

★ RECOMPOSIÇÃO DAS APRENDIZAGENS ★

CADERNO DO ESTUDANTE

FÍSICA

3º SÉRIE
DO ENSINO MÉDIO

VOL. 1





CADERNO DO ESTUDANTE

FÍSICA

3º 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

ARTUR ALVES PINHEIRO
DESIGNER

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

Silvaney Fonseca Ferreira Seabra
Coordenadora de Revisão

Cláudia Regina Bezerra Ferreira
Coordenadora de Apoio Institucional

Elaboradores

Júlio César Mendes Lobato
Professor Formador da DIFOR

João Amaro Ferreira Neto
Professor Formador da DER Belém 05

Sumário

1ª SEMANA	
1 Organizador curricular	09
2 De olho no conceito	09
2.1 Princípio da atração e repulsão entre cargas elétricas	09
2.2 Funcionalidade do fio terra	09
2.3 Eletrização por atrito	10
3 Aprofundamento das aprendizagens	10
2ª SEMANA	
1 Organizador curricular	14
2 De olho no conceito	14
2.1 Conservação da carga elétrica	14
2.2 Lei de Coulomb	14
2.3 Carga em órbita circular ao redor de carga fixa oposta	15
3 Aprofundamento das aprendizagens	15
3ª SEMANA	
1 Organizador curricular	19
2 De olho no conceito	19
2.1 Campo elétrico e linhas de força	19
2.2 Blindagem eletrostática	19
2.3 Equilíbrio de forças no interior de um CEU	21
3 Aprofundamento das aprendizagens	21
4ª SEMANA	
1 Organizador curricular	24
2 De olho no conceito	24
2.1 Intensidade do campo elétrico em um ponto no interior do campo	24
2.2 Poder das pontas e densidade superficial de cargas	24
2.3 Movimento do elétron no interior de um CEU	25
3 Aprofundamento das aprendizagens	25
5ª SEMANA	
1 Organizador curricular	29
2 De olho no conceito	29
2.1 Energia Potencial Eletrostática (E_p)	29
2.2 Modelagem e escala (o caso da Terra)	29
2.3 Transformação de energia e conservação	30
3 Aprofundamento das aprendizagens	30
	30

6ª SEMANA	
1 Organizador curricular	34
2 De olho no conceito	34
2.1 Trabalho da força elétrica e conservação da energia	34
2.2 Trabalho motor vs. trabalho resistente	34
2.3 Modelo clássico de corrente elétrica	35
3 Aprofundamento das aprendizagens	35
7ª SEMANA	
1 Organizador curricular	39
2 De olho no conceito	39
2.1 Modelagem gráfica do potencial ($V \times d$)	39
2.2 Conservação de energia e velocidade de partículas	39
2.3 Energia armazenada em capacitores	40
3 Aprofundamento das aprendizagens	41
8ª SEMANA	
1 Organizador curricular	44
2 De olho no conceito	44
2.1 Condutores em equilíbrio e blindagem eletrostática	44
2.2 Indução eletrostática e mobilidade eletrônica	45
2.3 O princípio dos capacitores e a influência de Faraday	45
3 Aprofundamento das aprendizagens	46
Referências	50

Apresentação

Olá, Estudante! Que bom vê-lo(a) por aqui!

Este Caderno foi pensado para você, aluno(a) da Educação Básica do Estado do Pará. Por isso, 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 de habilidades apontadas na Matriz Curricular ENEM; (2) acionar, por meio dos descritores prioritários de Língua Portuguesa e/ou de Matemática, proficiência leitora e do pensamento lógico-matemático necessários à compreensão do componente Física - 3ª. Série e, não menos importante; (3) garantir seus direitos de aprendizagem ao longo de sua trajetória educacional. O caderno de Física - 3ª. Série segue o mesmo padrão dos demais. Para cada semana de aula proposta há um organizador curricular estruturado da seguinte forma: competência específica da área, objeto de conhecimento e habilidade da Matriz do ENEM e, em seguida, resumo teórico que ajuda a entender melhor os conhecimentos necessários para resolver as questões. Depois, há 6 questões, construídas conforme as diretrizes do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). São ao todo 48 questões/ itens para exercitar e consolidar a aprendizagem. Este caderno, portanto, busca integrar as áreas do conhecimento visando contribuir com a sua formação plena, desenvolvendo múltiplas habilidades necessárias não somente para o SAEB/ENEM, mas também para a leitura crítica da realidade e intervenção no mundo. Bons estudos!



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.

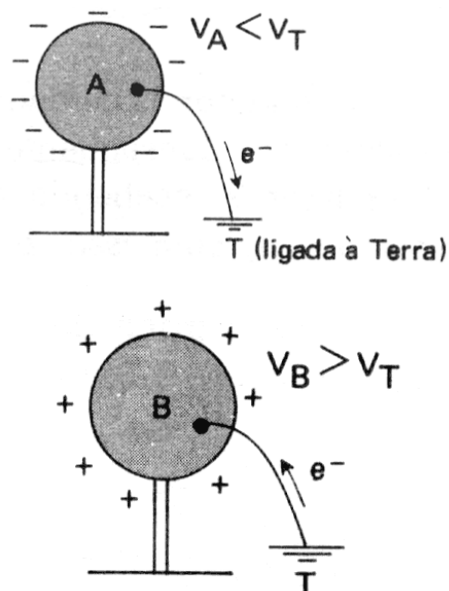


Figura 1: Movimento de elétrons no fio terra (Fonte: <https://fisica.net/>).

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 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 à que foi recebida. Compreender este processo é crucial, pois ele está intimamente ligado a conceitos básicos de eletrostática que se observa no cotidiano.



Aprofundamento das Aprendizagens

q.1

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.

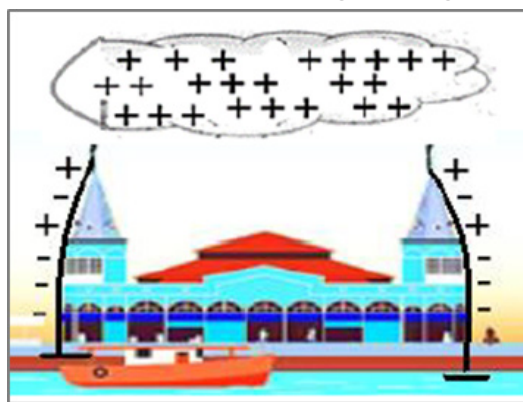


Figura: Descarga atmosférica sobre os Para-raios do mercado de ferro (Fonte: stock.adobe - Adaptado)

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.

Q.2

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 neutra ou carregada.

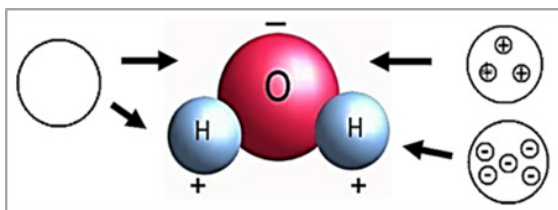


Figura: Molécula de água atraindo partículas eletrizadas e neutras (Fonte: brainly.com.br – Adaptado)

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.

Q.3

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.

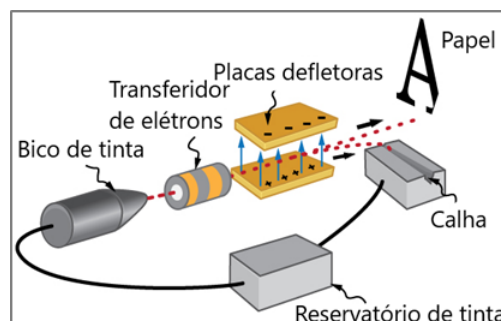


Figura: Esquema que mostra o princípio de funcionamento de uma impressora a jato (Fonte: query.libretexts.org – Adaptado)

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.

Q.4

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.

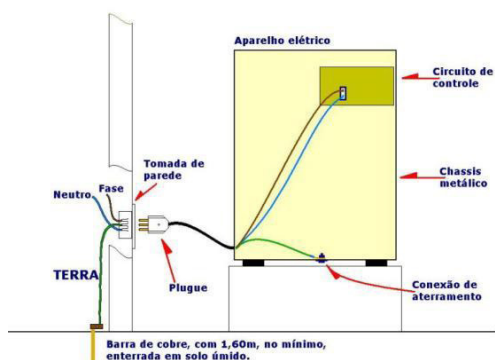


Figura: Equipamento elétrico instalado em funcionamento normal (dicasdozebio.com).

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.

Q.5

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.

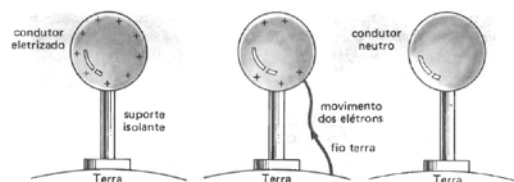


Figura: Processo de neutralização por aterramento (Robortella, 1987).

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

D) prótons “descerão” pelo fio e neutralizam a carga positiva do condutor.

E

nêutrons “subirão” pelo fio e neutralizam a carga positiva do condutor.

q.6

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, adquire a propriedade de atrair pequenos pedaços de palha. A partir de experimentos como o mostrado na figura 1, surgiu a conveniência de se ordenarem os materiais em uma lista chamada série triboelétrica como mostra a figura 2.

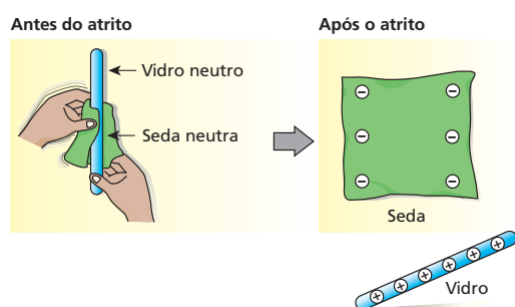


Figura 1: Processo de eletrização por atrito (Fonte: Tópicos da Física. vol. 3, 2012).

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.



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).

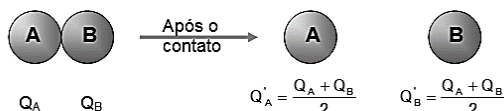
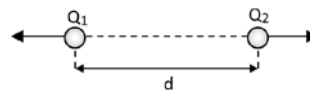


Figura 2: Processo de eletrização por contato.

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;
 $|Q_1|$ e $|Q_2|$ 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: $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$

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

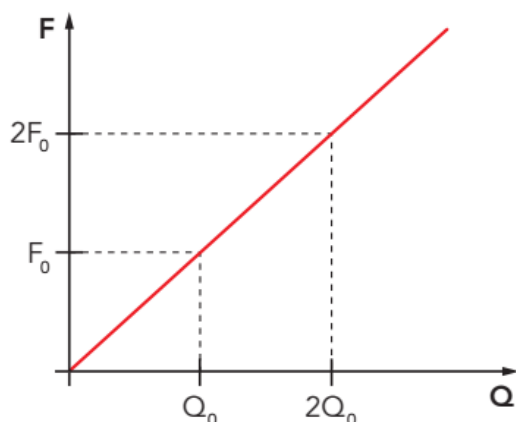


Figura 3: Gráfico do módulo da força (F) entre cargas elétricas em função da carga elétrica (Q) de um dos corpos (Fonte: Física do seu jeito).

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

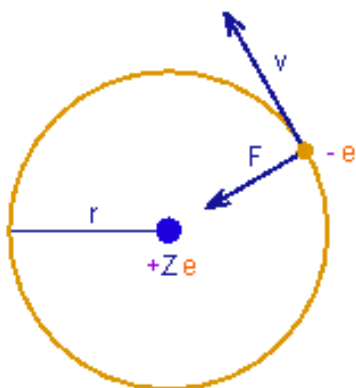


Figura 4: Órbita circular no átomo de um único elétron (Fonte: www.ifufrgs.br/).

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.

Aprofundamento das Aprendizagens

Q.7

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

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

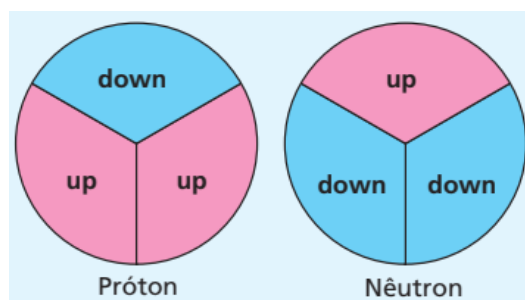


Figura: representação esquemática da suposta composição do próton e do nêutron (Fonte: Tópicos da Física. vol. 3, 2012).

Qual composição correta das cargas do próton e do nêutron?

A

$$\left(+\frac{2}{3}e\right) + \left(+\frac{2}{3}e\right) + \left(-\frac{1}{3}e\right) \text{ e } \left(-\frac{1}{3}e\right) + \left(-\frac{1}{3}e\right) + \left(+\frac{2}{3}e\right)$$

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

$$\left(-\frac{2}{3}e\right) + \left(+\frac{2}{3}e\right) - \left(-\frac{1}{3}e\right) e \left(-\frac{1}{3}e\right) - \left(-\frac{1}{3}e\right) + \left(+\frac{2}{3}e\right)$$

Q.8

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.

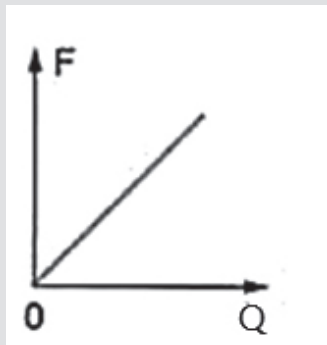
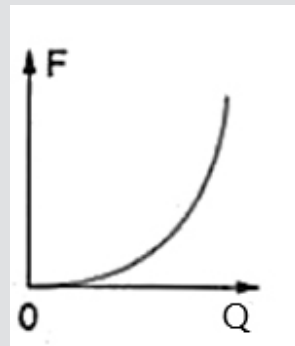
E

A força de interação eletrostática não se altera independentemente da distância entre eles.

Q.9

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.

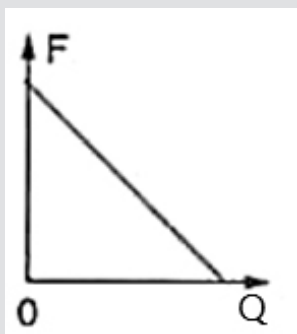
Identifique o gráfico que representa a força elétrica (F) em função da carga elétrica (Q).

A**B**

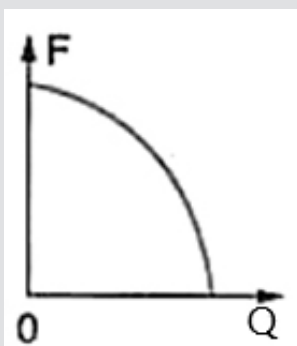
C



D



E



Q.10

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)

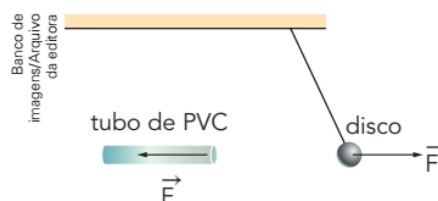


Figura: Representação esquemática da interação elétrica entre o tubo de PVC e o disco de Alumínio. (Fonte: ciência viva, 2024)

O valor da carga elétrica repulsiva é de:
(Dado a constante eletrostática: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ e $\pi=3$).

A

$0,6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$.

B

$3,6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$

C

$3,6 \cdot 10^{-7} \text{ C}$

D

$6,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$

E

$6,0 \cdot 10^{-8} \text{ C}$

Q.11

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

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

Qual o valor das cargas, em unidades de 10^{-6} 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

Q.12

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.

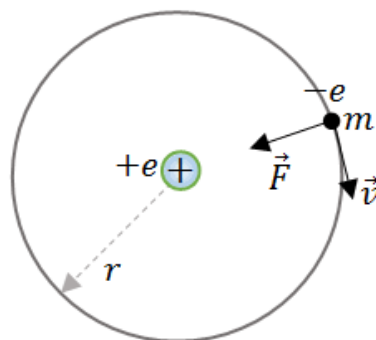


Figura: Átomo de hidrogênio (Fonte: www.fap.ifusp.br).

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

A $1,4.10^{-7} \text{ N}$

B $1,2.10^{-7} \text{ N}$

C $7,2.10^{-8} \text{ N}$

D $4,8.10^{-8} \text{ N}$

E $2,4.10^{-8} \text{ N}$



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.	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. • B l i n d a g e m 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.

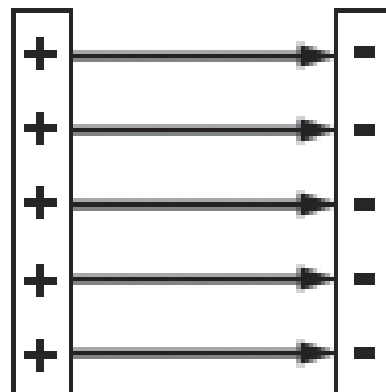


Figura 5: Campo elétrico uniforme gerado entre duas placas planas.

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 1936, e ainda é utilizada em diferentes contextos, a fim de proteger circuitos eletrônicos.

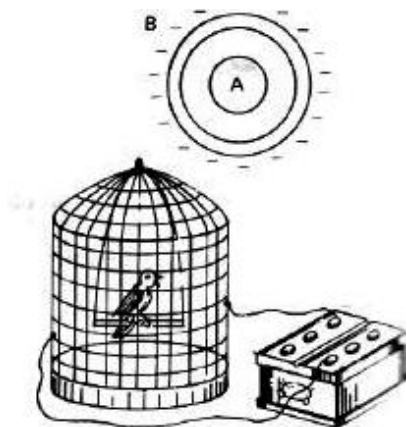


Figura 6: Gaiola de Faraday representando o experimento do fenômeno da blindagem eletrostática.

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 ($F_{\text{resultante}} = 0$). 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, $F_e = P$.

Aprofundamento das Aprendizagens

Q.13

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. 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.

Q.14

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.

Q.15

Uma das aplicações tecnológicas modernas da eletrostática foi a 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).

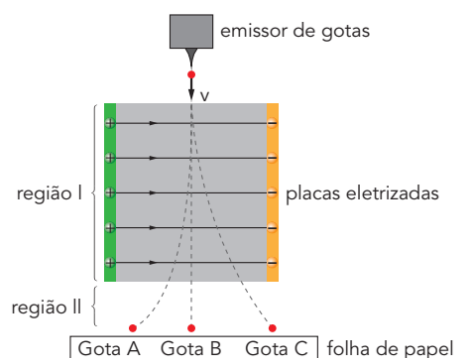


Figura: Representação esquemática do processo de emissão de gotas de tinta em uma impressora a jato (Fonte: Física do seu jeito, 2024).

Pelos desvios sofridos, pode-se dizer que as gotas 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.

Q.16

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.

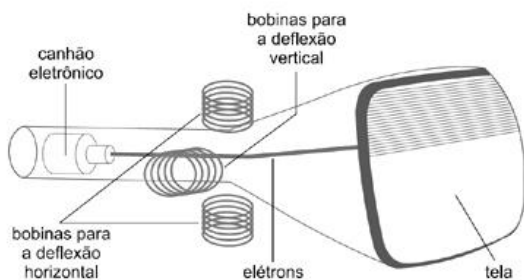


Figura: Televisão de tubo (Fonte: ENEM 2001)

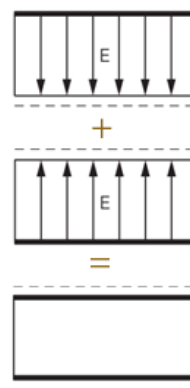
Ao ligar a televisão se cria nas proximidades da tela

- 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.

Q.17

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.

Q.18

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 $0,5 \mu\text{m}$ (micrômetro) e densidade 2 g/cm^3 ficou em equilíbrio estático nas proximidades da superfície terrestre, onde a aceleração da gravidade vale 10 m/s^2 , e o campo eletrostático do planeta (que possui carga negativa na região) é praticamente uniforme e vale 100 N/C .

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

(Dado: $\pi=3$)

A

Neutra e 10^{-10} C .

B

Positiva e 10^{-10} C .

C

Negativa e 10^{-10} C .

D

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

E

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



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.	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 a 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 a figura 7.

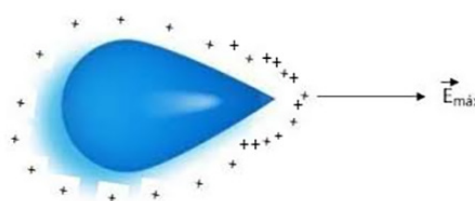


Figura 7: Poder das pontas em condutor pontiagudo (Fonte: arwek.com.br/).

A maior concentração de cargas nas pontas do condutor faz com que o ar se ionize, criando um campo elétrico de intensidade máxima ($E_{\text{MÁX}}$) que faz com que a região ao seu redor se descarregue eletricamente.

A **densidade superficial de cargas** (σ) 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

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

naquela região, dado por: ϵ_0 , onde ϵ_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°) 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 $y = y_0 + v_0 t + at^2/2$.

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



Aprofundamento das Aprendizagens

Q.19

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 $3,6 \cdot 10^4$ m³, formado à sua volta. Caso o SPDA receba uma descarga atmosférica de $25 \mu C$.

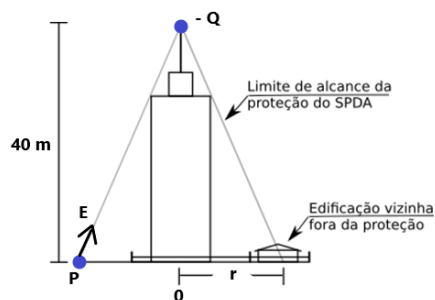


Figura: Alcance da proteção de um para-raios instalado no topo de um prédio residencial (Fonte: www.sonataengenharia.com.br/ - Adaptada)

Qual a intensidade do campo elétrico de aproximação gerado pela descarga atmosférica no ponto P.

(Dado a constante eletrostática: $k = 9,10^9$ Nm²/C² 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.

Q.20

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 $10 \mu\text{C}$, localizada no topo de uma torre que gera um campo elétrico esférico de área 108 m^2 como mostra a figura

(Fonte: Identidade Física, 2024 - Adaptado)

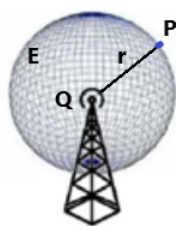


Figura: Campo elétrico gerado pela carga elétrica pontual no topo da torre (Fonte: pt.scribd.com/).

Qual a intensidade do campo elétrico gerado por essa carga no ponto P. (Dado a constante eletrostática: $k = 9,10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \text{ e}$)

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

TEXTO PARA AS 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.

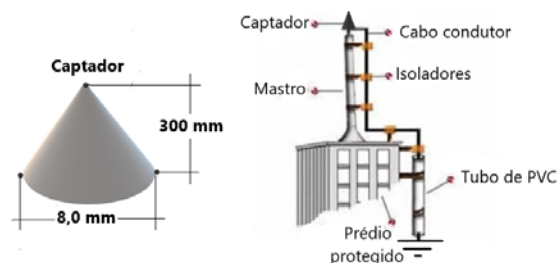


Figura: Sistema de pára-raios com captador em forma de cone (Fonte: www.pabloguimaraes-professor.com.br/ - Adaptado)

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 $\pi=3$).

Q.21

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.

Q.22

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

$4,4 \cdot 10^{14} \text{ V/m}$

TEXTO PARA AS QUESTÕES 23 e 24

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 $E = 1,0 \cdot 10^4 \text{ V/m}$ na vertical, criado entre duas placas metálicas eletrizadas com cargas opostas, onde o espaço percorrido pelo elétron varia de $S_0 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ e $S = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$. Ao ligar o tubo de raios catódicos à fonte de alimentação, o elétron incide no ponto **O**, com velocidade horizontal $v = 1,0 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ 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 = $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

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

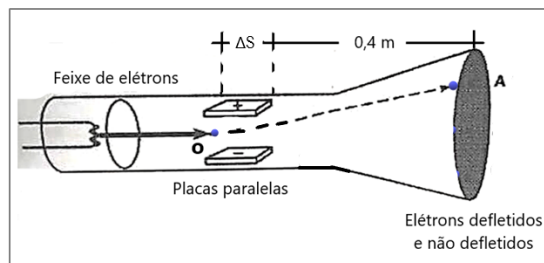


Figura: Esquema do movimento de elétrons num tubo de raios catódicos.

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

Q.23

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).

Q.24

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

A

$1,0 \cdot 10^{-8}$ m.

B

$4,0 \cdot 10^{-7}$ m.

C

$8,5 \cdot 10^{-4}$ m.

D

$8,16 \cdot 10^{-2}$ m.

E

$1,66 \cdot 10^{-3}$ m.



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.	• 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_p)

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.



Aprofundamento das Aprendizagens

Q.25

“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.

Q.26

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.

Q.27

(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 $4,0 \cdot 10^2$ N/C, acelerasse um elétron durante um percurso de $5,0 \cdot 10^{-4}$ m. Sabendo que o módulo da carga elétrica do elétron é $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, a energia adquirida pelo elétron nesse deslocamento era de

A $2,0 \cdot 10^{-25}$ J

B $3,2 \cdot 10^{-20}$ J

C $8,0 \cdot 10^{-19}$ J

D $1,6 \cdot 10^{-17}$ J

E $1,3 \cdot 10^{-13}$ J

Q.28 (Adaptada/UFTM-MG) O planeta Terra pode ser considerado um grande condutor esférico eletrizado negativamente com carga avaliada em $-5,8 \cdot 10^5 \text{ C}$. Seu raio é de aproximadamente $6,4 \cdot 10^3 \text{ km}$. Se o considerarmos isolado do universo, seu potencial elétrico será, em relação a um referencial no infinito, aproximadamente igual a:
(Dado: $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)

A $-9 \cdot 10^2 \text{ V}$

B $-6 \cdot 10^4 \text{ V}$

C $-1 \cdot 10^6 \text{ V}$

D $-4 \cdot 10^7 \text{ V}$

E $-8 \cdot 10^8 \text{ V}$

Q.29 (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 .

Q.30

(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.



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.	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, $W_{AB} = E_c$. Se a partícula parte do repouso: $q(V_A - V_B) =$
- **Cuidado Métrico:** Lembre-se sempre de converter unidades para o SI (ex: $2C = 2 \cdot 10^{-6}C$).
- 2.2 Trabalho Motor vs. Trabalho Resistente

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 ($V \times d$)

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: $W_{AB} = q \cdot (V_A - V_B)$.

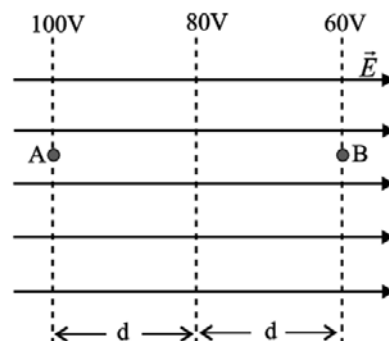
Diferença de Potencial (U): Representa a "voltagem" entre dois pontos. Se o trabalho realizado sobre uma carga positiva é positivo, ela está se movendo naturalmente para um potencial menor ($V_A > V_B$).



Aprofundamento das Aprendizagens

Q.31

(VUNESP-SP) Uma partícula, de massa 1×10^{-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.

Q.32

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

$4,0 \times 10^{-3} \text{ J}$ e a energia cinética da partícula diminui, **visto que** o trabalho é resistente.

B

$2,0 \times 10^{-3} \text{ J}$ e a energia cinética da partícula aumenta, **porque** o trabalho realizado é motor.

C

$4,0 \times 10^{-3} \text{ J}$ e a energia cinética da partícula permanece constante, **embora** haja deslocamento.

D

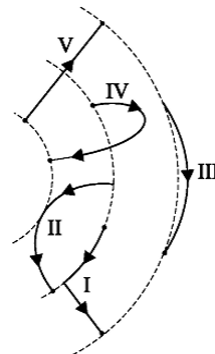
$4,0 \times 10^{-3} \text{ J}$ e a energia cinética da partícula aumenta, **dado que** a força elétrica realiza um trabalho motor.

E

$2,0 \times 10^{-3} \text{ J}$ e a energia cinética da partícula diminui, **contudo** a velocidade aumenta.

Q.33

(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.

Q.34

(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

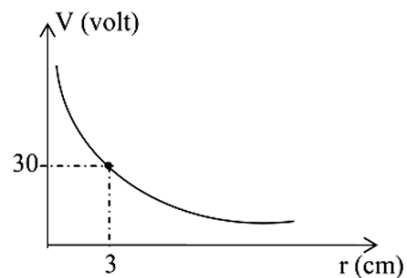
o campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.

E

as cargas positivas e negativas se chocam no filamento da lâmpada.

Q.35

(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

$- 3,0 \cdot 10^{-12} \text{ C}$

Q.36 (UFSM/RS) Uma partícula com carga $q = 2 \cdot 10^{-7} \text{C}$ 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 $4 \cdot 10^{-3} \text{J}$ 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 $0,5 \cdot 10^{-4}$



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.	Potencial elétrico • 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 ($V \times d$)

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).

Balanço 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_p):

$$1. E_p = \frac{CV^2}{2}$$

$$2. E_p = \frac{QV}{2}$$

$$3. E_p = \frac{Q^2}{2C}$$

- **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**.

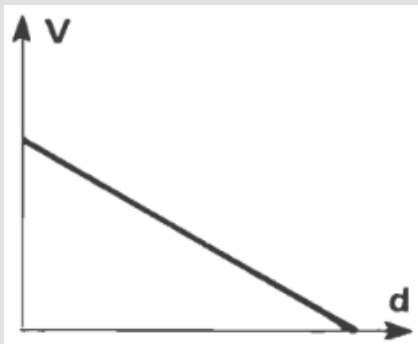
- **Cálculo da Carga (Q):** A relação mais direta é $Q = C \cdot V$. Se o problema pede a carga e fornece a capacitância e a tensão, a informação sobre a energia (220J) torna-se redundante.
- **Alfabetização Métrica:** O prefixo **micro** (μ) é onipresente em capacitores e equivale a 10^{-6} . Assim, $70 \mu F = 70 \cdot 10^{-6} F$.
- **Consistência de Unidades:** $C(\text{Farads}) \times V(\text{Volts}) = Q(\text{Coulombs})$.



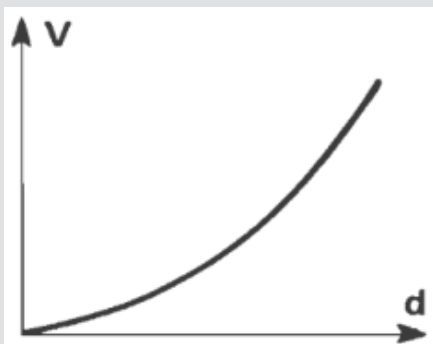
Aprofundamento das Aprendizagens

- Q.37** (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:

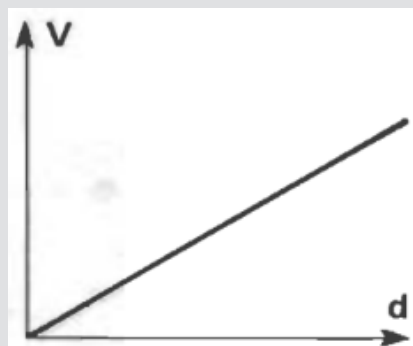
A



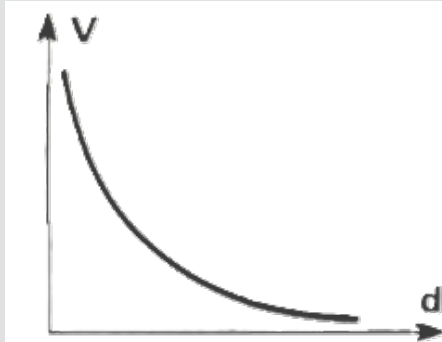
B



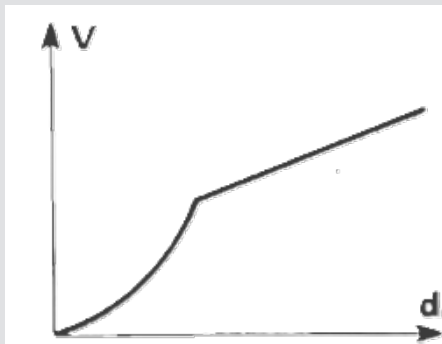
C



D

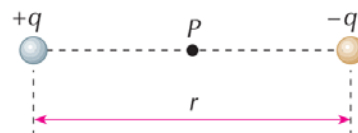


E



Q.38

(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

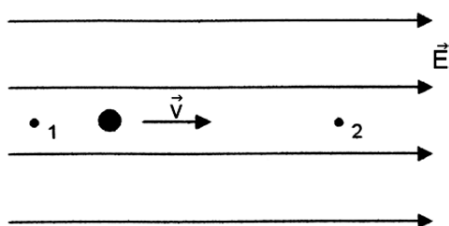
O potencial elétrico resultante no ponto P é zero.

TEXTO CONTINUA NA PRÓXIMA PÁGINA ►

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.

Q.39 (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.

Q.40 (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.

- Q.41** (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 μF , será igual a:

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

- Q.42** (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.



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.	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:** $C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$
 ϵ : 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):
$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

Habilidade de Escala: Lidar com dimensões nanométricas ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) e milivolts ($1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}$) 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.

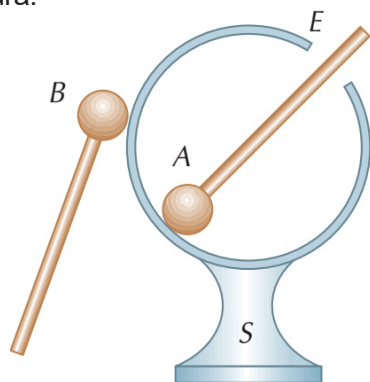
- **O Fenômeno:** A rede de alta tensão atua como o primário de um transformador “aberto”, e a cerca de metal funciona como o secundário, onde surge uma corrente induzida perigosa.
- **Inferência de Solução:** Para evitar que um ser vivo sirva de caminho para essa corrente (choque), é necessário oferecer 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.



Aprofundamento das Aprendizagens

Q.43

(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.

Q.44

“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

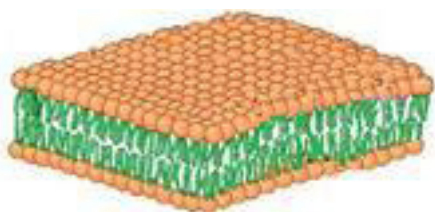
a substituição do material isolante por um de menor constante dielétrica.

E

o aumento da diferença de potencial (voltagem) aplicada ao componente.

Q.45

(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.

Q.46

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.

TEXTO CONTINUA NA PRÓXIMA PÁGINA ►

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.

Q.47 *"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.

Q.48 (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.

Referências

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



SECRETARIA DE
EDUCAÇÃO



GOVERNO DO
PARÁ

3ª SÉRIE
do Ensino
Médio