acionado

D4 Inferir uma informação implícita em um texto.

No Brasil, a geração mimeógrafo para reprodução de cópias teve o auge nas décadas de 70 e 80 e tinha uma característica bem marcante: o cheiro de álcool nas folhas que exalava sala adentro. Hoje em dia as impressoras a jato de tinta reproduzem cópias empregando cargas eletrostáticas para pulverizar a tinta em superfícies como mostra a figura a seguir.

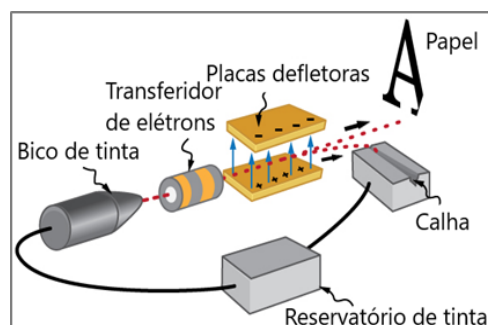


Figura: Esquema que mostra o princípio de funcionamento de uma impressora a jato (Fonte: query.libretexts.org – Adaptado)

Pode-se dizer que as gotículas de tinta que atingem o papel e a calha possuem cargas

- A) neutras somente.
- B) positivas somente.
- C) negativas somente.
- D) neutras e positivas.
- E) neutras e negativas.

**GABARITO (E)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha o princípio da atração e repulsão entre cargas elétricas de forma implícita por meio da ação da força elétrica no movimento de uma carga no interior de um campo elétrico.

- A) As gotículas neutras não sofrem ação das forças do campo e atingem somente o papel.
- B) A figura não descreve a trajetória do movimento de gotículas com cargas positivas.
- C) As gotículas negativas sofrem ação das forças do campo e atingem somente a calha.
- D) A figura não descreve a trajetória do movimento de gotículas com cargas positivas.
- E) A neutra atinge o papel por não sofrer ação do campo e a negativa a calha por sofrer ação.

**Accionando o descritor!** A informação implícita no texto não verbal (figura) refere-se a eletrização (transferidor de elétrons) e a atração e repulsão, onde se observa que gotícula a neutra não sofre ação das forças no interior do campo, já a gotícula negativa sofre repulsão pela placa defletora superior e atração pela inferior, deslocando-se assim para a calha.

#### QUESTÃO 04

Descritor de Língua Portuguesa acionado

D4 Inferir uma informação implícita em um texto.

O uso do fio terra tem grande importância na prática como mostra a figura, pois é graças a ele que se evitam "choques" desnecessários. Alguns aparelhos elétricos, como o chuveiro, a máquina de lavar roupa e a geladeira, podem apresentar, em sua estrutura metálica, uma quantidade de carga em excesso.

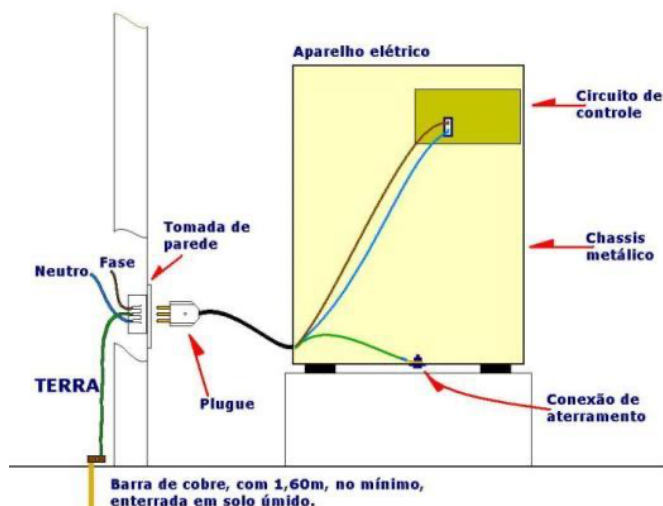


Figura: Equipamento elétrico instalado em funcionamento normal (dicasdozebio.com).

Ao tocarmos nesses aparelhos elétricos sem estarem aterrados

- A) descarregamos a quantidade de carga em excesso de modo a torná-los eletrizados.
- B) descarregamos a quantidade de carga em excesso de modo a torná-los neutros.
- C) descarregamos a quantidade de carga em falta de modo a torná-los neutros.
- D) isolamos a quantidade de carga em excesso de modo a torná-los neutros.
- E) isolamos a quantidade de carga em falta de modo a torná-los eletrizados.

GABARITO (B)

COMENTÁRIO:

Professor (a): Essa questão trabalha o tema o princípio de funcionamento do aterramento de dispositivos e equipamentos elétricos.

A) Descarregando a quantidade de carga em excesso de modo a torná-los neutros.

B) A pessoa sendo condutora ao tocar no aparelho eletrizado (sem o fio terra) passa a conduzir cargas elétricas para neutralizá-lo.

**Acionando o descritor!** A informação implícita no texto não verbal (figura) refere-se ao aterramento, onde se percebe a função de neutralizar a cargas em excesso presentes na estrutura metálica de aparelhos elétricos.

C) Se as cargas em excesso forem negativas são descarregadas e se positiva neutralizadas..

D) O corpo humano age como um semicondutor de eletricidade.

E) O corpo humano age como um semicondutor de eletricidade.

#### QUESTÃO 05

Descritor de Língua Portuguesa acionado

D4 Inferir uma informação implícita em um texto.

Experimentalmente verifica-se que a Terra pode ser considerada um imenso condutor esférico, eletrizado negativamente. Se ligarmos um condutor eletrizado positivamente à superfície da Terra, por meio de um fio, denominado fio terra como mostra a figura ocorre o processo de neutralização do condutor.

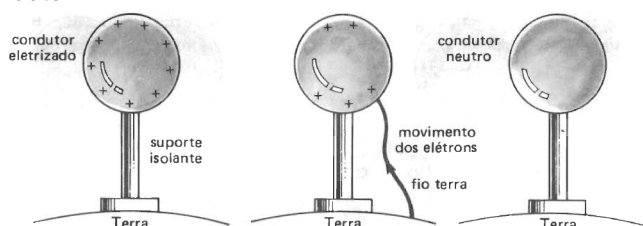


Figura: Processo de neutralização por aterramento (Robortella, 1987).

Durante o processo de neutralização do condutor vários

- A) elétrons "subirão" pelo fio e neutralizam a carga positiva do condutor.
- B) elétrons "descerão" pelo fio e neutralizam a carga positiva do condutor.
- C) prótons "subirão" pelo fio e neutralizam a carga positiva do condutor.
- D) prótons "descerão" pelo fio e neutralizam a carga positiva do condutor.
- E) nêutrons "subirão" pelo fio e neutralizam a carga positiva do condutor.

**GABARITO (A)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha o processo de neutralização de um corpo de forma implícita através do fio terra por onde ocorre o movimento de elétrons.

A) Os elétrons sobem pelo fio em quantidade igual às cargas em excesso no condutor eletrizado.

**Accionando o descritor!** A informação implícita nos textos verbal e não verbal (figura) refere-se ao processo de neutralização, onde ocorre a igualdade entre cargas positivas e negativas.

B) Os elétrons sobem pelo fio, devido o condutor está eletrizado positivamente.

C) Os elétrons sobem pelo fio, devido o condutor está eletrizado positivamente.

D) Os elétrons sobem pelo fio, devido o condutor está eletrizado positivamente.

E) Os nêutrons não possuem carga elétrica.

### **QUESTÃO 06**

Descritor de Língua Portuguesa acionado

D7 Identificar a tese de um texto.

O processo de eletrização por atrito é considerado o primeiro método de eletrização de que se tem conhecimento. Pois data do século VI a.C., quando Tales de Mileto observou pela primeira vez que o âmbar, ao ser atritado com tecido ou pele de animal, adquiria a propriedade de atrair pequenos pedaços de palha. A partir de experimentos como mostra figura 1, surgiu a conveniência de se ordenarem os materiais em uma lista chamada série triboelétrica como mostra a figura 2.

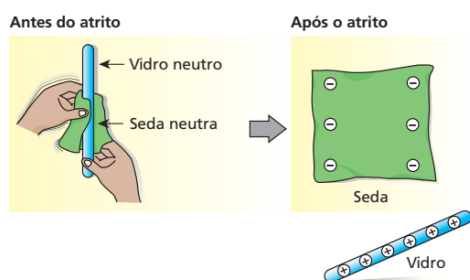


Figura 1: Processo de eletrização por atrito (Fonte: Tópicos da Física. vol. 3, 2012).

Série triboelétrica	
pele de coelho	+
vidro	
cabelo humano	
mica	
lã	
pele de gato	
seda	
algodão	
âmbar	
ebonite	
poliéster	
isopor	
plástico	-

Figura 2: Ordenamento dos materiais (Tópicos da Física. vol. 3, 2012)

Se uma estudante do ensino médio pentear os cabelos com um pente de plástico, este adquire.

- A) cargas elétricas negativas em excesso, tornando-se eletrizado.
- B) cargas elétricas positivas em excesso, tornando-se eletrizado.
- C) cargas elétricas neutras em excesso, tornando-se eletrizado.
- D) cargas elétricas negativas em excesso, tornando-se neutro.
- E) cargas elétricas positivas em excesso, tornando-se neutro.

**GABARITO (A)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha a tese da descoberta do processo de eletrização por atrito por meio de experimentos com materiais de naturezas diferentes.

A) De acordo com a série triboelétrica, o pente de plástico é mais eletronegativo que o cabelo. **Acionando o descritor!** A informação da tese no texto base mostra que no processo de eletrização por atrito os materiais mais eletronegativos têm tendência de atrair elétrons e os eletropositivos têm tendência de ceder elétrons.

B) O pente de plástico por ser eletronegativo se eletriza com excesso de cargas negativas.

C) Os nêutrons não possuem carga elétrica.

D) O pente de plástico se eletriza com excesso de cargas negativas.

E) O pente de plástico por ser eletronegativo se eletriza com excesso de cargas negativas.

#### 4. Quadro de habilidades e descritores usados

Questão	Habilidade de Ciências Naturais	Descritor	Gabarito
		Língua Portuguesa	
01	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	D4 Inferir uma informação implícita em um texto.	A
02	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	D4 Inferir uma informação implícita em um texto.	E
03	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	D4 Inferir uma informação implícita em um texto.	E
04	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	D4 Inferir uma informação implícita em um texto.	B
05	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	D4 Inferir uma informação implícita em um texto.	A
06	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	D7 Identificar a tese de um texto.	A

### 3ª SÉRIE

#### 2ª SEMANA

##### 1. Organizador Curricular

Competência de área 6	Habilidade (ENEM)	Objetos de conhecimento
Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes. H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	Conservação da carga e Lei de Coulomb.

#### 2. De olho no conceito

##### 2.1 Conservação da carga elétrica.

Em um sistema eletricamente isolado a carga elétrica permanece constante; ela não pode ser criada nem destruída, apenas transferida de um corpo para outro ou redistribuída, mantendo a

sua soma algébrica sempre a mesma antes e depois de qualquer processo, como eletrização por atrito, contato ou indução (ver figura 2).

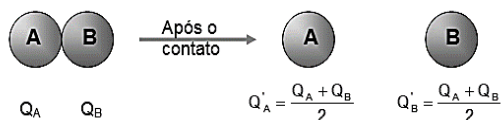


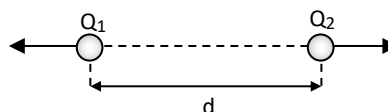
Figura 2: Processo de eletrização por contato.

É importante mencionar que o estudo da eletricidade norteia-se por dois princípios: o princípio da atração e da repulsão e o princípio da conservação das cargas elétricas.

## 2.2 Lei de Coulomb

A intensidade da força de atração ou de repulsão entre duas cargas elétricas é diretamente proporcional ao produto dos módulos das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa. Esta força é dada pela expressão:

$$F = K \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$$



Onde:

- **F** é a intensidade da força elétrica;
- **|Q<sub>1</sub>|** e **|Q<sub>2</sub>|** são os módulos das cargas elétricas;
- **d** é distância entre as cargas;
- **K** é a constante de proporcionalidade denominada *constante eletrostática do meio*.

No vácuo e no ar:  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

A figura 3 mostra o gráfico de uma função do primeiro grau que descreve o comportamento da força elétrica em função da carga elétrica.

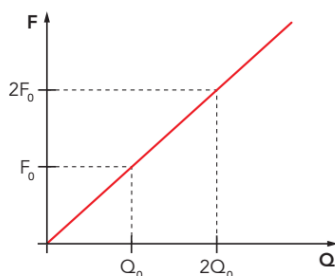


Figura 3: Gráfico do módulo da força (F) entre cargas elétricas em função da carga elétrica (Q) de um dos corpos (Fonte: Física do seu jeito).

A unidade de força elétrica no SI é o Newton (N).

## 2.3 Carga em órbita circular ao redor de carga fixa oposta.

Uma carga pode ter movimento circular quando há campo elétrico perpendicular à velocidade inicial, como mostra a figura 4

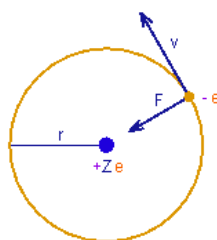


Figura 4: Órbita circular no átomo de um único elétron (Fonte: www.if.ufrgs.br/).

O Modelo atômico de Bohr (átomo de Hidrogênio) é um exemplo de movimento do elétron orbitando o núcleo. Onde a Força elétrica = Força centrípeta =  $F = mv^2/r$ .

Sendo:

- $m$  a massa do elétron;
- $v$  a velocidade orbital;
- $r$  é o raio orbital;

Nesse modelo a força elétrica corresponde a força resultante (força centrípeta) do movimento circular.

### 3. **Aprofundamento das aprendizagens**

#### **QUESTÃO 07**

Descritor de Matemática acionado

D34 Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.

Até o início da década de 1970, os prótons e os nêutrons eram considerados partículas indivisíveis. Experimentos, todavia, levaram a acreditar que eles possuem uma estrutura interna e são constituídos por três unidades mais elementares, denominadas quarks. Entre 1970 e 1995, cientistas cogitaram a existência de seis tipos de quarks, dois dos quais participaram da composição dos prótons e dos nêutrons como mostra a figura, tendo o *quark up* e o *quark down*, cargas elétricas respectivamente iguais a  $\left(+\frac{2}{3}e\right)$  e  $\left(-\frac{1}{3}e\right)$ , em que  $e$  é a carga elementar (Tópicos da Física, vol. 3 - Adaptado).

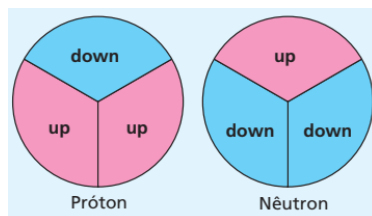


Figura: representação esquemática da suposta composição do próton e do nêutron (Fonte: Tópicos da Física. vol. 3, 2012).

Qual composição correta das cargas do próton e do nêutron?

- A)  $\left(+\frac{2}{3}e\right) + \left(+\frac{2}{3}e\right) + \left(-\frac{1}{3}e\right) e \left(-\frac{1}{3}e\right) + \left(-\frac{1}{3}e\right) + \left(+\frac{2}{3}e\right)$
- B)  $\left(+\frac{2}{3}e\right) + \left(+\frac{2}{3}e\right) - \left(-\frac{1}{3}e\right) e \left(-\frac{1}{3}e\right) + \left(+\frac{1}{3}e\right) + \left(+\frac{2}{3}e\right)$
- C)  $\left(+\frac{2}{3}e\right) + \left(+\frac{2}{3}e\right) + \left(-\frac{1}{3}e\right) e \left(+\frac{1}{3}e\right) + \left(-\frac{1}{3}e\right) + \left(+\frac{2}{3}e\right)$
- D)  $\left(+\frac{2}{3}e\right) + \left(-\frac{2}{3}e\right) - \left(-\frac{1}{3}e\right) e \left(-\frac{1}{3}e\right) + \left(-\frac{1}{3}e\right) + \left(+\frac{2}{3}e\right)$
- E)  $\left(-\frac{2}{3}e\right) + \left(+\frac{2}{3}e\right) - \left(-\frac{1}{3}e\right) e \left(-\frac{1}{3}e\right) - \left(-\frac{1}{3}e\right) + \left(+\frac{2}{3}e\right)$

**GABARITO (A)**

**COMENTÁRIO:**

A) Efetuando as operações se obtém carga  $e$  para o próton e zero para o nêutron..

**Acionando o descritor!** O texto não verbal mostra a informação da composição de cargas elementares do próton e do nêutron.

B) Efetuando as operações se obtém carga  $5e/3$  para o próton e  $2e/3$  para o nêutron.

C) Efetuando as operações se obtém carga  $e$  para o próton e  $2e/3$  para o nêutron.

D) Efetuando as operações se obtém carga  $1e/3$  para o próton e zero para o nêutron.

E) Efetuando as operações se obtém carga  $1e/3$  para o próton e  $2e/3$  para o nêutron.

#### **QUESTÃO 08**

Descritor de Língua Portuguesa acionado

D6 Identificar o tema de um texto.

Um professor de Física da SEDUC-PA em sua aula sobre eletrostática pede a uma aluna para que esfregue dois balões cheios de ar em seus longos cabelos, e considera que ambos inicialmente estejam neutros. Ao esfregar o balão, os elétrons passam do cabelo para o balão, que fica eletrizado com excesso de cargas negativas. Após, os dois balões são suspensos por um fio isolante e aproximados.

Qual ideia representa o momento em que a aluna aproxima os dois balões.

- A) A força de interação eletrostática deve diminuir e os balões devem se atrair.
- B) A força de interação eletrostática deve diminuir e os balões devem se repelir.
- C) A força de interação eletrostática deve aumentar e os balões devem se atrair.
- D) A força de interação eletrostática deve aumentar e os balões devem se repelir.
- E) A força de interação eletrostática não se altera independentemente da distância entre eles.

**GABARITO (D)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha o tema Lei de Coulomb a partir de um processo de eletrização por atrito.

A) Com a aproximação dos balões a força de interação aumenta e os balões se repelem.

B) Com a aproximação dos balões a força de interação aumenta.

C) Os balões têm cargas de mesmo sinal, logo se repelem.

D) Com a aproximação dos balões, a força de interação aumenta e os balões se repelem

**Accionando o descritor!** O tema do texto base traz uma abordagem sobre processo de eletrização por atrito, onde se aplica a lei de Coulomb ( $F$  é inversamente proporcional ao quadrado da  $d$ ) para cargas de mesmo sinal.

$$F \propto \frac{1}{d^2}$$

E) A força de interação eletrostática depende do inverso do quadrado da distância.

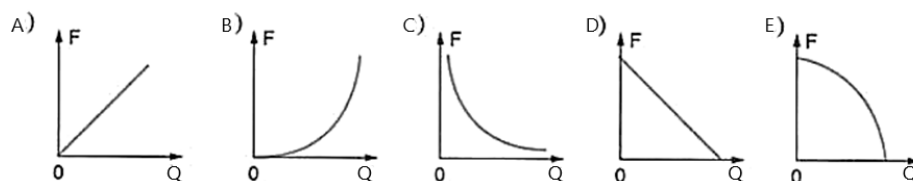
### **QUESTÃO 09**

Descritor de Matemática acionado

D21 Identificar o gráfico que representa uma situação descrita em um texto.

Durante uma aula com o simulador de Física – Características da força elétrica (Lei de Coulomb) entre corpos eletrizados foram notadas por um estudante que, ao duplicar o valor de uma das cargas, o valor da força também se duplica na mesma proporção conforme mostra a figura. E se o valor das duas cargas for duplicado, então a força fica quatro vezes maior. Sendo a distância entre as cargas elétrica mantida constante na simulação.

Identifique o gráfico que representa a força elétrica ( $F$ ) em função da carga elétrica ( $Q$ ).



**GABARITO (A)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha o gráfico da força em função da carga a partir da Lei de Coulomb.

A) O gráfico é uma reta crescente de uma função afim com coeficiente angular positivo.

**Accionando o descritor!** Na Lei de Coulomb a força elétrica é diretamente proporcional ao módulo do produto das cargas, logo o gráfico é uma linha reta crescente,

B) O gráfico representa uma função do 2º grau de coeficiente angular positivo.

C) O gráfico representa a força em função do inverso do quadrado da distância [ $F = f(d^{-2})$ ].

D) O gráfico é uma reta decrescente de uma função afim com coeficiente angular negativo.

E) O gráfico representa uma função do 2º grau de coeficiente angular negativo.

### **QUESTÃO 10**

Descritor de Matemática acionado

D13 Resolver problema envolvendo a área total e/ou volume de um sólido (prisma, pirâmide, cilindro, cone, esfera).

Um experimento como o da figura a seguir foi realizado por estudantes da 3ª série do ensino médio. No experimento, um disco muito leve de alumínio é mantido afastado de um tubo cilíndrico de PVC de área lateral  $5,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$  e raio  $3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ , eletrizado. A força elétrica de repulsão necessária para mantê-lo nessa posição é  $F = 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ . Supondo que a lei de Coulomb possa ser aplicada a essa situação experimental e que a carga elétrica do disco seja igual à carga elétrica do tubo e a distância entre eles é igual ao comprimento do tubo (Fonte: ciência viva, 2024 - Adaptado),

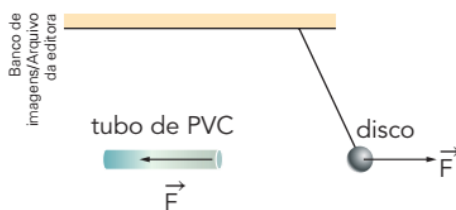


Figura: Representação esquemática da interação elétrica entre o tubo de PVC e o disco de Alumínio. (Fonte: ciência viva, 2024)

O valor da carga elétrica repulsiva é de:  
(Dado a constante eletrostática:  $k = 9.10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$  e  $\pi=3$ ).

- A)  $0,6.10^{-8} \text{ C}$ .
- B)  $3,6.10^{-8} \text{ C}$
- C)  $3,6.10^{-7} \text{ C}$
- D)  $6,0.10^{-7} \text{ C}$
- E)  $6,0.10^{-8} \text{ C}$

**GABARITO (E)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha o cálculo da altura de um cilindro a partir de sua área lateral e o cálculo da carga elétrica por meio da Lei de Coulomb.

A) O cálculo leva em consideração a distância  $d = 3.10^{-1} \text{ m}$ .

B) O cálculo leva em consideração a distância  $d = 18.10^{-2} \text{ m}$ .

C) O cálculo leva em consideração a distância  $d = 18.10^{-1} \text{ m}$ .

D) O cálculo leva em consideração a distância  $d = 3.10^{-3} \text{ m}$ .

E) O gráfico representa uma função do 2º grau de coeficiente angular negativo.

**Acionando o descritor!** Na Lei de Coulomb a força elétrica é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as cargas.

Sendo a distância igual à altura do cilindro ( $d = h$ ). Como a área lateral do cilindro é  $A_L = 2 \pi r h$ .

Têm-se:  $h = \frac{A_L}{2\pi r}$ , substituindo os valores expressos no texto base e efetuando os cálculos obtêm-se:  $d = 3.10^{-2} \text{ m}$

Agora aplicando a lei de Coulomb para obter a carga elétrica!  $Q = \sqrt{\frac{F d^2}{k}}$ , substituindo os valores expressos no texto base e efetuando os cálculos obtêm-se:  $Q = 6.10^{-8} \text{ C}$

**QUESTÃO 11**

Descritor de Matemática acionado

D34 Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.

Durante uma aula de Física um professor da SEDUC-PA utilizou um software de simulação sobre a Lei de Coulomb (lei experimental que descreve a interação eletrostática entre corpos eletricamente carregados). Os resultados obtidos para força (F) e a distância (D) na

D (m)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
F (N)	$9.00 \times 10^{-3}$	$2.25 \times 10^{-3}$	$1.00 \times 10^{-3}$	$5.63 \times 10^{-4}$	$3.60 \times 10^{-4}$

interação entre dois corpos idênticos e eletrizados com a mesma carga, estão dispostos na tabela.

Qual o valor das cargas, em unidades de  $10^{-6} \text{ C}$  (um microcoulomb).

(Dado a constante eletrostática:  $k = 9.10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ )

- A) 1,0.
- B) 2,0.
- C) 3,0.
- D) 4,0.
- E) 5,0

**GABARITO (A)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha a informação apresentada em tabelas para o calculo da carga elétrica a partir da Lei de Coulomb.

A) O cálculo leva em consideração a  $D = 1m$  e  $F=9.10^{-3}N$ .

**Accionando o descritor!** Retirando as informações de força igual a  $9.10^{-3}N$  e distância igual a  $1,0 m$  da tabela do texto base.

Agora aplicando a lei de Coulomb para obter a carga elétrica!  $Q = \sqrt{F \frac{d^2}{k}}$ , substituindo os valores expressos no texto base e efetuando os cálculos obtêm-se:  $Q = 10^{-6}C$ .

B) O cálculo leva em consideração a  $D = 2m$  e  $F=9.10^{-3}N$ .

C) O cálculo leva em consideração a  $D = 3m$  e  $F=9.10^{-3}N$ .

D) O cálculo leva em consideração a  $D = 4m$  e  $F=9.10^{-3}N$ .

E) O cálculo leva em consideração a  $D = 5m$  e  $F=9.10^{-3}N$ .

### QUESTÃO 12

Descritor de Matemática acionado

D13 Resolver problema envolvendo a área total e/ou volume de um sólido (prisma, pirâmide, cilindro, cone, esfera).

No modelo atômico de Bohr como mostra a figura, o elétron de massa  $9.10^{-31} kg$  orbita um núcleo positivamente carregado. Se a "área que forma" a primeira camada (K,  $n=1$ ) do átomo de hidrogênio é aproximadamente  $75.10^{-22} m^2$  e o elétron se desloca com velocidade de  $2.10^6 m/s$  realizando um movimento circular.

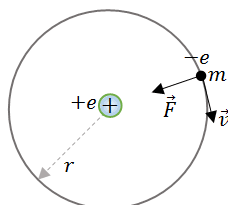


Figura: Átomo de hidrogênio (Fonte: www.fap.if.usp.br).

Qual a intensidade da força de atração eletrostática entre elétron e próton.

A)  $1,4.10^{-7} N$

B)  $1,2.10^{-7} N$

C)  $7,2.10^{-8} N$

D)  $4,8.10^{-8} N$

E)  $2,4.10^{-8} N$

**GABARITO (C)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha o cálculo do raio de um círculo a partir de sua área e o cálculo da força elétrica como resultante do movimento circular.

A) O cálculo leva em consideração um raio de  $2,5.10^{-11} m$ .

B) O cálculo leva em consideração um raio de  $3,0.10^{-11} m$ .

C) O cálculo leva em consideração um raio de  $5,0.10^{-11} m$ .

**Accionando o descritor!** Determinando a força elétrica em termos da força centrípeta (força resultante do movimento circular).

Sendo a distância entre próton e elétron ( $d = r$ ). Como a área do círculo é  $A_c = \pi r^2$ . Têm-se:  $r =$

$\sqrt{\frac{A_c}{\pi}}$ , substituindo os valores expressos no texto base e efetuando os cálculos obtêm-se:  $r = 5,0.10^{-11}m$ .

Agora aplicando a lei de Coulomb para obter a força elétrica!  $F = \frac{mv^2}{r}$ , substituindo os valores expressos no texto base e efetuando os cálculos obtêm-se:  $F = 7,2.10^{-8}C$

D) O cálculo leva em consideração um raio de  $7,5.10^{-11} m$ .

E) O cálculo leva em consideração um raio de  $1,5.10^{-10} m$ .

#### 4. Quadro de habilidades e descritores usados

Questão	Habilidade de Ciências Naturais	Descritores prioritários acionados		Gabarito
		Língua Portuguesa	Matemática	

07	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.		D34 Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.	A
08	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	D6 Identificar o tema de um texto.		D
09	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.		D21 Identificar o gráfico que representa uma situação descrita em um texto.	A
10	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.		D13 Resolver problema envolvendo a área total e/ou volume de um sólido (prisma, pirâmide, cilindro, cone, esfera).	E
11	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.		D34 Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.	A
12	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.		D13 Resolver problema envolvendo a área total e/ou volume de um sólido (prisma, pirâmide, cilindro, cone, esfera).	C

### 3ª SÉRIE

#### 3ª SEMANA

##### 1. Organizador Curricular

Competência de área 6	Habilidade (ENEM)	Objetos de conhecimento
Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	Campo elétrico. Linhas de campo. Blindagem eletrostática.

## 2. De olho no conceito

### 2.1 Campo elétrico e linhas de força.

O Campo elétrico ( $E$ ) é uma região de influência em torno de uma carga  $Q$ , onde qualquer carga de prova (carga que não gera campo considerável), nela colocada, sofre a ação de uma força de origem elétrica, que poderá ser de atração ou repulsão. As linhas de força surgem nas cargas positivas e encerram nas cargas negativas. A figura 5 a seguir mostra as linhas de força de um Campo Elétrico Uniforme (CEU) gerado entre duas placas metálicas paralelas, eletrizadas com cargas de sinais opostas e separadas de uma distância ( $d$ ). Um campo elétrico é considerado uniforme quando seu vetor (intensidade, direção e sentido) é o mesmo em todos os pontos do espaço.

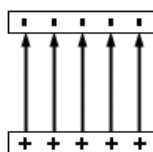


Figura 5: Campo elétrico uniforme gerado entre duas placas planas. (Fonte: Autor)

É importante mencionar que uma partícula eletrizada ao se mover no interior de um campo elétrico, sofre ação das linhas de força, porém partículas neutras não sofrem essa ação. No (SI) o campo elétrico é medido em N/C (Newton por Coulomb).

### 2.2 Blindagem eletrostática

É o resultado de um experimento denominado **gaiola de Faraday** como mostra a figura 6 a seguir, a blindagem eletrostática foi descoberta por Michael Faraday, em 1786, e ainda é utilizada em diferentes contextos, a fim de proteger circuitos eletrônicos.

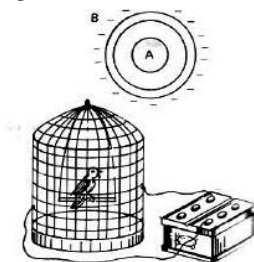


Figura 6: Gaiola de Faraday representando o experimento do fenômeno da blindagem eletrostática.

A blindagem eletrostática é o fenômeno físico que faz com que o campo elétrico seja sempre nulo no interior dos condutores metálicos. Isto ocorre devido à forma como as cargas elétricas distribuem-se ao longo da superfície desses condutores em equilíbrio eletrostático.

### 2.3 Equilíbrio de forças no interior de um CEU

No interior de um (CEU), o equilíbrio de forças sobre uma partícula carregada ocorre quando a força elétrica é anulada por outra força de mesma intensidade e sentido oposto.

Sendo a força elétrica ( $F_e$ ) que atua sobre uma carga  $q$  em um CEU de intensidade  $E$  é:

$F_e = qE$ . Para haver equilíbrio de forças, a força resultante deve ser nula ( $F_{resultante} = 0$ ). Isso implica, por exemplo:

Se a partícula estiver sujeita apenas ao campo elétrico, não há equilíbrio, pois a força elétrica provoca aceleração. Entretanto, o equilíbrio pode ocorrer quando existe outra força que compense a força elétrica, como a força peso ( $P = mg$ ), ou seja,  $F_e = P$ .

## 3. **Aprofundamento das aprendizagens**

### **QUESTÃO 13**

Descritor de Língua Portuguesa acionado  
D7 Identificar a tese de um texto.

O inverno amazônico é marcado pela grande quantidade de chuvas e pela incidência de descargas atmosféricas. Por meio de peças divulgadas no site e nas redes sociais, a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semas), aponta cuidados primordiais de proteção à vida, entre eles, buscar abrigo seguro e ficar longe de condutores de eletricidade. (Fonte: [agenciapara.com.br/noticia](http://agenciapara.com.br/noticia). acesso 22/10/2024).

A descarga atmosférica em uma tempestade é

- A) perigosa de preferência nos lugares baixos.
- B) perigosa debaixo de uma árvore.
- C) perigosa no interior de um carro.
- D) perigosa no interior de um prédio.
- E) perigosa em qualquer lugar.

**GABARITO (B)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha a tese de refúgios seguros durante a incidência de descargas atmosféricas devido aos riscos à vida e danos causados.

- A) A descarga atmosférica também é perigosa nos lugares altos.
- B) As árvores são altas e condutoras, logo atraem as descargas elétricas.

**Acionando o descritor!** A informação da tese no texto base mostra que em dias de incidência de descarga atmosférica se deve ficar longe de condutores elétricos.

- C) É seguro ficar dentro do carro por causa do princípio da Gaiola de Faraday.
- D) É seguro devido os edifícios oferecerem dispositivos de proteção.
- E) Interior de veículos e de prédios são seguros para se proteger.

#### **QUESTÃO 14**

Descritor de Língua Portuguesa acionado

D4 Inferir uma informação implícita em um texto.

Motorista que estava dentro de carro atingido por raio diz que barulho foi estrondoso (Fonte: g1 Goiás).

A Gaiola de Faraday foi um experimento desenvolvido para demonstrar que uma estrutura eletrizada feita de metal, possui campo elétrico nulo em seu interior. Se o motorista está dirigindo durante tempestade e uma descarga atmosférica atinge o carro como mostra a figura a seguir.



Figura: Descarga atmosférica atingindo a blindagem do carro (Fonte: autoentusiastas)

No momento que a descarga atmosférica atinge o carro o motorista

- A) não será atingida, pois os pneus molhados isolam a carga do solo.
- B) não sofrerá dano físico, pois a lataria metálica atua como blindagem.
- C) não será atingida, pois os carros possuem para-raios vindo de fábrica.
- D) será parcialmente atingida, pois a carga será homogeneamente distribuída.
- E) será atingida em virtude de a lataria metálica ser boa condutora de eletricidade.

**GABARITO (B)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha a blindagem eletrostática de forma implícita a partir do experimento da gaiola de Faraday.

- A) A proteção não vem do isolamento dos pneus molhados, mas da blindagem metálica.
- B) A lataria metálica contínua do carro funciona como uma gaiola de Faraday.

**Acionando o descritor!** A informação implícita nos textos verbal e não verbal (figura) refere-se a blindagem eletrostática, onde o campo elétrico no interior do carro é praticamente nulo.

- C) A proteção vem da estrutura metálica do carro e não de um sistema ativo de para-raios.
- D) A carga se distribui pela superfície externa do carro e não em seu interior.
- E) Justamente por ser boa condutora, a lataria desvia a corrente pelo exterior.

#### **QUESTÃO 15**

Descritor de Língua Portuguesa acionado

D4 Inferir uma informação implícita em um texto.

Uma das aplicações tecnológicas modernas da eletrostática foi à invenção da impressora a jato de tinta que utiliza campos elétricos uniformes para orientar a localização de gotículas de tinta no papel. Um jateador associado a um eletrodo pode tornar as gotículas neutras ou carregadas positiva ou negativamente, atingindo diferentes posições no papel, conforme mostra o esquema a seguir (Física do seu jeito, 2024 - Adaptado).

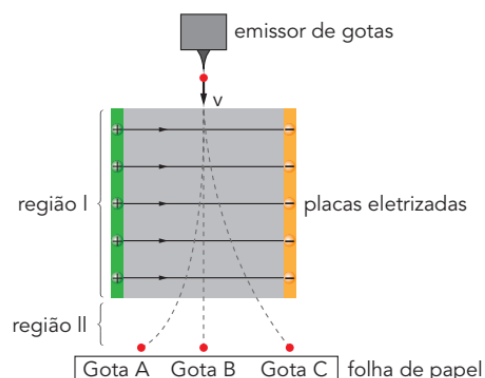


Figura: Representação esquemática do processo de emissão de gotas de tinta em uma impressora a jato (Fonte: Física do seu jeito, 2024).

Pelos desvios sofridos, pode-se dizer que a gota A, a B e a C estão respectivamente:

- A) neutra carregada positivamente e carregada negativamente.
- B) carregada negativamente, neutra e carregada positivamente.
- C) carregada positivamente, neutra e carregada negativamente.
- D) carregada positivamente, carregada negativamente e neutra.
- E) carregada negativamente, carregada positivamente e neutra.

**GABARITO (B)**

Professor (a): Essa questão trabalha o princípio da atração, repulsão e equilíbrio elétrico entre cargas elétricas de forma implícita por meio da ação da força elétrica no movimento de uma carga no interior de um campo elétrico.

- A) A gotículas neutras não sofre desvio e segue em linha reta.
- B) A gotícula carregada sofre desvio devido à atração e repulsão e as neutras não.

**Accionando o descritor!** A informação implícita no texto não verbal (figura) refere-se a atração e repulsão, onde se observa que gotícula a neutra não sofre ação das forças no interior do campo, já a gotícula eletrizadas sofrem.

- C) A gotícula positiva se desvia para a placa negativa.
- D) A gotícula positiva se desvia para a placa negativa e a neutra não sofre.
- E) A gotícula positiva se desvia para a placa negativa e a neutra não sofre.

**QUESTÃO 16**

Descritor de Língua Portuguesa acionado  
D06 Identificar o tema de um texto.

Quando a televisão de tubo é ligada, seus circuitos internos geram uma alta tensão para o seu funcionamento. Logo, o bombardeio de elétrons responsável pela formação de imagens estabelece uma carga negativa que recobre toda a tela do aparelho como mostra a figura. Ao tocarmos o braço não polarizado (corpo neutro) na tela, os elétrons são atraídos deixando os pelos em pé.

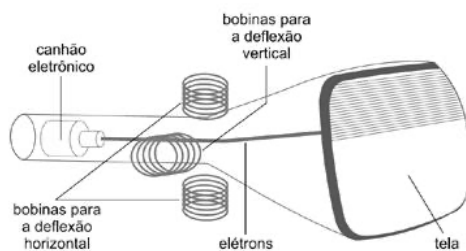


Figura: Televisão de tubo (Fonte: ENEM 2001)

Ao ligar a televisão se cria nas proximidades da tela

- A) um isolamento elétrico de aproximação e ao tocarmos nela, reagimos como um fio-terra.
- B) um campo elétrico de afastamento e ao tocarmos nela, reagimos como um acumulador.

- C) um isolante elétrico de afastamento e ao tocarmos nela, reagimos como um fio-terra.
- D) um campo elétrico de aproximação e ao tocarmos nela, reagimos como um fio-terra.
- E) um campo elétrico de aproximação e ao tocarmos nela, reagimos como um isolante.

**GABARITO (D)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha o tema o princípio de funcionamento do tubo de imagem (ou cinescópio/CRT) por meio de feixes acelerados contra uma tela fluorescente.

- A) Não é isolamento, é campo.
- B) O campo elétrico é de aproximação (atrai).
- C) O campo não é isolante nem de afastamos.
- D) O corpo humano age como um semiconductor de eletricidade, logo reagiu como fio-terra.

**Accionando o descritor!** O texto verbal e não verbal (figura) mostram o tema campo elétrico de aproximação que se forma devido ao choque da carga negativa na tela fluorescente.

- E) O corpo humano não age como isolante, age como condutor/aterramento.

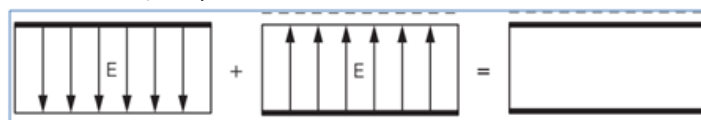
**QUESTÃO 17**

Descritor de Língua Portuguesa acionado

D4 Inferir uma informação implícita em um texto.

Na distribuição superficial de cargas, o campo elétrico gerado em uma superfície regular é constante em toda a superfície. Porém, no interior do condutor a ausência de campo elétrico, como pode ser demonstrado na imagem a seguir. Essa explicação é aproximada e não considera a forma das linhas de campo elétrico nas bordas das placas nem a forma geométrica do condutor

(Fonte: Identidade Física, 2024 - Adaptado)



Fonte: Representação das paredes superior e inferior de um condutor e do campo elétrico na região entre eles. (Fonte: Identidade Física, 2024 – Adaptado).

Esse fenômeno é chamado de blindagem

- A) eletrostática e a estrutura física é normalmente chamada de gaiola de Einstein.
- B) eletrostática e a estrutura física é normalmente chamada de gaiola de Faraday.
- C) eletrostática e a estrutura física é normalmente chamada de gaiola de Newton.
- D) acústica e a estrutura física é normalmente chamada de gaiola de Faraday.
- E) térmica e a estrutura física é normalmente chamada de gaiola de Faraday.

**GABARITO (B)**

**COMENTÁRIO:**

Professor (a): Essa questão trabalha a blindagem eletrostática (gaiola de Faraday) de forma implícita a partir da inexistência de campo elétrico em seu interior.

- A) O nome correto é Gaiola Faraday, não Einstein.
- B) Esta de acordo com o experimento da gaiola de Faraday.

**Accionando o descritor!** A informação implícita nos textos verbal e não verbal (figura) refere-se ao processo de blindagem eletrostática em condutor elétrico.

- C) O nome correto é Gaiola Faraday, não Newton.
- D) O efeito descrito é eletrostático, não acústico.
- E) O efeito descrito é eletrostático, não térmico.

**QUESTÃO 18**

Descritor de Matemática acionado

D13 Resolver problema envolvendo a área total e/ou volume de um sólido (prisma, pirâmide, cilindro, cone, esfera).

Partícula sólida fina, como poeira, que fica temporariamente em suspensão na atmosfera, impacta a saúde e o ambiente. Em certo momento uma partícula sólida de raio  $0,5 \mu\text{m}$  (micrometro) e densidade  $2 \text{ g/cm}^3$  ficou em equilíbrio estático nas proximidades da superfície terrestre, onde a aceleração da gravidade vale  $10 \text{ m/s}^2$ , e o campo eletrostático do planeta (que possui carga negativa na região) é praticamente uniforme e vale  $100 \text{ N/C}$ .

Qual alternativa compreende o sinal e o valor da carga elétrica da partícula sólida.

(Dado:  $\pi = 3$ )

- A) Neutra e  $10^{-10} \text{ C}$ .
- B) Positiva e  $10^{-10} \text{ C}$ .
- C) Negativa e  $10^{-10} \text{ C}$ .

D) Positiva e  $1,0 \cdot 10^{-15}$  C.

E) Positiva e  $5,0 \cdot 10^{-19}$  C.

GABARITO (C)

COMENTÁRIO:

Professor (a): Essa questão trabalha o cálculo do volume da esfera para se determinar a carga elétrica a partir do equilíbrio de forças.

A) A partícula precisa está eletrizada para que ocorra o equilíbrio de forças.

B) Se a partícula é positiva, não ocorre equilíbrio, pois terá o mesmo sentido e direção do peso.

C) É o valor da carga negativa que eletriza a partícula.

**Acionando o descritor!** Relacionando o volume da partícula esférica  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ , substituindo os valores tem-se:  $r = 5,0 \cdot 10^{-19} \text{ m}^3$ .

Cálculo da massa da  $m = dV \rightarrow m = 1,0 \cdot 10^{-15} \text{ kg}$ . Calculando a carga para o equilíbrio de forças (Força elétrica = Força peso).

$$|q| = \frac{mg}{E}, \text{ substituindo os valores! } q = - 10^{-10} \text{ C.}$$

D) Se a partícula é positiva, não ocorre equilíbrio, e o valor é do volume.

E) Se a partícula é positiva, não ocorre equilíbrio, e o valor é da massa.

#### 4. Quadro de habilidades e descritores usados

Questão	Habilidade de Ciências Naturais	Descritores prioritários acionados		Gabarito
		Língua Portuguesa	Matemática	
13	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	D7 Identificar a tese de um texto.		B
14	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	D4 Inferir uma informação implícita em um texto.		B
15	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	D4 Inferir uma informação implícita em um texto.		B
16	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	D06 Identificar o tema de um texto.		D
17	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	D4 Inferir uma informação implícita em um texto.		B
18	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.		D13 Resolver problema envolvendo a área total e/ou volume de um sólido (prisma, pirâmide,	C

			cilindro, cone, esfera).	
--	--	--	--------------------------	--

**3ª SÉRIE**

**4ª SEMANA**

**1. Organizador Curricular**

Competência 6	Habilidade (ENEM)	Objetos de conhecimento
Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	Campo elétrico. Linhas de campo. Poder das pontas.

**2. De olho no conceito**

**2.1 Intensidade do campo elétrico em um ponto no interior do campo.**

O campo elétrico (E) gerado por uma carga pontual (Q) tem intensidade variada com o inverso do quadrado da distância de um ponto qualquer no seu interior. Sendo a intensidade definida por: é dada por  $E = k \frac{|Q|}{d^2}$ .

Onde, k é a constante eletrostática, |Q| é o módulo da carga geradora e r é à distância até o ponto onde se quer calcular a intensidade do campo elétrico. O campo elétrico é a região onde existe força atuante sobre cargas de prova (carga com campo elétrico desprezível) colocadas em um ponto qualquer desse campo e a intensidade é maior onde as linhas de campo são mais próximas (maior densidade) e menor onde as linhas de campo são mais espaçadas (menos densidade).

**2.2 Poder das pontas e densidade superficial de cargas.**

O **Poder das pontas** ocorre porque, em um condutor eletrizado, a carga tende a acumular-se nas regiões pontiagudas. Em virtude disso, o campo elétrico nessas regiões se torna bem mais intenso do que nas regiões mais planas do condutor, como mostra figura 7.

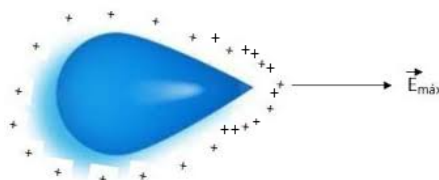


Figura 7: Poder das pontas em condutor pontiagudo (Fonte: arwek.com.br/).

A maior concentração de cargas nas pontas do condutor faz com que o ar se ionize, criando um campo elétrico de intensidade máxima (E<sub>MÁX.</sub>) que faz com que a região ao seu redor se descarregue eletricamente.

A **densidade superficial de cargas** ( $\sigma$ ) é a quantidade de carga elétrica ( $Q$ ) por unidade de área ( $A$ ) em uma superfície, definida por  $\sigma = Q/A$ , com unidade no SI de Coulombs por metro quadrado ( $C/m^2$ ). Ela indica a concentração de cargas em uma superfície, sendo crucial para entender a distribuição de carga em corpos extensos, especialmente quando não é uniforme (sendo maior em pontas e superfícies curvas).

Sendo que o campo elétrico (Lei de Gauss) na superfície externa de um condutor em equilíbrio eletrostático é perpendicular à superfície e sua intensidade é diretamente proporcional à densidade superficial de cargas naquela região, dado por:  $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ , onde  $\epsilon_0$  é a permissividade elétrica do vácuo de valor aproximadamente  $8,8 \cdot 10^{-12}$  F/m. Esta fórmula descreve o campo em pontos infinitamente próximos à superfície externa. No interior do condutor, o campo elétrico é sempre nulo ( $E = 0$ ). Quanto maior a densidade de carga em um ponto da superfície, mais intenso será o campo elétrico ali.

### 2.3 Movimento do elétron no interior de um CEU

Se um elétron entra no campo elétrico uniforme com uma velocidade inicial ( $v_0$ ) perpendicular (formando  $90^\circ$ ) à direção do campo, ele descreve uma trajetória parabólica, que pode ser analisada como a composição de um MRU na direção perpendicular ao campo e um MRUV na direção do campo. Ficando o elétron sujeito a uma força elétrica constante  $F = Eq$ .

No eixo X (perpendicular ao campo) não há força, portanto, o elétron realiza um MRU regido pela função horária do espaço  $S = S_0 + vt$ .

No eixo Y (paralelo ao campo) a força elétrica é a força resultante da segunda Lei de Newton ( $F = ma$ ) que gera uma aceleração constante, resultando em um MRUV regido pelas funções horárias da velocidade  $v = v_0 + at$  e das posições  $y = y_0 + v_0t + at^2/2$ .

Como sugestão para simular trajetórias de cargas, utilize o Simulador de Cargas e Campos da plataforma de simulação gratuita do PhET.

### 3. **Aprofundamento das aprendizagens**

#### QUESTÃO 19

Descritor de Matemática acionado

D13 Resolver problema envolvendo a área total e/ou volume de um sólido (prisma, pirâmide, cilindro, cone, esfera).

O pára-raios é um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) destinado a proteger uma estrutura, edifício, etc. contra os efeitos da queda de raios e devem estar sempre bem aterrados. O pára-raios da figura está instalado a uma altura de forma que protege tudo que estiver num cone de volume  $3,6 \cdot 10^4$  m<sup>3</sup>, formado à sua volta. Caso o SPDA receba uma descarga atmosférica de  $25 \mu C$ .

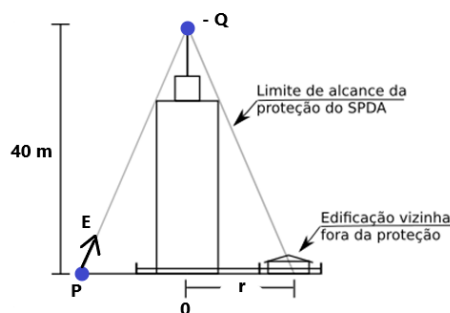


Figura: Alcance da proteção de um para-raios instalado no topo de um prédio residencial (Fonte:

[www.sonataengenharia.com.br/](http://www.sonataengenharia.com.br/) - Adaptada)

Qual o campo elétrico de aproximação gerado pela descarga atmosférica no ponto P.

(Dado a constante eletrostática:  $k = 9,10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup> e  $\pi = 3$ ).

- A) 30 N/C.
- B) 50 N/C.
- C) 90 N/C.
- D) 900 N/C.
- E)  $9 \cdot 10^7$  N/C.

GABARITO (C)

#### COMENTÁRIO:

Professor (a): Essa questão trabalha o cálculo do volume do cone para se determinar a intensidade do campo elétrico gerado num ponto P, distante da descarga elétrica.

A) Corresponde ao cálculo do raio da base de cobertura.

B) Corresponde ao cálculo da distância entre a carga geradora e ponto P..

C) É a intensidade do campo elétrico no ponto P..

**Acionando o descritor!** Relacionando o volume do cone com o raio da base  $V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$ , substituindo os valores tem-se:  $r = 30\text{ m}$ .

Aplicando teorema de Pitágoras se calcula a distância do para-raios (carga elétrica geradora) ate o ponto P, onde se quer medir a intensidade do campo elétrico  $d = \sqrt{h^2 + r^2} \rightarrow d = 50\text{ m}$ .

Calculando o campo elétrico no ponto P!  $E = k \frac{|Q|}{r^2}$ , substituindo os valores!  $E = 90\text{ V/m}$ .

D) Corresponde ao cálculo do raio da base de cobertura ao quadrado.

E) Corresponde ao cálculo do campo no ponto P gerado por uma carga elétrica de 25 C.

#### QUESTÃO 20

Descritor de Matemática acionado

D13 Resolver problema envolvendo a área total e/ou volume de um sólido (prisma, pirâmide, cilindro, cone, esfera).

Uma equipe de Engenharia elétrica em uma empresa de telecomunicações está desenvolvendo um novo sistema de antenas para transmissão de sinais de rádio. Para garantir a eficiência do sistema, é crucial entender como as cargas elétricas se comportam em diferentes pontos ao redor da antena. Uma dessas antenas é modelada como uma carga pontual (Q) de  $10\text{ }\mu\text{C}$ , localizada no topo de uma torre que gera um campo elétrico esférico de área  $108\text{ m}^2$  como mostra a figura (Fonte: Identidade Física, 2024 - Adaptado)

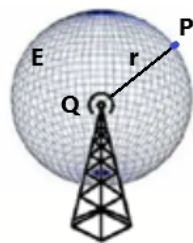


Figura: Campo elétrico gerado pela carga elétrica pontual no topo da torre (Fonte: pt.scribd.com/).

Qual o campo elétrico gerado por essa carga no ponto P.

(Dado a constante eletrostática:  $k = 9,10^9\text{ Nm}^2/\text{C}^2$  e  $\pi = 3$ )

A)  $1,0 \cdot 10^{-4}\text{ N/C}$ .

B)  $1,0 \cdot 10^4\text{ N/C}$ .

C)  $3,0 \cdot 10^4\text{ N/C}$ .

D)  $4,5 \cdot 10^4\text{ N/C}$ .

E)  $9,0 \cdot 10^4\text{ N/C}$ .

GABARITO (B)

COMENTÁRIO:

Professor (a): Essa questão trabalha o cálculo da área da esfera para se determinar a intensidade do campo elétrico gerado num ponto P, distante da descarga elétrica.

A) Corresponde ao cálculo do inverso da intensidade do campo elétrico.

B) É a intensidade do campo elétrico no ponto P..

**Acionando o descritor!** Encontrando o raio a partir da área  $A = 4\pi r^2$ , substituindo os valores tem-se:  $r = 3,0\text{ m}$ .

Calculando o campo elétrico no ponto P!  $E = k \frac{|Q|}{r^2}$ , substituindo os valores!  $E = 10^4\text{ V/m}$ .

C) Corresponde ao cálculo da intensidade do campo sem elevar o raio da esfera ao quadrado.

D) Corresponde ao cálculo da intensidade do campo dividido por dois.

E) Corresponde ao cálculo da intensidade do campo sem o raio da esfera.

#### TEXTO PARA QUESTÕES 21 e 22

O para-raios é um tipo de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), crucial na proteção de edifícios contra descargas atmosféricas. Seu funcionamento baseia-se em um

fenômeno eletrostático denominado poder das pontas, onde se observa que em condutores pontiagudos, as cargas elétricas se concentram nas extremidades, criando um campo elétrico mais intenso que atrai (ou gera) descargas atmosféricas, como os raios.

No Brasil, a instalação e o dimensionamento de SPDA são regidos por normas técnicas, e possuem várias partes como mostra a figura, e é essencial para garantir a segurança e a conformidade do sistema.

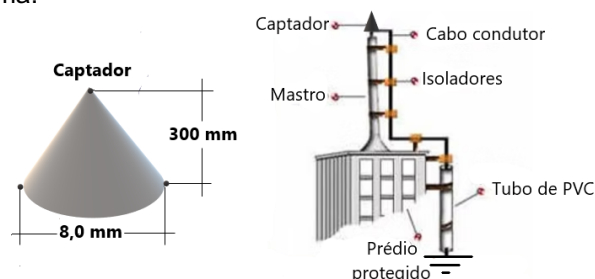


Figura: Sistema de para-raios com captador em forma de cone (Fonte: [www.pabloguimaraes-professor.com.br/](http://www.pabloguimaraes-professor.com.br/) - Adaptado)

Considerando que em um dia tempestivo o captador com formato geométrico de cone receba uma descarga atmosférica de  $15 \mu\text{C}$ .

(Dado a permissividade elétrica:  $\epsilon_0 = 8,8 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$  e  $\pi=3$ ).

### QUESTÃO 21

Descritor de Matemática acionado

D03 Relacionar diferentes poliedros ou corpos redondos com suas planificações ou vistas.

O comportamento do campo elétrico no captor se deve

- A) a geometria do condutor não interfere na intensidade do campo.
- B) a intensidade do campo é mais intensa na lateral devido concentrar mais cargas.
- C) a intensidade do campo é mais intensa no vértice devido concentrar mais cargas.
- D) a intensidade do campo fica mais intensa devido sua base ser uma circunferência.
- E) ao maior acúmulo de cargas nas regiões planas, pois possuem maior área de superfície.

GABARITO (C)

COMENTÁRIO:

Professor (a): Essa questão trabalha a planificação de poliedros a partir da eletrostática de condutores elétricos.

- A) A geometria interfere diretamente na distribuição de carga (poder das pontas).
- B) Nas laterais de um cone (áreas menos curvadas), a concentração de carga é menor.
- C) Em condutores pontiagudos, as cargas se concentram nas regiões de menor raio de curvatura (ponta/vértice).

**Acionando o descritor!** O poder das pontas é um fenômeno associado à geometria dos condutores. Pois regiões onde o raio de curvatura é menor (pontas ou extremidades muito agudas), as cargas elétricas tendem a se concentrar mais intensamente, resultando em um campo elétrico muito intenso nessas regiões.

- D) A base, por ter maior raio de curvatura, concentra menos carga.
- E) Em eletrostática de condutores, as cargas se acumulam mais onde a área é menor.

### QUESTÃO 22

Descritor de Matemática acionado

D13 Resolver problema envolvendo a área total e/ou volume de um sólido (prisma, pirâmide, cilindro, cone, esfera).

Qual a intensidade do campo elétrico imediatamente fora da superfície.

- A)  $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ V/m}$
- B)  $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ V/m}$
- C)  $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ V/m}$
- D)  $4,7 \cdot 10^9 \text{ V/m}$
- E)  $4,4 \cdot 10^{14} \text{ V/m}$

GABARITO (D)

COMENTÁRIO:

Professor (a): Essa questão trabalha o cálculo da área total do cone para se determinar a intensidade do campo elétrico gerado num captor, logo após receber uma descarga.

- A) Corresponde ao cálculo da área lateral do captor.
- B) Corresponde ao cálculo da área total do captor.
- C) Corresponde ao cálculo da densidade superficial de carga elétrica.
- D) É a intensidade do campo elétrico imediatamente fora da superfície do captor.

**Acionando o descritor!** Para o cálculo do campo  $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ , Sendo a densidade superficial de

de carga  $\sigma = \frac{Q}{A_S} \rightarrow E = \frac{Q}{A_S \epsilon_0}$ . A área superficial do cone:  $A_S = \pi r g + \pi r^2$ , substituindo os valores tem-se:  $A_S = 3,6 \cdot 10^{-3} m^2$ . Agora substituindo os valores para calcular a intensidade do campo!  $E = 4,7 \cdot 10^9 V/m$ . É um valor muito maior que o campo de ruptura do ar,  $3,0 \cdot 10^6 V/m$ . Entretanto, o intuito é mostrar a aplicação do descritor.

- E) Corresponde ao cálculo do campo elétrico gerado por uma carga elétrica de 15C.

### TEXTO PARA AS QUESTÕES 23 e 24

Descritor de Língua Portuguesa acionado

D4 Inferir uma informação implícita em um texto.

Em tubos de raios catódicos (como os de televisores e monitores antigos), elétrons são acelerados por um Campo Elétrico Uniforme (CEU) para atingir a tela e criar imagens. A figura a seguir representa um esquema do movimento de um elétron num CEU de módulo  $E = 1,0 \cdot 10^4 V/m$  na vertical, criado entre duas placas metálicas eletrizadas com cargas opostas, onde o espaço percorrido pelo elétron varia de  $S_0 = 1,0 \cdot 10^{-2} m$  e  $S = 2,0 \cdot 10^{-2} m$ . Ao ligar o tubo de raios catódicos à fonte de alimentação, o elétron incide no ponto **O**, com velocidade horizontal  $v = 1,0 \cdot 10^7 m/s$  e percorrem a região entre as placas paralelas. Após emergir desta região atinge o ponto de choque **A**, na tela vertical onde se formam as imagens (Fonte: UFF - 2000 - Adaptada).

Dados:

Massa do elétron =  $9,1 \cdot 10^{-31} kg$

Carga do elétron =  $1,6 \cdot 10^{-19} C$

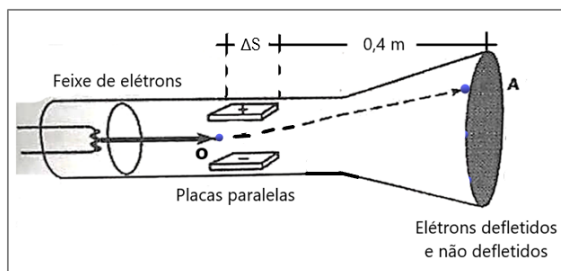


Figura: Esquema do movimento de elétrons num tubo de raios catódicos.

O campo elétrico na região externa às placas e a ação gravitacional não interferem no movimento dos elétrons.

### QUESTÃO 23

Descritor de Matemática acionado

D19 Resolver problema envolvendo uma função do 1º grau.

Calcule quanto tempo o elétron leva para emergir da região entre as placas.

- A) 1,0 nanosegundo (ns).
- B) 1,4 nanosegundos (ns).
- C) 4,0 nanosegundos (ns).
- D) 5,0 nanosegundos (ns).
- E) 8,0 nanosegundos (ns).

GABARITO (A)

COMENTÁRIO:

Professor (a): Essa questão trabalha a função do primeiro grau a partir da função horária do espaço para o movimento retilíneo uniforme.

A) O tempo que o elétron leva para percorrer e espaço  $\Delta S$  é 1,0 ns.

**Acionando o descritor!** O elétron realiza um movimento retilíneo uniforme devido à ausência de forças na horizontal. A função do espaço que descreve esse movimento é:

$[S = f(t)] \rightarrow S = S_0 + vt$  ] representa a função afim, também chamada de função do 1º grau

$[y = f(x)] \rightarrow y = ax + b$ .

Substituindo os valores descritos no texto base obtém-se:  $t = 10^{-9} s \rightarrow t = 1 ns$  (nanosegundo).

- B) 1,4 ns seria se houvesse redução de velocidade horizontal, mas não há.  
 C) 4,0 ns poderia ser se velocidade fosse  $2,5 \cdot 10^6 \text{ m/s}^2, 5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ .  
 D) 5,0 ns corresponde a  $v_x = 2,0 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ .  
 E) 8,0 ns corresponde a  $v_x = 1,25 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ .

### QUESTÃO 24

Calcule o deslocamento vertical do elétron desde o ponto O até atingir a tela .

Descritor de Matemática acionado

D19 Resolver problema envolvendo uma função do 1º grau.

Calcule a altura entre o ponto de incidência O e o ponto de choque A.

- A)  $1,0 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ .  
 B)  $4,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ .  
 C)  $8,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ .  
 D)  $8,16 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ .  
 E)  $1,66 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ .

GABARITO (E)

COMENTÁRIO:

Professor (a): Essa questão trabalha a função do primeiro grau a partir da função horária da velocidade para o movimento retilíneo uniforme variado.

- A) Corresponde ao tempo de movimento do elétron entre as placas paralelas.  
 B) Corresponde ao tempo de movimento após emergir das placas paralelas até o choque.  
 C) Corresponde ao deslocamento na vertical dentro das placas paralelas.  
 D) Corresponde ao deslocamento na vertical fora das placas paralelas.  
 E) O deslocamento na vertical compreende o valor aproximado de 1,66 mm.

**Acionando o descritor!** O elétron realiza um movimento retilíneo uniforme variado na vertical devido à presença de forças na vertical. A função da velocidade que descreve esse movimento é:  $[v = f(t)] \rightarrow v = v_{0y} + a_y t$  ] representa a função afim, também chamada de função do 1º grau  $[y = f(x)] \rightarrow y = ax + b$ .

Como a força resultante (2ª Lei de Newton  $\rightarrow F = ma$ ) na vertical é a força elétrica ( $F = E q$ ) produzida pelo campo.

$$a_y = \frac{Eq}{m}, \text{ substituindo os valores tem-se: } a_y = 1,7 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2$$

Sendo  $v_{0y} = 0$ , determina-se  $v_y$  pela função horária do primeiro grau.

$v_y = v_{0y} + a_y t$ , substituindo os tem-se:  $v_y = 1,7 \cdot 10^6 \text{ m/s}^2$ , velocidade que o elétron deixa as placas.

Calculando a altura entre os pontos O ( $y_0 = 0$ ) e A ( $y = y_1 + y_2$ ).

$$y_1 = y_0 + v_{0y} t_1 + \frac{1}{2} a_y t_1^2$$

Substituindo os valores e lembrando que  $t_1 = 10^{-9} \text{ s}$ , tem-se:  $y_1 = 8,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Para o cálculo de  $y_2$  se faz necessário o  $t_2$ ! Na horizontal o elétron realiza MRU, logo o  $t_2 = \frac{0,4}{10^7} = 4 \cdot 10^{-8} \text{ s}$  que representa o tempo de saída das placas até o momento do choque no ponto A ( $v_{xf} = v_{yf} = 0$ ).

$y_2 = y_0 + v_{0y} t_2 + \frac{1}{2} a_y t_2^2$ , lembrando que na saída das placas ( $v_y = v_{0y}$ ), agora fazendo a substituições tem-se:  $y_2 = 8,16 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ .

Por fim  $y = y_1 + y_2 = 1,66 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ .

#### 4. Quadro de habilidades e descritores usados

Questão	Habilidade de Ciências Naturais	Descritor	Gabarito
		Matemática	
19	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	D13 Resolver problema envolvendo a área total e/ou volume de um sólido (prisma,	C

		pirâmide, cilindro, cone, esfera).	
20	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	D13 Resolver problema envolvendo a área total e/ou volume de um sólido (prisma, pirâmide, cilindro, cone, esfera).	B
21	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	D03 Relacionar diferentes poliedros ou corpos redondos com suas planificações ou vistas.	C
22	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	D13 Resolver problema envolvendo a área total e/ou volume de um sólido (prisma, pirâmide, cilindro, cone, esfera).	D
23	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	D19 Resolver problema envolvendo uma função do 1º grau.	A
24	H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.	D19 Resolver problema envolvendo uma função do 1º grau.	E

**3ª SÉRIE**

**5ª SEMANA**

**1. Organizador Curricular**

Competência de área 6	Habilidade (ENEM)	Objeto do conhecimento
Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	Potencial elétrico Energia potencial eletrostática Trabalho de uma força elétrica Diferença de potencial Capacitância Indução eletrostática O potencial da Terra

**2. De olho no conceito** 

**2.1 Energia Potencial Eletrostática (E<sub>p</sub>)**

É a energia que um sistema de cargas possui devido à sua posição relativa.

**Fórmula:**  $E_p = k_0 \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d}$

- Cargas de mesmo sinal: A força é de repulsão. Para aproximá-las, é preciso realizar trabalho contra o sistema, o que aumenta a energia potencial (como comprimir uma mola).
- Cargas de sinais opostos: A força é de atração. A aproximação ocorre espontaneamente, o que diminui a energia potencial do sistema (como um objeto caindo no chão).

### Trabalho, Potencial e Movimento

- Trabalho da Força Elétrica (W): Representa a transformação de energia. Se a força elétrica realiza trabalho positivo ( $W > 0$ ), a carga ganha velocidade (energia cinética) e perde energia potencial.
- Movimento Espontâneo:
  - Cargas Positivas (+): Tendem a ir do maior potencial para o menor potencial.
  - Cargas Negativas (-): Tendem a ir do menor potencial para o maior potencial.
- Relacionamento:  $W = q \cdot (V_A - V_B)$  ou, em campos uniformes,  $W = q \cdot E \cdot d$ .

### Campo Elétrico Uniforme (CEU)

Em regiões como o interior de precipitadores ou tubos de TV, o campo elétrico é constante.

- Força Elétrica:  $F = q \cdot E$
- Energia e Trabalho: Como a força é constante, o trabalho é simplesmente força vezes distância ( $W = F \cdot d$ ).

### 2.2 Modelagem e Escala (O Caso da Terra)

Na eletrostática, grandes corpos (como o planeta Terra) podem ser simplificados como **condutores esféricos**.

- **A Fórmula:** O potencial  $V$  na superfície de uma esfera é  $V = k_0 \cdot Q/R$ .
- **O Cuidado Matemático:** A física exige unidades do Sistema Internacional (SI).
- **Referencial:** O potencial é medido em relação ao "infinito", onde o potencial é zero. Por isso, se a carga é negativa, o potencial será negativo.

### Proporcionalidade Inversa (A Lei do Quadrado e a Lei Linear)

É crucial distinguir como cada grandeza "varia" com a distância  $d$ :

- **Potencial Elétrico (V):** É inversamente proporcional à distância ( $V \propto \frac{1}{d}$ ).
- **Campo Elétrico (E):** É inversamente proporcional ao **quadrado** da distância ( $E \propto \frac{1}{d^2}$ ).

### 2.3 Transformação de Energia e Conservação

A Questão 30 aborda a dinâmica do movimento. Pense na eletrostática como a gravidade:

- **Trabalho Espontâneo:** Quando você solta uma carga positiva em um campo, ela "desce a ladeira" do potencial (vai do maior para o menor).
- **Troca de Energia:** Nesse movimento, a **Energia Potencial Eletrostática diminui** (o sistema gasta seu "estoque") e a **Energia Cinética aumenta** (a carga ganha velocidade).
- **Sistema Conservativo:** Em um campo uniforme, a soma  $E_c + E_p$  é constante. O que uma perde, a outra ganha exatamente na mesma proporção.

## 3. **Aprofundamento das aprendizagens**

### QUESTÃO 25

#### Descritores Prioritários Língua Portuguesa:

#### (D7) Identificar a tese de um texto.

"Embora o senso comum muitas vezes associe a eletricidade apenas a correntes fluindo em fios, a base do funcionamento de diversos dispositivos modernos, como os desfibriladores cardíacos e os sistemas de filtragem de poluentes industriais, reside no conceito de armazenamento. A capacidade de manter cargas elétricas em repouso sob a influência de um campo elétrico cria um reservatório de energia pronta para ser liberada. Sendo assim, a energia potencial eletrostática é o pilar fundamental para o desenvolvimento de tecnologias de resposta rápida, pois ela permite converter a posição estratégica de cargas no espaço em trabalho mecânico ou pulsos vitais de forma quase instantânea."

Levando em consideração a ideia contida no texto e os conceitos da eletrostática, analise o seguinte cenário: Duas cargas elétricas puntiformes positivas,  $Q_1 = 4 \times 10^{-6} \text{ C}$  e  $Q_2 = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$ , estão fixas no vácuo ( $k_0 = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ ) a uma distância inicial de 20 cm.

Se a distância entre elas for reduzida para 10 cm, a variação da Energia Potencial Eletrostática ( $E_p$ ) do sistema e a relação com o texto base indicam que:

- A) A  $E_p$  diminuiu 0,36 J, invalidando a ideia de que o sistema armazena energia para realizar trabalho futuro.
- B) A  $E_p$  aumentou 0,36 J, corroborando a ideia de que a posição das cargas no espaço atua como um reservatório de energia.
- C) A  $E_p$  aumentou 0,72 J, o que demonstra que a energia independe da distância, contrariando o texto.
- D) A  $E_p$  permaneceu constante, reforçando que tecnologias de resposta rápida dependem apenas da corrente elétrica.
- E) A  $E_p$  aumentou 0,18 J, confirmando que o trabalho mecânico é realizado espontaneamente pela repulsão.

**Gabarito: B**

**Resolução**

Dados:  $Q_1 = 4 \times 10^{-6} \text{ C}$ ;  $Q_2 = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$  e  $k_0 = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$

Distância inicial ( $d_1$ ) = 20 cm = 0,2 m e Distância final ( $d_2$ ) = 10 cm = 0,1 m

Utilizando a fórmula da Energia Potencial Eletrostática

$E_p = \frac{k_0 Q_1 Q_2}{d}$ , Calculando a Energia Potencial 1 e 2, temos:

$E_{p1} = 0,36 \text{ J}$  e  $E_{p2} = 0,72 \text{ J}$ . Variação da energia ( $\Delta E_p$ ):

$\Delta E_p = E_{p2} - E_{p1} = 0,72 - 0,36 = + 0,36 \text{ J}$

**COMENTÁRIO**

Esta questão procura integrar o cálculo físico como a interpretação de texto. Desta feita exige que o aluno identifique a tese (opinião central) do autor, fazendo com o estudante não apenas use as equações para calcular um resultado, mas interprete o que o valor calculado significa. Em relação ao texto, a tese é explicitada após o conectivo "sendo assim": a energia potencial eletrostática é o pilar fundamental para o desenvolvimento de tecnologias de resposta rápida, pois ela permite converter a posição estratégica de cargas no espaço em trabalho mecânico ou pulsos vitais de forma quase instantânea. A alternativa B é a única que conecta corretamente o resultado matemático ao argumento central do texto.

A) **Incorreta.** O erro está no cálculo da variação (ela aumenta ao aproximar cargas iguais) e na interpretação do texto.

B) **Gabarito.** O texto defende que a "posição estratégica de cargas no espaço" cria um "reservatório de energia" e os cálculos validam este argumento.

C) **Incorreta.** Valor numérico incorreto e conclusão lógica equivocada.

D) **Incorreta.** Erro conceitual (a energia potencial depende da distância).

E) **Incorreta.** Erro no cálculo matemático básico.

**QUESTÃO 26**

**Descritores Prioritários Língua Portuguesa:**

**(D4) Inferir uma informação implícita em um texto.**

Em uma usina termelétrica, a queima de combustíveis fósseis libera grandes quantidades de material particulado (fuligem). Para mitigar os impactos ambientais e atender aos protocolos de conservação do ar, essas usinas utilizam **precipitadores eletrostáticos**. Nesses dispositivos, as partículas de poluição recebem carga elétrica e são atraídas por placas metálicas com carga oposta, ficando retidas antes de saírem pela chaminé.

Considere uma partícula de fuligem, com carga negativa  $q$ , que é liberada em repouso de uma região próxima ao eletrodo emissor (ponto A) e se desloca em direção à placa coletora (ponto B), que possui um potencial elétrico superior ao de A.

Sobre a transformação de energia e o trabalho da força elétrica durante o deslocamento dessa partícula de A para B, é correto afirmar que:

A) A energia potencial eletrostática do sistema aumenta, pois a partícula se move a favor da força elétrica.

B) O trabalho realizado pela força elétrica é negativo, resultando em uma diminuição da energia cinética da partícula.

C) A energia potencial eletrostática é convertida em energia cinética, pois a partícula se desloca a favor da força elétrica

D) O potencial elétrico no ponto B é menor que no ponto A, garantindo que a energia potencial da partícula negativa seja máxima na placa coletora.

E) A conservação da energia mecânica não se aplica, pois a força elétrica é uma força dissipativa no interior do precipitador.

**Gabarito: C**

**Resolução:**

### 1. Análise do movimento espontâneo:

No eletromagnetismo, cargas elétricas negativas (como a partícula de fuligem  $q$  mencionada) tendem a se deslocar espontaneamente de regiões de menor potencial para regiões de maior potencial. O enunciado afirma que o potencial de B é superior ao de A ( $V_B > V_A$ ). Portanto, o deslocamento da partícula de A para B é um processo espontâneo realizado pela força elétrica.

### 2. Trabalho e Energia Cinética:

Sendo um movimento espontâneo a partir do repouso, a força elétrica realiza um **trabalho positivo** ( $W_{AB} > 0$ ). De acordo com o Teorema do Trabalho-Energia Cinética, o trabalho da força resultante é igual à variação da energia cinética. Assim, a partícula ganha velocidade, transformando energia.

### 3. Transformação de Energia Potencial:

A energia potencial eletrostática ( $E_p$ ) de uma carga em um ponto é dada por  $E_p = q \cdot V$ . Como a carga

$q$  é **negativa**:

- No ponto A (menor potencial): a energia potencial é maior (ex:  $-2 \cdot 10 = -20\text{J}$ ).
- No ponto B (maior potencial): a energia potencial é menor (ex:  $-2 \cdot 50 = -100\text{J}$ ).
- *Lembre-se que, em números negativos, -20 é maior que -100.*

Portanto, ao ir de A para B, a partícula **perde energia potencial eletrostática e ganha energia cinética**.

### COMENTÁRIO

A inferência garante que o estudante consegue conectar os elementos do texto ( $q$  é negativo, há atração, placa é oposta) para criar o modelo físico mental do campo elétrico. A capacidade de inferir a polaridade das placas ou o sentido da força é o que valida o cálculo físico subsequente. A caracterização das causas ou efeitos dos movimentos de partículas é a aplicação dos conceitos de Eletricidade e Energia (causas/efeitos) para resolver o problema do precipitador e uma vez que o estudante venha a inferir que o movimento é a favor da força elétrica ele poderá formalizar os efeitos das inferências feitas a partir do texto.

**A) Incorreta.** Sempre que uma partícula se move a favor da força elétrica (espontaneamente), a energia potencial do sistema **diminui**, não aumenta.

**B) Incorreta.** O trabalho é **positivo**, pois a força elétrica atua no mesmo sentido do deslocamento, aumentando a energia cinética.

**C) Gabarito.** A partícula converte sua energia potencial inicial em energia cinética (movimento) ao ser atraída para a placa de maior potencial.

**D) Incorreta.** O enunciado já afirma que o potencial em B é superior. Para uma carga negativa, a energia potencial é **mínima** onde o potencial elétrico é máximo.

**E) Incorreta.** A força elétrica é uma **força conservativa**. Na ausência de outras forças dissipativas relevantes (como a resistência do ar, que a questão simplifica ao focar na interação elétrica), a energia mecânica do sistema se conserva.

### QUESTÃO 27

#### Descritores Prioritários Matemática:

**(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.**

(Puccamp 2018) No interior das válvulas que comandavam os tubos dos antigos televisores, os elétrons eram acelerados por um campo elétrico. Suponha que um desses campos, uniforme e de intensidade  $4,0 \cdot 10^2 \text{ N/C}$ , acelerasse um elétron durante um percurso de  $5,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ . Sabendo que o módulo da carga elétrica do elétron é  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , a energia adquirida pelo elétron nesse deslocamento era de

- A)  $2,0 \cdot 10^{-25} \text{ J}$
- B)  $3,2 \cdot 10^{-20} \text{ J}$
- C)  $8,0 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- D)  $1,6 \cdot 10^{-17} \text{ J}$
- E)  $1,3 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

**Gabarito: B**

#### RESOLUÇÃO

Cálculo da força elétrica

$$F = q \cdot E \rightarrow F = 1,6 \cdot 10^{-19} \times 4,0 \cdot 10^2 = 6,4 \cdot 10^{-17} \text{ N}$$

Cálculo do trabalho realizado pela força elétrica

$W = F \times d \rightarrow W = 6,4 \cdot 10^{-17} \times 5,0 \cdot 10^{-4} = 32 \cdot 10^{-21}$  ou ajustando para notação científica  $3,2 \cdot 10^{-20}$  J. A energia adquirida pelo elétron nesse deslocamento foi de  $3,2 \cdot 10^{-20}$  J.

#### COMENTÁRIO

Esta questão possibilita avaliar a habilidade pontual e direta que envolve a interpretação de dados, a contextualização e uso de múltiplos conceitos matemáticos na resolução de uma equação do 1º grau, que dão suporte para o desenvolvimento das competências de raciocínio e resolução de problemas relacionados com a Física.

- A) **Incorreta.** Valor muito baixo, resultado de um erro no cálculo da potência de 10.  
B) **Gabarito.** Aplicação correta das equações  $F = q \cdot E$  e  $W = F \times d$  ou  $W = q \cdot E \cdot d$   
C) **Incorreta.** Valor incorreto, seria obtido se a multiplicação dos números fosse diferente ou se usasse a unidade errada.  
D) **Incorreta.** Valor muito alto, resultado de um erro de cálculo, talvez por multiplicar  $1,6 \times 4 \times 5 \times 10^{-19}$  sem ajustar as potências corretamente.  
E) **Incorreta.** Valor muito alto, provavelmente confundindo unidades ou fazendo um cálculo errado.

#### QUESTÃO 28

**Descritores Prioritários Matemática:**

**(15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.**

(Adaptada/UFTM-MG) O planeta Terra pode ser considerado um grande condutor esférico eletrizado negativamente com carga avaliada em  $-5,8 \cdot 10^5$  C. Seu raio é de aproximadamente  $6,4 \cdot 10^3$  km. Se o considerarmos isolado do universo, seu potencial elétrico será, em relação a um referencial no infinito, aproximadamente igual a:

(Dado:  $K_0 = 9 \cdot 10^9$  N.m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>)

- A)  $-9 \cdot 10^2$  V  
B)  $-6 \cdot 10^4$  V  
C)  $-1 \cdot 10^6$  V  
D)  $-4 \cdot 10^7$  V  
E)  $-8 \cdot 10^8$  V

**Gabarito: E**

#### RESOLUÇÃO

O potencial elétrico de um condutor esférico é calculado pela fórmula:

$V = \frac{K_0 Q}{R}$ . Em que:  $V$  é o potencial elétrico;  $K_0$  é a constante eletrostática no vácuo;  $Q$  é a carga elétrica e  $R$  é o raio do condutor

**Conversão de unidades do raio da Terra**

$R = 6,4 \cdot 10^3$  km =  $6,4 \cdot 10^6$  m

**Dados:**  $K_0 = 9 \cdot 10^9$  N.m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>;  $Q = -5,8 \cdot 10^5$  C e  $R = 6,4 \cdot 10^6$  m

**Cálculo do potencial elétrico**

Substituindo os dados na fórmula  $V = \frac{K_0 Q}{R}$  Chegamos ao potencial elétrico da Terra que é aproximadamente igual a:  $V \approx -8 \cdot 10^8$  V

#### COMENTÁRIO

Inicialmente, esta questão exige que o estudante converta a unidade de medida do raio da Terra, de quilômetro para metro, para garantir a consistência do cálculo do potencial elétrico.

Ao utilizar o planeta Terra como modelo físico (condutor esférico isolado) aproxima-se um conceito abstrato da realidade do estudante e, neste caso, é importante frisar para o aluno que ele está usando um modelo simplificado para um sistema complexo. Abre-se a possibilidade para avaliar não apenas o conhecimento da fórmula do potencial elétrico, mas também a proficiência matemática básica (conversão de unidades) e a capacidade de interpretar e aplicar leis físicas a um cenário específico.

- A) **Incorreta.** Valor muito baixo, indica um erro de cálculo ou escala.  
B) **Incorreta.** Valor baixo.  
C) **Incorreta.** Valor na ordem de milhões, mas ainda subestima o resultado correto em cerca de 800 vezes.  
D) **Incorreta.** Valor na ordem de dezenas de milhões, mas subestima o resultado em cerca de 20 vezes.  
E) **Gabarito.** Valor que mais se aproxima do cálculo exato.

### **QUESTÃO 29**

**Descritores Prioritários Matemática:**

**(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.**

(URCA/2024.1) Considere uma dada carga elétrica puntiforme em repouso num referencial inercial.

Se o campo e o potencial eletrostáticos associados a esta carga num ponto a uma distância  $d$  desta tiverem módulos, respectivamente,  $E$  e  $V$  então a uma distância  $3d$  o campo e o potencial eletrostáticos terão, respectivamente, módulos:

- A)  $4E$  e  $2V$ .
- B)  $2E$  e  $4V$ .
- C)  $\frac{E}{9}$  e  $\frac{V}{3}$ .
- D)  $4E$  e  $4V$ .
- E)  $E$  e  $V$ .

**Gabarito: C**

#### **RESOLUÇÃO**

**Temos:** Carga pontual  $Q$  (em repouso); A uma distância  $d$ , o campo elétrico é  $E$  e o potencial é  $V$  e Queremos saber o campo  $E'$  e o potencial  $V'$  a uma distância  $3d$ .

**Fórmulas:** Módulo do campo elétrico:  $E = k |Q|/d^2$  e Módulo do potencial elétrico:  $V = k Q/d$

Calculando a nova distância  $3d$ . Novo campo ( $E'$ ):  $E' = \frac{E}{9}$  e Novo potencial ( $V'$ ):  $V' = \frac{V}{3}$

A alternativa correta é a letra C

#### **COMENTÁRIO**

Aqui pode-se avaliar a capacidade de reconhecer e estabelecer relações de proporcionalidade entre grandezas físicas a partir de fórmulas, para isso é necessário que o estudante identifique como as grandezas  $E$  e  $V$  variam em função da distância. Há também aqui a oportunidade de avaliar a aplicação do conhecimento científico para interpretar situações-problemas e prever resultados com base em modelos (fórmulas).

- A) Incorreta. Fatores errados para ambas as grandezas.
- B) Incorreta. Fatores errados.
- C) Gabarito. Corresponde exatamente à dedução.
- D) Incorreta. Fatores errados.
- E) Incorreta. Significa que a distância não mudou.

### **QUESTÃO 30**

**Descritores Prioritários Língua Portuguesa:**

**(D11) Estabelecer relação causa/consequência entre partes e elementos do texto.**

(Puc-Rio 2008) Uma carga positiva puntiforme é liberada a partir do repouso em uma região do espaço onde o campo elétrico é uniforme e constante. Se a partícula se move na mesma direção e sentido do campo elétrico, a energia potencial eletrostática do sistema

- A) aumenta e a energia cinética da partícula aumenta.
- B) diminui e a energia cinética da partícula diminui.
- C) e a energia cinética da partícula permanecem constantes.
- D) aumenta e a energia cinética da partícula diminui.
- E) diminui e a energia cinética da partícula aumenta.

**Gabarito: E**

#### **RESOLUÇÃO**

**Força Elétrica e Deslocamento:** Quando uma carga positiva ( $q>0$ ) é liberada em um campo elétrico ( $\vec{E}$ ) uniforme e constante, ela sofre uma força elétrica ( $\vec{F} = q\vec{E}$ ) na mesma direção e sentido do campo, pois a carga é positiva.

**Trabalho Realizado:** Como a força e o deslocamento (velocidade) são na mesma direção e sentido, a força elétrica realiza um trabalho positivo sobre a partícula. O trabalho é positivo quando a força e o deslocamento têm o mesmo sentido.

**Conservação de Energia:** Pelo princípio da conservação da energia mecânica (eletrostática), o trabalho realizado pela força elétrica é igual à variação da energia cinética ( $\Delta E_c = W_{elétrica}$ ) e causa uma diminuição na energia potencial eletrostática ( $\Delta E_p = -W_{elétrica}$ ).

**Energia Cinética Aumenta:** Como o trabalho é positivo, a energia cinética da partícula ( $E_c = 1/2mv^2$ ) **aumenta**. A partícula acelera.

**Energia Potencial Diminui:** Como o trabalho é positivo, a energia potencial eletrostática ( $E_p = qV$ ) do sistema **diminui**, pois a carga está se movendo de uma região de maior potencial para uma de menor potencial.

Portanto, a energia potencial eletrostática diminui e a energia cinética da partícula aumenta, confirmando a alternativa **E**.

#### COMENTÁRIO

Esta questão ilustra um sistema conservativo, onde a energia mecânica total ( $E_{mec} = E_c + E_p$ ) se conserva, desde que não haja forças dissipativas (como atrito ou resistência do ar, que não são mencionadas). A análise da questão exige que o aluno reconheça a transferência de energia dentro do sistema. A energia potencial eletrostática está sendo convertida em energia cinética. A diminuição de uma é diretamente proporcional ao aumento da outra, mantendo a soma constante. Aqui, o professor pode avaliar a capacidade do estudante de **identificar** as formas de energia envolvidas (eletrostática e cinética), **relacionar** a causa (o trabalho do campo) com o efeito (as variações nas energias potencial e cinética), **generalizar** o conceito para outros sistemas, como um circuito elétrico (onde a energia potencial é convertida em térmica/luminosa) ou um gerador (conversão de mecânica em elétrica).

A) Incorreto. O trabalho positivo aumenta a cinética, mas diminui o potencial.

B) Incorreto. O trabalho positivo aumenta a cinética, não diminui.

C) Incorreto. A partícula ganha velocidade (cinética aumenta), então não é constante.

D) Incorreto. A energia potencial diminui, não aumenta, e a cinética aumenta.

E) Gabarito. O trabalho positivo da força elétrica converte energia potencial em cinética, diminuindo a potencial e aumentando a cinética (velocidade).

#### 4. Quadro de habilidades e descritores usados

Questão	Habilidade de Ciências Naturais (ENEM)	Descritores prioritários acionados		Gabarito
		Língua Portuguesa	Matemática	
25	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D7) Identificar a tese de um texto.		B
26	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D4) Inferir uma informação implícita em um texto.		C
27	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.		(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.	B
28	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.		(15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.	E
29	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.		(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.	C

30	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D11) Estabelecer relação causa/consequência entre partes e elementos do texto.	E
----	---	--	---

**3º SÉRIE**

**6ª SEMANA**

**1. Organizador Curricular**

Competência de área 6	Habilidade (ENEM)	Objeto do conhecimento
Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	Potencial elétrico Energia potencial eletrostática Trabalho de uma força elétrica Diferença de potencial Capacitância Indução eletrostática O potencial da Terra

**2. De olho no conceito** 

**2.1 Trabalho da Força Elétrica e Conservação da Energia**

Quando uma carga é abandonada em um campo elétrico, a força elétrica realiza trabalho, convertendo energia potencial em energia cinética.

- **A "Leitura" da Figura:** Em problemas com superfícies equipotenciais, o trabalho ( $W$ ) depende da diferença de potencial entre o ponto de partida ( $V_A$ ) e o de chegada ( $V_B$ ).
- **Fórmula Principal:**  $W_{AB} = q \cdot (V_A - V_B)$ .
- **Cálculo da Velocidade:** Pelo Teorema do Trabalho-Energia Cinética,  $W_{AB} = \Delta E_c$ . Se a partícula parte do repouso:

$$q(V_A - V_B) = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

- **Cuidado Métrico:** Lembre-se sempre de converter unidades para o SI (ex:  $2\mu C = 2 \cdot 10^{-6}C$ ).

**2.2 Trabalho Motor vs. Trabalho Resistente**

- **Trabalho Motor ( $W > 0$ ):** Ocorre quando a força elétrica atua a favor do movimento (ex: carga positiva se movendo no sentido do campo).
  - **Consequência:** Aumento da energia cinética e da velocidade.
- **Trabalho Resistente ( $W < 0$ ):** Ocorre quando a força atua contra o movimento.
  - **Consequência:** Diminuição da energia cinética (frenagem).
- **Campo Elétrico Uniforme:** O trabalho pode ser calculado diretamente pela distância  $d$  percorrida na direção das linhas de força:  $W = q \cdot E \cdot d$ .

**Independência da Trajetória e Superfícies Equipotenciais (Questão 33)**

A força elétrica é uma **força conservativa**, o que permite inferências importantes sobre o trabalho:

- **Independência do Caminho:** O trabalho realizado para mover uma carga entre dois pontos depende apenas do potencial inicial e final, e **não do formato da trajetória** (curva, reta ou complexa).
- **Superfícies Equipotenciais:** São regiões onde o potencial elétrico é constante.
  - Se uma carga começa e termina na **mesma linha**, o trabalho é **zero**.

- O trabalho será **máximo** (em módulo) quando a carga atravessar a maior diferença de potencial possível (o maior número de "degraus" de voltagem).

### 2.3 Modelo Clássico de Corrente Elétrica

Diferente do senso comum, a corrente elétrica não é o deslocamento de um "fluido" que se desgasta, nem depende de elétrons viajando da bateria até a lâmpada em alta velocidade.

- O Papel do Campo Elétrico: Ao fechar um interruptor, a bateria estabelece um campo elétrico em todo o fio quase à velocidade da luz.
- Movimento Coletivo: Os elétrons livres já estão presentes em todo o metal. O campo elétrico faz com que todos comecem a se mover simultaneamente.
- Velocidade de Deriva: Individualmente, os elétrons se movem devagar (milímetros por segundo), mas a lâmpada acende instantaneamente porque o elétron que já estava dentro do filamento começa a se mover no mesmo instante que o campo chega até ele.

#### Análise Gráfica do Potencial (V x d)

O potencial elétrico gerado por uma carga puntiforme é uma grandeza escalar que diminui conforme nos afastamos da fonte.

- **Relação Matemática:** O potencial é inversamente proporcional à distância:  $V = k_0 \cdot \frac{q}{d}$ .
- **Sinal da Carga:**  
**Carga Positiva (+Q):** Gera potenciais positivos ( $V > 0$ ). No gráfico, a curva está acima do eixo horizontal.  
**Carga Negativa (-Q):** Gera potenciais negativos ( $V < 0$ ). A curva estaria no quadrante inferior.
- **Trabalho e Diferença de Potencial (ddp)** (Questão 36)  
 O trabalho da força elétrica quantifica a energia transformada durante o deslocamento de uma carga entre dois pontos de potenciais diferentes.
- **Equação do Trabalho:**  $W_{AB} = q \cdot (V_A - V_B)$ .
- **Diferença de Potencial (U):** Representa a "voltagem" entre dois pontos. Se o trabalho realizado sobre uma carga positiva é positivo, ela está se movendo naturalmente para um potencial menor ( $V_A > V_B$ ).

### 3. **Aprofundamento das aprendizagens**

#### QUESTÃO 31

##### Descritores Prioritários Língua Portuguesa:

##### (D4) Inferir uma informação implícita em um texto.

(VUNESP-SP) Uma partícula, de massa  $1 \times 10^{-5}$  kg e eletrizada com carga  $2 \mu\text{C}$ , é abandonada no ponto A de um campo elétrico uniforme, cujas linhas de força e superfícies equipotenciais estão representadas na figura.

A velocidade com que atingirá o ponto B, em m/s, será de

- A) 4.
- B) 6.
- C) 10.
- D) 16.
- E) 20.

**Gabarito: A**

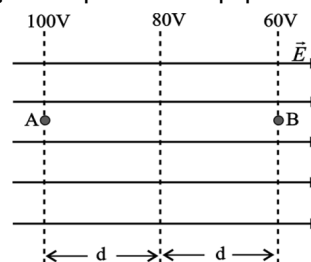
#### RESOLUÇÃO

Dados:  $m = 1 \times 10^{-5}$  kg;  $q = 2 \mu\text{C} = 2 \times 10^{-6}$  C;  $V_A = 0$ ;  $V_B = ?$ ;  $V_A = 100$  V e  $V_B = 60$

Fórmulas: Trabalho  $W_{AB} = q \cdot (V_A - V_B) \rightarrow$  Energia Cinética  $W_{AB} = E_{cB} - E_{cA}$ . Como  $E_{cA} = 0$  (partícula parte do repouso) ficamos com  $W_{AB} = E_{cB}$  e chegamos ao resultado de  $v_B = 4$  m/s, a alternativa correta é a letra **A**.

#### COMENTÁRIO

Nesta questão, tem-se a possibilidade de avaliar a alfabetização métrica, em que o estudante precisa reconhecer a necessidade de padronização das unidades (SI) e saber realizar as conversões (múltiplos e submúltiplos) para garantir a coerência dimensional dos cálculos, uma competência básica para qualquer ciência exata. Uma outra avaliação diagnóstica que pode ser feita, em relação aos estudantes, é a habilidade para interpretar a figura que acompanha o enunciado (campo elétrico, linhas de força e superfícies equipotenciais), extraindo informações das representações visuais, ou seja, é preciso que o estudante "leia a figura" para entender a configuração do campo e a trajetória da partícula para em seguida realizar o cálculo matemático



que leva a resposta. Poderíamos dizer, desta forma, diante da proposta deste material de apoio pedagógico, que esta questão atenderia tanto o descritor D15 de Matemática quanto o descritor (D4) de Língua Portuguesa.

- A) Gabarito. Resulta da aplicação correta da conservação de energia com os dados da figura.  
B) Incorreta. São valores obtidos caso o aluno erre a conversão de unidades (como microcoulomb para coulomb) ou utilize incorretamente a diferença de potencial entre as superfícies equipotenciais da figura.  
C) Incorreta. São valores obtidos caso o aluno erre a conversão de unidades (como microcoulomb para coulomb) ou utilize incorretamente a diferença de potencial entre as superfícies equipotenciais da figura.  
D) Incorreta. São valores obtidos caso o aluno erre a conversão de unidades (como microcoulomb para coulomb) ou utilize incorretamente a diferença de potencial entre as superfícies equipotenciais da figura.  
E) Incorreta. São valores obtidos caso o aluno erre a conversão de unidades (como microcoulomb para coulomb) ou utilize incorretamente a diferença de potencial entre as superfícies equipotenciais da figura.

### **QUESTÃO 32**

**Descritor de Língua Portuguesa:**

**(D11) Estabelecer relação causa/consequência entre partes e elementos do texto.**

Considere uma partícula eletrizada com carga positiva  $q = 2,0 \times 10^{-6}$  C que é abandonada em um ponto **A** de um campo elétrico uniforme de intensidade  $E = 5,0 \times 10^3$  V/m. Sob a ação exclusiva da força elétrica, a partícula se desloca por uma distância de 0,4 m até atingir um ponto **B**, seguindo a mesma direção e sentido das linhas de força.

Com base na situação descrita e considerando que o trabalho realizado pela força elétrica representa a variação da energia potencial, assinale a alternativa que apresenta, corretamente, o valor do trabalho realizado sobre a partícula e a consequência desse movimento para a sua energia cinética é

- A)  $4,0 \times 10^{-3}$  J e a energia cinética da partícula diminui, **visto que** o trabalho é resistente.  
B)  $2,0 \times 10^{-3}$  J e a energia cinética da partícula aumenta, **porque** o trabalho realizado é motor.  
C)  $4,0 \times 10^{-3}$  J e a energia cinética da partícula permanece constante, **embora** haja deslocamento.  
D)  $4,0 \times 10^{-3}$  J e a energia cinética da partícula aumenta, **dado que** a força elétrica realiza um trabalho motor.  
E)  $2,0 \times 10^{-3}$  J e a energia cinética da partícula diminui, **contudo** a velocidade aumenta.

**Gabarito: D**

### **RESOLUÇÃO**

Dados:  $q = 2,0 \times 10^{-6}$ ;  $E = 5,0 \times 10^3$ ;  $d = 0,4$  m. Fórmula:  $W = q \cdot E \cdot d \rightarrow W = 4,0 \times 10^{-3}$  J

### **COMENTÁRIO**

Observe que aqui há necessidade que o estudante analise as alternativas, já que apenas o valor numérico calculado não é suficiente para responder corretamente a questão, isto porque as alternativas apresentam uma combinação de um fato (o valor numérico do trabalho) e uma opinião ou conclusão (a variação da energia cinética e sua justificativa). A alternativa D é a única em que tanto o fato apresentado quanto a opinião/conclusão derivada estão corretos e são coerentes com as leis da física descritas no enunciado. Em uma questão que exige conhecimento factual (física), a "opinião" deve ser uma conclusão logicamente válida baseada nos fatos e leis científicas. O estudante deve perceber que o aumento da energia cinética é uma consequência direta do fato de a força elétrica realizar trabalho motor. A questão exige que o estudante não apenas calcule, mas identifique a coerência lógica entre o fenômeno físico e os conectivos que ligam as orações.

- A) Incorreta. O trabalho é motor e a energia cinética aumenta. A conjunção "visto que" (um marcador de causa) é usada corretamente na estrutura, mas o fato físico está errado.  
B) Incorreta. O valor do trabalho (pelos cálculos da questão) seria  $4,0 \times 10^{-9}$  J, não  $2,0 \times 10^{-3}$  J. Conceitualmente, a relação de causa ("porque o trabalho realizado é motor") e consequência ("energia cinética da partícula aumenta") está correta, mas o valor numérico está errado.  
C) Incorreta. A energia cinética aumenta. O conectivo "embora" introduz uma concessão que não se aplica ao caso físico.

D) Gabarito. Como a carga é **positiva** e se move no **mesmo sentido** das linhas de campo, a força elétrica atua a favor do movimento. Isso caracteriza um **trabalho motor** ( $W > 0$ ). De acordo com o Teorema do Trabalho-Energia Cinética, o trabalho resultante positivo provoca um **aumento na energia cinética** da partícula. A locução conjuntiva "dado que" (marcador de causa/justificativa) estabelece perfeitamente a relação lógica de causa e consequência: a causa (trabalho motor) leva à consequência (aumento da energia cinética).

E) Incorreta. O valor numérico está errado, a energia cinética aumenta (não diminui) e a última parte ("contudo a velocidade aumenta") contradiz a primeira parte da consequência ("energia cinética diminui"), o que demonstra uma incoerência lógica, algo que o D11 ajuda a identificar.

### QUESTÃO 33

**Descritores Prioritários Língua Portuguesa:**

**(D4) Inferir uma informação implícita em um texto.**

(UNIFESP) Na figura, as linhas tracejadas representam superfícies equipotenciais de um campo elétrico; as linhas cheias I, II, III, IV e V representam cinco possíveis trajetórias de uma partícula de carga  $q$ , positiva, realizadas entre dois pontos dessas superfícies, por um agente externo que realiza trabalho mínimo.

A trajetória em que esse trabalho é maior, em módulo, é:

- A) I.
- B) II.
- C) III.
- D) IV.
- E) V.

**Gabarito: E**

### RESOLUÇÃO

A trajetória com o maior trabalho em módulo é a V (alternativa E), pois a partícula positiva ( $q$ ) se move da superfície equipotencial de menor potencial (mais "abaixo") para uma de maior potencial ("acima"), percorrendo a maior distância entre as superfícies e, conseqüentemente, a maior diferença de potencial ( $\Delta V$ ), o que resulta em trabalho maior ( $W = q\Delta V$ ) para o agente externo realizar o mínimo trabalho (se oposição à força elétrica).

### COMENTÁRIO

Tem-se, nesta questão, a possibilidade de avaliar a habilidade de deduzir algo que não está escrito de forma direta, mas que é sugerido por meio da pista que estão na figura que representa as superfícies equipotenciais de um campo elétrico e ir além do que está desenhado, ou seja, "ler o que não está escrito explicitamente" para encontrar uma lógica de causa e consequência, utilizando a ideia de que o trabalho de uma força conservativa depende apenas dos pontos inicial e final, e não do caminho percorrido. Em suma, enquanto a Física fornece o conteúdo (trabalho e potencial), a linguagem (texto e imagem) fornece a ferramenta de transporte, o código que organiza este conteúdo para que ele faça sentido lógico e possa ser comunicado e interpretado.

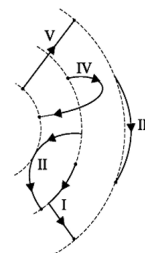
A) Incorreta. Deslocam-se entre duas superfícies equipotenciais adjacentes (atravessam apenas "um degrau" de potencial).

B) Incorreta. Começam e terminam na mesma superfície equipotencial. Como o potencial é o mesmo nesses pontos ( $V_{\text{final}} = V_{\text{inicial}}$ ), a diferença de potencial é zero e o trabalho realizado é nulo.

C) Incorreta. Começam e terminam na mesma superfície equipotencial. Como o potencial é o mesmo nesses pontos ( $V_{\text{final}} = V_{\text{inicial}}$ ), a diferença de potencial é zero e o trabalho realizado é nulo.

D) Incorreta. Deslocam-se entre duas superfícies equipotenciais adjacentes (atravessam apenas "um degrau" de potencial).

E) Gabarito. É a única que cruza três superfícies equipotenciais, deslocando a carga do nível mais baixo para o mais alto (ou vice-versa), cobrindo uma variação de potencial maior do que as outras opções, por este motivo o trabalho realizado será maior.



### QUESTÃO 34

**Descritores Prioritários Língua Portuguesa:**

**(D4) Inferir uma informação implícita em um texto.**

(Enem 2013) Um circuito em série é formado por uma pilha, uma lâmpada incandescente e uma chave interruptora. Ao ligar a chave, a lâmpada acende quase instantaneamente, irradiando calor e luz. Popularmente, associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente

elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar. Essa explicação está em desacordo com o modelo clássico de corrente.

De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que

- A) o fluido elétrico se desloca no circuito.
- B) as cargas negativas móveis atravessam o circuito.
- C) a bateria libera cargas móveis para o filamento da lâmpada.
- D) o campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.
- E) as cargas positivas e negativas se chocam no filamento da lâmpada.

**Gabarito: D**

### RESOLUÇÃO

A alternativa correta é a letra **D**, pois, no modelo clássico, a corrente é a propagação quase instantânea de um campo elétrico que move os elétrons livres já presentes em todo o condutor, não sendo um processo lento de "liberação" ou "deslocamento" de cargas, mas sim uma resposta coletiva e imediata à perturbação do campo elétrico gerada pela pilha ao fechar a chave.

### COMENTÁRIO

Nesta questão, o aluno precisa entender a "explicação popular" (desgaste da corrente, rapidez do brilho) e perceber que o texto a coloca em desacordo com o modelo científico. Essa compreensão requer inferir o sentido pretendido pelo autor ao contrastar o senso comum com o conhecimento formal. Para escolher a alternativa D, o estudante deve inferir a causa real do acendimento instantâneo, que não é diretamente afirmada no texto, mas sim esperada como conhecimento de física. O texto fornece a pista crucial: a explicação popular está "em desacordo com o modelo clássico de corrente".

A) Incorreta. O "fluido elétrico" é uma visão antiga (modelo de Franklin); a corrente é o movimento de elétrons, mas a velocidade do campo é o fator chave, não a velocidade do "fluido".

B) Incorreta. Embora elétrons se movam, eles se movem lentamente (deriva), mas o *efeito* da corrente é quase instantâneo porque todos os elétrons livres no fio começam a se mover ao mesmo tempo, impulsionados pelo campo.

C) Incorreta. A bateria não "libera" elétrons como se fossem um estoque; os elétrons já estão no fio. A bateria cria a diferença de potencial (ddp) que impulsiona o movimento.

D) Gabarito. Ao fechar a chave, um campo elétrico se propaga quase à velocidade da luz por todo o circuito, fazendo com que *todos* os elétrons livres presentes no metal comecem a se mover simultaneamente, acendendo a lâmpada instantaneamente.

E) Incorreta. Choques (colisões) dos elétrons com os átomos do filamento causam aquecimento e luz (efeito Joule), mas não explicam a *rapidez* com que a corrente se inicia em todo o circuito; essa é a função do campo elétrico.

### QUESTÃO 35

**Descritores Prioritários Matemática:**

**(D34) Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.**

(UFLA-MG) O diagrama potencial elétrico versus distância de uma carga elétrica puntiforme Q no vácuo é mostrado a seguir. Considere a constante eletrostática do vácuo  $K_0 = 9,0 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ . Pode-se afirmar que o valor de Q é

- A)  $+ 3,0 \cdot 10^{-12} \text{ C}$
- B)  $+ 0,1 \cdot 10^{-12} \text{ C}$
- C)  $+ 3,0 \cdot 10^{-9} \text{ C}$
- D)  $+ 0,1 \cdot 10^{-9} \text{ C}$
- E)  $- 3,0 \cdot 10^{-12} \text{ C}$

**Gabarito: D**

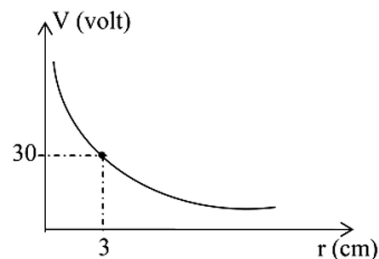
### RESOLUÇÃO

Dados:  $d = 3 \text{ cm} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ ;  $V = 30 \text{ V}$  e  $K = 9,0 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

Fórmula:  $V = \frac{kQ}{d}$  ou  $Q = \frac{Vd}{k}$ . Substituindo os dados na fórmula, temos  $Q = + 0,1 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ , a alternativa correta é a letra D

### COMENTÁRIO

Pode-se avaliar aqui a habilidade do estudante de ler e interpretar um gráfico em que duas variáveis estão relacionadas (potencial elétrico versus distância), em que, para resolver a questão, é necessário extrair dados numéricos do gráfico e utilizar conhecimentos de Física para interpretar o fenômeno. Assim, espera-se que o aluno seja capaz de transitar entre diferentes



representações (do gráfico para a fórmula matemática e vice-versa) e aplicar o conhecimento conceitual para resolver uma situação-problema contextualizada.

A) Incorreta. Este valor resultaria de um erro de cálculo na ordem de grandeza da distância ou da constante, resultando em um potencial muito menor do que o indicado.

B) Incorreta. O valor numérico 0,1 está correto, mas a potência de dez ( $10^{-12}$ , que é pico) está errada para os dados do gráfico (que resultam em nano  $10^{-9}$ ).

C) Incorreta. Este valor ocorreria se o estudante confundisse a simplificação entre o 3 da distância e o 9 da constante, ou se invertesse a fórmula.

D) Gabarito. O valor é positivo pois o potencial  $V$  no gráfico é positivo. O cálculo matemático respeita a relação inversamente proporcional entre potencial e distância.

E) Incorreta. Além do erro no valor numérico e na potência, a carga não pode ser negativa, pois o gráfico de potencial para uma carga negativa estaria representado no quarto quadrante (valores de  $V$  negativos)

### QUESTÃO 36

**Descritores Prioritários Matemática:**

**(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.**

(UFSM/RS) Uma partícula com carga  $q = 2 \cdot 10^{-7} C$  se desloca do ponto A ao ponto B, que se localiza em uma região em que existe um campo elétrico. Durante esse deslocamento, a força elétrica realiza um trabalho igual a  $4 \cdot 10^{-3} J$  sobre a partícula. A diferença de potencial  $U_A - U_B$  entre os dois pontos considerados vale, em V:

A)  $-8 \cdot 10^{-10}$

B)  $8 \cdot 10^{-10}$

C)  $-2 \cdot 10^4$

D)  $2 \cdot 10^4$

E)  $0,5 \cdot 10^{-4}$

**Gabarito: D**

### RESOLUÇÃO

Dados: Carga ( $q$ ):  $2 \cdot 10^{-7} C$ ; Trabalho ( $W_{AB}$ ):  $4 \cdot 10^{-3} J$  e Diferença de Potencial ( $V_A - V_B$ ): ?

Fórmula:  $W_{AB} = q \cdot (V_A - V_B)$ . Resultado:  $V_A - V_B = 2 \cdot 10^4 V$

### COMENTÁRIO

Aqui pode-se avaliar a capacidade de utilizar grandezas e unidades de medida ao identificá-las e convertê-las realizando cálculos com potências de 10. Há também a possibilidade de se verificar a habilidade de relacionar o conceito de trabalho realizado por uma força elétrica com o de potencial elétrico e a energia elétrica em um campo elétrico.

A) Incorreta. Resultariam de cálculos incorretos com potências ou com a divisão incorreta.

B) Incorreta. Resultariam de cálculos incorretos com potências ou com a divisão incorreta.

C) Incorreta. Inverteria a ordem de  $V_A - V_B$ , tal vez calculando  $V_B - V_A$ , ou não consideraria o sinal da carga.

D) Gabarito. O resultado é positivo e na ordem de grandeza correta, indicando que a partícula se move de um ponto de potencial maior para um menor, pois a força realiza trabalho positivo.

E) Incorreta. Incorreta, resultado de uma divisão errada.

### 4. Quadro de habilidades e descritores usados

Questão	Habilidade de Ciências Naturais (ENEM)	Descritores prioritários acionados		Gabarito
		Língua Portuguesa	Matemática	

31	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D4) Inferir uma informação implícita em um texto.		A
32	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D11) Estabelecer relação causa/consequência entre partes e elementos do texto.		D
33	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D4) Inferir uma informação implícita em um texto.		E
34	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D4) Inferir uma informação implícita em um texto.		D
35	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.		(D34) Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.	D
36	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.		(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.	D

**3º SÉRIE**

**7ª SEMANA**

**1. Organizador Curricular**

Competência de área 6	Habilidade (ENEM)	Objeto do conhecimento
Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	Potencial elétrico Energia potencial eletrostática Trabalho de uma força elétrica Diferença de potencial Capacitância Indução eletrostática O potencial da Terra

## 2. De olho no conceito

### 2.1 Modelagem Gráfica do Potencial (V x d)

O potencial elétrico de uma carga puntiforme é uma grandeza escalar que diminui conforme a distância aumenta.

- **Função Hipérbole:** A relação  $V = k \cdot \frac{Q}{d}$  define que V é inversamente proporcional a d. Matematicamente, isso não é uma reta, mas uma hipérbole equilátera.
- **Análise de Quadrantes:** Se a carga Q é positiva, V será sempre positivo (1º quadrante). Se Q fosse negativa, a hipérbole estaria no 4º quadrante (abaixo do eixo d).
- **Comportamento Assintótico:** O gráfico nunca toca os eixos. Se a distância é quase zero, o potencial é infinito; se a distância é infinita, o potencial tende a zero.

### O Princípio da Superposição e Simetria

No ponto médio entre duas cargas de sinais opostos (+q e -q), as grandezas físicas comportam-se de formas distintas devido à sua natureza (vetorial ou escalar):

- **Campo Elétrico (E):** É uma grandeza vetorial. O campo da carga positiva "sai" dela e o da negativa "entra" nela. No ponto médio, ambos os vetores apontam para o mesmo lado, resultando em um campo total não nulo (soma dos módulos).
- **Potencial Elétrico (V):** É uma grandeza escalar (apenas número e sinal). No ponto médio, as distâncias são iguais. Como  $V_1 = +\frac{kq}{d}$  e  $V_2 = -\frac{kq}{d}$ , a soma algébrica é exatamente zero.

### 2.2 Conservação de Energia e Velocidade de Partículas

Quando um próton (carga positiva) se move em um campo elétrico uniforme a favor das linhas de força, ele converte energia potencial em cinética.

- **Trabalho e Voltagem:** O trabalho realizado pela força elétrica é dado por  $W = q \cdot U$ , onde U é a diferença de potencial (ddp).
- **Balanzo Energético:** Pelo teorema da conservação da energia (partindo do repouso):

$$q \cdot U = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

### Capacitância e a Geometria do Condutor

A capacitância (C) é a medida da capacidade de um corpo armazenar cargas elétricas para uma determinada diferença de potencial (V).

- **A Constante Física:** Para um condutor isolado, a capacitância depende **apenas** de sua forma, tamanho (geometria) e do meio onde está. No caso de uma esfera:  $C = 4\pi\epsilon_0 R$ .
- **Relação de Proporcionalidade:** A equação fundamental é  $Q = C \cdot V$ . Como C é constante para um objeto fixo, a carga (Q) e o potencial (V) são **diretamente proporcionais**.
- **Conclusão Lógica:** Se você dobrar a carga (2Q), o potencial elétrico também dobrará (2V), mas a capacitância (C) permanecerá a mesma, pois o objeto físico não mudou.

### 2.3 Energia Armazenada em Capacitores

Capacitores são dispositivos projetados para armazenar energia potencial elétrica e liberá-la rapidamente.

- **Fórmulas de Energia (E<sub>p</sub>):**  $E_p = \frac{cV^2}{2} \rightarrow E_p = \frac{QV}{2} \rightarrow E_p = \frac{Q^2}{2C}$
- **Interpretação de Tabelas:** Em contextos práticos (como a medicina), a energia necessária pode depender de outras variáveis. No caso da cardioversão infantil, a energia é proporcional à massa: Energia = Dosagem x Massa.
- **Cálculo Inverso:** Para encontrar a capacitância a partir da energia e da tensão, isolamos o termo:  $C = \frac{2E_p}{V^2}$ .

### Carga Elétrica e Seleção de Dados

Problemas de física contextualizados podem apresentar informações extras para testar a capacidade de **seleção de dados pertinentes**.

- **Cálculo da Carga (Q):** A relação mais direta é  $Q = CV$ . Se o problema pede a carga e fornece a capacitância e a tensão, a informação sobre a energia (220J) torna-se redundante.

- **Alfabetização Métrica:** O prefixo **micro** ( $\mu$ ) é onipresente em capacitores e equivale a  $10^{-6}$ . Assim,  $70 \mu\text{F} = 70 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ .
- **Consistência de Unidades:**  $\text{C}(\text{Farads}) \times \text{V}(\text{Volts}) = \text{Q}(\text{Coulombs})$ .

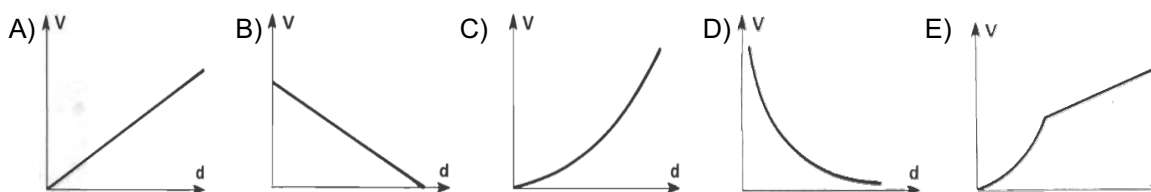
### 3. **Aprofundamento das aprendizagens**

#### **QUESTÃO 37**

**Descritores Prioritários Matemática:**

**(D34) Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.**

(Eng. Santos-SP) Dos gráficos abaixo, somente um pode melhor representar o potencial elétrico (V), em relação ao infinito, de uma carga puntiforme, positiva, em função da distância (d) à carga, que é:



**Gabarito: D**

#### **RESOLUÇÃO**

A equação que descreve a relação entre potencial elétrico (V) e distância (d), para uma carga puntiforme positiva é:

$$V = \frac{kQ}{d}$$

Em que: **V** é o potencial elétrico; **k** é a constante eletrostática do meio.; **Q** é o valor da carga elétrica (positiva neste caso) e **d** é a distância da carga ao ponto considerado.

Assim, podemos deduzir as seguintes características para o gráfico **V** versus **d**:

Como **k**, **Q** e **d** são positivos, o potencial **V** será sempre positivo. Isso significa que o gráfico deve estar inteiramente no primeiro quadrante (eixo **V** positivo, eixo **d** positivo).

O potencial **V** é inversamente proporcional à distância **d**. Isso indica uma curva que diminui à medida que **d** aumenta. Comportamento assintótico

Quando **d** se aproxima de zero, **V** tende ao infinito e quando **d** tende ao infinito, **V** tende a zero.

O gráfico tem uma função inversamente proporcional, é uma hipérbole equilátera

#### **COMENTÁRIO**

A questão, ao exigir a escolha do gráfico correto com base em uma lei física, avalia a capacidade do aluno de modelar um fenômeno físico utilizando ferramentas matemáticas (funções e gráficos). Abre-se aqui a possibilidade de avaliar o conhecimento de Física (Potencial Elétrico) e, simultaneamente, habilidades matemáticas essenciais, como a compreensão conceitual da relação de proporcionalidade inversa e a fluência na linguagem gráfica para identificar a representação visual correta dessa relação.

A) Incorreta. Pois a relação é hiperbólica, não linear. uma linha reta representaria uma relação de proporcionalidade direta ou com **V** = constante.

B) Incorreta. Pois a relação é hiperbólica, não linear. uma linha reta representaria uma relação de proporcionalidade direta ou com **V** = constante.

C) Incorreta a curva do gráfico não parabólica ( $y = ax^2 + bx + c$ ) e nem exponencial ( $y = a^x$ ), pois a relação específica para este caso é a de uma hipérbole ( $y = C/x$ ).

D) Gabarito. O gráfico que melhor representa o potencial (V) de uma carga puntiforme em função da distância (d) é uma hipérbole no primeiro quadrante.

E) Incorreta. pois a relação específica é a de uma hipérbole e não linear.

#### **QUESTÃO 38**

**Descritores Prioritários Matemática:**

**(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.**

(Olimpíada Brasileira de Física) Duas cargas puntiformes +q e -q, localizadas no vácuo, estão separadas por uma distância fixa r, como ilustrado na figura abaixo.

O ponto P está localizado na posição média entre as duas cargas. Identifique a alternativa correta.

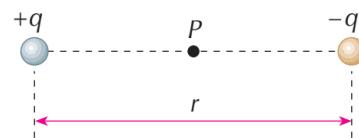
A) A força elétrica resultante sobre uma carga colocada no ponto P é zero.

B) O campo elétrico resultante no ponto P é zero.

C) O potencial elétrico resultante no ponto P é zero.

D) Como temos duas cargas de mesmo módulo e sinais contrários, o valor do campo elétrico ao longo da reta que as une é constante.

E) Como temos duas cargas de mesmo módulo e sinais contrários, o valor do potencial elétrico ao longo da reta que as une é zero.



**Gabarito: C**

### RESOLUÇÃO

A partir da figura, para resolver essa questão, precisamos analisar o comportamento das grandezas físicas (Campo, Força e Potencial) no ponto médio entre duas cargas de sinais opostos. Força Elétrica ( $F$ )  $\rightarrow F = q \cdot E$  e o Potencial Elétrico ( $V$ )  $\rightarrow V_{\text{total}} = V_1 + V_2$ . Sabendo que a fórmula do potencial é  $V = k \cdot Q/d$  e que o ponto P está à mesma distância ( $d = r/2$ ) de ambas as cargas: Potencial da carga positiva:  $V_+ = \frac{kq}{r/2}$  e Potencial da carga negativa:  $V_- = \frac{k(-q)}{r/2}$ . Ao

somar os dois:  $V_{\text{total}} = \frac{kq}{r/2} - \frac{kq}{r/2} = 0$

### COMENTÁRIO

Para resolver esta questão é necessário que o estudante identifique a propriedade de figuras ou relações espaciais, pois é necessário que seja identificado o ponto médio a partir da simetria bilateral, o que permite ao aluno visualizar que a distância de  $+q$  até P é a mesma de  $-q$  até P. Sem a compreensão geométrica da equidistância, o cálculo físico do potencial elétrico (que depende da distância  $r$ ) torna-se impossível. Além disso, é preciso que o estudante entenda que a “causa” (cargas elétricas) gera “efeitos” (campos e potenciais) no espaço circundante e que compreenda a importância de diferenciar grandezas que dependem da direção (vetoriais) de grandezas que dependem apenas do valor numérico (escalares). Caso isto não seja compreendido, um possível erro seria tratar o campo elétrico como escalar.

A) **Incorreta.** A força não é zero pois os campos se somam.

B) **Incorreta.** Os campos apontam para o mesmo lado, logo a resultante é o dobro do campo de uma única carga.

C) **Gabarito.** Como as cargas têm sinais opostos e estão à mesma distância de P, seus potenciais escalares se anulam perfeitamente.

D) **Incorreta.** O campo varia com o inverso do quadrado da distância ( $1/d^2$ ), logo muda de valor ao longo da reta.

E) **Incorreta.** O potencial é zero **apenas** no ponto médio (e em toda a linha mediatriz), mas varia nos outros pontos da reta que une as cargas.

### QUESTÃO 39

**Descritores Prioritários Matemática:**

**(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.**

(UFPR) Um próton se movimenta em linha reta paralelamente às linhas de força de um campo elétrico uniforme, conforme mostrado na figura.

Partindo do repouso no ponto 1 e somente sob ação da força elétrica, ele percorre uma distância de 0,6 m e passa pelo ponto 2. Entre os pontos 1 e 2 há uma diferença de potencial  $V$  igual a 32 V.

Considerando a massa do próton igual a  $1,6 \times 10^{-27}$  kg e sua carga igual a  $1,6 \times 10^{-19}$  C, assinale a alternativa que apresenta corretamente a velocidade do próton ao passar pelo ponto 2.

A)  $2,0 \times 10^4$  m/s.

B)  $4,0 \times 10^4$  m/s.

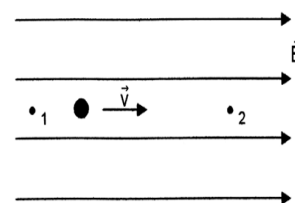
C)  $8,0 \times 10^4$  m/s.

D)  $1,6 \times 10^5$  m/s.

E)  $3,2 \times 10^5$  m/s.

**Gabarito: C**

### RESOLUÇÃO



Dados:  $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $m = 1,6 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $U = 32 \text{ V}$  e  $d = 0,6 \text{ m}$

Fórmulas:  $E_P = E_C \rightarrow q \cdot U = 1/2 \cdot mv^2$ . Substituindo os dados nas fórmulas, temos:  $v = 8 \times 10^4 \text{ m/s}$ . A alternativa correta é a letra **C**

#### COMENTÁRIO

Com esta questão pode-se avaliar algumas habilidades básicas de matemática, como a operacionalização de unidades, a notação científica e a resolução de equação do 1º grau, que são ferramentas indispensáveis para aplicação de conceitos físicos mais complexos, como a conservação de energia em campos elétricos. Além disso, o estudante precisa entender que a energia cinética é diretamente proporcional ao potencial elétrico e a carga, mas a velocidade tem uma relação quadrática com a energia. A resolução correta depende da integração eficiente destas habilidades.

A) Incorreta. Apresentam valores que não respeitam a conservação de energia baseada na carga e massa específicas do próton.

B) Incorreta. Resulta da raiz de 16, não de 64.

C) Gabarito. O cálculo resultou em  $8 \times 10^4 \text{ m/s}$

D) Incorreta. Apresentam valores que não respeitam a conservação de energia baseada na carga e massa específicas do próton.

E) Incorreta. Apresentam valores que não respeitam a conservação de energia baseada na carga e massa específicas do próton.

#### QUESTÃO 40

**Descritores Prioritários Matemática:**

**(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.**

(PUC-MG) Uma esfera condutora de raio  $R$  possui carga negativa de valor  $Q$ . De repente, sua carga dobra de valor. Nessa condição final, é correto afirmar que:

A) o potencial e a capacitância dobram de valor.

B) o potencial fica reduzido à metade e a capacitância dobra de valor.

C) o potencial e a capacitância ficam reduzidos à metade do valor inicial.

D) o potencial dobra e a capacitância não muda.

E) o potencial não muda e a capacitância fica reduzida à metade.

**Gabarito: D**

#### COMENTÁRIO

O desafio aqui é distinguir o que é variável do que é constante. A capacitância ( $C$ ) aparece na expressão  $C = Q/V$ , exigindo que o aluno entenda que, para um mesmo objeto físico (a esfera de raio  $R$ ), a capacitância é uma constante de proporcionalidade e que tenha habilidade para perceber que, apesar de  $Q$  e  $V$  mudarem, a razão entre eles ( $C$ ) permanece inalterada, em suma, o estudante precisará “ler” a situação física e a traduzir para um comportamento matemático de invariância.

#### RESOLUÇÃO

Fórmula:  $C = Q/V$ . A capacitância de uma esfera condutora é  $C = 4 \pi \epsilon_0 R$

Observe que a capacitância depende **exclusivamente** da geometria do objeto (seu raio  $R$ ) e do meio onde ele está (permitividade  $\epsilon_0$ ). Ela **não depende** da carga  $Q$  nem do potencial  $V$ . Portanto, se você dobrar a carga, a capacitância da esfera permanece a mesma.

A partir da primeira fórmula ( $C = Q / V$ ), podemos isolar o potencial:

Como vimos que  $C$  é constante para uma mesma esfera, o potencial  $V$  é **diretamente proporcional** à carga  $Q$ . Se a carga  $Q$  dobra para  $2Q$  o potencial  $V$  também dobra para  $2V$ .

A) **INCORRETA**. O potencial dobra, mas a capacitância é uma propriedade geométrica e não muda.

B) **INCORRETA**. O potencial aumenta com o aumento da carga, não diminui.

C) **INCORRETA**. Ambos os valores não diminuem; a carga aumentou.

D) **GABARITO**. O potencial é proporcional à carga (dobra), enquanto a capacitância permanece constante (depende apenas do raio  $R$ ).

E) **INCORRETA**. O potencial deve mudar obrigatoriamente se a carga mudar (em um condutor isolado), e a capacitância não se altera.

#### QUESTÃO 41

**Descritores Prioritários Matemática:**

**(D34) Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.**

(UFPA) A desfibrilação é a aplicação de uma corrente elétrica em um paciente por meio de um equipamento (desfibrilador) cuja função é reverter um quadro de arritmia ou de parada cardíaca. Uma maneira de converter uma arritmia cardíaca em um ritmo normal é a cardioversão, que se dá mediante a aplicação de descargas elétricas na região próxima ao coração do paciente, graduadas de acordo com a necessidade, conforme o quadro abaixo.

	Adulto	Criança
1ª desfibrilação	200 J	2 J/kg
2ª desfibrilação	300 J	4 J/kg
3ª desfibrilação	360 J	...

(Fonte: <http://www.ahajournals.org>)

Os desfibriladores usuais armazenam até 360 J de energia potencial elétrica, alimentados por uma diferença de potencial de 4000 V. Considerando uma situação na qual haja necessidade de usar um desfibrilador em uma criança de 40 kg, o valor da capacitância do capacitor do desfibrilador na segunda desfibrilação, em  $\mu\text{F}$ , será igual a:

- A) 50
- B) 40
- C) 30
- D) 20
- E) 10

**Gabarito: D**

#### RESOLUÇÃO

1ª desfibrilação: 2 J/kg e 2ª desfibrilação: 4 J/kg (Este é o valor solicitado pela questão)

Dados: Massa da criança (m): 40 kg; Diferença de Potencial (V): 4000 V ( $4 \cdot 10^3$  V) e Energia necessária: (U): 4 J/kg  $\cdot$  40 kg = 160 J

Energia potencial elétrica (U)  $\rightarrow U = C \cdot V^2/2$  temos que  $C = 2 \cdot U/V^2$ . Substituindo os dados:  $C = 20 \mu\text{F}$ . A alternativa correta é a letra **D**.

#### COMENTÁRIO

Esta questão permite acionar a leitura e interpretação de tabelas e, partir dela o estudante, por não receber o valor da energia de forma direta, precisa realizar um cálculo de proporcionalidade direta entre a massa da criança e a dosagem recomendada. Um outro ponto que merece ser observado é a aplicação da Física na medicina. Aqui, pode-se sugerir que os estudantes calculem a capacitância necessária para a 1ª desfibrilação em um adulto (200 J) para comparar como os parâmetros do equipamento mudariam.

A) Incorreta. Excede até mesmo a capacitância máxima que o aparelho teria para armazenar os 360 J totais mencionados no texto (45  $\mu\text{F}$ ).

B) Incorreta. Representaria uma energia de 320 J, o dobro do necessário para a segunda desfibrilação nesta criança.

C) Incorreta. Corresponderia a uma energia de 240 J (6 J/kg), que não segue o protocolo padrão.

D) Gabarito. Resulta nos 160 J necessários para o procedimento de 2ª desfibrilação (4 J/kg) em um paciente de 40.

E) Incorreta. Este seria o valor da capacitância caso a questão pedisse a primeira desfibrilação (2 J/kg = 80 J).

#### QUESTÃO 42

**Descritores Prioritários Matemática:**

**(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.**

(Enem 2020) O desfibrilador salva vidas de pessoas que são acometidas por ataques cardíacos ou arritmias. Ele dispõe de um capacitor que pode ser carregado por uma fonte com uma alta tensão. Usando o desfibrilador, pode-se fornecer energia ao coração, por meio de um choque elétrico, para que ele volte a pulsar novamente em seu ritmo normal. Um socorrista dispõe de um desfibrilador com capacitor de 70 microfarads que pode armazenar cerca de 220 J de energia, quando conectado a uma tensão de 2 500 V.

O valor da carga armazenada por esse desfibrilador, em coulomb, é de

- A) 0,015.

- B) 0,088.  
 C) 0,175.  
 D) 3,15.  
 E) 11,4.

**Gabarito: C**

**Resolução**

Dados: Capacitância (C): 70  $\mu$ F; Tensão (V): 2.500 V e Energia (U): 220 J.

Fórmula:  $C = Q/V$  ou então  $Q = C.V$ . Substituindo os valores  $Q = C.V \rightarrow Q = 0,175 C$

Resposta correta: alternativa C

**COMENTÁRIO**

Com esta questão é possível avaliar a capacidade de compreensão do funcionamento de um dispositivo (desfibrilador) como um acumulador de carga e energia, identificando as variáveis envolvidas no fenômeno elétrico. Há a necessidade aqui do entendimento da relação de dependência entre as grandezas físicas (Carga, Capacitância e Tensão). O manejo da fórmula nada mais é do que o uso de relações de proporcionalidade direta. Um ponto crítico nesta questão é a presença de **dados redundantes**. A energia de 220 J não é necessária para encontrar a carga, mas pode confundir o aluno que tenta aplicar fórmulas de energia potencial elétrica, chamando atenção para a necessidade de saber selecionar dados pertinentes ao comando da questão.

A) Incorreta. Este valor resultaria de cálculos equivocados envolvendo a energia e o quadrado da tensão, ou erros de divisão incorretos.

B) Incorreta. Este valor aparece se for usada a fórmula da energia ( $U = Q.V/2$ ) e isolar o Q de forma errada ou usar valores trocados. Se calcular Q usando a energia fornecida (220 J) e a tensão (2.500 V), o valor seria  $Q = 0,176$ , que é muito próximo da resposta correta, indicando uma leve inconsistência nos dados do enunciado, mas validando a alternativa C.

C) GABARITO. Obtida diretamente pela relação fundamental  $Q = CV$ .

D) Incorreta. Geralmente provém de erros na conversão do prefixo micro ( $\mu$ ) ou multiplicação errada dos algarismos significativos.

E) Incorreta. Resultado de divisões arbitrárias entre os números da questão, como dividir a tensão pela energia ou vice-versa, sem aplicação de conceito físico.

**Quadro de habilidades e descritores usados**

Questão	Habilidade de Ciências Naturais (ENEM)	Descritores	Gabarito
		Matemática	
37	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D34) Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.	D
38	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.	C
39	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.	C
40	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.	D
41	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D34) Resolver problema envolvendo informações apresentadas em tabelas e/ou gráficos.	D

42	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.	C
----	---	--	---

**3ª SÉRIE**

**8ª SEMANA**

**1. Organizador Curricular**

Competência de área 6	Habilidade (ENEM)	Objeto do conhecimento
Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	Potencial elétrico Energia potencial eletrostática Trabalho de uma força elétrica Diferença de potencial Capacitância Indução eletrostática O potencial da Terra

**2. De olho no conceito** 

**2.1 Condutores em Equilíbrio e Blindagem Eletrostática**

Em um condutor metálico (como uma esfera oca), as cargas elétricas em excesso se comportam de maneira previsível devido à repulsão mútua.

- **Distribuição Superficial:** As cargas excedentes migram sempre para a **superfície externa**. Isso ocorre porque, ao se repelirem, elas buscam a maior distância possível umas das outras.
- **Campo Interno Nulo:** No interior de um condutor em equilíbrio, o campo elétrico é zero ( $E = 0$ ). Isso significa que não há força elétrica para mover cargas dentro da cavidade.
- **Inferência de Contato:** Ao tocar a **parte interna**, não há transferência de carga, pois não há excesso de carga ali para ser compartilhado.
  - Ao tocar a **parte externa**, ocorre a eletrização por contato comum, e a carga é compartilhada entre os corpos.

**Geometria e Capacitância**

A capacitância (C) é a medida de quanta carga um componente pode armazenar sob uma certa voltagem. Para capacitores de placas paralelas (como as teclas de um teclado), ela depende de três fatores:

- **Fórmula:**  $C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$ 
  - $\epsilon$ : Material isolante entre as placas (dielétrico).
  - A: Área das placas.
  - d: Distância entre as placas.
- **Relações de Proporcionalidade:** C é **diretamente proporcional** à área (A).
  - C é **inversamente proporcional** à distância (d).
- **Aplicação Prática:** Ao pressionar uma tecla, você está "aproximando as placas" (diminuindo d). Como a relação é inversa, a capacitância **aumenta**, e o circuito detecta essa mudança como um sinal elétrico.

**Biofísica: A Célula como Capacitor**

A membrana celular separa cargas positivas (fora) de negativas (dentro), funcionando exatamente como um capacitor microscópico.

- **Sentido do Campo Elétrico:** Por convenção, o campo elétrico sempre aponta do potencial maior (positivo) para o potencial menor (negativo). Na célula, o campo aponta de **fora para dentro**.

- Campo Elétrico Uniforme (E): Em membranas muito finas, o campo é considerado uniforme e sua intensidade é calculada pela relação entre a voltagem (V) e a espessura(d):

$$E = \frac{4V}{d}$$

- **Habilidade de Escala:** Lidar com dimensões nanométricas (1 nm = 10<sup>-9</sup> m) e milivolts (1 mV = 10<sup>-3</sup> V) exige precisão na notação científica para evitar erros de ordens de grandeza.

## 2.2 Indução Eletrostática e Mobilidade Eletrônica

A indução é o processo de redistribuição de cargas em um condutor devido à presença de um campo elétrico externo, sem que haja contato.

- **O Agente Móvel:** Em condutores metálicos, apenas os **elétrons livres** possuem mobilidade. Os prótons estão fixos no núcleo atômico e não migram.
- **Causa e Consequência:**
  - **Causa:** Aproximação de um indutor positivo.
  - **Consequência:** Atração de elétrons livres para a face mais próxima, gerando um acúmulo de carga negativa de um lado e, por falta de elétrons, uma carga positiva do outro.
- **Conservação da Carga:** A carga líquida da esfera permanece **nula** durante todo o processo, pois não houve troca de elétrons com o ambiente. Se o indutor for afastado, as cargas se redistribuem e a esfera volta ao estado neutro uniforme.

## 2.3 O Princípio dos Capacitores e a Influência de Faraday

Michael Faraday descreveu como a vizinhança entre condutores altera a capacidade de armazenamento de eletricidade.

- **Faraday:** A ideia principal é que a **proximidade de um segundo condutor** (especialmente se estiver aterrado) aumenta drasticamente a capacidade do primeiro condutor de reter carga.
- **Mecanismo Físico:** As cargas opostas induzidas no segundo condutor "estabilizam" as cargas no primeiro, reduzindo o potencial elétrico (V) para uma mesma quantidade de carga (Q).
- **Capacitância (C):** Pela relação  $C = Q/V$ , se o potencial diminui para a mesma carga, a capacitância aumenta. Isso permite criar dispositivos compactos que armazenam grandes quantidades de energia (capacitores).

## Indução Eletromagnética e Medidas de Segurança

Campos magnéticos variáveis gerados por redes de alta tensão podem induzir correntes elétricas em condutores próximos, como cercas de arame.

- **O Fenômeno:** A rede de alta tensão atua como o primário de um transformador "aberto", e a cerca de metal funciona como o secundário, onde surge uma corrente induzida perigosa.
- **Inferência de Solução:** Para evitar que um ser vivo sirva de caminho para essa corrente (choque), é necessário oferecer um caminho de menor resistência.
- **O Aterramento:** Ao conectar a cerca diretamente ao solo (**aterramento**), a eletricidade flui preferencialmente pelo fio terra, que possui resistência quase nula, neutralizando a diferença de potencial na cerca e garantindo a segurança.

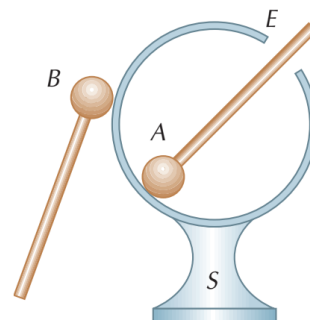
## 3. **Aprofundamento das aprendizagens**

### QUESTÃO 43

**Descritores Prioritários Língua Portuguesa:**

#### (D4) Inferir uma informação implícita em um texto.

(Univest-SP) Uma esfera metálica oca E, apoiada sobre um suporte isolante S, tem uma pequena cavidade e é eletrizada positivamente. Em seguida, toca-se nela com duas esferas metálicas menores A e B, inicialmente descarregadas, presas a cabos isolantes, conforme ilustrado na figura.



As cargas adquiridas por A e B são, respectivamente:

- A) positiva e negativa.
- B) negativa e positiva.
- C) zero e negativa.
- D) positiva e positiva.
- E) zero e positiva.

**Gabarito: E**

#### RESOLUÇÃO

- **A Esfera Oca (E):** Quando uma esfera condutora oca é eletrizada, as cargas elétricas de mesmo sinal se repelem e buscam a maior distância possível umas das outras.
- **Distribuição de Cargas:** Devido a essa repulsão, as cargas excedentes migram exclusivamente para a **superfície externa** do condutor. No interior de um condutor em equilíbrio eletrostático, o campo elétrico é nulo ( $E = 0$ ).
- **O Contato com a Esfera A:** A esfera A é inserida na cavidade e toca a superfície interna. Como não existem cargas em excesso na parte interna (elas estão todas "do lado de fora"), não há transferência de carga para A. Portanto, a carga de A permanece zero.
- **O Contato com a Esfera B:** A esfera B toca a superfície externa. Como as cargas positivas estão concentradas justamente na face externa, elas se distribuem entre a esfera E e a esfera B pelo contato. Logo, B adquire carga positiva.

#### COMENTÁRIO

Nesta questão, o texto diz apenas que a esfera é "oca" e que o toque ocorre em pontos diferentes (cavidade e exterior). O texto **não diz** que "não há cargas no interior". O aluno deve **inferir** essa condição a partir do termo "oca" e "metálica", utilizando seu conhecimento prévio de eletrostática (o fenômeno da Blindagem Eletrostática). Sem essa inferência, o aluno não consegue decodificar o cenário proposto. A questão é estruturada como um relato de experimento científico. A estratégia argumentativa aqui é a **descrição procedimental**. O autor "convence" o leitor de uma realidade física ao isolar variáveis:

- Usa "suporte isolante" e "cabos isolantes" para garantir que a carga não escape para a terra.
- Usa o termo "respectivamente" para exigir uma ordem lógica de análise. O estudante deve perceber que cada detalhe textual (como "pequena cavidade" vs "suporte isolante") tem a função de construir o rigor necessário para a conclusão científica.

A) Incorreta. Sugere que haveria indução ou polarização dentro da cavidade, o que não ocorre no equilíbrio, e que B ganharia carga oposta, o que contraria a regra da eletrização por contato (onde os corpos ficam com o mesmo sinal).

B) Incorreta. Atribui carga negativa à esfera A, o que exigiria um processo de indução que não se sustenta, já que o contato interno em um condutor oco não transfere carga.

C) Incorreta. Embora acerte a carga de A (zero), erra a de B. No contato entre um corpo positivo (E) e um neutro (B), ambos devem terminar com carga positiva.

D) Incorreta. Este é o erro mais comum. O aluno assume que, por tocar na esfera eletrizada, "A" também deve se carregar. Ele esquece que o campo interno é nulo e que as cargas só "habitam" o lado de fora.

E) Gabarito. Aplica corretamente o conceito de que o interior de um condutor oco é uma região de blindagem (campo nulo) e o exterior é onde a carga reside.

#### QUESTÃO 44

**Descritores Prioritários Língua Portuguesa:**

#### (D4) Inferir uma informação implícita em um texto.

"Um engenheiro está testando o componente de um teclado de computador onde cada tecla funciona como uma placa de um capacitor. Ao pressionar a tecla, o usuário não altera a voltagem do circuito, nem o material dielétrico entre as placas, mas aproxima a placa móvel da placa fixa

que está na base do teclado. Imediatamente, o sistema detecta um aumento na capacidade de armazenamento de cargas daquele ponto, gerando o sinal da letra pressionada."

Em relação a situação descrita no texto, pode-se dizer que o que fundamentou a estratégia do engenheiro para aumentar a capacitância da tecla foi

- A) a redução da área de contato entre as placas.
- B) a diminuição da distância entre as placas capacitivas.
- C) o aumento da distância entre os componentes condutores.
- D) a substituição do material isolante por um de menor constante dielétrica.
- E) o aumento da diferença de potencial (voltagem) aplicada ao componente.

**Gabarito: B**

### RESOLUÇÃO

A capacitância (C) de um capacitor de placas paralelas é dada pela fórmula:  $C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$ . Pela fórmula, a capacitância é **inversamente proporcional** à distância (d). No texto, diz-se que o usuário "**aproxima a placa móvel da placa fixa**". Aproximar significa reduzir a distância. Se a distância diminui, a capacitância aumenta. Alternativa correta é a letra **B**.

### COMENTÁRIO

Com esta questão pode-se avaliar a capacidade que o aluno tem para identificar uma informação que não está escrita explicitamente como "a distância diminuiu".

- **O que o texto diz (Explícito):** O usuário "aproxima a placa".
- **O que o aluno infere (Implícito):** "Aproximar" no contexto de um capacitor de placas paralelas significa **reduzir a variável d** da fórmula física. O aluno precisa cruzar o significado semântico do verbo (aproximar) com o conceito físico de grandeza inversamente proporcional.

A) **Incorreta:** Se a área (A) fosse reduzida, a capacitância diminuiria (são diretamente proporcionais). Além disso, o texto não menciona mudança no tamanho das teclas.

B) **Gabarito:** Aproximar significa reduzir a distância. Se a distância diminui, a capacitância aumenta.

C) **Incorreta:** "Aumentar a distância" é o oposto de "aproximar". É um erro de leitura básica ou confusão entre proporcionalidade direta e inversa.

D) **Incorreta:** O texto afirma explicitamente que o engenheiro **não altera o material dielétrico**. O aluno que marca esta opção ignorou uma restrição textual.

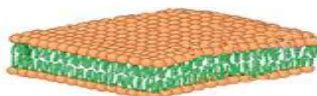
E) **Incorreta:** O texto afirma que **não se altera a voltagem**. Além disso, em um capacitor já construído, alterar a voltagem (V) altera a carga (Q), mas não a capacitância (C), que é uma característica geométrica do componente.

### QUESTÃO 45

**Descritores Prioritários Matemática:**

**(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.**

(UFAC) As células são as unidades básicas da vida. O entendimento do funcionamento delas é muito importante dos pontos de vista físico e químico, a fim de saber como funcionam os seres vivos e como eles reagem frente a diversos estímulos externos. Um dos avanços do ponto de vista físico foi à descoberta da existência de excesso de íons positivos, na parede externa, e excesso de íons negativos na parede interna da membrana celular. Essa descoberta indica que a membrana celular,



se comporta, efetivamente, como um capacitor elétrico, que podemos chamar "capacitor celular". Sabe-se, também, que a diferença de potencial elétrico entre as paredes da membrana de uma célula nervosa varia entre 55 mV e 100 mV, para animais de sangue quente. Suponha que o capacitor celular pode ser aproximado por um capacitor de placas paralelas e que a espessura da membrana celular é de 7 nm ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ).

Escolha o item correto:

- A) O sentido do campo elétrico no interior da membrana é de dentro para fora.
- B) Os valores do campo elétrico no interior da membrana encontram-se entre  $7,86 \cdot 10^6 \text{ V/m}$  e  $1,43 \cdot 10^7 \text{ V/m}$ .
- C) O campo elétrico no interior da membrana celular é nulo.
- D) O potencial elétrico na parede externa da membrana é menor do que o potencial elétrico na parede interna.

E) O potencial elétrico é constante no interior da membrana celular, ou seja, na região limitada entre a parede interna e a parede externa.

**GABARITO: B**

### RESOLUÇÃO

A membrana celular age como um capacitor com excesso de cargas positivas por fora e negativas por dentro, criando um campo elétrico do positivo para o negativo (externo para interno); calculando o campo  $E = \Delta V/d$  para os potenciais dados ( $55 \times 10^{-3} \text{ V}$  e  $100 \times 10^{-3} \text{ V}$ ) e a espessura ( $7 \times 10^{-9} \text{ m}$ ), obtemos os valores entre  $7,86 \times 10^6 \text{ V/m}$  e  $1,43 \times 10^7 \text{ V/m}$ .

### COMENTÁRIO

Esta questão exige do estudante que ele faça uma interpretação e aplicação de conceitos físicos e matemáticos em uma situação-problema contextualizada, pois, pede explicitamente para o aluno aproximar o “capacitor celular” de um “capacitor de placas paralelas” e, para isto, é necessário reconhecer um modelo geométrico simplificado (placas paralelas) que pode ser aplicado para resolver o problema real (membrana celular). A capacidade de abstrair um cenário físico complexo para um modelo matemático simples é central para a progressão do aprendizado, partindo de descritores mais básicos de reconhecimento de formas até a modelagem matemática avançada.

A) **Incorreta.** A questão afirma que há excesso de íons positivos na *parede externa* e negativos na *parede interna*. O campo elétrico aponta do positivo para o negativo, então o sentido é de fora para dentro (externo para interno).

B) **Gabarito.** Usando a fórmula  $E = \Delta V/d$ .

C) **Incorreta.** Há uma diferença de potencial (ddp) significativa através da membrana, o que gera um campo elétrico não nulo.

D) **Incorreta.** O lado externo é positivo e o interno é negativo. Assim, o potencial externo é *maior* que o potencial interno (por exemplo, +30 mV externo e -70 mV interno, uma diferença de 100 mV).

E) **Incorreta.** O potencial elétrico varia linearmente na região entre as placas de um capacitor ideal. Ele muda do valor mais positivo (externo) para o mais negativo (interno).

## QUESTÃO 46

**Descritores Prioritários Língua Portuguesa:**

**(D8) Estabelecer relação entre a tese e os argumentos oferecidos para sustentá-la**

Durante uma demonstração em sala de aula, um professor aproxima um bastão de vidro, previamente carregado positivamente por atrito, de uma esfera metálica isolada e inicialmente neutra, sem que haja contato entre eles. Observa-se que, enquanto o bastão permanece próximo, a distribuição de cargas na esfera se altera, embora a carga líquida total da esfera permaneça nula. Se o professor afastar o bastão sem que a esfera tenha sido aterrada em nenhum momento, ela retornará ao seu estado original de neutralidade uniforme.

Considerando a relação de causa e consequência no fenômeno da indução eletrostática descrito no texto, a redistribuição de cargas na esfera ocorre porque:

A) os prótons da esfera são repelidos pelo bastão positivo, acumulando-se no lado oposto ao indutor.

B) os elétrons livres da esfera são atraídos pelo bastão positivo, deslocando-se para a face mais próxima deste.

C) o bastão transfere parte de sua carga positiva para a esfera através do ar, tornando-a temporariamente eletrizada.

D) o campo elétrico do bastão cria novas cargas negativas na superfície da esfera para anular o efeito do bastão.

E) a força de repulsão entre os núcleos atômicos da esfera e do bastão força a migração de íons positivos.

**Gabarito: B**

### RESOLUÇÃO

Quando falamos em **causa** e **consequência** na indução, estamos descrevendo o comportamento da matéria frente a um campo elétrico externo.

**A Causa: O Campo Elétrico Externo.** A aproximação do corpo carregado (indutor) gera um campo elétrico que penetra o condutor (esfera). Embora o indutor não toque na esfera, a força elétrica atua à distância.

**A Consequência: Polarização do Condutor.** Nos metais, os elétrons das camadas mais externas dos átomos não estão presos a núcleos específicos; eles são **elétrons livres**.

**A Força:** Como cargas opostas se atraem, os elétrons (negativos) são puxados em direção ao bastão (positivo).

**O Resultado:** O lado da esfera voltado para o bastão fica com **excesso de elétrons** (carga negativa). O lado oposto, que perdeu esses elétrons, fica com **deficiência de elétrons**, predominando a carga positiva dos núcleos atômicos. A alternativa correta é a letra B.

#### COMENTÁRIO

Aqui podemos avaliar como o estudante interpreta o texto e o articula com o conhecimento científico, pois exige que se tenha não apenas o conhecimento científico, mas compreenda a lógica argumentativa e os processos físicos microscópicos. Assim, para resolver corretamente a questão é necessário que o aluno identifique a relação entre tese (o fenômeno observado e os argumentos ou fatos que o sustentam. Em suma tem-se:

- **Tese** (O Fato): Ocorre uma redistribuição de cargas na esfera (ela se torna polarizada) sem que a carga total mude.
- **Argumento de Sustentação** (A Causa): A aproximação de um corpo carregado positivamente gera uma força de atração sobre cargas de sinal oposto que possuem mobilidade no material.
- **Relação Lógica:** O aluno precisa identificar que o deslocamento das cargas é a consequência direta da natureza do material (metal/condutor) e da interação eletrostática à distância. Se ele não estabelecer essa conexão lógica, ele pode ser induzido ao erro por alternativas que descrevem movimentos impossíveis (como o de prótons).

A) Incorreta. Em materiais sólidos, os prótons estão "presos" no núcleo atômico e o núcleo está "preso" na rede cristalina do metal. Eles não se movem. O que se move são apenas os elétrons.

B) Gabarito. Esta alternativa identifica corretamente o agente móvel (elétron livre) e o sentido do movimento (atração pelo positivo), respeitando a Lei de Coulomb.

C) Incorreta. O texto especifica que "não houve contato". A transferência de carga pelo ar (faísca) exigiria campos elétricos extremamente elevados (ruptura dielétrica), o que não caracteriza o processo padrão de indução. Na indução, **não há troca de carga** entre o indutor e o induzido. A esfera continua neutra no total (soma de cargas = 0), apenas está com as cargas separadas. Se houvesse transferência pelo ar, o processo seria uma descarga elétrica (ionização do ar).

D) Incorreta. As cargas não são "criadas"; elas são apenas **redistribuídas** (Princípio da Conservação das Cargas Elétricas).

E) Incorretas. Semelhante à alternativa A, os íons positivos no metal formam a estrutura rígida do objeto. Eles não possuem mobilidade para migrar para o outro lado da esfera.

#### QUESTÃO 47

**Descritores Prioritários Língua Portuguesa:**

**(D7) Identificar a tese de um texto.**

*"Se colocarmos um corpo condutor não isolado próximo a um corpo eletrizado, o primeiro adquirirá o estado oposto ao do segundo. [...] A capacidade de um condutor de reter uma carga elétrica é aumentada pela vizinhança de outro corpo condutor em comunicação com a terra. Este é o princípio fundamental de todos os aparelhos destinados a acumular eletricidade em pequenas dimensões."*

*(Adaptado de FARADAY, Michael. "Experimental Researches in Electricity", 1839. Domínio Público)*

Identifique, no texto acima, a ideia principal defendida é que

- A) corpos isolados acumulam mais carga.
- B) a indução elétrica é um fenômeno aleatório.
- C) aparelhos de pequenas dimensões não acumulam eletricidade.
- D) a eletricidade só existe em corpos em comunicação com a terra.
- E) a proximidade de um segundo condutor aumenta a capacidade de retenção de carga do primeiro.

**Gabarito: E**

#### RESOLUÇÃO

Para entender como a distância influencia a capacidade de armazenamento, precisamos olhar para a fórmula da capacitância de um capacitor de placas paralelas, que é o modelo mais comum

para o que Faraday descreveu:  $C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$ . Como a distância está no denominador da fração, a relação é inversamente proporcional. Isso significa que:

Quanto maior a distância, maior será a capacitância e quanto maior a distância, menor será a capacidade de reter carga.

Por que a proximidade ajuda tanto?

Imagine o primeiro condutor com muitas cargas positivas. Elas se repelem e "querem" sair dali, o que gera um potencial elétrico alto. Quando aproximamos um segundo condutor (aterrado), as cargas negativas do solo são atraídas para a face desse segundo condutor voltada para o primeiro.

- Essas cargas negativas próximas "puxam" as cargas positivas do primeiro condutor, estabilizando-as.
- Isso reduz a repulsão interna e o potencial elétrico do sistema.
- Com o potencial menor, você pode injetar mais carga no condutor antes que ele atinja o limite de isolamento do ar (rigidez dielétrica).

#### COMENTÁRIO

O texto de Faraday começa descrevendo um processo (indução) para chegar a uma conclusão sobre a eficiência do acúmulo de energia. É importante que o aluno perceba que a frase final ("Este é o princípio fundamental...") aponta diretamente para a tese: a de que a vizinhança entre condutores é o que permite a funcionalidade dos acumuladores (capacitores). Faraday utiliza uma estratégia de **causa e consequência**. A causa seria colocar um condutor próximo a um corpo eletrizado e ligado à terra, a consequência seria o aumento da capacidade de reter carga e a conclusão (argumento) é de que esse fenômeno é a base dos aparelhos que acumulam eletricidade. O estudante precisa reconhecer que o autor está "convencendo" o leitor sobre a eficácia de um método científico específico.

A) **Incorreta.** O texto afirma o oposto. Um corpo isolado e sozinho tem uma capacidade limitada. A presença de um segundo corpo próximo é o que permite "acumular eletricidade em pequenas dimensões"

B) **Incorreta.** A indução é um fenômeno físico previsível e regido por leis claras. O texto descreve um "princípio fundamental", o que implica em algo constante e não aleatório.

C) **Incorreta.** Faraday diz que esse princípio permite, justamente, acumular eletricidade em **pequenas dimensões**. Graças à indução, podemos criar dispositivos compactos (capacitores) com alta capacidade de carga.

D) **Incorreta.** A eletricidade pode existir em corpos isolados. A comunicação com a terra (aterramento), no contexto do texto, serve para potencializar a capacidade de armazenamento do sistema, mas não é a única forma de existência da eletricidade.

E) **Gabarito.** Esta é uma paráfrase direta do trecho: "*A capacidade de um condutor de reter uma carga elétrica é aumentada pela vizinhança de outro corpo condutor*". Ao aproximar um condutor neutro (ou aterrado), as cargas se reorganizam, reduzindo a repulsão entre as cargas no primeiro condutor e permitindo que ele "caiba" mais carga.

#### QUESTÃO 48

**Descritores Prioritários Língua Portuguesa:**

**(D4) Inferir uma informação implícita em um texto.**

(Enem 2019) As redes de alta tensão para transmissão de energia elétrica geram campo magnético variável o suficiente para induzir corrente elétrica no arame das cercas. Tanto os animais quanto os funcionários das propriedades rurais ou das concessionárias de energia devem ter muito cuidado ao se aproximarem de uma cerca quando esta estiver próxima a uma rede de alta tensão, pois, se tocarem no arame da cerca, poderão sofrer choque elétrico.

Para minimizar este tipo de problema, deve-se:

- A) Fazer o aterramento dos arames da cerca.
- B) Acrescentar fusível de segurança na cerca.
- C) Realizar o aterramento da rede de alta tensão.
- D) Instalar fusível de segurança na rede de alta tensão.
- E) Utilizar fios encapados com isolante na rede de alta tensão.

**Gabarito: A**

#### RESOLUÇÃO

Ao tocar na cerca, a corrente elétrica pode percorrer o corpo de uma pessoa, deslocando-se da cerca para o solo ou do solo para a cerca. A função do fio terra é desviar essa corrente elétrica do corpo dessa pessoa para o fio conectado na terra, pois esse fio fornecerá um caminho para eletricidade com uma resistência elétrica praticamente nula.

#### COMENTÁRIO

A inferência necessária não é sobre o problema em si, mas sobre a solução mais eficaz e lógica. Aqui o estudante precisa, primeiramente, compreender o cenário descrito, utilizando a leitura para extrair as informações explícitas e inferir as implicações do problema (o risco de choque).

Com base nessa compreensão textual e na inferência do risco, o estudante deve aplicar seu conhecimento de Física para avaliar as alternativas e planejar a solução adequada (o aterramento). Assim, a questão exige que o aluno não apenas entenda o texto, mas que também use esse entendimento como ponto de partida para a resolução de um problema real, aplicando um conceito científico para avaliar uma proposta de intervenção.

A) **Gabarito.** Conecta a cerca ao solo, criando um caminho seguro para a corrente induzida fluir para a terra, prevenindo choques.

B) **Incorreta.** Fusíveis limitam corrente, mas não impedem a indução na cerca, podendo até cortar a energia da rede.

C) **Incorreta.** Aterrar a rede de transmissão principal causa perda de energia e não resolve o problema da indução na cerca.

D) **Incorreta.** Não impede a indução eletromagnética nas cercas, podendo causar interrupções no fornecimento de energia.

E) **Incorreta.** O isolamento não impede a geração do campo magnético variável que causa a indução na cerca, apenas isola o fio da rede.

#### Quadro de habilidades e descritores usados

Questão	Habilidade de Ciências Naturais (ENEM)	Descritores prioritários acionados		Gabarito
		Língua Portuguesa	Matemática	
43	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D4) Inferir uma informação implícita em um texto.		E
44	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D4) Inferir uma informação implícita em um texto.		B
45	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.		(D15) Resolver problema que envolva variação proporcional, direta ou inversa, entre grandezas.	B
46	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D8) Estabelecer relação entre a tese e os argumentos oferecidos para sustentá-la		B
47	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D7) Identificar a tese de um texto.		E
48	H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.	(D4) Inferir uma informação implícita em um texto.		A

## Referencias

1. <https://dicasdozebio.com/2014/02/03/aterramento-salvar-vidas-e-importante/Alves>
2. <https://pt.scribd.com/document/345704077/N-58-Antenas-Especificaciones-tecnicas>
3. <https://www.sonataengenharia.com.br/spda-alcance-da-protecao-de-um-para-raios/>
4. <https://fisica.net/eletricidade/eletricidade-na-atmosfera.php>
5. [https://www.if.ufrgs.br/~betz/ig\\_XX\\_A/modBohr/aModBohrFrame.htm](https://www.if.ufrgs.br/~betz/ig_XX_A/modBohr/aModBohrFrame.htm)
6. <https://arwek.com.br/faq/faq-perguntas-frequentes-sobre-o-poder-das-pontas>
7. <https://www.pabloquimaraes-professor.com.br/post/entenda-como-funciona-os-para-raios>
8. chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.fap.if.usp.br/~vannucci/2014\_FisicalV\_EngEletrica\_Aula%2011.pdf
9. G. Esdras. Pimenta. M. P, Arjuna. Ciência VIVA. Vol. Único, Ens. Médio. Editora Scipione. 1ª edição, São Paulo, 2024.
10. A. R. Alysson. Física do seu jeito. Vol. Único, Ens. Médio. Editora Ática. 1ª edição, São Paulo, 2024.
11. J. R. Bonjorno. Identidade Física, Vol. Único, Ens. Médio. Editora Saraiva. 1ª edição, São Paulo, 2024.
12. FARADAY, Michael. "Experimental Researches in Electricity", 1839. Domínio Público.
13. Filho, A.; Oliveira, E. F.; Robortella, J.L.C. Eletrostática volume 7. Editora Ática, 4ª ed. São Paulo. 1987.









GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ

SECRETARIA DE  
**EDUCAÇÃO**