

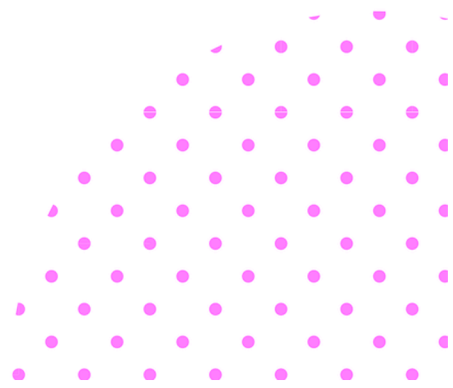


CHAMA O FÍSICO



ELETRÓSTATICA

PROF. THALES RODRIGUES





Sumário

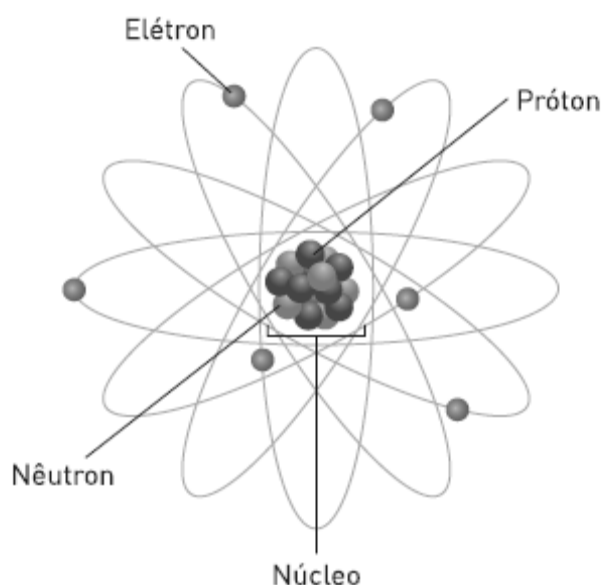
| | |
|-----------------------------|-----------|
| Eletrização | 2 |
| Força Elétrica | 15 |
| Campo Elétrico | 21 |
| Potencial Elétrico | 31 |
| Condutores Elétricos | 39 |
| Gabarito | 44 |

MÓDULO 01: ELETRIZAÇÃO

Os fenômenos elétricos são conhecidos há mais de dois mil anos. Foi o filósofo grego Tales de Mileto (640 a.C. – 548 a.C.) que constatou que, ao atritar âmbar com lã, os materiais se atraíam. A palavra âmbar em grego é elétron, daí o nome eletricidade. Ao longo da história, inúmeros cientistas contribuíram para o desenvolvimento da teoria da eletricidade, porém, para que houvesse uma profunda compreensão do assunto, foi necessário o desenvolvimento do modelo atômico. Em aulas de química você irá se aprofundar na teoria atômica.

CARGA ELÉTRICA

Vamos considerar o modelo atômico que se assemelha ao modelo planetário. Você sabe que o átomo é constituído de prótons, elétrons e nêutrons.



Podemos dividir o átomo em duas regiões:

- Núcleo: região que concentra prótons e nêutrons.
- Eletrosfera: região de movimentação de elétrons.

A eletrostática é a parte da física que estuda a interação entre cargas elétricas em repouso. Mas o que é carga elétrica? Carga elétrica é uma propriedade intrínseca da matéria. É uma propriedade que algumas partículas possuem. A atração entre o âmbar e a lã proposta por Tales de Mileto é explicada pela existência da carga elétrica. Essa tal propriedade pode inclusive ser quantificada. A unidade utilizada para quantificar a carga elétrica é o coulomb, representada pela letra C. Entretanto, você vai perceber que é muito comum trabalharmos com submúltiplos do coulomb. Vale lembrar:

| | | |
|--------------|---------|--------------|
| Milicoulomb | mC | 10^{-3} C |
| Microcoulomb | μ C | 10^{-6} C |
| Nanocoulomb | nC | 10^{-9} C |
| Picocoulomb | pC | 10^{-12} C |

No modelo atômico, a carga elétrica dos prótons foi denominada de carga positiva e a carga elétrica dos elétrons de carga negativa, e o nêutron, como o próprio nome sugere, não possui carga elétrica. Foi possível determinar, experimentalmente, o valor da carga elétrica do próton e do elétron, encontrando os seguintes valores:

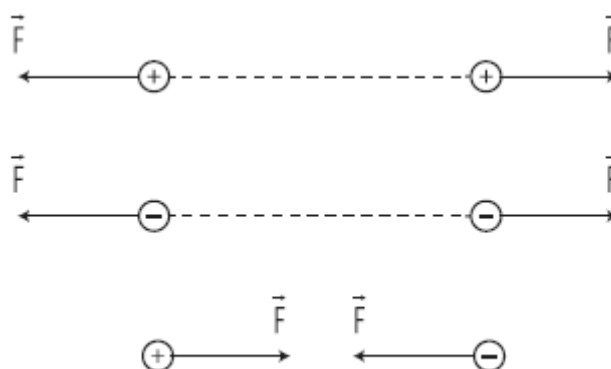
$$\text{- Próton (p}^+) = + 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{- Elétron (e}^-) = - 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Observe que a carga elétrica do próton e do elétron diferem apenas no sinal. O valor $1,6 \times 10^{-19}$ C é chamado de carga elementar (e) e é o menor valor de carga elétrica que se pode encontrar na natureza. Apesar da carga elétrica ser a mesma, em módulo, as massas são bem diferentes! A massa do próton, assim como a do nêutron, é aproximadamente 1800 vezes maior que a do elétron!

PRINCÍPIO DA ATRAÇÃO E REPULSÃO

A interação entre cargas elétricas é percebida sobre a ação de uma força. Essa força pode ser de atração ou repulsão. Quando cargas de mesmo sinal são aproximadas, surge entre elas uma força de repulsão. Quando cargas de sinais contrários são aproximadas, surge uma força de atração.



A força que atua em uma partícula é a igual em módulo, direção e sentido contrário da que atua na outra partícula. Isso se deve à terceira lei de Newton (ação e reação).

UAI MAI

Mas Thales, se elas tiverem cargas diferentes, a que possuir maior valor de carga elétrica sofrerá uma força maior, certo?

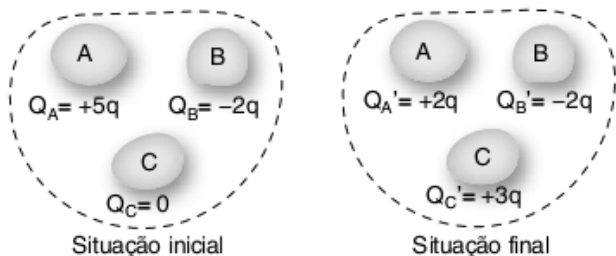
Não! Mesmo que elas tenham cargas diferentes, a força será igual! Lembre-se da 3ª Lei de Newton...

O que aconteceria se um nêutron fosse aproximado de um próton ou um elétron? Como o nêutron é uma partícula que não possui carga elétrica, não haveria interação (força). Estudaremos futuramente como calcular a força elétrica que surge nessas interações.



PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA CARGA ELÉTRICA

Em um sistema isolado de influências externas, o somatório das cargas elétricas deve ser o mesmo. Ou seja, quando os corpos "trocam" cargas elétricas entre si, a carga elétrica total daquele sistema permanece inalterado. Resumindo: o que um ganha, o outro perde. Observe:



A carga elétrica do sistema na situação inicial é:

$$Q_{\text{inicial}} = +5q + (-2q) + 0 = +3q$$

Na situação final, após a troca de carga entre os corpos do mesmo sistema (isolados do meio externo), a carga elétrica é:

$$Q_{\text{final}} = +2q + (-2q) + 3q = +3q$$

Como esperado, a carga elétrica total do sistema se conservou. A carga elétrica não pode ser criada ou destruída, ela é apenas transferida.

CORPOS ELETRIZADOS

Quando estudamos corpos estamos considerando um conjunto de átomos. No seu estado natural, os átomos apresentam o mesmo número de próton e elétrons. Portanto, a carga elétrica total de um átomo é nula. Nesse caso, dizemos então que o corpo (conjunto de átomos) é NEUTRO. Atenção! Não confunda a palavra NEUTRO com NÊUTRON. Quando falamos que um corpo está neutro, significa dizer que a quantidade de prótons e elétrons é a mesma. Apesar de possuir partículas com carga elétrica, o somatório total é nulo. Já o nêutron, como vimos, é uma partícula que não possui carga elétrica. Entendeu?

Dizemos que um corpo está eletrizado quando o número de prótons (cargas positivas) é diferente do número de elétrons (cargas negativas). Para que isso aconteça, o corpo deve ganhar ou perder elétrons.

UAI MAI

Thales, ele não poderia perder ou ganhar prótons?

Não! Prótons estão fortemente presos ao núcleo, e não são facilmente arrancados de lá. Elétrons, na eletrosfera, podem ser transferidos mais facilmente. Logo, eletrizar um corpo é processo que consiste em ganhar ou perder elétrons.

Quando um corpo neutro ganha elétrons, a quantidade de carga elétrica negativa supera a de cargas positivas. Logo, dizemos que o corpo está eletrizado negativamente.

Quando o corpo neutro perde elétrons, a quantidade de carga elétrica positiva supera a de cargas negativas. Logo, dizemos que o corpo está eletrizado positivamente.

QUANTIZAÇÃO DA CARGA ELÉTRICA

Uma grandeza é dita quantizada quando ela não pode assumir qualquer valor, e sim um múltiplo inteiro de um mínimo. Como se observou anteriormente, um corpo muda de estado de eletrização por perder ou ganhar elétrons. Assim, a carga elétrica do corpo é sempre um múltiplo inteiro da carga do elétron, já que não é possível ceder ou retirar "meio elétron", por exemplo. Pode-se dizer que a carga (Q) adquirida por um corpo é igual ao número (n) de elétrons excedentes ou faltantes multiplicado pela carga elementar (e).

$$Q = \pm n \cdot e$$

Exercício Resolvido

(Fgv 2015) Deseja-se eletrizar um objeto metálico, inicialmente neutro, pelos processos de eletrização conhecidos, e obter uma quantidade de carga negativa de $3,2 \mu\text{C}$. Sabendo-se que a carga elementar vale $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ para se conseguir a eletrização desejada será preciso

- A) retirar do objeto 20 trilhões de prótons.
- B) retirar do objeto 20 trilhões de elétrons.
- C) acrescentar ao objeto 20 trilhões de elétrons.
- D) acrescentar ao objeto cerca de 51 trilhões de elétrons.
- E) retirar do objeto cerca de 51 trilhões de prótons.

Resolução:

Sabendo que $Q = ne$ substituindo os dados fornecidos no enunciado, temos que:

$$(3,2 \cdot 10^{-6}) = n \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})$$

$$n = \frac{3,2 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$n = 2 \cdot 10^{13} e^-$$

ou

$$n = 20 \cdot 10^{12} e^-$$

Como o objetivo é uma carga negativa, podemos concluir que devem ser acrescentados 20 trilhões de elétrons ao objeto.

Resposta: Letra C

CONDUTORES E ISOLANTES ELÉTRICOS

Condutores elétricos são materiais que permitem o fluxo de carga elétrica com uma certa facilidade. Para que isso ocorra, ele deve possuir cargas livres na sua estrutura. Existem condutores elétricos no estado sólido, líquido e gasoso. Por exemplo:

Sólido: metais. Devido à ligação metálica (abordada em aulas de química), os metais possuem elétrons livres.

Líquidos: soluções iônicas. Você já deve ter ouvido falar que água com sal é condutora de eletricidade, processo conhecido com dissociação iônica. Como os íons são "separados" e passam a ser livres, a solução é considerada condutora de eletricidade.

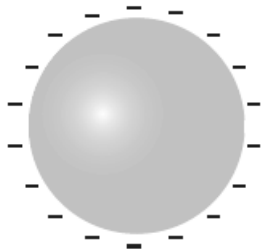
Gasoso: gases ionizados. Quando ionizados apresentam elétrons e íons (positivos e negativos) livres.

Já os materiais isolantes, também chamados de dielétricos, não possuem portadores de carga elétrica livres. Por não possuir mobilidade, ele não é capaz de conduzir eletricidade. São exemplos de isolantes elétricos a borracha, o vidro, giz... Mas atenção! Futuramente veremos que um isolante pode se tornar um condutor, dependendo da intensidade do campo elétrico que ele está submetido. Mas isso é apenas um spoiler!

DISTRIBUIÇÃO DA CARGA ELÉTRICA

Você já sabe que quando o número de cargas positivas difere do número de cargas negativas em um corpo dizemos que ele está eletrizado. Agora iremos discutir como que essa carga elétrica em excesso se distribui pelo corpo.

No caso de um condutor eletrizado, uma esfera metálica eletrizada negativamente por exemplo, a carga elétrica negativa em excesso fica distribuída na superfície externa do corpo. Vale lembrar que cargas de mesmo sinal se repelem e, por isso, os elétrons em excesso não irão se concentrar em regiões internas. Na esfera a carga em excesso se distribui de forma homogênea na superfície externa.



Caso o corpo seja pontiagudo, a carga elétrica fica mais concentrada nas regiões das pontas. Esse fenômeno é conhecido como "poder das pontas" e estudaremos futuramente.

UAI MAI..

Thales, não faz sentido o poder das pontas! Se a carga elétrica em excesso irá se repelir, por que ela irá se concentrar nas pontas?

Eu sei. Realmente, num primeiro momento, o poder das pontas é estranho. Porém, fique calmo! Depois que aprendermos sobre potencial elétrico eu irei te convencer da existência desse fenômeno!

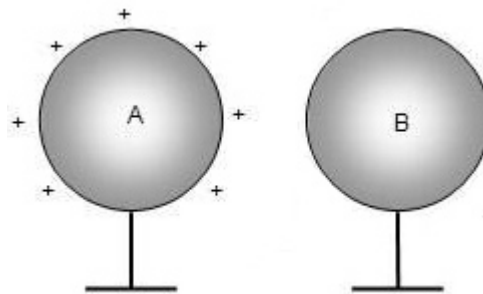
No caso de isolantes eletrizados a carga elétrica em excesso não tem mobilidade para se distribuir pelo corpo. Logo, a carga elétrica em excesso fica localizada na região eletrizada. Se você pegar um bastão de vidro e conseguir arrancar elétrons na sua extremidade (veremos como fazer isso), apenas aquela região ficaria eletrizada positivamente (perdeu elétrons).



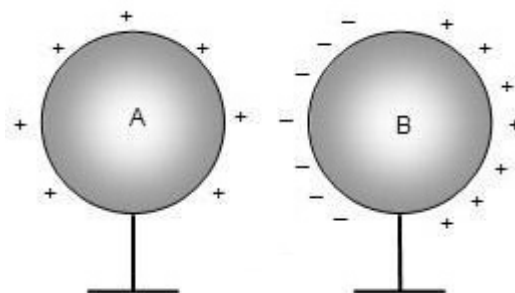
INDUÇÃO ELETROSTÁTICA E POLARIZAÇÃO

Agora nós estudaremos como que um corpo se comporta quando é aproximado dele um corpo eletrizado. Observe que eu apenas irei APROXIMAR o outro corpo. Não havendo transferência de carga elétrica não é caracterizado um processo de eletrização. Porém o comportamento de condutores e isolantes são diferentes. Para condutores, chamaremos o comportamento de indução eletrostática. Para isolantes, chamaremos o comportamento de polarização. Vamos entender melhor.

Considere o corpo A uma esfera eletrizada positivamente. Quando aproximamos ele da esfera condutora neutra B, o que acontece?



Como a esfera B é condutora, existe mobilidade de cargas elétricas (elétrons livres). Esses elétrons são atraídos pelo corpo A e se deslocam para a esquerda. Como o lado direito da esfera B perdeu elétrons, essa região se torna uma região positiva.

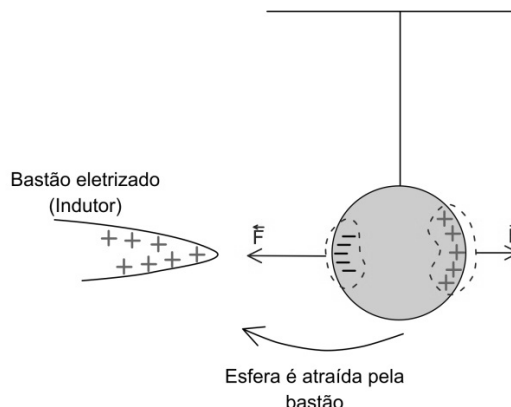


Dois erros são comuns e é importante que você entenda:

1º) Não pense que os elétrons foram atraídos para a esquerda e os prótons repelidos para a direita. Próton não se movimenta! Apesar de parecer ter acontecido isso, lembre-se que a região da direita perdeu elétrons e por isso fica positiva.

2º) O corpo B continua neutro! Afinal de contas ele não ganhou nem perdeu elétrons. Houve apenas uma redistribuição da carga elétrica total, mas não houve eletrização. Falaremos então que o corpo está induzido, porém neutro.

A indução provoca um efeito interessante. Observe a figura abaixo:

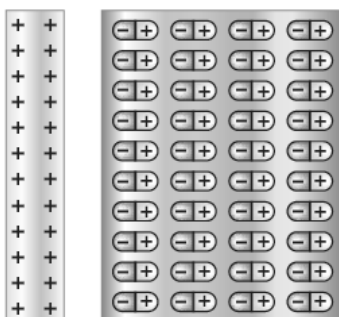




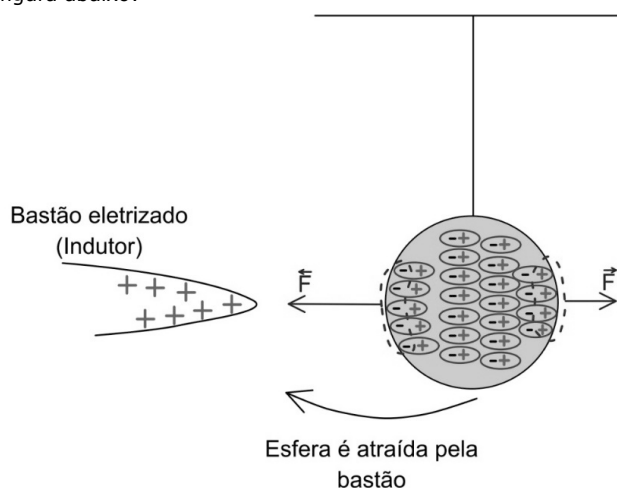
Quando a indução ocorre, os elétrons se aproximam do bastão. Dessa forma, a atração do bastão sobre os elétrons da esfera é maior do que a repulsão que o bastão provoca nos prótons da própria esfera. Assim, a esfera é atraída pelo bastão! Isso pode parecer estranho, afinal de contas a esfera ainda está neutra. Mas é exatamente isso que acontece, a esfera por ser atraída, tende a se mover e aproximar-se do bastão. O mesmo aconteceria se o bastão estivesse eletrizado negativamente. Concluímos então que um corpo eletrizado sempre atrai um corpo condutor neutro.

O pêndulo montado acima pode ser usado para identificarmos corpos eletrizados, por que os corpos eletrizados moverão o pêndulo, enquanto que os corpos neutros nada farão. Instrumentos que identificam os corpos eletrizados são chamados de eletroscópios. Neste caso, esse é um eletroscópio de pêndulo. Mais adiante estudaremos o eletroscópio de folhas.

A polarização é um processo que ocorre em isolantes elétricos. Como não há mobilidade de cargas em um isolante, o que acontece quando se aproxima um corpo eletrizado? Existirá um deslocamento da nuvem eletrônica nas suas moléculas. Diferentemente da indução, que ocorre deslocamento de cargas, na polarização ocorre apenas um alinhamento das moléculas do isolante.



A polarização também provoca um efeito interessante. Observe a figura abaixo:



Repare que as cargas não se separam, mas os átomos possuem suas cargas negativas voltadas para o indutor positivo. Assim, o efeito final é bem semelhante ao da indução: cargas opostas acumuladas na extremidade próxima do indutor e cargas de mesmo sinal acumuladas na extremidade oposta. O resultado é que a esfera será atraída pelo bastão mesmo sendo isolante. Portanto, um corpo eletrizado sempre atrai um corpo neutro, mesmo se ele for isolante.

ELETRIZAÇÃO POR ATRITO

Iniciaremos o estudo da eletrização. Mas o que é eletrizar? Nesse momento você já sabe que eletrizar um corpo significa gerar diferença entre a quantidade de carga positiva e negativa. Faremos isso doando ou retirando elétrons do corpo. Porém, existem três formas de se fazer isso: eletrização por atrito, por contato e por indução. Estudaremos todas elas.

Quando atritamos dois corpos (esfregando-os), eles tendem a ficar eletrizados. Alguns materiais se eletrizam mais facilmente com o atrito, enquanto que outros praticamente não se eletrizam. Em geral, os isolantes são bons materiais para se eletrizarem por atrito. Assim, se esfregarmos um pedaço de algodão em um bastão de vidro, eles passam de corpos neutros a corpos eletrizados.

O que acontece é que o atrito retira elétrons de um dos corpos (daquele cujo material prende mais fracamente os elétrons) e passa para o outro. Assim, aquele que recebe os elétrons fica negativamente eletrizado, enquanto que o outro corpo, que teve os elétrons retirados dele, fica positivamente eletrizado. Sabe-se que ao atritar o algodão e vidro, será a o algodão quem roubará elétrons.



Repare que após a eletrização por atrito, os corpos passam a se atrair, pois sempre adquirem cargas opostas. Você pode esfregar um pente de plástico no cabelo e perceber que alguns fios serão atraídos pelo pente após o atrito!

Note também que, para cada elétron que o algodão rouba do bastão, um próton aparece em excesso no bastão. Portanto, os corpos apresentam cargas opostas, mas de módulos iguais.

No entanto, nem sempre teremos a informação de qual dos corpos adquirir carga positiva e qual adquirir carga negativa após o atrito. Pois como dito anteriormente, isso depende dos dois materiais envolvidos. Em geral, só saberemos que suas cargas serão opostas. A tabela abaixo mostra, apenas a título de curiosidade, a carga que alguns materiais adquirem quando eletrizados por atrito:

| Série Triboelétrica |
|---------------------|
| Vidro |
| Marfim |
| Lã |
| Madeira |
| Algodão |
| Seda |
| Enxofre |

Qualquer uma das substâncias da tabela adquire carga positiva quando atritada com as substâncias que estão abaixo dela na tabela e adquire carga negativa quando atritada com as que estão acima. Para um exemplo, a tabela nos mostra que, se esfregarmos vidro e seda, a seda ficará negativa e o vidro positivamente carregado. Em geral, somente temos a informação de qual corpo fica positivo após uma eletrização por atrito, quando consultamos essa tabela. Essa tabela é conhecida como série triboelétrica.

Atenção!

O aluno não deve se preocupar em decorar qual material fica eletrizado positivamente e qual fica eletrizado negativamente em uma eletrização por atrito!

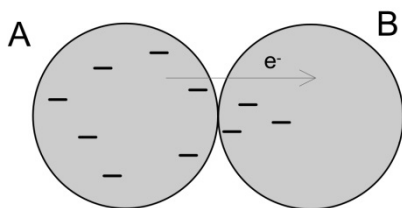
Quando uma pessoa toma choque ao fechar a porta de um carro, seria um exemplo. Isso ocorreu porque a lataria do carro eletrizou-se através do atrito com o ar durante o seu movimento. Uma pessoa que usa roupas de lã pode ficar eletrizada devido ao atrito com a roupa. Ela pode provocar choques ao cumprimentar outras pessoas!

ELETRIZAÇÃO POR CONTATO

Considere duas esferas condutoras, uma delas neutra e a outra eletricamente carregada com uma carga negativa.



Para eletrizar a esfera B de uma forma simples, basta colocá-las em contato. Nesse momento, alguns dos elétrons em excesso da esfera A passarão para a esfera B, devido à repulsão que eles exercem uns sobre os outros.



Esse fluxo de elétrons acontece até o chamado equilíbrio eletrostático, onde não há mais movimentação de cargas elétricas. Podemos dizer que a eletrização por contato consiste da redistribuição da carga total em excesso. Em geral, o equilíbrio eletrostático é atingido depois de um tempo muito curto e a situação final das esferas será:



Para calcular a quantidade de carga adquirida por cada esfera no final da eletrização do contato externo temos duas situações:

1ª) Se as duas esferas forem idênticas, ou seja, mesmo tamanho, a carga total será igualmente dividida pelas duas esferas. Esse é o caso mais simples de distribuição.

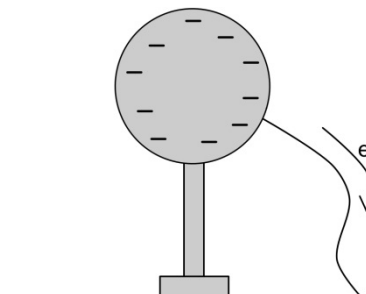
2ª) Se as duas esferas tiverem tamanhos diferentes, a carga final de cada esfera é proporcional ao seu raio. Quando estudarmos potencial elétrico vamos discutir essa propriedade.

A eletrização por contato possui a característica de sempre deixar os corpos com cargas de mesmo sinal, após o contato. Portanto, se a esfera A estivesse previamente eletrizada com carga positiva, no final as duas esferas ficariam eletrizadas com carga positiva. Lembrando que, a eletrização nunca acontece por fluxo de prótons, mas sempre de elétrons.

Então, a esfera A, estando eletrizada positivamente, atrairia elétrons da esfera B, mesmo que essa estivesse neutra. Não se esqueça de que um corpo neutro possui sempre um número gigantesco de prótons e de elétrons, mas esses dois números são iguais.

A eletrização por contato ocorre melhor entre corpos condutores. Se tentarmos eletrizar um isolante por contato, ocorrerá a chamada eletrização local, ou seja, o isolante só será eletrizado no lugar onde o contato acontecer. Como o isolante não permite o movimento das cargas em seu interior, aquele excesso de elétrons tende a permanecer exatamente onde está. Repare que em um condutor, a carga nunca fica acumulada em uma única parte e sempre se espalha por ele, já que existe repulsão entre elas.

Um caso especial de eletrização por contato acontece quando esferas condutoras são ligadas à Terra. Com frequência temos que utilizar um fio condutor para estabelecer contato elétrico entre um corpo e a Terra. Damos a esse fio o nome de fio-terra. Uma das principais utilidades de um fio-terra é a neutralização de corpos eletrizados, ou seja, uma maneira de fazermos com que um corpo eletrizado fique neutro. Para entendermos esse processo, imagine um corpo carregado negativamente sobre um suporte isolante. Ligaremos então, um fio condutor entre esse corpo e o solo, para estabelecer contato elétrico com a Terra. Observe a figura:



No momento exato em que o corpo for ligado à Terra, os elétrons da esfera descerão pelo fio até o solo, até que a esfera fique completamente neutra. Nesse momento ocorre entre o corpo e o planeta, uma eletrização por contato. Como a esfera tem raio desprezível quando comparado com o raio do planeta, ela é neutralizada e toda a sua carga vai para a Terra.

Dessa maneira, quando os corpos eletrizados são ligados à Terra por um fio condutor, o planeta os neutraliza. Mas é claro que, se o corpo estiver eletrizado positivamente, o fluxo de elétrons será da Terra para o corpo, para que ele seja neutralizado. Não podemos nos esquecer de que as eletrizações nunca ocorrem com fluxo de prótons.

Em muitas situações o fio-terra não será um fio propriamente dito. Qualquer corpo condutor pode fazer o papel do fio-terra, inclusive o nosso próprio corpo. Quando tomamos choque ao fechar a porta de um carro é um belo exemplo disso. O carro, que estava previamente eletrizado, é neutralizado pela Terra através de um fluxo de elétrons que passa pelo nosso corpo. Esse fluxo de elétrons é que provoca o choque.



Exercício Resolvido

(PUC-RJ) Dois bastões metálicos idênticos estão carregados com a carga de $9,0 \mu\text{C}$. Eles são colocados em contato com um terceiro bastão, também idêntico aos outros dois, mas cuja carga líquida é zero. Após o contato entre eles ser estabelecido, afastam-se os três bastões.

Qual é a carga líquida resultante, em μC , no terceiro bastão?

- A) 3,0
- B) 4,5
- C) 6,0
- D) 9,0
- E) 18

Resolução:

Esta questão trata da eletrização por contato, onde bastões metálicos idênticos são colocados em contato, sendo dois com carga de $9,0 \mu\text{C}$ e outro neutro.

A resolução desta questão impõe o princípio da conservação de carga, isto é, o somatório das cargas é constante antes e depois do contato.

A carga líquida resultante em um bastão será este somatório de cargas dividido igualmente pelos três bastões.

Portanto:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \text{constante}$$

$$Q_t = 9,0 \mu\text{C} + 9,0 \mu\text{C} + 0 = 18,0 \mu\text{C}$$

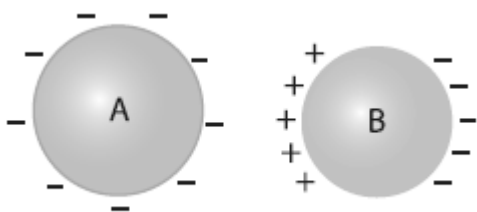
E a carga de cada bastão após o contato será:

$$Q_3 = \frac{Q_t}{3} = \frac{18,0 \mu\text{C}}{3} = 6,0 \mu\text{C}$$

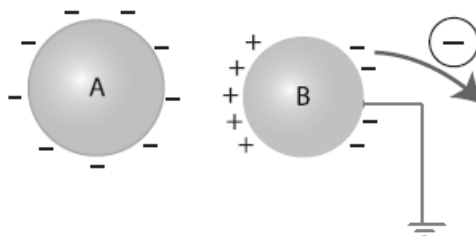
Resposta: Letra C

ELETRIZAÇÃO POR INDUÇÃO

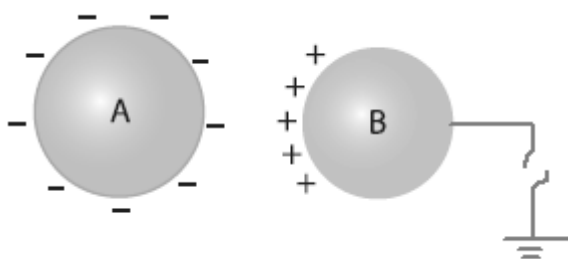
Nesse procedimento vamos começar induzindo uma esfera condutora neutra (B) com um indutor positivo (A).



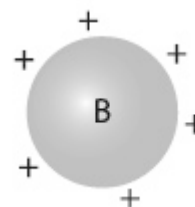
Por causa da presença do corpo A, alguns elétrons da esfera são repelidos para a esquerda. Lembrando que até agora, o corpo B está induzido, mas não está eletrizado. Como ele não ganhou ou perdeu elétrons, ele continua neutro. Na sequência vamos ligar o corpo B à Terra. Feito isso, os elétrons que estavam sendo repelidos pelo corpo A irão para a Terra.



Caso o corpo A fosse positivo, elétrons iriam subir pelo fio-terra. A próxima etapa consiste em, mantendo o corpo A próximo, cortar o fio-terra.



Após cortar o fio-terra, podemos afastar o corpo A. Como o corpo B perdeu elétrons (2ª figura) ele estará agora eletrizado positivamente.

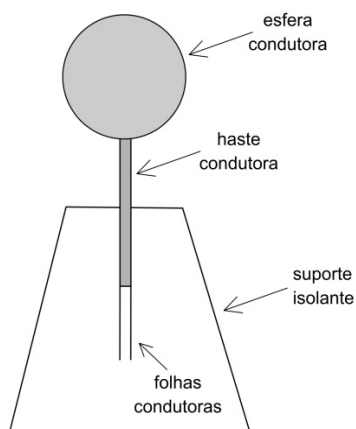


Com isso finalizamos a eletrização por indução. Repare que se o bastão estivesse eletrizado positivamente desde o começo, a esfera terminaria esse processo eletrizada negativamente. Assim, a carga final do corpo eletrizado por indução é oposta à carga do indutor.

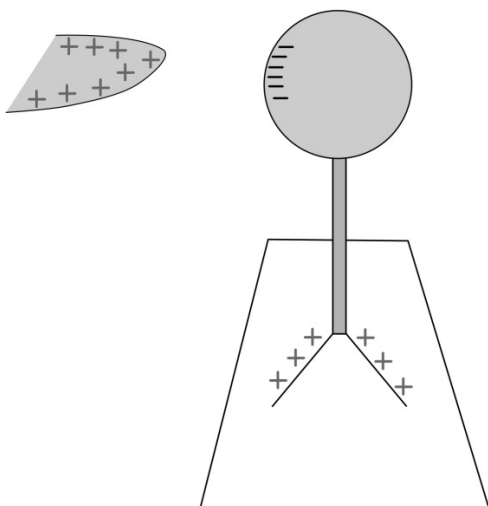
Outro ponto importante para ocorrer a eletrização por indução é manter o indutor próximo da esfera até o final do processo, ou seja, até o fio-terra ser completamente desligado. Se o bastão afastar-se da esfera com o fio-terra ainda ligado, a Terra neutralizará a esfera!

ELETROSCÓPIO DE FOLHAS

O principal objetivo de um eletroscópio é determinar se um corpo está eletrizado ou neutro. O objeto da figura abaixo é conhecido como eletroscópio de folhas e desempenha muito bem essa função. Veja a sua estrutura:



O suporte isolante tem o papel de sustentar o eletroscópio e mantê-lo isolado eletricamente do chão, ou seja, impedir a troca de elétrons com a Terra. Assim, quando aproximarmos um corpo eletrizado do eletroscópio, ocorrerá indução em sua parte interior (também chamada de corpo do eletroscópio):



A indução provoca a separação das cargas do eletroscópio. As cargas positivas (mesmo sinal do bastão) concentram-se na extremidade do condutor mais distante possível do bastão, fazendo com que as folhas passem a se repelir. Como as folhas são feitas de materiais extremamente leves, a repulsão é suficiente para afastar as folhas, como mostrado na figura. Se o bastão estivesse eletrizado negativamente, as folhas abririam da mesma forma, pois ficariam com excesso de elétrons, que seriam repelidos para lá pelo bastão. Assim, ao aproximarmos um objeto da esfera de um eletroscópio de folhas, saberemos se ele está eletrizado se as folhas do eletroscópio abrirem.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01

(FURG) Sobre os núcleos atômicos e seus constituintes, são feitas quatro afirmativas.

- I. Os núcleos atômicos são constituídos por prótons, nêutrons e elétrons.
- II. O próton é uma partícula idêntica ao elétron, porém de carga positiva.
- III. Nos núcleos atômicos está concentrada a quase totalidade da massa do átomo.
- IV. As forças nucleares são as responsáveis por manter unidas as partículas que compõem os núcleos atômicos.

Quais afirmativas estão corretas?

- A) Apenas II.
- B) Apenas I e III.
- C) Apenas III e IV.
- D) Apenas I, II e IV.
- E) I, II, III e IV.

02

(UNIMONTES) Sabe-se que um corpo, quando carregado, tem excesso de prótons ou de elétrons. A carga elétrica elementar vale $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C. Das alternativas seguintes, assinale a que NÃO pode ser uma magnitude de carga elétrica total num corpo, em Coulomb.

- A) $1,76 \times 10^{-19}$.
- B) $1,60 \times 10^{-18}$.
- C) $3,20 \times 10^{-19}$.
- D) $-6,40 \times 10^{-19}$.

03

(UEA) Manaus é o município brasileiro campeão de morte por raio, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Sabendo que a carga elétrica elementar é igual a $1,6 \times 10^{-19}$ C e que uma nuvem de tempestade sobre Manaus tem carga elétrica negativa acumulada de 32 C, é correto afirmar que essa nuvem tem

- A) $5,0 \times 10^{18}$ elétrons a mais do que prótons.
- B) $2,0 \times 10^{20}$ elétrons a mais do que prótons.
- C) $5,0 \times 10^{20}$ elétrons a mais do que prótons.
- D) $5,0 \times 10^{18}$ elétrons a menos do que prótons.
- E) $2,0 \times 10^{20}$ elétrons a menos do que prótons.

04

(UNIFICADO RJ) As nuvens responsáveis pelos raios elétricos frequentemente apresentam, na parte superior, uma predominância de cargas elétricas positivas e, na inferior, de cargas elétricas negativas. Em uma descarga da nuvem para o solo, o fluxo de cargas deverá ser constituído predominantemente por:

- A) nêutrons subindo.
- B) prótons subindo.
- C) prótons descendo.
- D) elétrons subindo.
- E) elétrons descendo.



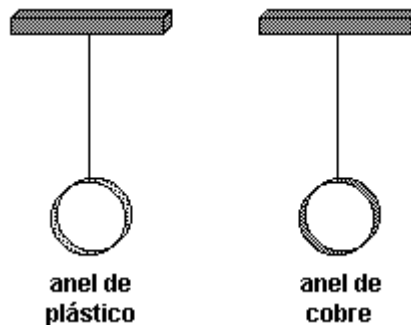
- 05 (Fuvest) A lei de conservação da carga elétrica pode ser enunciada como segue:
- A) A soma algébrica dos valores das cargas positivas e negativas em um sistema isolado é constante.
 - B) Um objeto eletrizado positivamente ganha elétrons ao ser aterrado.
 - C) A carga elétrica de um corpo eletrizado é igual a um número inteiro multiplicado pela carga do elétron.
 - D) O número de átomos existentes no universo é constante.
 - E) As cargas elétricas do próton e do elétron são, em módulo, iguais.

- 06 (UFRN) Uma nuvem eletricamente carregada induz cargas na região imediatamente abaixo dela, e essa região, por sua vez, também se eletriza.
- A figura que melhor representa a distribuição de cargas no interior da nuvem e na região imediatamente abaixo desta é:



- 07 (FASEH) Uma esfera leve está suspensa por um fio isolante e, quando se aproxima dela uma régua, nota-se que a esfera se aproxima da régua.
- Com essa observação, é possível concluir que
- A) a esfera e a régua estão carregadas.
 - B) pelo menos um dos dois objetos está carregado.
 - C) somente a esfera está carregada.
 - D) somente a régua está carregada.

- 08 (UFMG)



Inicialmente, o Prof. Antônio aproxima um bastão eletricamente carregado, primeiro, do anel de plástico e, depois, do anel de cobre.

- Com base nessas informações, é correto afirmar que
- A) os dois anéis se aproximam do bastão.
 - B) o anel de plástico não se movimenta e o de cobre se afasta do bastão.
 - C) os dois anéis se afastam do bastão.
 - D) o anel de plástico não se movimenta e o de cobre se aproxima do bastão.

09

(UFOP) Assinale a afirmativa correta:

- A) Se um corpo A, eletrizado positivamente, atrai um corpo B, concluímos que B está carregado negativamente.
- B) Dizemos que um corpo qualquer está eletrizado negativamente quando ele possui um certo número de elétrons livres.
- C) A eletrização por atrito de dois corpos consiste na passagem de elétrons de um corpo para outro, ficando eletrizado positivamente o corpo que perdeu elétrons.
- D) Em virtude de não existirem elétrons livres em um isolante, ele não pode ser eletrizado negativamente.
- E) Quando dois corpos são atritados um contra o outro, ambos adquirem cargas elétricas de mesmo sinal.

10

(FEI) Dois condutores A e B são colocados em contato. Sabendo-se que o condutor A está eletrizado positivamente e o condutor B está neutro, podemos afirmar que:

- A) Haverá passagem de elétrons de B para A.
- B) Haverá passagem de elétrons de A para B.
- C) Haverá passagem de prótons de B para A.
- D) Haverá passagem de prótons de A para B.
- E) Haverá passagem de nêutrons de B para A.

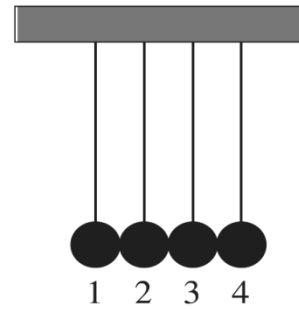
11

(UFLA) Considere três esferas 1, 2 e 3, condutoras, idênticas e elaboradas de um mesmo material. Inicialmente, a esfera 1 está carregada com carga Q , e as esferas 2 e 3 estão descarregadas. Coloca-se a esfera 1 em contato com a esfera 2, eletrizando-a, e, em seguida, elas são separadas. Posteriormente, coloca-se a esfera 2 em contato com a esfera 3, eletrizando-a, e separando-as também. Finalmente, a esfera 3 é colocada em contato com a esfera 1, sendo depois separadas. Dessa forma, a carga final da esfera 1 é

- A) $\frac{3}{4}Q$
- B) $\frac{3}{8}Q$
- C) $\frac{Q}{3}$
- D) Q

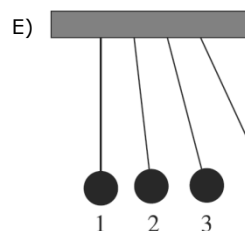
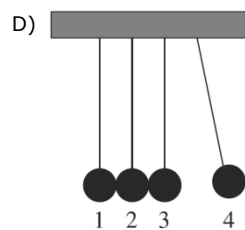
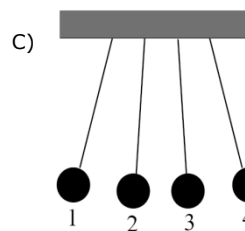
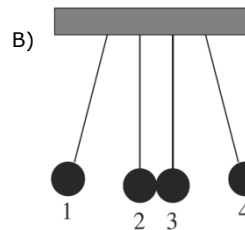
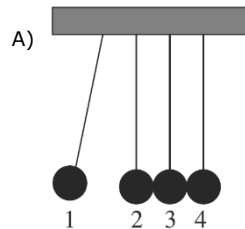
12

(UFF) A figura representa quatro esferas metálicas idênticas penduradas por fios isolantes elétricos.



O arranjo está num ambiente seco e as esferas estão inicialmente em contato umas com as outras. A esfera 1 é carregada com uma carga elétrica $+Q$.

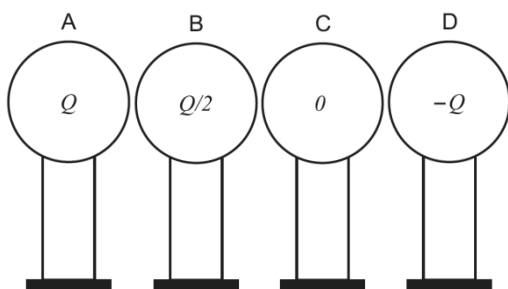
Escolha a opção que representa a configuração do sistema depois de atingido o equilíbrio.





13

- (PUC-SP) Considere quatro esferas metálicas idênticas, separadas e apoiadas em suportes isolantes. Inicialmente as esferas apresentam as seguintes cargas: $Q_A = Q$, $Q_B = Q/2$, $Q_C = 0$ (neutra) e $Q_D = -Q$. Faz-se, então, a seguinte sequência de contatos entre as esferas:



Distribuição inicial das cargas entre as esferas

- I. contato entre as esferas A e B e esferas C e D. Após os respectivos contatos, as esferas são novamente separadas;
 - II. a seguir, faz-se o contato apenas entre as esferas C e B. Após o contato, as esferas são novamente separadas;
 - III. finalmente, faz-se o contato apenas entre as esferas A e C. Após o contato, as esferas são separadas.
- Pede-se a carga final na esfera C, após as sequências de contatos descritas.

- A) $\frac{7Q}{8}$
 B) Q
 C) $\frac{-Q}{2}$
 D) $\frac{-Q}{4}$
 E) $\frac{7Q}{16}$

14

- (PUC-MG) Duas esferas condutoras idênticas (1 e 2) têm, cada uma delas, uma carga Q . Uma terceira esfera idêntica, com um suporte isolante e inicialmente descarregada, é tocada primeiro com a esfera 1 e, em seguida, com a esfera 2 e, então, removida.

As novas cargas nas esferas 1 e 2, são respectivamente:

- A) $3Q/4$ e $Q/2$
 B) $2Q/3$ e $2Q/3$
 C) $Q/2$ e $3Q/4$
 D) $Q/2$ e $3Q/3$

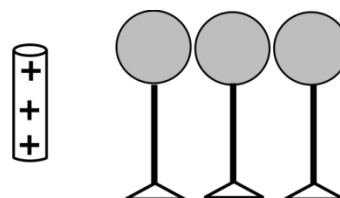
15

- (UESPI) Uma pequena esfera condutora A, no vácuo, possui inicialmente carga elétrica Q . Ela é posta em contato com outra esfera, idêntica a ela porém neutra, e ambas são separadas após o equilíbrio eletrostático ter sido atingido. Esse procedimento é repetido mais 10 vezes, envolvendo outras 10 esferas idênticas à esfera A, todas inicialmente neutras. Ao final, a carga da esfera A é igual a:

- A) $Q/2^9$
 B) $Q/2^{10}$
 C) $Q/2^{11}$
 D) $Q/10$
 E) $Q/11$

16

- (UESPI) Três esferas metálicas, apoiadas em suportes isolantes, são colocadas próximas, como no desenho abaixo, porém sem se tocarem. Um bastão carregado positivamente é aproximado da primeira esfera.

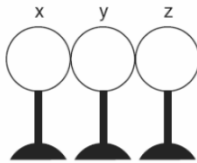


Assinale o diagrama que melhor representa a distribuição de cargas nas esferas.

- A)
- B)
- C)
- D)
- E)

17

- (UEM) O diagrama abaixo ilustra três esferas neutras de metal, x, y e z, em contato entre si e sobre uma superfície isolada.

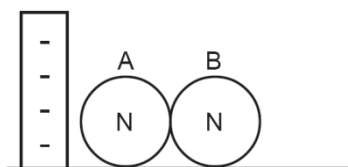


Assinale a alternativa cujo diagrama melhor representa a distribuição de cargas das esferas quando um bastão carregado positivamente é aproximado da esfera x, mas não a toca.

- A)
- B)
- C)
- D)
- E)

18

(PUC-RS) Considere as informações e a figura, que representa duas esferas em contato, e localizadas próximas a uma barra eletrizada.



Dois esferas condutoras A e B idênticas, eletricamente neutras (N), estão em contato uma com a outra e isoladas eletricamente de qualquer influência, a não ser quando se aproxima de uma delas uma barra eletricamente negativa. Enquanto a barra é mantida nessa posição, as esferas são separadas uma da outra.

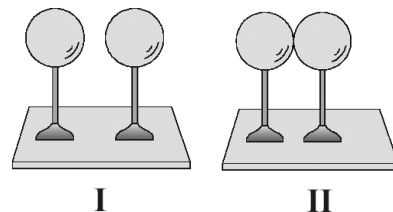
Se, na sequência, a barra for afastada das duas esferas, a carga elétrica dessas esferas resultará

- A) positiva, tanto para A quanto para B.
 B) positiva para A e negativa para B.
 C) negativa para A e positiva para B.
 D) nula para as duas esferas, que permanecem neutras.
 E) negativa para as duas esferas.

19

- (UFMG) Duas esferas metálicas idênticas – uma carregada com carga elétrica negativa e a outra eletricamente descarregada – estão montadas sobre suportes isolantes.

Na situação inicial, mostrada na figura I, as esferas estão separadas uma da outra. Em seguida, as esferas são colocadas em contato, como se vê na figura II. As esferas são, então, afastadas uma da outra, como mostrado na figura III.

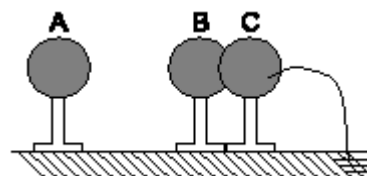


Considerando-se as situações representadas nas figuras I e III, é correto afirmar que,

- A) em I, as esferas se atraem e em III, elas se repelem.
 B) em I, as esferas se repelem e, em III, elas se atraem.
 C) em I, não há força entre as esferas.
 D) em III, não há força entre as esferas.

20

- (Fuvest) Três esferas metálicas iguais, A, B e C, estão apoiadas em suportes isolantes, tendo a esfera A carga elétrica negativa. Próximas a ela, as esferas B e C estão em contato entre si, sendo que C está ligada à terra por um fio condutor, como na figura.



A partir dessa configuração, o fio é retirado e, em seguida, a esfera A é levada para muito longe. Finalmente, as esferas B e C são afastadas uma da outra. Após esses procedimentos, as cargas das três esferas satisfazem as relações

- A) $Q_A < 0$ $Q_B > 0$ $Q_C > 0$
 B) $Q_A < 0$ $Q_B = 0$ $Q_C = 0$
 C) $Q_A = 0$ $Q_B < 0$ $Q_C < 0$
 D) $Q_A > 0$ $Q_B > 0$ $Q_C = 0$
 E) $Q_A > 0$ $Q_B < 0$ $Q_C > 0$



21

(Fuvest) Quando se aproxima um bastão B, eletrizado positivamente, de uma esfera metálica, isolada e inicialmente descarregada, observa-se a distribuição de cargas representada na Figura I.

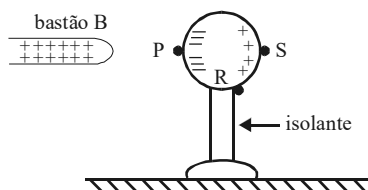
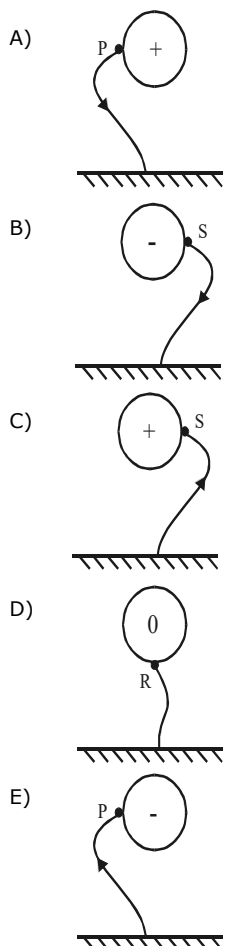


Fig. 1

Mantendo-se o bastão na mesma posição, a esfera é conectada à terra por um fio condutor que pode ser ligado a um dos pontos P, E ou S da superfície da esfera. Indicando pela seta o sentido do fluxo de elétrons (se houver) e por (+), (-) ou (0) o sinal da carga final (Q) da esfera, o esquema que representa corretamente é

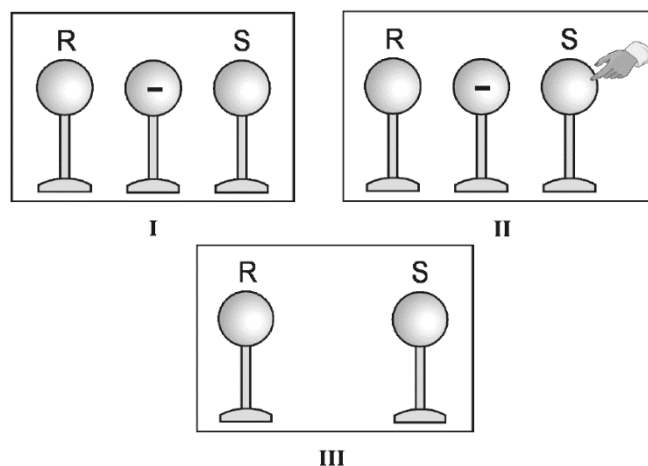


22

► (UFMG) Durante uma aula de Física, o Professor Carlos Heitor faz a demonstração de eletrostática que se descreve a seguir. Inicialmente, ele aproxima duas esferas metálicas R e S, eletricamente neutras, de uma outra esfera isolante, eletricamente carregada com carga negativa, como representado na Figura I. Cada uma dessas esferas está apoiada em um suporte isolante.

Em seguida, o professor toca o dedo, rapidamente, na esfera S, como representado na Figura II.

Isso feito, ele afasta a esfera isolante das outras duas esferas, como representado na Figura III.



Considerando-se essas informações, é correto afirmar que, na situação representada na Figura III,

- A) a esfera R fica com carga negativa e a S permanece neutra.
- B) a esfera R fica com carga positiva e a S permanece neutra.
- C) a esfera R permanece neutra e a S fica com carga negativa.
- D) a esfera R permanece neutra e a S fica com carga positiva.

23

(UFTM) A indução eletrostática consiste no fenômeno da separação de cargas em um corpo condutor (induzido), devido à proximidade de outro corpo eletrizado (indutor).

Preparando-se para uma prova de física, um estudante anota em seu resumo os passos a serem seguidos para eletrizar um corpo neutro por indução, e a conclusão a respeito da carga adquirida por ele.

Passos a serem seguidos:

- I. Aproximar o indutor do induzido, sem tocá-lo.
- II. Conectar o induzido à Terra.
- III. Afastar o indutor.
- IV. Desconectar o induzido da Terra.

Conclusão:

No final do processo, o induzido terá adquirido cargas de sinais iguais às do indutor.

Ao mostrar o resumo para seu professor, ouviu dele que, para ficar correto, ele deverá

- A) inverter o passo III com IV, e que sua conclusão está correta.
- B) inverter o passo III com IV, e que sua conclusão está errada.
- C) inverter o passo I com II, e que sua conclusão está errada.
- D) inverter o passo I com II, e que sua conclusão está correta.
- E) inverter o passo II com III, e que sua conclusão está errada.

24

(UNIFENAS) Com relação aos processos de eletrização, pedem-se os sinais finais das cargas obtidas pelos processos de atrito, contato e indução, respectivamente.

- A) iguais, iguais e diferentes.
- B) opostos, iguais e opostos.
- C) opostos, opostos e opostos.
- D) iguais, iguais e iguais.
- E) iguais, opostos e iguais.

25

(EFOA) Um filete de água pura cai verticalmente de uma torneira. Um bastão de vidro carregado com uma carga líquida negativa é aproximado da água. Nota-se que o filete encurva ao encontro do bastão. Isto se deve ao fato de:

- A) os momentos de dipolo das moléculas da água se orientarem no campo elétrico produzido pelo bastão.
- B) o bastão produzir um acúmulo de carga líquida positiva no filete de água.
- C) o filete de água pura possuir necessariamente uma carga líquida positiva.
- D) o filete de água pura possuir uma carga líquida negativa.
- E) ser significativa a atração gravitacional entre o bastão e o filete de água.

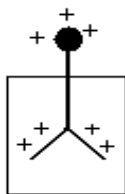
26

(PUC-RJ) Um bastão é esfregado com um certo tecido e depois, durante algum tempo, ele é capaz de erguer, pela simples aproximação, sem tocar, alguns pedacinhos de papel que estão em uma mesa. Este fenômeno ocorre porque:

- A) existe força de atração gravitacional entre bastão e o papel
- B) ao ser esfregado, o bastão fica carregado eletricamente e esta carga é transferida para o papel.
- C) o bastão e o papel ficam carregados com cargas opostas.
- D) o bastão carregado polariza (separa) as cargas do papel que, no entanto, permanece neutro.
- E) o ar entre o bastão e o papel está ionizado.

27

(PUC-MG) A figura representa um eletroscópio de folhas. O eletroscópio pode indicar a presença de cargas elétricas e o sinal delas.



Considere o eletroscópio originalmente carregado positivamente. Aproximando-se dele um bastão carregado, observa-se que as folhas se fecham. É correto afirmar que:

- A) o bastão tem carga negativa.
- B) o bastão tem carga positiva.
- C) o bastão tem cargas positiva e negativa não balanceadas.
- D) não é possível identificar a carga do bastão.

28

(ACAFE) Utilizado nos laboratórios didáticos de física, os eletroscópios são aparelhos geralmente usados para detectar se um corpo possui carga elétrica ou não.



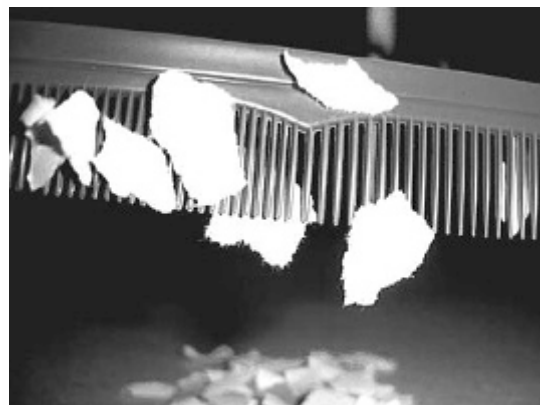
Considerando o eletroscópio da figura anterior, carregado positivamente, assinale a alternativa correta que completa a lacuna da frase a seguir.

Tocando-se o dedo na esfera, verifica-se que as lâminas se fecham porque o eletroscópio _____.

- A) perde elétrons
- B) ganha elétrons
- C) ganha prótons
- D) perde prótons

29

(Enem (Libras)) Um pente plástico é atritado com papel toalha seco. A seguir ele é aproximado de pedaços de papel que estavam sobre a mesa. Observa-se que os pedaços de papel são atraídos e acabam grudados ao pente, como mostra a figura.



Disponível em: <http://ogostoamargodometal.wordpress.com>. Acesso em: 10 ago. 2012.

Nessa situação, a movimentação dos pedaços de papel até o pente é explicada pelo fato de os papeizinhos

- A) serem influenciados pela força de atrito que ficou retida no pente.
- B) serem influenciados pela força de resistência do ar em movimento.
- C) experimentarem um campo elétrico capaz de exercer forças elétricas.
- D) experimentarem um campo magnético capaz de exercer forças magnéticas.
- E) possuírem carga elétrica que permite serem atraídos ou repelidos pelo pente.



MÓDULO 02: FORÇA ELÉTRICA

Agora que você domina os conceitos básicos da eletrostática podemos aprofundar o nosso estudo. No módulo passado você aprendeu sobre o Princípio da Atração e Repulsão. Vimos que existe interação entre cargas elétricas. Na física, quando falamos de interação, queremos dizer que existe uma força associada. Essa força de interação entre cargas elétricas é conhecida como força elétrica.

Foi o francês Charles de Coulomb quem pela primeira vez, conseguiu determinar uma maneira de calcular a força entre duas cargas elétricas puntiformes. A partir de várias medições experimentais, ele percebeu então que a força elétrica entre duas cargas Q e q é diretamente proporcional ao produto do módulo das cargas:

$$F_e \propto |Q| \cdot |q|$$

As cargas são colocadas em módulo, pois o valor da força não é alterado pelo sinal da carga. Alterando-se o sinal, alteramos apenas o fato da força ser atrativa ou repulsiva.

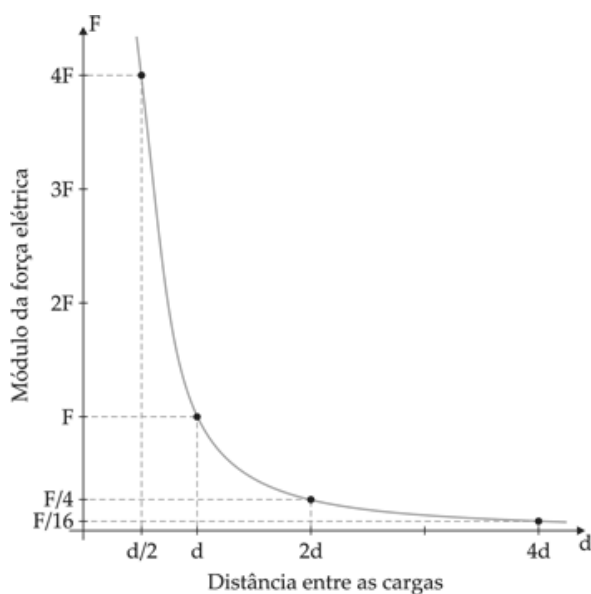
Posteriormente, ele mediu várias vezes a força entre as esferas depois de variar a distância entre elas. O resultado obtido foi de que a força é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as cargas:

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

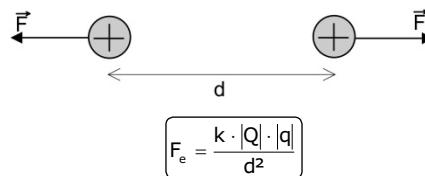
Dizer que a força elétrica varia inversamente como quadrado da distância significa dizer o seguinte:

- se a distância entre as cargas dobra, a força diminui quatro vezes.
- se a distância entre as cargas triplica, a força diminui nove vezes.
- se a distância entre as cargas diminui duas vezes, a força aumenta quatro vezes.

Podemos representar essa relação no gráfico de Força Elétrica x Distância. A curva obtida é uma hipérbole. Observe:



Essas relações de proporção viraram uma igualdade, depois que uma constante foi introduzida.



A equação acima é conhecida como lei de Coulomb e a constante k é chamada de constante elétrica do meio.

O valor da constante k é diferente para cada meio em que as cargas estiverem inseridas. Na maioria dos exercícios e problemas de vestibulares, as cargas estarão inseridas no ar ou vácuo. Nesses dois meios o valor da constante é considerado praticamente o mesmo e seu valor é:

$$k = 9,0 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$$

Atenção!

Você não precisa decorar o valor da constante elétrica do vácuo. Esse valor será fornecido na hora da prova.

Para se ter uma ideia da importância do valor dessa constante, utiliza-se o exemplo do sal NaCl. Você aprendeu na aula de química que esse sal dissocia-se ao ser inserido na água. Isso acontece porque a constante elétrica da água é, aproximadamente, 80 vezes menor do que a constante elétrica do ar mostrada acima. Assim, quando o sal é colocado na água, a força de atração entre os íons Na^+ e Cl^- diminui 80 vezes, separando essas partículas.

Tenha cuidado! Como a lei de Coulomb foi obtida utilizando pequenas esferas eletrizadas, ela só pode ser aplicada em corpos que se assemelham a essas esferas, ou em outras palavras, ela só pode ser aplicada para calcular a força entre duas cargas puntiformes. Nem pense em aplicar a lei de Coulomb para corpos extensos ou placas eletrizadas.

Exercício Resolvido

(Ear) Duas cargas são colocadas em uma região onde há interação elétrica entre elas. Quando separadas por uma distância d , a força de interação elétrica entre elas tem módulo igual a F . Triplicando-se a distância entre as cargas, a nova força de interação elétrica em relação à força inicial, será

- A) diminuída 3 vezes
- B) diminuída 9 vezes
- C) aumentada 3 vezes
- D) aumentada 9 vezes

Resolução:

$$F_1 = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

$$F_2 = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{(3d)^2} \Rightarrow F_2 = \frac{1}{9} \cdot \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

Logo, a força fica 9 vezes menor.

Resposta: Letra B

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

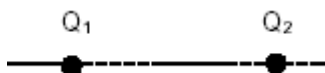
30

(PUC-MG) Duas cargas positivas, separadas por uma certa distância, sofrem uma força de repulsão. Se o valor de uma das cargas for dobrada e a distância duplicada, então, em relação ao valor antigo de repulsão, a nova força será:

- A) o dobro
- B) o quádruplo
- C) a quarta parte
- D) a metade

31

(PUC-RS) A figura abaixo representa duas pequenas cargas elétricas atraindo-se.



Em relação a esses dados, é correto afirmar que:

- A) as duas cargas são positivas.
- B) a carga Q_1 é necessariamente negativa.
- C) o meio onde se encontram as cargas não influi no valor da força de atração.
- D) em módulo as duas cargas são necessariamente iguais.
- E) as duas cargas atraem-se com forças iguais em módulo.

32

(Unifesp) Duas partículas de cargas elétricas $q_1 = 4,0 \times 10^{-16} \text{ C}$ e $q_2 = 6,0 \times 10^{-16} \text{ C}$ estão separadas no vácuo por uma distância de $3,0 \times 10^{-9} \text{ m}$.

Sendo $k = 9,0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$, a intensidade da força de interação entre elas, em newtons, é de

- A) $1,2 \times 10^{-5}$.
- B) $1,8 \times 10^{-4}$.
- C) $2,0 \times 10^{-4}$.
- D) $2,4 \times 10^{-4}$.
- E) $3,0 \times 10^{-3}$.

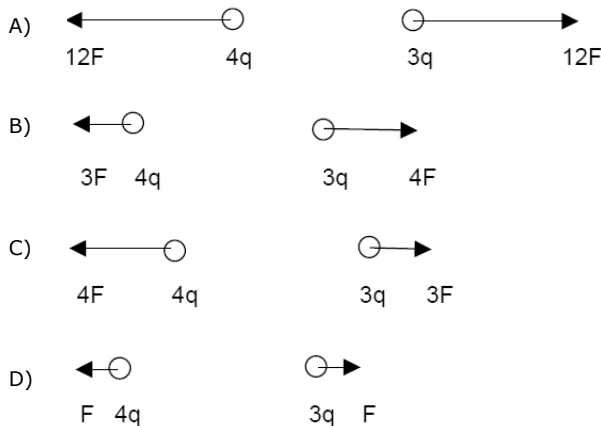
33

(PUC-MG) Duas cargas elétricas puntiformes são separadas por uma distância de 4,0 cm e se repelem mutuamente com uma força de $3,6 \times 10^{-5} \text{ N}$. Se a distância entre as cargas for aumentada para 12,0 cm, a força entre as cargas passará a ser de:

- A) $1,5 \times 10^{-6} \text{ N}$
- B) $4,0 \times 10^{-6} \text{ N}$
- C) $1,8 \times 10^{-6} \text{ N}$
- D) $7,2 \times 10^{-6} \text{ N}$

34

(FCMMG) Duas pequenas esferas metálicas idênticas, separadas de uma distância L estão carregadas com a mesma quantidade de carga elétrica q e estão interagindo com uma força F . Assinale a alternativa cuja figura melhor representa a força de interação entre as mesmas esferas, separadas pela mesma distância L , mas agora carregadas com cargas $4q$ e $3q$.



35

(UNIFENAS) Duas cargas elétricas idênticas são colocadas a uma distância de 60 cm. A intensidade da força de repulsão que aparece entre elas é de 10 N. Dado $K = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$, a carga elétrica de cada uma delas é:

- A) $2 \times 10^{-5} \text{ C}$.
- B) $4 \times 10^{-5} \text{ C}$.
- C) $5 \times 10^{-5} \text{ C}$.
- D) $4 \times 10^{-4} \text{ C}$.
- E) $2 \times 10^{-4} \text{ C}$.

36

(PUC-RJ) Duas esferas carregadas, afastadas de 1 m, se atraem com uma força de 720 N. Se uma esfera tem o dobro da carga da segunda, qual é a carga das duas esferas?

(Considere $K = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$)

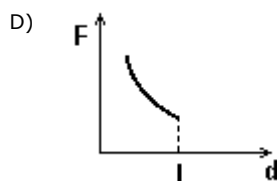
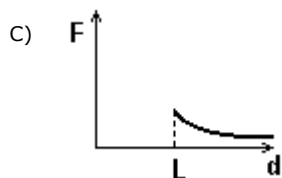
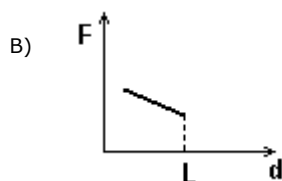
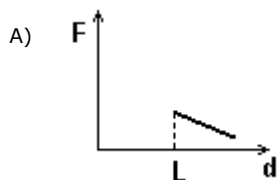
- A) $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ e $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$
- B) $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ e $4,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$
- C) $3,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ e $6,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$
- D) $4,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ e $8,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$
- E) $5,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ e $10,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$



37

- (UFMG) Duas cargas elétricas idênticas estão fixas, separadas por uma distância L . Em um certo instante, uma das cargas é solta e fica livre para se mover.

Considerando essas informações, assinale a alternativa cujo gráfico melhor representa o módulo da força elétrica F , que atua sobre a carga que se move, em função da distância d entre as cargas, a partir do instante em que a carga é solta.



38

(Unesp) Duas esferas condutoras idênticas, carregadas com cargas $+Q$ e $-3Q$, inicialmente separadas por uma distância d , atraem-se com uma força elétrica de intensidade (módulo) F . Se as esferas são postas em contato e, em seguida, levadas de volta para suas posições originais, a nova força entre elas será

- A) maior que F e de atração.
 B) menor que F e de atração.
 C) igual a F e de repulsão.
 D) menor que F e de repulsão.
 E) maior que F e de repulsão.

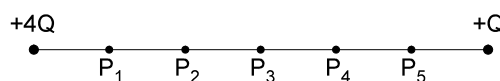
39

- (UERJ) Duas pequenas esferas metálicas Iguais, A e B, se encontram separadas por uma distância d . A esfera A tem carga $+2Q$ e a esfera B tem carga $-4Q$. As duas esferas são colocadas em contato, sendo separadas, a seguir, até a mesma distância d . A relação entre os módulos das forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 de interação entre as esferas, respectivamente, antes e depois do contato, é:

- A) $F_1 = 8F_2$
 B) $F_1 = 3/2 F_2$
 C) $F_1 = 2/3 F_2$
 D) $F_1 = 3F_2$
 E) $F_1 = 8/9 F_2$

40

- (UNIFOR) Duas cargas elétricas $+4Q$ e $+Q$ estão fixadas nas posições indicadas no esquema.

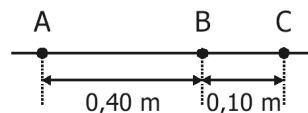


De acordo com o esquema, a força eletrostática resultante exercida por essas cargas sobre uma carga de prova será nula se esta for colocada no ponto

- A) P_1
 B) P_2
 C) P_3
 D) P_4
 E) P_5

41

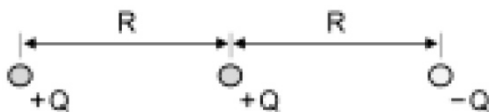
- (Mackenzie) Três pequenos corpos A, B e C, eletrizados com cargas elétricas idênticas, estão dispostos como mostra a figura. A intensidade da força elétrica que A exerce em B é $0,50$ N. A força elétrica resultante que age sobre o corpo B tem intensidade de:



- A) $3,5$ N
 B) $4,0$ N
 C) $4,5$ N
 D) $7,5$ N
 E) $8,5$ N

42

(FMTM-MG) Três cargas elétricas pontiformes estão distribuídas ao longo de uma linha reta, conforme a figura.

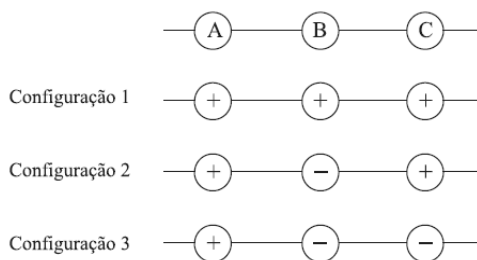


Se k é a constante eletrostática, a intensidade da força elétrica resultante que age sobre a carga Q , situada na extremidade esquerda da linha de distribuição das cargas, pode ser expressa por:

- A) $kQ^2/2R^2$.
- B) kQ^2/R^2 .
- C) $3kQ^2/4R^2$.
- D) $3kQ^2/2R^2$.
- E) $5kQ^2/4R^2$.

43

(Unesp) Considere uma experiência em que três cargas pontuais de igual módulo estejam alinhadas e igualmente espaçadas, que as cargas A e C sejam fixas, e que os sinais das cargas A, B e C obedecem a uma das três configurações seguintes:

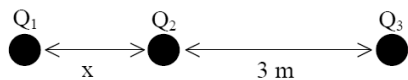


Considere, ainda, que se deseja que a carga B esteja solta e em equilíbrio. Para tanto, das configurações apresentadas, pode-se usar

- A) somente a 1.
- B) somente a 2.
- C) somente a 3.
- D) tanto a 1 quanto a 3.
- E) tanto a 1 quanto a 2.

44

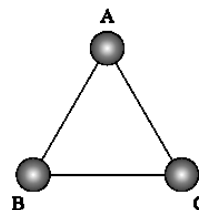
(UNIMONTES) Três cargas $Q_1 = 16\text{ C}$, $Q_2 = -9\text{ C}$ e Q_3 estão posicionadas conforme figura abaixo. O valor de x , em metros, para que a força elétrica resultante em Q_3 seja nula, é de



- A) 4.
- B) 3.
- C) 2.
- D) 1.

45

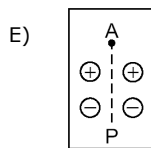
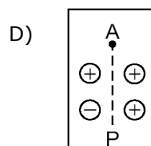
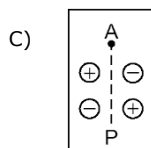
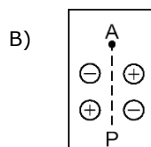
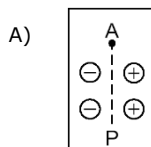
(FMTM-MG) Nos vértices do triângulo equilátero ABC da figura são fixadas três cargas elétricas pontiformes e de mesmo sinal. A força elétrica resultante sobre a carga A será:



- A) nula, pois encontra-se equidistante das cargas B e C.
- B) vertical para cima, somente se as cargas forem positivas.
- C) vertical para baixo, somente se as cargas forem negativas.
- D) vertical para cima, qualquer que seja o sinal das cargas.
- E) vertical para baixo, qualquer que seja o sinal das cargas.

46

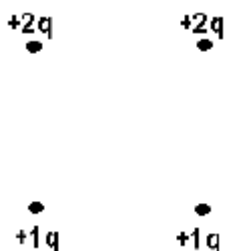
(Fuvest) Um pequeno objeto, com carga elétrica positiva, é largado da parte superior de um plano inclinado, no ponto A, e desliza, sem ser desviado, até atingir o ponto P. Sobre o plano, estão fixados 4 pequenos discos com cargas elétricas de mesmo módulo. As figuras representam os discos e os sinais das cargas, vendo-se o plano de cima. Das configurações abaixo, a única compatível com a trajetória retilínea do objeto é





47

- (PUC-RS) Quatro pequenas cargas elétricas encontram-se fixas nos vértices de um quadrado, conforme figura abaixo.

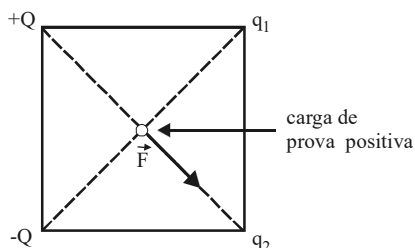


Um elétron no centro desse quadrado ficaria submetido, devido às quatro cargas, a uma força, que está corretamente representada na alternativa

- A) \rightarrow
 B) \leftarrow
 C) \uparrow
 D) \downarrow
 E) \nearrow

48

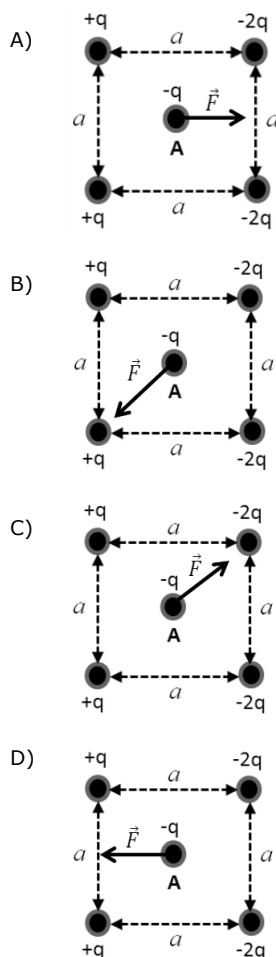
- (Fuvest) Quatro cargas pontuais estão colocadas nos vértices de um quadrado. As duas cargas $+Q$ e $-Q$ têm mesmo valor absoluto e as outras duas, q_1 e q_2 são desconhecidas. Afim de determinar a natureza destas cargas, coloca-se uma carga de prova positiva no centro do quadrado e verifica-se que a força sobre ela é \vec{F} , mostrada na figura. Podemos afirmar que



- A) $q_1 > q_2 > 0$
 B) $q_2 > q_1 > 0$
 C) $q_1 + q_2 > 0$
 D) $q_1 + q_2 < 0$
 E) $q_1 = q_2 > 0$

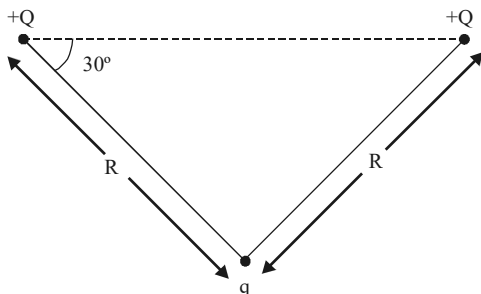
49

- (Unicamp) A atração e a repulsão entre partículas carregadas têm inúmeras aplicações industriais, tal como a pintura eletrostática. As figuras abaixo mostram um mesmo conjunto de partículas carregadas, nos vértices de um quadrado de lado a , que exercem forças eletrostáticas sobre a carga A no centro desse quadrado. Na situação apresentada, o vetor que melhor representa a força resultante agindo sobre a carga A se encontra na figura



50

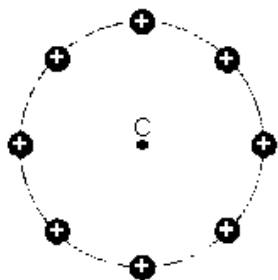
- (Fuvest) O módulo força eletrostática entre duas cargas elétricas pontuais q_1 e q_2 , separadas por uma distância d , é $F = \frac{kq_1q_2}{d^2}$ onde k é uma constante. Considere as três cargas pontuais representadas na figura por $+Q$, $+Q$ e q . O módulo da força eletrostática total que age sobre a carga q será



- A) $\frac{2kQq}{R^2}$
 B) $\frac{\sqrt{3}kQq}{R^2}$
 C) $\frac{kQq}{R^2}$
 D) $\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\frac{kQq}{R^2}$
 E) $\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\frac{kQq}{R^2}$

51

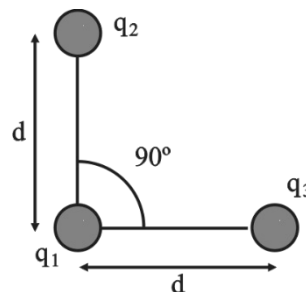
- (UFV-MG) Oito cargas positivas, $+Q$, são uniformemente dispostas sobre uma circunferência de raio R , como mostra a figura abaixo. Uma outra carga positiva, $+2Q$, é colocada exatamente no centro C da circunferência. A força elétrica resultante sobre esta última carga é proporcional a:



- A) $\frac{8Q^2}{R^2}$
 B) $\frac{10Q^2}{R^2}$
 C) $\frac{2Q^2}{R^2}$
 D) $\frac{16Q^2}{R^2}$
 E) zero

52

- (Unifesp) Considere a seguinte "unidade" de medida: a intensidade da força elétrica entre duas cargas q , quando separadas por uma distância d , é F . Suponha em seguida que uma carga $q_1 = q$ seja colocada frente a duas outras cargas, $q_2 = 3q$ e $q_3 = 4q$, segundo a disposição mostrada na figura.



A intensidade da força elétrica resultante sobre a carga q_1 , devido às cargas q_2 e q_3 , será

- A) $2F$.
 B) $3F$.
 C) $4F$.
 D) $5F$.
 E) $9F$.



MÓDULO 03: CAMPO ELÉTRICO

Nesse módulo e no módulo seguinte definiremos duas grandezas que são bem abstratas: campo elétrico e potencial elétrico. É normal nesses módulos o aluno ter a sensação que não está entendendo nada querendo desistir de aprender eletrostática. Porém, não desista! O conteúdo de fato não é de fácil entendimento. Porém, se você dedicar um tempinho você vai conseguir entender os conceitos principais. Muitas vezes, entender o básico aqui é o suficiente para você garantir questões na hora da prova. Vamos começar?

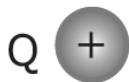
DEFINIÇÃO DE CAMPO ELÉTRICO

O que você entende pela palavra "campo"? Algumas forças são do tipo ação à distância, ou seja, não necessitam de contato físico para existirem. Um bom exemplo disso é a força peso. Sabemos que a força peso, também chama de força gravitacional, é a força com que a Terra atrai os corpos para o seu centro. Observe que não é necessário contato com a Terra para que exista a força peso. Dizemos então que a força peso é uma força de ação à distância. Podemos pensar então que a Terra gera uma região de influência em todo dela. Qualquer corpo colocado nessa região de influência estará submetido a uma força, a força peso. Essa região de influência recebe o nome de campo gravitacional. É importante que você perceba a diferença entre campo gravitacional e a força gravitacional.

- Campo gravitacional: região de influência que a Terra cria em todo de si, independentemente da existência de outro corpo.

- Força gravitacional: força que surge quando um corpo está em uma região de campo gravitacional.

Podemos aplicar essa mesma ideia para cargas elétricas. Considere uma carga elétrica geradora positiva (Q) localizada em uma região do espaço.



Será que essa carga elétrica geradora produz uma região de influência elétrica ao seu redor? Para comprovar a existência dessa região de influência, vamos colocar próximo a ela outra carga elétrica (q), denominada carga de prova, cuja finalidade é provar a existência do campo elétrico.



Quando inserimos uma carga de prova positiva, por exemplo, sabemos que surgirá uma força de repulsão entre elas. Então está provado! A carga geradora Q é capaz de produzir uma influência ao seu redor, ou seja, um campo elétrico.

Apesar dessa definição bastante abstrata, podemos entender o campo elétrico de uma maneira mais simples. Veja os tópicos explicativos:

1º) Toda carga elétrica cria campo elétrico em torno de si.

2º) Sempre que uma carga elétrica estiver em uma região onde um campo elétrico (produzido por uma outra carga) existir, ela ficará submetida a uma força.

3º) A força elétrica que aparece em uma carga é consequência da interação dela com o campo elétrico presente no espaço onde a carga se encontra.

A dica de hoje é ...

O que acontece quando eu retiro a carga de prova (q)? Obviamente, não existirá mais força elétrica, pois a força elétrica é uma força de interação entre cargas. Se não há carga elétrica no local, não há força elétrica. Porém, a região de influência produzida pela carga geradora (Q) continua existindo!

VETOR CAMPO ELÉTRICO

Agora que você compreende conceitualmente o que é campo elétrico, vamos defini-lo matematicamente. O campo elétrico é uma grandeza vetorial, ou seja, possui módulo, direção e sentido.

- Módulo

Considere uma carga de prova (q) próxima a uma carga geradora (Q).



Se trocarmos a carga q por uma 2q, o módulo de força que atua sobre a carga 2q será 2F. Afinal de contas, a lei de Coulomb nos diz que a força de interação entre cargas é proporcional ao produto das cargas, não é mesmo? Para uma carga igual a 3q, o módulo de força será 3F, e assim sucessivamente. Então, concluímos que a razão entre o módulo da força elétrica F e a carga q colocada na região de campo é uma constante, para um dado ponto do campo elétrico. Como o campo elétrico independe da carga de prova, definiremos o módulo do campo elétrico nesse local como sendo exatamente essa razão entre a força e a carga de prova colocada ali.

$$E = \frac{F_e}{|q|}$$

Ao olhar a expressão acima, muitos alunos são enganados e pensam que o campo elétrico depende da carga de prova (q), pois ela aparece na equação. Porém, observe a situação:

Suponha que a carga de prova tenha um valor de 2,0 C e fica submetida em um determinado local à uma força elétrica igual a 100 N. Por definição, temos:

$$E = \frac{F_e}{|q|} = \frac{100}{2} = 50 \text{ N/C}$$

Se substituirmos essa carga de prova por outra de 4,0 C, a força elétrica passará a ser 200 N (lei de Coulomb). Assim, o módulo do campo elétrico nesse local será:

$$E = \frac{F_e}{|q|} = \frac{200}{4} = 50 \text{ N/C}$$

Observe que, apesar de variar a carga de prova, o campo elétrico no local permanece inalterado! Eu costumo dizer que o campo elétrico é uma "propriedade do ponto". Como assim? O campo elétrico de um determinado ponto não é alterado pela carga de prova colocada ali.

UAI MAI

Thales, quais fatores são capazes de mudar o campo elétrico?

Conforme veremos em breve, o campo elétrico vai depender basicamente da carga geradora Q (e não da carga de prova) e da distância que o ponto está da carga geradora.

Você deve ter percebido a unidade do campo elétrico. No sistema internacional de unidades ele é dado em N/C. O que isso significa? Dizer que o campo elétrico em um determinado local é de 50 N/C significa dizer que cada coulomb de carga elétrica colocado ali sofrerá uma força de 50 N. Uma carga elétrica de 2,0 C sofre, portanto, uma força elétrica de 100 N. Uma carga elétrica de 4,0 C sofre uma força elétrica de 200 N.

Podemos dizer então que a força elétrica sofrida pela carga de prova (q) em uma região de campo elétrico (E) pode ser calculada pela expressão:

$$F_e = |q| \cdot E$$

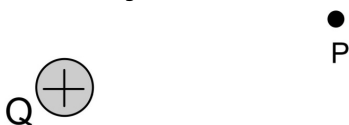
Essa expressão será muito utilizada na eletrostática. Talvez nesse momento você deve estar se questionando: qual é a diferença entre a fórmula acima e a lei de Coulomb. Afinal de contas as duas fórmulas calculam a força elétrica, não é mesmo? Sim, é verdade. As duas calculam a força elétrica. Mas é muito importante que você entenda a diferença entre elas! A lei de Coulomb permite calcular a força elétrica APENAS entre cargas pontuais. Já a fórmula acima é mais ampla, permitindo calcular a força elétrica em função do campo elétrico, independente se esse campo é produzido por uma carga pontual ou por uma placa eletrizada, por exemplo.

- Direção e Sentido

Como toda grandeza vetorial, o campo elétrico possui módulo, direção e sentido. Primeiramente vamos aprender a determinar a direção e sentido de um campo elétrico e , para isso, precisamos aplicar uma regra bem simples determinada através de uma convenção:

O campo elétrico em um determinado ponto do espaço aponta no mesmo sentido da força elétrica que aparece em uma carga puntiforme positiva colocada naquele ponto.

A frase acima parece confusa, mas não é. Exige apenas uma leitura mais lenta e concentrada. No entanto, vamos interpretá-la com calma. Imagine uma carga Q isolada de qualquer outra carga. Vamos determinar a direção e o sentido do campo elétrico, no ponto P próximo da carga:

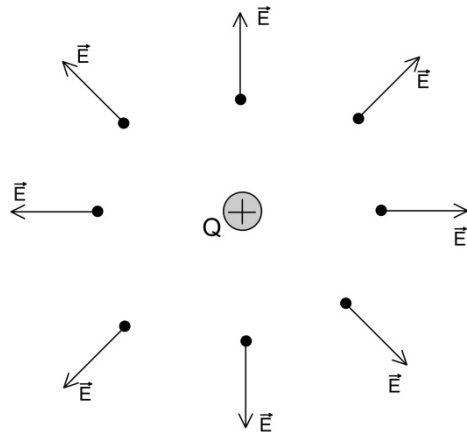


O campo elétrico existente no ponto P é, obviamente o campo elétrico gerado pela carga Q . Para determinar a direção e o sentido desse campo no ponto P , vamos imaginar uma carga puntiforme positiva colocada exatamente nesse ponto. Assim, de acordo com a regra mostrada acima, o campo elétrico apontará no mesmo sentido da força elétrica nessa carga, veja:

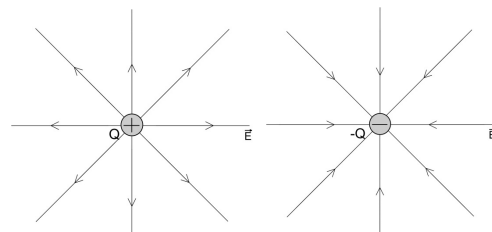


O campo elétrico no ponto P aponta naquele sentido, porque se uma carga positiva fosse colocada ali, a força elétrica sobre ela apontaria exatamente naquele sentido.

Utilizando essa mesma regra, podemos desenhar o campo elétrico em vários pontos diferentes, em torno de uma carga positiva, veja:



Quando observamos esse desenho, logo percebemos que, em torno de uma carga positiva, o campo elétrico em cada ponto sempre aponta no sentido oposto ao que a carga se encontra. Por isso, dizemos que esse campo elétrico é divergente. Se repetirmos todo esse raciocínio para uma carga negativa, veremos que o campo elétrico aponta sempre para a carga que cria o campo. Dizemos então que o campo é convergente. Veja as figuras abaixo:



Essas linhas desenhadas em volta das cargas são linhas imaginárias e servem apenas para que tenhamos rapidamente, uma grande percepção sobre como é o campo elétrico naquela região. Essas linhas são denominadas linhas de campo ou linhas de força. Nas regiões em que as linhas de força estiverem mais concentradas, o campo elétrico será mais intenso. O que podemos ver na figura é que, próximo das cargas o campo seria mais forte do que em pontos distantes, o que faz bastante sentido.



CAMPO ELÉTRICO GERADO POR UMA CARGA PUNTIFORME

Quando a carga geradora do campo elétrico for uma carga puntiforme, nós podemos substituir na equação do campo elétrico, a fórmula da lei de Coulomb. Veja:

$$F_e = |q| \cdot E = \frac{k|Q||q|}{d^2}$$

$$E = \frac{k|Q|}{d^2}$$

A equação acima é uma outra maneira que temos para calcular o campo elétrico que as cargas produzem. No entanto, só poderemos usar essa equação, quando a carga geradora do campo elétrico for uma carga puntiforme. Observe que o campo elétrico depende da carga geradora e da distância que o ponto está dessa carga, ou seja, independe da carga de prova.

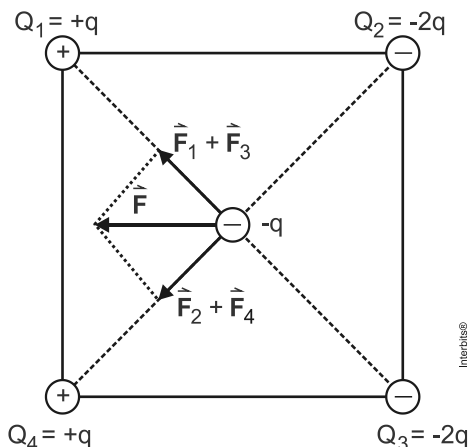
Exercício Resolvido

(Unicamp) A atração e a repulsão entre partículas carregadas têm inúmeras aplicações industriais, tal como a pintura eletrostática. As figuras abaixo mostram um mesmo conjunto de partículas carregadas, nos vértices de um quadrado de lado a , que exercem forças eletrostáticas sobre a carga A no centro desse quadrado. Na situação apresentada, o vetor que melhor representa a força resultante agindo sobre a carga A se encontra na figura

- A)
- B)
- C)
- D)

Resolução:

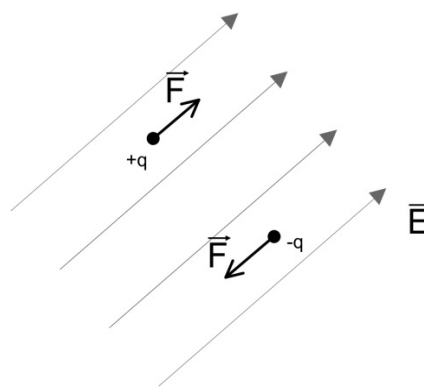
A figura mostra as forças atrativas e repulsivas agindo sobre a carga A , bem como a resultante dessas forças.



Resposta: Letra D

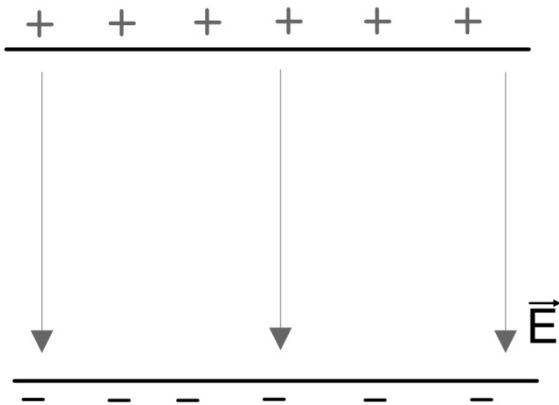
CAMPO ELÉTRICO UNIFORME

Em algumas situações, podemos criar um campo elétrico em certa região com uma característica especial, em todos os pontos ele teria o mesmo módulo, a mesma direção e mesmo sentido. Dizemos então que, naquela região existe um campo elétrico uniforme. Podemos reconhecer um campo elétrico uniforme quando as linhas de campo estiverem sempre no mesmo sentido e igualmente espaçadas. A figura abaixo mostra duas partículas puntiformes e eletrizadas imersas em um campo elétrico uniforme, criado por outras cargas, que não aparecem na figura.



Lembrando que a força elétrica é sempre no mesmo sentido do campo, quando a carga é positiva e em sentido contrário ao campo quando a carga é negativa. O campo elétrico é a grandeza que interage com a carga e cria a força elétrica, o seu único papel é esse! É comum confundirmos os conceitos de campo e força. Aqui, é preciso lembrar as leis de Newton, pois assim percebemos que as forças são as únicas grandezas capazes de iniciar, alterar e terminar um movimento. Concluímos então que, as cargas do desenho acima tendem a se mover no sentido da força elétrica e não no sentido do campo elétrico.

A maneira mais simples de criamos um campo elétrico uniforme é utilizando duas placas metálicas, paralelas e eletrizadas com cargas iguais em módulo e opostas em sinal. Veja a figura:



Em um campo elétrico uniforme, as linhas de campo serão sempre perpendiculares às placas e apontando da positiva para a negativa.

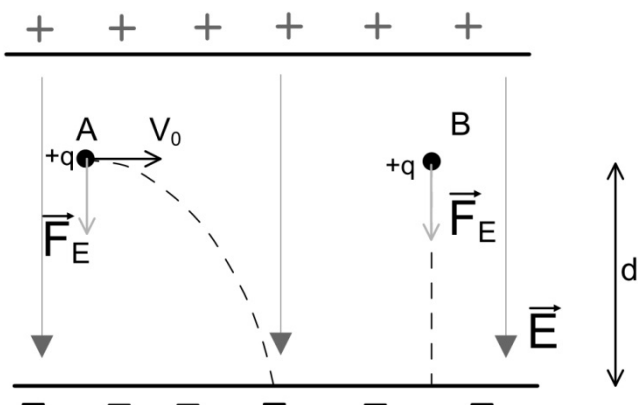
Quando inserirmos uma partícula eletrizada nesse campo elétrico, ela estará submetida a duas forças: o peso e a força elétrica. No entanto, frequentemente desprezamos a força peso para analisar o seu movimento, pois ela costuma ser milhares de vezes menor do que a força elétrica. Assim, a força elétrica passa a ser a força resultante na partícula. Com a 2ª lei de Newton, temos:

$$F_r = |q| \cdot E$$

$$m \cdot a = |q| \cdot E$$

$$a = \frac{|q| \cdot E}{m}$$

Concluimos pela equação acima que uma partícula eletrizada em um campo elétrico uniforme apresenta movimento acelerado e, como m , q e E são grandezas constantes, a aceleração da partícula também será constante. Isso caracteriza movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV). Assim, podemos utilizar todas aquelas equações e conceitos do MRUV, para uma carga em um campo elétrico uniforme. Veja a figura abaixo, em que a partícula A é lançada horizontalmente, enquanto que a partícula B é abandonada, ambas no interior do campo uniforme:



A força elétrica aparece na vertical e produz um movimento acelerado nessa direção. A partícula B que possui movimento apenas vertical, terá trajetória retilínea e movimento uniformemente acelerado.

A partícula A combina um movimento horizontal uniforme com um movimento vertical e uniformemente acelerado, resultando na trajetória parabólica.

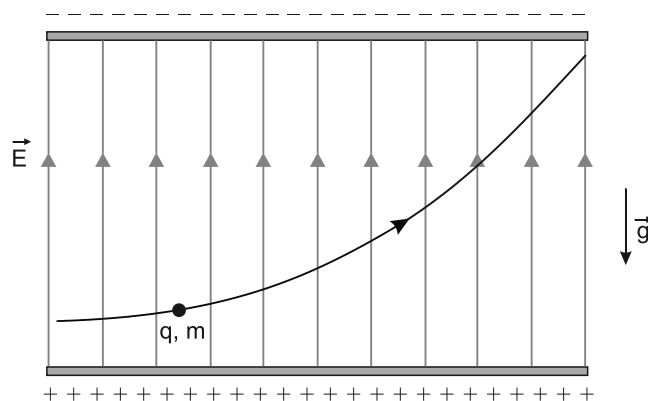
Como podemos perceber, esses movimentos se assemelham muito ao movimento de queda livre, mas com uma única diferença: a aceleração. Aprendemos que todos os corpos em queda livre possuem a mesma aceleração, que é a aceleração gravitacional. Aqui, a aceleração das partículas não será sempre a mesma. Ela foi calculada acima e é determinada por:

$$a = \frac{|q| \cdot E}{m}$$

Assim, partículas no mesmo campo elétrico uniforme só terão a mesma aceleração, se possuírem também uma mesma razão carga massa, ou seja, se a divisão da carga pela massa tiver o mesmo valor em ambas.

Exercício Resolvido

(Unesp) Uma carga elétrica $q > 0$ de massa m penetra em uma região entre duas grandes placas planas, paralelas e horizontais, eletrizadas com cargas de sinais opostos. Nessa região, a carga percorre a trajetória representada na figura, sujeita apenas ao campo elétrico uniforme E , representado por suas linhas de campo, e ao campo gravitacional terrestre g .

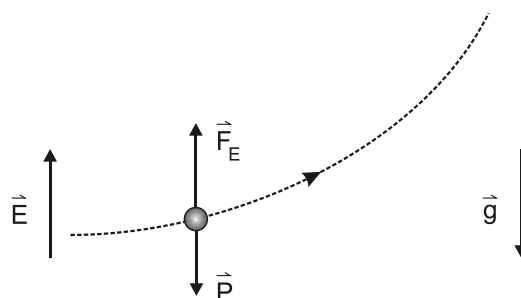


É correto afirmar que, enquanto se move na região indicada entre as placas, a carga fica sujeita a uma força resultante de módulo

- A) $q \cdot E + m \cdot g$.
- B) $q \cdot (E - g)$.
- C) $q \cdot E - m \cdot g$.
- D) $m \cdot q (E - g)$.
- E) $m \cdot (E - g)$.

Resolução:

Na partícula agem a força peso e a força elétrica, como mostrado na figura.





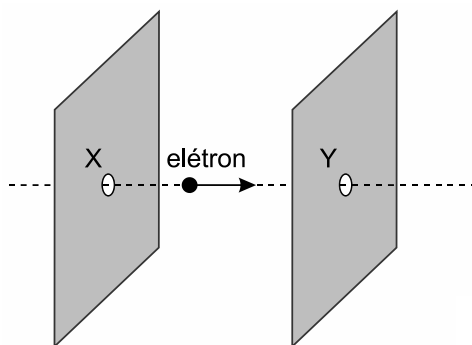
Se ela desvia para cima, a intensidade da força elétrica é maior que a intensidade do peso. Então, a resultante das forças é:

$$F_r = F_E - P \Rightarrow F_r = qE - mg.$$

Resposta: Letra C

Exercício Resolvido

(Famerp) A figura representa um elétron atravessando uma região onde existe um campo elétrico. O elétron entrou nessa região pelo ponto X e saiu pelo ponto Y, em trajetória retilínea.



Sabendo que na região do campo elétrico a velocidade do elétron aumentou com aceleração constante, o campo elétrico entre os pontos X e Y tem sentido

- A) de Y para X, com intensidade maior em Y.
- B) de Y para X, com intensidade maior em X.
- C) de Y para X, com intensidade constante.
- D) de X para Y, com intensidade constante.
- E) de X para Y, com intensidade maior em X.

Resolução:

Como o elétron está aumentando a velocidade com aceleração constante, a força elétrica é constante, assim o campo elétrico é uniforme e aponta da placa positiva (Y) para a placa negativa (X). Portanto, está correta a alternativa C

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

53

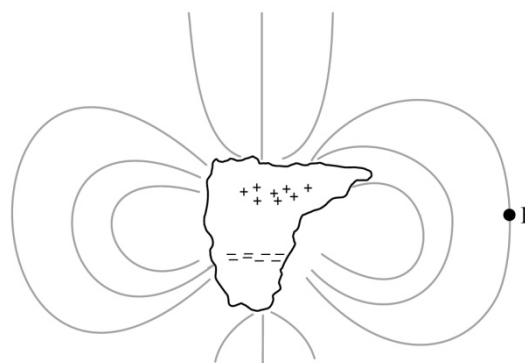
(PUC-MG) No diagrama abaixo, P é um ponto próximo a uma esfera carregada negativamente. O campo elétrico em P está corretamente representado pelo vetor:



- A) ←
- B) →
- C) ↓
- D) ↑

54

► (Unicastelo) O esquema representa a distribuição das cargas elétricas no interior de uma nuvem de tempestade e as linhas de seu campo elétrico.



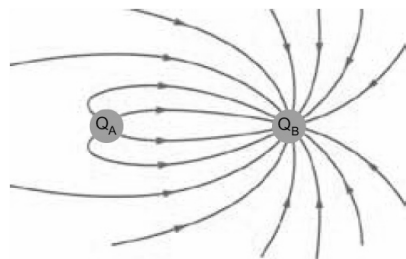
(Osmar Pinto Jr. e Iara de Almeida Pinto. *Relâmpagos*, 1996.)

No esquema, o vetor campo elétrico no ponto P é representado pelo vetor

- A) →
- B) ↓
- C) ↑
- D) ←
- E) ↗

55

► (UEA) A figura mostra as linhas de força de um campo elétrico gerado por duas partículas eletrizadas com cargas de valores Q_A e Q_B .



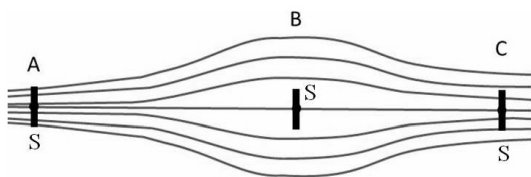
(http://cnx.org. Adaptado.)

Com relação às cargas mostradas na figura, é correto afirmar que

- A) Q_A é positiva, Q_B é negativa e $|Q_A| > |Q_B|$.
- B) Q_A é positiva, Q_B é negativa e $|Q_A| < |Q_B|$.
- C) Q_A é positiva, Q_B é negativa e $|Q_A| = |Q_B|$.
- D) Q_A é negativa, Q_B é positiva e $|Q_A| > |Q_B|$.
- E) Q_A é negativa, Q_B é positiva e $|Q_A| < |Q_B|$.

56

► (UFJF) Em uma determinada região do espaço, uma distribuição de cargas produziu a seguinte distribuição de linhas de força:

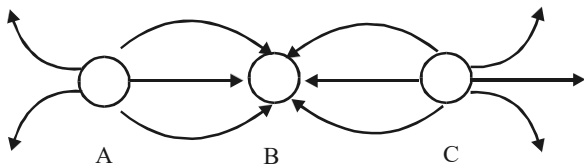


Com relação à intensidade dos campos elétricos E_A , E_B e E_C , nas superfícies S , nos pontos A, B e C, respectivamente, é correto afirmar que:

- A) $E_C = E_B > E_A$
- B) $E_B > E_C > E_A$
- C) $E_A = E_B > E_C$
- D) $E_A > E_C > E_B$
- E) $E_A > E_B > E_C$

57

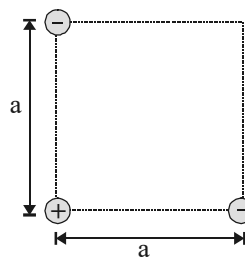
► (UFV) A figura abaixo representa a configuração de linhas de campo elétrico produzida por três cargas pontuais, todas com o mesmo módulo Q . Os sinais das cargas A, B e C são, respectivamente:



- A) negativo, positivo e negativo.
- B) positivo, negativo e positivo.
- C) positivo, positivo e positivo.
- D) negativo, negativo e negativo.
- E) negativo, negativo e positivo.

58

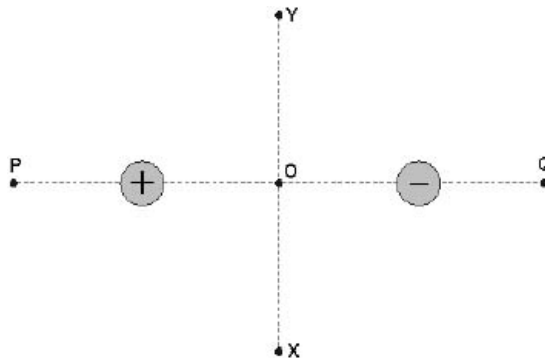
► (UFOP) A figura abaixo mostra três cargas pontiformes de módulos iguais, localizados nos vértices de um quadrado. Assinale a alternativa em que o vetor campo elétrico no centro do quadrado está melhor representado.



- A) ↗
- B) ↙
- C) →
- D) ↓
- E) ↑

59

(UFMG) A figura mostra duas esferas carregadas com cargas de mesmo módulo e de sinais contrários, mantidas fixas em pontos equidistantes do ponto O.



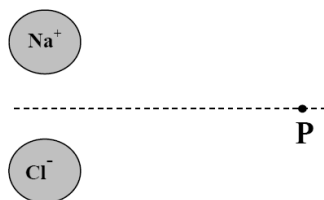
Considerando essa situação, é correto afirmar que o campo elétrico produzido pelas duas cargas

- A) não pode ser nulo em nenhum dos pontos marcados.
- B) pode ser nulo em todos os pontos da linha XY.
- C) pode ser nulo nos pontos P e Q.
- D) pode ser nulo somente no ponto O.



60

Uma molécula de cloreto de sódio (NaCl) forma um dipolo elétrico – duas cargas elétricas iguais, mas de sinais contrários, separadas por uma certa distância – como representado nesta figura.

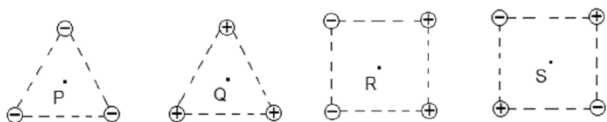


Assinale a alternativa que melhor representa o vetor campo elétrico criado por essa molécula no ponto P, indicado na figura.

- A) [Diagram: vector E pointing left from P]
B) [Diagram: vector E pointing right from P]
C) [Diagram: vector E pointing up from P]
D) [Diagram: vector E pointing down from P]

61

(UERJ) Os pontos P, Q, R e S são equidistantes das cargas localizadas nos vértices de cada figura a seguir:

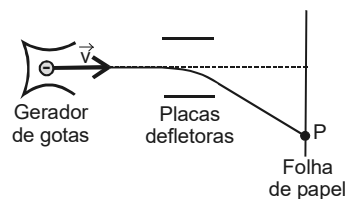


Sobre os campos elétricos resultantes, é correto afirmar que

- A) é nulo apenas no ponto R.
B) são nulos nos pontos P, Q e S.
C) são nulos apenas nos pontos R e S.
D) são nulos apenas nos pontos P e Q.

62

(UDESC) A primeira impressora a jato de tinta surgiu em 1964, quando um certo Richard G. Sweet registrou a patente do Fluid Droplet, capaz de desviar a direção da tinta tanto para a página como para um reservatório. Basicamente, durante a impressão, as gotas são lançadas por um dispositivo gerador com uma certa velocidade e eletrizadas com uma carga elétrica. Ao passar por um campo elétrico, produzido por placas defletoras, as gotas eletrizadas são desviadas, de forma que atinjam exatamente um ponto pré-determinado na folha de papel. No esquema abaixo, onde estão representadas as partes principais de uma impressora jato de tinta, uma gota negativamente carregada é lançada horizontalmente com uma velocidade v, atingindo o ponto P na folha de papel.

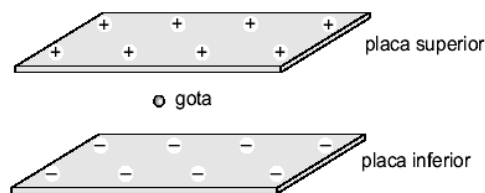


Nessa situação, a orientação do vetor campo elétrico na região das placas defletoras é:

- A) [Diagram: vector pointing left]
B) [Diagram: vector pointing down]
C) [Diagram: vector pointing up]
D) [Diagram: vector pointing right]
E) [Diagram: vector pointing down and right]

63

(UFMG) Em um experimento, o Professor Ladeira observa o movimento de uma gota de óleo, eletricamente carregada, entre duas placas metálicas paralelas, posicionadas horizontalmente. A placa superior tem carga positiva e a inferior, negativa, como representado nesta figura:



Considere que o campo elétrico entre as placas é uniforme e que a gota está apenas sob a ação desse campo e da gravidade.

Para um certo valor do campo elétrico, o Professor Ladeira observa que a gota cai com velocidade constante.

Com base nessa situação, é correto afirmar que a carga da gota é:

- A) negativa e a resultante das forças sobre a gota não é nula.
B) positiva e a resultante das forças sobre a gota é nula.
C) negativa e a resultante das forças sobre a gota é nula.
D) positiva e a resultante das forças sobre a gota não é nula.

64

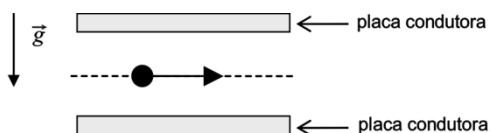
(UEMG) Uma carga elétrica negativa é abandonada numa região do espaço onde existe em campo elétrico uniforme.

Desprezando outros campos que possam estar atuando nessa região, assinale a alternativa que traz uma afirmação CORRETA sobre essa carga, enquanto a mesma estiver nessa região do espaço.

- A) Ela se movimenta no sentido do campo elétrico em movimento uniforme.
- B) Ela se movimenta no sentido do campo elétrico em movimento acelerado.
- C) Ela se movimenta em sentido contrário ao do campo elétrico em movimento uniforme.
- D) Ela se movimenta em sentido contrário ao do campo elétrico em movimento acelerado.

65

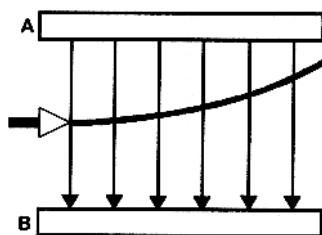
► (UESPI) Uma partícula carregada de massa M passa sem sofrer deflexão por uma região no vácuo com campo elétrico uniforme de módulo E , direção vertical e sentido para baixo, gerado por duas extensas placas condutoras paralelas (ver figura). Denotando por g o módulo da aceleração da gravidade, pode-se afirmar que a carga da partícula é:



- A) negativa, de módulo Mg/E .
- B) negativa, de módulo $2Mg/E$.
- C) positiva, de módulo Mg/E .
- D) positiva, de módulo $2Mg/E$.
- E) positiva, de módulo $Mg/(2E)$.

66

(UERJ) Uma partícula carregada penetra em um campo elétrico uniforme existente entre duas placas planas e paralelas A e B. A figura abaixo mostra a trajetória curvilínea descrita pela partícula.



A alternativa que aponta a causa correta desta trajetória é:

- A) a partícula tem carga negativa, e a placa A tem carga positiva
- B) a partícula tem carga positiva, e a placa A tem carga negativa
- C) a partícula tem carga negativa, e a placa B tem carga positiva
- D) a partícula tem carga positiva, e a placa B tem carga negativa

67

► (FASEH) Um feixe que contém íons positivos e negativos penetra em uma região entre duas placas paralelas eletricamente carregadas com cargas de sinais opostos. Os íons têm a mesma velocidade inicial e carga elétrica de mesmo módulo, mas a massa do íon positivo é menor que a do íon negativo.

A força gravitacional sobre os íons é desprezível.

Nas alternativas, estão representadas as placas paralelas e as trajetórias dos íons positivos (P) e negativos (N).

Assinale a alternativa em que essas trajetórias estão representadas corretamente.

A)

B)

C)

D)



68

► (UDESC) A carga elétrica de uma partícula com 2,0 g de massa, para que ela permaneça em repouso, quando colocada em um campo elétrico vertical, com sentido para baixo e intensidade igual a 500 N/C, é:

- A) + 40 nC
- B) + 40 μ C
- C) + 40 mC
- D) - 40 μ C
- E) - 40 mC

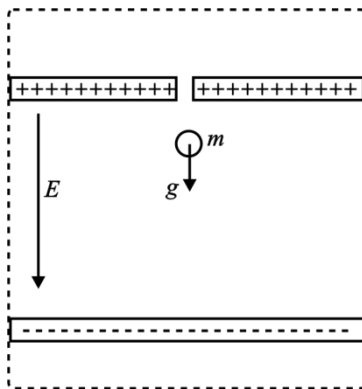
69

(PUC-MG) Sobre uma partícula eletricamente carregada, atuam exclusivamente as forças que se devem aos campos elétrico e gravitacional terrestre ($g \cong 10 \text{ m/s}^2$). Admitindo que os campos sejam uniformes e que a partícula caia verticalmente com velocidade constante, podemos afirmar que:

- A) a intensidade do campo elétrico é igual à intensidade do campo gravitacional.
- B) a força devida ao campo elétrico é igual ao peso da partícula.
- C) o peso é maior que a força devida ao campo elétrico.
- D) a direção do campo gravitacional é perpendicular à direção do campo elétrico.

70

► (Unesp) Um dispositivo para medir a carga elétrica de uma gota de óleo é constituído de um capacitor polarizado no interior de um recipiente convenientemente vedado, como ilustrado na figura.

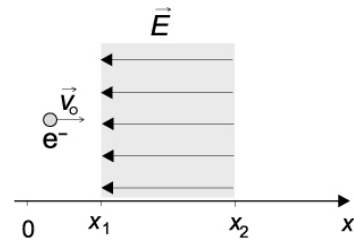


A gota de óleo, com massa m , é abandonada a partir do repouso no interior do capacitor, onde existe um campo elétrico uniforme E . Sob ação da gravidade e do campo elétrico, a gota inicia um movimento de queda com aceleração $0,2g$, onde g é a aceleração da gravidade. O valor absoluto (módulo) da carga pode ser calculado através da expressão

- A) $Q = 0,8 \text{ mg/E}$.
- B) $Q = 1,2 \text{ E/mg}$.
- C) $Q = 1,2 \text{ m/gE}$.
- D) $Q = 1,2 \text{ mg/E}$.
- E) $Q = 0,8 \text{ E/mg}$.

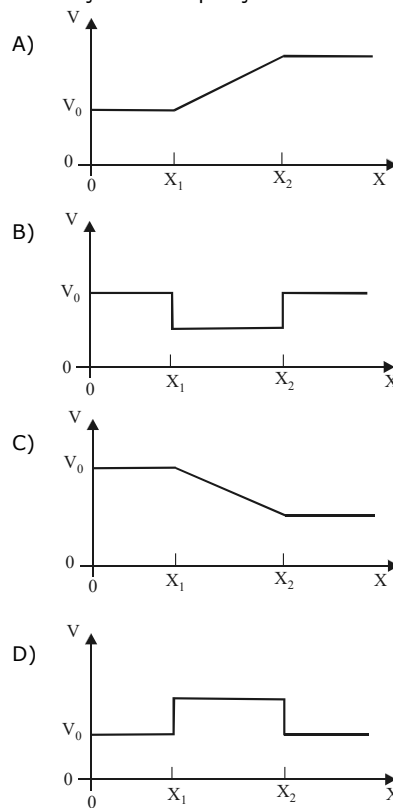
71

► (UFMG) Na figura, um elétron desloca-se na direção x , com velocidade inicial \vec{V}_0 . Entre os pontos x_1 e x_2 , existe um campo elétrico uniforme, cujas linhas de força também estão representadas na figura.



Despreze o peso do elétron nessa situação.

Considerando a situação descrita, assinale a alternativa cujo gráfico melhor descreve o módulo da velocidade do elétron em função de sua posição x



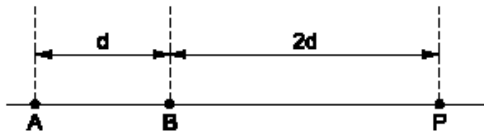
72

(PUC-MG) O valor de um campo elétrico, medido em um ponto P devido à presença de uma carga elétrica, terá o seu valor reduzido a um quarto do valor original se:

- A) a carga for reduzida à metade e a distância até o ponto P também.
- B) a carga for dobrada e a distância mantida constante.
- C) a carga mantida constante e a distância até o ponto P for dobrada.
- D) a carga for dobrada e a distância até o ponto P for dobrada também.
- E) a carga mantida constante e a distância até o ponto P for dividida por quatro.

73

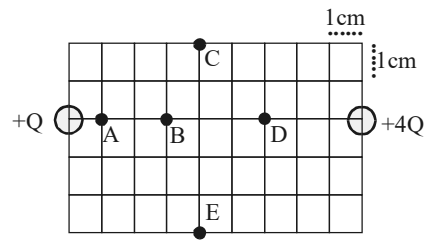
(Mackenzie) Nos pontos A e B da figura são colocadas, respectivamente, as cargas elétricas puntiformes $-3Q$ e $+Q$. No ponto P o vetor campo elétrico resultante tem intensidade:



- A) $k5Q/12d^2$
- B) $k2Q/9d^2$
- C) $kQ/12d^2$
- D) $k4Q/3d^2$
- E) $k7Q/18d^2$

74

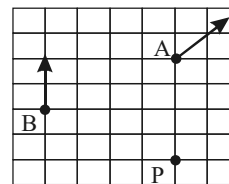
(UNIRIO) A figura acima mostra como estão distanciadas, entre si, duas cargas elétricas puntiformes, Q e $4Q$, no vácuo. Pode-se afirmar que o módulo do campo elétrico (E) é nulo no ponto:



- A) A
- B) B
- C) C
- D) D
- E) E

75

(Fuvest) O campo elétrico de uma carga puntiforme em repouso tem, nos pontos A e B, as direções e sentidos indicados pelas flechas na figura abaixo. O módulo do campo elétrico no ponto B vale 24 N/C.



O módulo do campo elétrico no ponto P da figura vale, em N/C:

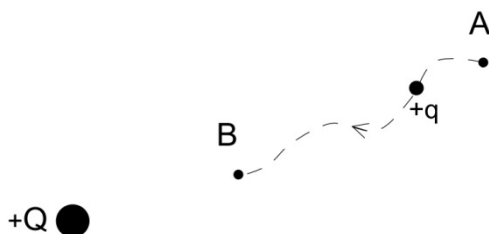
- A) 3
- B) 4
- C) $3\sqrt{2}$
- D) 6
- E) 12



MÓDULO 04: POTENCIAL ELÉTRICO

POTENCIAL ELÉTRICO

Para movermos uma carga próxima a alguma outra, podemos encontrar alguma resistência a esse movimento devido à repulsão entre elas, ou algum facilitador, devido à atração entre elas. O fato é que, para movermos essa carga sempre teremos que levar isso em consideração. Imagine uma carga Q fixa e alguém movendo uma carga q para um ponto mais próximo de Q .



Quando alguém move a carga q do ponto A até o ponto B, uma resistência é encontrada, devido à repulsão entre as cargas. No entanto, se a carga q for abandonada do ponto B, ela entra em movimento imediatamente e, conseqüentemente adquire energia cinética. Essa energia cinética existe porque ao levarmos a carga q do ponto A até o ponto B, ela estava acumulando energia potencial. Como essa energia potencial surge devido à força elétrica, ela é chamada de energia potencial elétrica.

Dizemos que toda carga elétrica cria em torno de si, um potencial elétrico. Mas o que o potencial elétrico informa? O potencial elétrico nos diz a quantidade de energia potencial elétrica que cada coulomb de carga elétrica teria se estivesse naquele local. Você se lembra do campo elétrico? O campo elétrico possui uma ideia parecida (mas são coisas diferentes) com o potencial elétrico. O campo elétrico informa a força elétrica que cada coulomb de carga elétrica sofreria se estivesse naquele local.

Considere uma região do espaço na qual existe um campo elétrico. Uma carga elétrica de prova q , colocada em um ponto nessa região do espaço, adquire uma energia potencial elétrica que pode ser transformada em energia cinética se a carga de prova for livre para se movimentar. A energia potencial elétrica por unidade de carga elétrica é uma propriedade desse ponto e é denominada potencial elétrico (V):

$$V = \frac{E_{pot}}{q}$$

Cada ponto da região tem um potencial elétrico que, por ser uma grandeza escalar, não poderá ser representado geometricamente como fizemos com o vetor campo elétrico. No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de energia é o joule (J) e a unidade de carga elétrica é o coulomb (C). Assim, a unidade de potencial elétrico é J/C, denominada volt (V).

Se o potencial elétrico em um ponto do espaço é de 5 V, ou seja, 5 J/C devemos entender que cada 1 coulomb de carga elétrica colocada nesse ponto possui 5 joules de energia potencial elétrica.

POTENCIAL ELÉTRICO GERADO POR UMA CARGA PUNTIFORME

O potencial elétrico de Q , considerada puntiforme, pode ser calculado por:

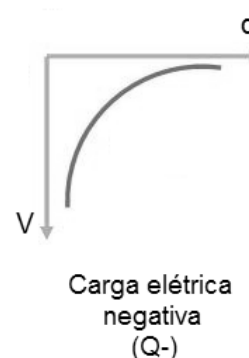
$$V = \frac{k \cdot Q}{d}$$

onde k é a constante elétrica do meio e d a distância do ponto onde se está calculando o potencial até a carga geradora Q . Observe que na equação mostrada acima a carga Q não aparece em módulo, dessa forma, podemos afirmar que:

- Para cargas elétricas puntiformes positivas ($Q > 0$), o potencial elétrico ao seu redor será positivo.
- Para cargas elétricas puntiformes negativas ($Q < 0$), o potencial elétrico ao seu redor será negativo.

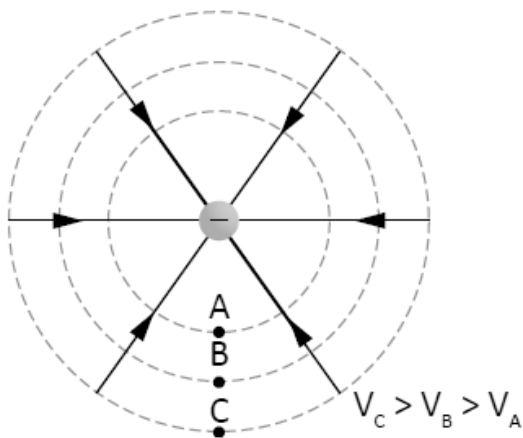
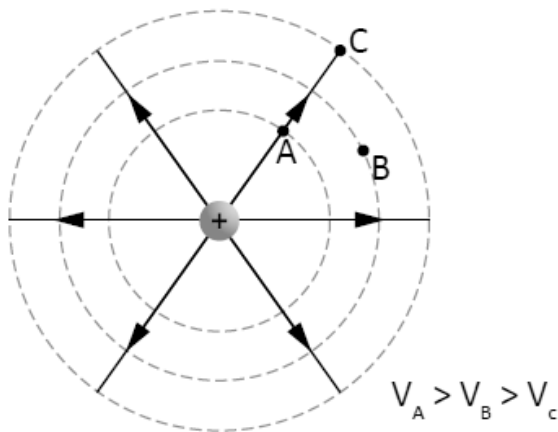
Além disso, é possível perceber que o potencial elétrico V é uma grandeza escalar que não depende da carga de prova (q), mas sim da carga geradora do campo elétrico (Q). Num ponto infinitamente distante das cargas elétricas, convencionamos que o potencial elétrico é nulo.

O gráfico do potencial elétrico de uma carga em função da distância é uma hipérbole. Dependendo do sinal da carga elétrica geradora esse gráfico pode apresentar os seguintes aspectos:



Note que o potencial elétrico é inversamente proporcional à distância à carga, isto é, o potencial diminui com o aumento da distância.

Repare que, todos os pontos equidistantes à carga, serão pontos que apresentarão o mesmo potencial.



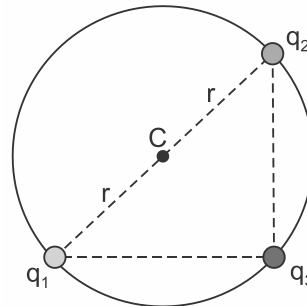
Essas linhas que mostram todos os pontos de mesmo potencial recebem o nome de linhas equipotenciais, ou superfícies equipotenciais, quando se tratar de uma superfície.

As linhas equipotenciais possuem algumas características:

- As linhas de força são sempre normais às linhas equipotenciais.
- O potencial elétrico decresce no sentido das linhas de campo.
- Deslocando-se uma carga elétrica entre dois pontos de uma mesma superfície equipotencial, o trabalho da força elétrica será nulo.

Exercício Resolvido:

(Unesp) Três esferas puntiformes, eletrizadas com cargas elétricas $q_1 = q_2 = +Q$ e $q_3 = -2Q$ estão fixas e dispostas sobre uma circunferência de raio r e centro C , em uma região onde a constante eletrostática é igual a k_0 conforme representado na figura.



Considere V_C o potencial eletrostático e E_C o módulo do campo elétrico no ponto C devido às três cargas. Os valores de V_C e E_C são, respectivamente,

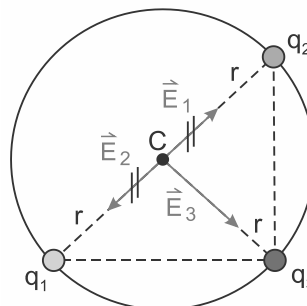
- A) zero e $\frac{4 \cdot k_0 \cdot Q}{r^2}$
- B) $\frac{4 \cdot k_0 \cdot Q}{r}$ e $\frac{k_0 \cdot Q}{r^2}$
- C) zero e zero
- D) $\frac{2 \cdot k_0 \cdot Q}{r}$ e $\frac{2 \cdot k_0 \cdot Q}{r^2}$
- E) zero e $\frac{2 \cdot k_0 \cdot Q}{r^2}$

Resolução:

O potencial elétrico de uma carga puntiforme é uma grandeza escalar dado pela expressão: $V = \frac{k_0 \cdot Q}{r}$. Assim, o potencial elétrico resultante no centro C da circunferência é:

$$V_C = \frac{k_0 \cdot Q}{r} + \frac{k_0 \cdot Q}{r} + \frac{k_0 \cdot (-2Q)}{r} \Rightarrow V_C = 0$$

A figura mostra o vetor campo elétrico no centro C da circunferência devido a cada uma das cargas.



A intensidade do vetor campo elétrico resultante nesse ponto é:

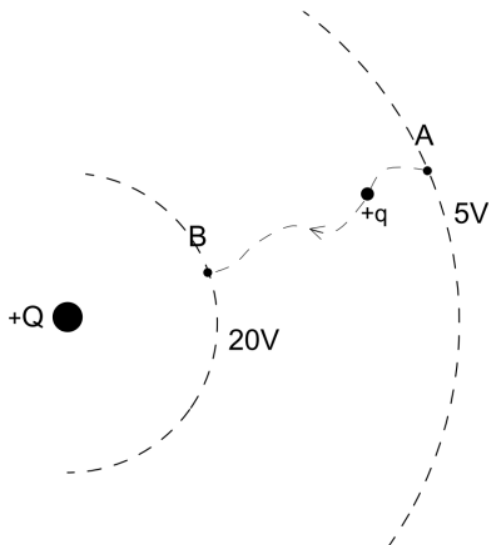
$$E_C = E_3 = \frac{k_0 \cdot |q_3|}{r^2} = \frac{k_0 \cdot |-2Q|}{r^2} \Rightarrow E_C = \frac{2 \cdot k_0 \cdot Q}{r^2}$$

Gabarito: Letra E



TRABALHO DA FORÇA ELÉTRICA

Veja a figura abaixo, que mostra as mesmas cargas Q e q, mas agora o potencial elétrico de Q estará explicitado na figura:



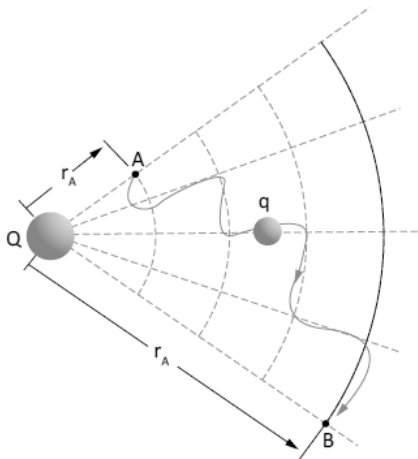
A carga sai do ponto A, onde o potencial elétrico gerado por Q é de 5 V e vai para o ponto B, onde o potencial elétrico é de 20 V. Isso significa dizer que a energia potencial elétrica acumulada no ponto A para cada coulomb de carga elétrica colocada ali seria de 5 joules. No ponto B, a energia potencial elétrica acumulada para cada coulomb de carga elétrica seria 20 joules. Ou seja, ao transferir a carga elétrica de A para B haverá um aumento de $20 - 5 = 15$ J para cada coulomb de carga elétrica transportada.

Essa variação da energia é o que chamamos de trabalho (W) e as ideias acima são condensadas na fórmula:

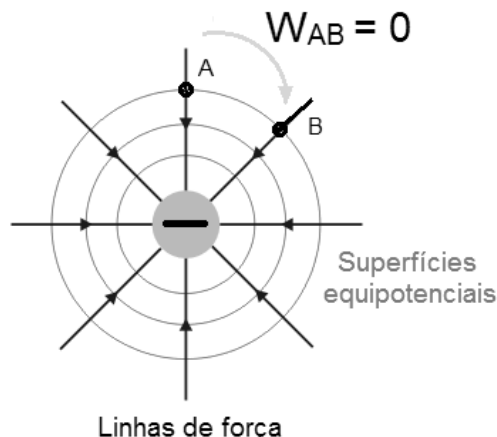
$$W = q \cdot V_{AB}$$

A diferença de potencial elétrico (ou ddp) dos pontos é representado pela letra V_{AB} . Assim, o trabalho realizado, que corresponde à variação de energia potencial, está diretamente associado à variação do potencial elétrico gerado por Q.

O trabalho da força elétrica não depende da trajetória, dependendo apenas da energia potencial inicial e final. O trabalho da força elétrica é o mesmo independente do caminho descrito pela carga elétrica para ir do ponto A para o ponto B.



Quando uma carga de prova se move entre dois pontos de uma mesma superfície equipotencial, o trabalho realizado pela força deste campo é nulo.



Podemos afirmar que o trabalho nesse caso é nulo porque a força exercida pelo campo, sobre a carga que se desloca sobre uma superfície equipotencial, atua perpendicularmente ao deslocamento.

DIFERENÇA DE POTENCIAL EM UM CAMPO ELÉTRICO UNIFORME

Quando uma carga de prova está submetida a um campo elétrico uniforme, a força elétrica que age sobre ela é constante. Logo, o trabalho pode ser determinado pela expressão que segue:

$$W = F \cdot d \cdot \cos\theta$$

onde F é a força elétrica que age sobre a carga, d é o deslocamento e θ é o ângulo entre os vetores força elétrica e o deslocamento. Quando a força e o deslocamento apresentam mesmo sentido, θ será igual a zero e, portanto, $\cos\theta = \cos 0^\circ = 1$. Então, o trabalho nessa situação será:

$$W = F \cdot d$$

Sabendo que a força elétrica pode ser expressa a partir dos valores do campo elétrico E e da carga q temos:

$$F_e = q \cdot E$$

Substituindo temos:

$$W = q \cdot E \cdot d$$

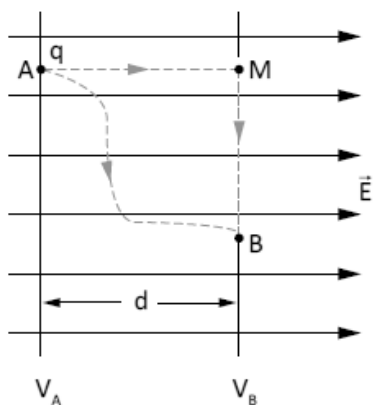
Mas,

$$W = q \cdot V_{AB}$$

Logo, a diferença de potencial entre dois pontos em uma região de campo elétrico uniforme é dada por:

$$q \cdot V_{AB} = q \cdot E \cdot d$$

$$V_{AB} = E \cdot d$$



Exercício Resolvido

(Uece) Os aparelhos de televisão que antecederam a tecnologia atual, de LED e LCD, utilizavam um tubo de raios catódicos para produção da imagem. De modo simplificado, esse dispositivo produz uma diferença de potencial da ordem de 25 kV entre pontos distantes de 50 cm um do outro. Essa diferença de potencial gera um campo elétrico que acelera elétrons até que estes se choquem com a frente do monitor, produzindo os pontos luminosos que compõem a imagem.

Com a simplificação acima, pode-se estimar corretamente que o campo elétrico por onde passa esse feixe de elétrons é

- A) 0,5 kV/m
- B) 25 kV
- C) 50.000 V/m
- D) 1,250 kV.cm

Resolução:

Considerando campo elétrico uniforme, tem-se:

$$Ed = V \Rightarrow E = \frac{V}{d} = \frac{25 \times 10^3}{0,5} = 50 \times 10^3 \Rightarrow E = 50.000 \text{ V / m}$$

Gabarito: Letra C

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

76

► (UNIMONTES) Uma carga $Q = 2 \text{ C}$ está num ponto A do espaço onde existe um campo elétrico. O trabalho realizado pela força elétrica, para deslocar essa carga do infinito até o ponto A, é igual a W . Se o potencial elétrico no ponto A é 30 V , o módulo do trabalho W vale

- A) 40 J.
- B) 30 J.
- C) 60 J.
- D) 50 J.

77

► (PUC-MG) São necessários 60 Joules de trabalho para mover 5 Coulombs de carga entre dois pontos em um campo elétrico. A diferença de potencial entre esses dois pontos é, em Volts:

- A) 5
- B) 300
- C) 60
- D) 12

78

► (Mackenzie) Ao abandonarmos um corpúsculo, eletrizado positivamente com carga elétrica de $2,0 \mu\text{C}$, no ponto A de um campo elétrico, ele fica sujeito a uma força eletrostática que o leva para o ponto B, após realizar o trabalho de $6,0 \text{ mJ}$. A diferença de potencial elétrico entre os pontos A e B desse campo elétrico é:

- A) 1,5 kV
- B) 3,0 kV
- C) 4,5 kV
- D) 6,0 kV
- E) 7,5 kV

79

► (Fuvest) Um raio proveniente de uma nuvem transportou para o solo uma carga de 10 C sob uma diferença de potencial de 100 milhões de volts. A energia liberada por esse raio é

Note e adote:

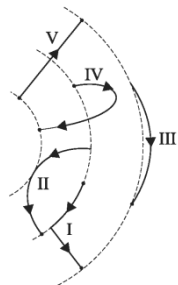
$$1 \text{ J} = 3 \times 10^{-7} \text{ kWh}$$

- A) 30 MWh.
- B) 3 MWh.
- C) 300 kWh.
- D) 30 kWh.
- E) 3 kWh.



80

► (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.

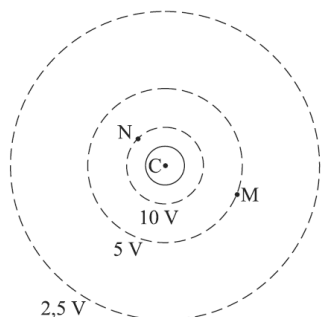


A trajetória em que esse trabalho é maior, em módulo, é:

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

81

► (Unesp) A figura é a intersecção de um plano com o centro C de um condutor esférico e com três superfícies equipotenciais ao redor desse condutor.



Uma carga de $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ é levada do ponto M ao ponto N. O trabalho realizado para deslocar essa carga foi de

- A) $3,2 \times 10^{-20} \text{ J}$.
- B) $16,0 \times 10^{-19} \text{ J}$.
- C) $8,0 \times 10^{-19} \text{ J}$.
- D) $4,0 \times 10^{-19} \text{ J}$.
- E) $3,2 \times 10^{-18} \text{ J}$.

82

(UNIMONTES) As placas planas e paralelas da figura a seguir estão carregadas com carga de mesmo módulo e sinais contrários. Existe, entre elas, um campo elétrico uniforme. Acerca das afirmativas abaixo, assinale a alternativa correta.

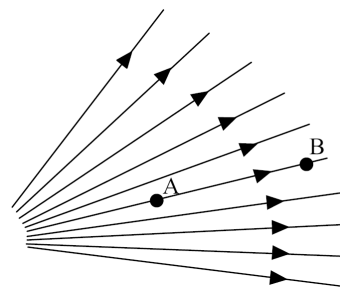


O trabalho realizado pela força elétrica, para mover uma carga positiva do ponto A para o ponto C, é:

- A) independente do caminho percorrido pela carga entre A e C.
- B) menor que o trabalho realizado para mover a carga de B para C.
- C) nulo.
- D) independente do valor da carga.

83

► (UNISA) Considere uma região de campo elétrico representada pela configuração das linhas de força e dois pontos A e B situados, respectivamente, a distâncias d e $2d$ da carga geradora de campo.

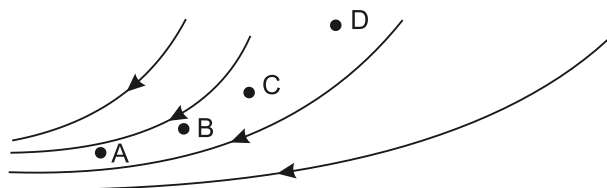


Assinale alternativa correta.

- A) O campo elétrico é mais intenso no ponto B da figura.
- B) Ao abandonar um elétron no ponto A, este irá se dirigir ao ponto B.
- C) O valor do potencial elétrico no ponto A é metade daquele no ponto B.
- D) A carga geradora desse campo tem sinal negativo.
- E) O trabalho realizado sobre um próton para levá-lo de B para A é resistente.

84

► (IFSP) Na figura a seguir, são representadas as linhas de força em uma região de um campo elétrico. A partir dos pontos A, B, C, e D situados nesse campo, são feitas as seguintes afirmações:



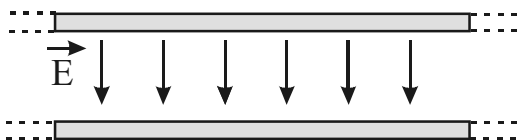
- I. A intensidade do vetor campo elétrico no ponto B é maior que no ponto C.
- II. O potencial elétrico no ponto D é menor que no ponto C.
- III. Uma partícula carregada negativamente, abandonada no ponto B, se movimenta espontaneamente para regiões de menor potencial elétrico.
- IV. A energia potencial elétrica de uma partícula positiva diminui quando se movimenta de B para A.

É correto o que se afirma apenas em

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

85

► (UFFRJ) Entre duas placas metálicas, planas e paralelas, separadas como mostra a figura, estabeleceram-se um campo elétrico uniforme de intensidade E e uma diferença de potencial.



Se for duplicada a diferença de potencial e triplicada a distância entre as placas, podemos afirmar que o campo elétrico passará a ter intensidade:

- A) $2E/3$
- B) $3E/2$
- C) $9/4$
- D) E
- E) $4E/9$

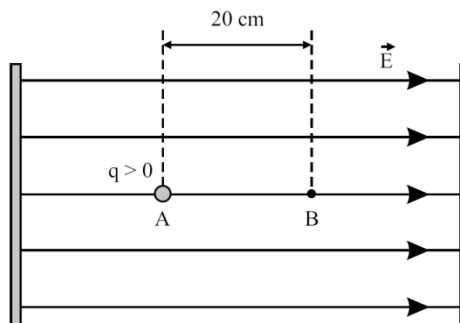
86

(UNIFOR) Duas placas metálicas paralelas, distantes $1,5\text{ cm}$ uma da outra, estão eletrizadas com cargas $+Q$ e $-Q$, gerando na região interna às placas um campo elétrico uniforme de intensidade 300 N/C . A diferença de potencial entre as placas, em volts, é igual a

- A) $4,5$
- B) $5,0$
- C) 20
- D) 45
- E) 200

87

► (FAMECA) Uma carga puntiforme $q = 4\ \mu\text{C}$ é abandonada do repouso no ponto A, dentro de um campo elétrico uniforme horizontal de intensidade 100 V/m . Devido à ação da força elétrica que a partícula recebe, ela é acelerada até atingir o ponto B, a 20 cm de A.



No trajeto entre A e B, a partícula eletrizada sofreu uma redução de energia potencial elétrica, em joules, igual a

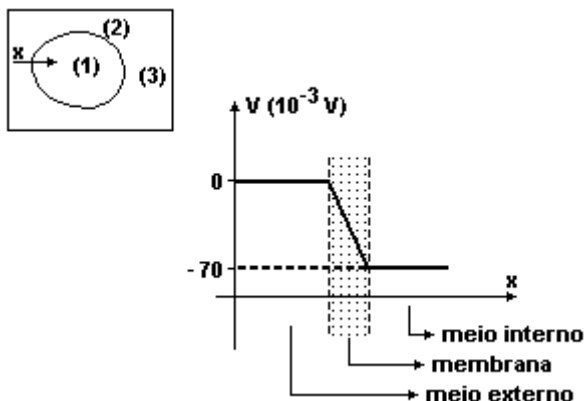
- A) 2×10^{-5} .
- B) 4×10^{-5} .
- C) 8×10^{-5} .
- D) 5×10^{-4} .
- E) 6×10^{-4} .



88

- (Puccamp) Considere o esquema representando uma célula animal, onde (1) é o líquido interno, (2) é a membrana da célula e (3) o meio exterior à célula.

Considere, ainda, o eixo X de abscissa x , ao longo do qual pode ser observada a intensidade do potencial elétrico. Um valor admitido para o potencial elétrico V , ao longo do eixo X, está representado no gráfico a seguir, fora de escala, porque a espessura da membrana é muito menor que as demais dimensões.



De acordo com as indicações do gráfico e admitindo $1,0 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ para a espessura da membrana, o módulo do campo elétrico no interior da membrana, em N/C , é igual a

- A) $7,0 \cdot 10^{-10}$
- B) $1,4 \cdot 10^{-7}$
- C) $7,0 \cdot 10^{-6}$
- D) $7,0 \cdot 10^6$
- E) $1,4 \cdot 10^{11}$

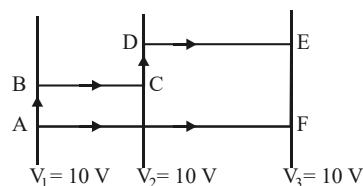
89

- (UNIUBE) Em uma região de campo elétrico uniforme de intensidade $E = 20000 \text{ N/C}$, uma carga $q = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ é levada de um ponto A, onde $U_A = 200 \text{ V}$, para um ponto B, onde $U_B = 80 \text{ V}$. O trabalho realizado pela força elétrica, no deslocamento da carga entre A e B e a distância entre os pontos A e B são, respectivamente, iguais a

- A) $4,8 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ e $6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.
- B) $4,8 \cdot 10^{-6} \text{ J}$ e $6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.
- C) $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ e $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.
- D) $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$ e $6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.
- E) 0 e $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.

90

- (UFOP) Considere as superfícies equipotenciais V_1 , V_2 e V_3 , como mostra a figura abaixo. Uma carga puntiforme Q negativa desloca-se segundo o trajeto ABCDE. Uma outra carga idêntica segue o trajeto AF.



Assinale a alternativa correta:

- A) o trabalho realizado pelo campo elétrico para levar a carga de A até E é maior que o trabalho realizado pelo mesmo para levar a carga de A até F.
- B) o trabalho realizado pelo campo elétrico para levar a carga de A até E é igual ao trabalho realizado pelo mesmo para levar a carga de A até F.
- C) os trabalhos realizados pelo campo elétrico sobre as duas cargas ao longo dos dois trajetos são diferentes porque um trajeto é maior que o outro.
- D) o vetor campo elétrico entre as equipotenciais V_1 e V_3 aponta no sentido de A para F.
- E) o vetor força elétrica que atua sobre a carga Q , entre as equipotenciais V_1 e V_3 , tem a mesma direção e o mesmo sentido do vetor campo elétrico entre as mesmas.

91

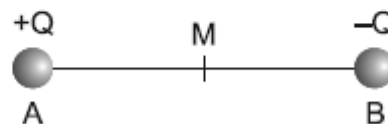
(PUC-MG) A diferença de energia potencial elétrica existente entre duas cargas puntiformes separadas por uma certa distância ficará inalterada se:

- A) as cargas forem mantidas e a distância dividida por dois.
- B) cada carga for dobrada e a distância também.
- C) uma das cargas for dobrada e a distância multiplicada por quatro.
- D) cada carga for quadruplicada e distância dividida por dois.
- E) cada carga for dobrada e a distância multiplicada por quatro.

92

- (UNIFESO) Duas cargas elétricas puntiformes, $+Q$ e $-Q$, estão ficadas nas extremidades, de um segmento AB. Cada uma gera um campo elétrico \vec{E} e um potencial V no ponto M, médio do segmento AB.

Assinale a alternativa que indique corretamente o campo elétrico e o potencial no ponto M.

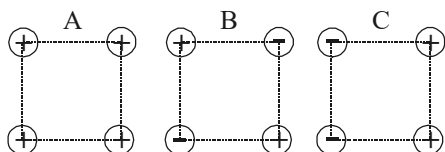


Assinale a alternativa que indique corretamente o campo elétrico e o potencial no ponto M.

- A) $\vec{E} = 2\vec{E}$ e zero.
- B) $\vec{E} = 2\vec{E}$ e $2V$.
- C) $\vec{E} = 2\vec{E}$ e V .
- D) zero e zero.
- E) zero e $2V$.

93

► (PUC-MG) As configurações A, B e C, que representam quatro cargas de mesmo valor, situadas nos vértices de um quadrado, conforme a figura abaixo,

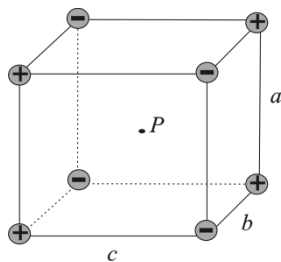


Escolha a opção que contenha a configuração ou configurações em que o potencial elétrico no centro do quadrado tenha o menor valor:

- A) A
- B) B
- C) C
- D) B e C
- E) A, B e C

94

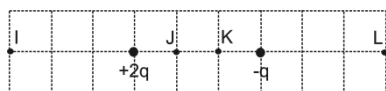
► (UNIMONTES) São colocadas cargas puntiformes de módulo Q , positivas e negativas, nos vértices de um paralelepípedo de arestas a , b e c (veja a figura abaixo). O valor do potencial eletrostático no ponto P , no centro do paralelepípedo, é



- A) $-2KQ / \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$
- B) $3KQ / \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$
- C) $2KQ / \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$
- D) zero

95

► (UFRGS) A figura abaixo representa duas cargas elétricas puntiformes, mantidas fixas em suas posições, de valores $+2q$ e $-q$, sendo q o módulo de uma carga de referência.



Considerando-se zero o potencial elétrico no infinito, é correto afirmar que o potencial elétrico criado pelas duas cargas será zero também nos pontos

- A) I e J
- B) I e K
- C) I e L
- D) J e K
- E) K e L

96

(UNIRRO) Um próton e um elétron são acelerados a partir do repouso, por um campo elétrico uniforme em um acelerador de partículas linear. Sobre o assunto, analise as afirmativas.

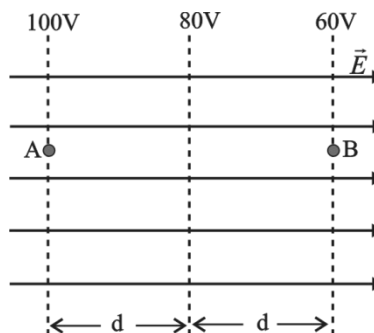
- I. A velocidade do elétron, depois de um mesmo intervalo de tempo, será maior que a velocidade do próton.
- II. A aceleração de ambas as partículas será sempre a mesma.
- III. Os módulos das forças que atuam em ambas as partículas são iguais.
- IV. O trabalho realizado sobre o elétron pelo campo elétrico será positivo.

Estão corretas as afirmativas

- A) II, III e IV, apenas.
- B) II e III, apenas.
- C) I, III e IV, apenas.
- D) I e II, apenas.
- E) I, II e IV, apenas.

97

► (UNISA) Uma partícula, de massa 1.10^{-5} kg e eletrizada com carga 2μ 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.

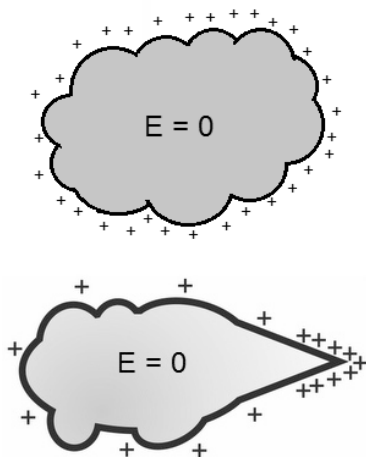


MÓDULO 05: CONDUTORES ELÉTRICOS

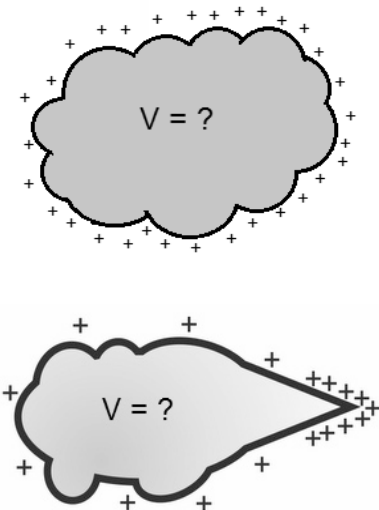
EQUILÍBRIO ELETROSTÁTICO

Nesse módulo nós iremos estudar as condições de um corpo em equilíbrio eletrostático. Mas, você sabe o que significa dizer que um corpo está em equilíbrio eletrostático?

Dizemos que um corpo está em equilíbrio eletrostático quando as cargas elétricas desse corpo se encontram em repouso. Sabe-se que em um condutor eletrizado em equilíbrio eletrostático tem suas cargas elétricas em excesso distribuídas na sua superfície externa. No seu interior, o campo elétrico deve ser nulo pois, caso não fosse, haveria uma força elétrica capaz de movimentar as cargas no seu interior (aí não estariam em equilíbrio eletrostático).

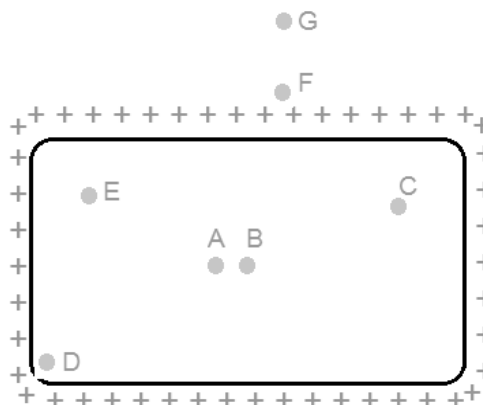


Mas será que para o potencial elétrico esse resultado será o mesmo?



A resposta é NÃO!!! No interior de um corpo em equilíbrio eletrostático o potencial elétrico é constante e não-nulo. O potencial elétrico deve ser constante para que não exista diferença de potencial entre dois pontos. Caso existisse essa diferença de potencial as cargas elétricas iriam se movimentar e o corpo não estaria em equilíbrio eletrostático. Externamente ao condutor esse potencial elétrico diminui no sentido das linhas de força do campo elétrico.

Observe a figura abaixo:



Um condutor está eletrizado positivamente e encontra-se em equilíbrio eletrostático. Na figura foram assinalados sete pontos: A, B, C, D, E, F e G. De acordo com os estudos realizados anteriormente sobre a situação de equilíbrio eletrostático, podemos afirmar que:

Quanto ao campo elétrico:

$$E_A = E_B = E_C = E_D = E_E = 0$$

Como esses pontos estão no interior do condutor eletrizado o campo elétrico é nulo. Já os pontos F e G, possuem campos elétricos não nulos pois encontram-se na parte externa do condutor.

$$E_F \neq 0 \text{ e } E_G \neq 0,$$

Quanto ao potencial elétrico:

$$V_A = V_B = V_C = V_D = V_E \neq 0 \text{ (constante e não nulo)}$$

Já os pontos F e G, fora do condutor eletrizado, o potencial elétrico depende da posição ou distância desse ponto em relação às cargas em excesso do condutor. Sabendo que o potencial diminui no sentido das linhas de força do campo elétrico temos:

$$V_F > V_G \neq 0$$

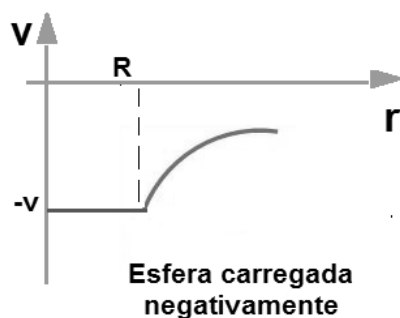
POTENCIAL ELÉTRICO EM UMA ESFERA ELETRIZADA

No caso de uma esfera condutora eletrizada em equilíbrio eletrostático suas cargas elétricas em excesso, como vimos anteriormente, ficarão distribuídas na superfície externa. Dessa forma, podemos afirmar que no interior da esfera o campo elétrico é nulo e o potencial elétrico não nulo.

No caso de uma esfera condutora eletrizada com carga Q, o potencial elétrico pode ser calculado como se a carga Q estivesse concentrada no centro dessa esfera de raio R. Dessa forma, definimos o potencial elétrico na superfície e no seu interior como:

$$V = \frac{k \cdot Q}{R}$$

As figuras a seguir mostram o gráfico do potencial elétrico em função da distância r para esferas carregadas positivamente ou negativamente.



BLINDAGEM ELETROSTÁTICA

Qualquer que seja o condutor, oco ou maciço, o campo elétrico em pontos internos é nulo, não importando se ele se encontra eletrizado ou não.

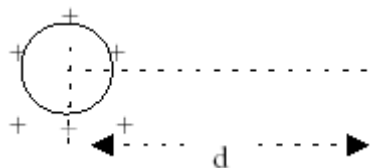
Se colocarmos um aparelho detector de cargas elétricas dentro de um condutor eletrizado, ele não funcionará, pois não sofre influência das cargas elétricas que se distribuem na superfície do condutor.

Costuma-se dizer que a superfície do condutor funciona como uma blindagem eletrostática para os aparelhos que se encontram dentro dele. Essa "blindagem" é conhecida como "gaiola de Faraday". Conta-se que Michael Faraday mandou construir uma grande gaiola de metal isolada da terra e pediu para que seus assistentes a eletrizassem, ligando-a a um potente gerador eletrostático. Faraday percebeu que em seu interior nenhum detector de cargas apontou a presença de cargas elétricas. Assim, ele pode demonstrar que no interior da gaiola não existia campo elétrico e, por isso, mesmo estando dentro da gaiola, não sofreria dano algum. Atualmente, podemos reproduzir a experiência de Faraday colocando um celular dentro de uma lata metálica. Você perceberá que o celular não funcionará dentro da lata.

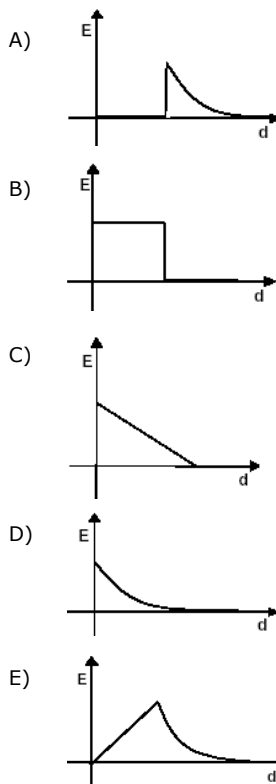
EXERCÍCIOS PROPOSTOS

98

► (PUC-RS) Na figura abaixo, representa-se uma esfera metálica isolada e com carga elétrica positiva.

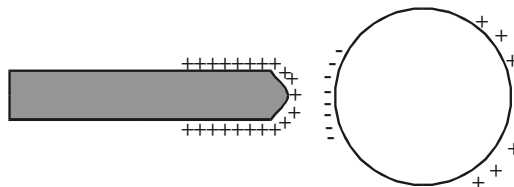


O módulo do campo elétrico devido a essa carga varia em função da distância d em relação ao centro da esfera, conforme o gráfico:



99

► (UFMG) Atrita-se um bastão com lã de modo que ele adquira carga positiva. Aproxima-se então o bastão de uma esfera metálica com o objetivo de induzir nela uma separação de cargas. Essa situação é mostrada na figura.



Pode-se então afirmar que o campo elétrico no interior da esfera é:

- A) diferente de zero, horizontal, com sentido da direita para a esquerda;
- B) diferente de zero, horizontal, com sentido da esquerda para a direita.
- C) nulo apenas no centro;
- D) nulo em todos os lugares.



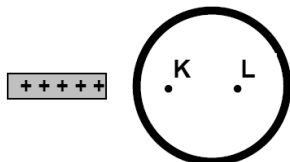
100 _____
 (UNIMES) No interior de um condutor isolado em equilíbrio eletrostático:

- A) o campo elétrico pode assumir qualquer valor, podendo variar de ponto para ponto.
- B) o campo elétrico é uniforme e diferente de zero.
- C) o campo elétrico é nulo em todos os pontos.
- D) o campo elétrico só é nulo se o condutor estiver descarregado.
- E) o campo elétrico só é nulo no ponto central do condutor aumentando (em módulo) à medida que nos aproximamos da superfície.

101 _____
 (UFMT) Marque a aplicação tecnológica do conceito demonstrado por Faraday, na primeira metade do século XIX, na experiência conhecida como gaiola de Faraday.

- A) Isolamento térmico do conteúdo de garrafas térmicas
- B) Atração dos raios em tempestades por pára-raios
- C) Isolamento elétrico promovido pela borracha dos pneus de veículos
- D) Recobrimento com material isolante em cabos utilizados para transporte de energia elétrica
- E) Bloqueio para chamadas de telefone celular nas penitenciárias

102 _____
 (FASEH) João aproxima um bastão carregado de uma esfera metálica, como representado na seguinte figura.

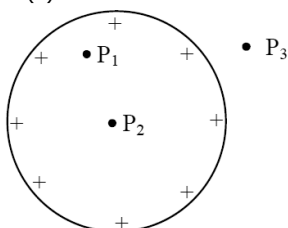


Sejam E_K e E_L os módulos do campo elétrico nos pontos K e L que estão definidos dentro da esfera.

Com relação a esses campos, é correto afirmar que

- A) $E_K < E_L$
- B) $E_K > E_L$
- C) $E_K = E_L = 0$
- D) $E_K = E_L > 0$

103 _____
 (UNIMONTES) Na figura, está ilustrada uma esfera condutora carregada. O campo elétrico, devido às cargas na esfera, é nulo no(s) ponto(s):



- A) P_2 e P_3 .
- B) P_1 e P_3 .
- C) P_1 e P_2 .
- D) P_3 .

104 _____
 (UFT) Um carro que trafegava em uma estrada durante uma tempestade é atingido por um raio. Com relação aos ocupantes do veículo é correto afirmar que:

- A) sofrerão choque elétrico, pois a carroceria do carro é constituída de um bom material condutor.
- B) somente o motorista sofrerá choque elétrico, por estar em contato com o volante do veículo.
- C) sofrerão choque elétrico, pois as cargas elétricas serão distribuídas em todo o interior do veículo.
- D) não sofrerão nenhum choque elétrico, devido aos pneus serem constituídos de material isolante, garantindo o isolamento elétrico do carro.
- E) não sofrerão nenhum choque elétrico, pois a carroceria do carro é formada de material condutor, de modo que a eletrização ocorre apenas em sua superfície externa.

105 _____
 (IFRS) Raios e relâmpagos nos proporcionam um espetáculo de luzes, provocando fascínio e medo a quem observa estes fenômenos durante as tempestades. Cada descarga libera milhares de ampères que fluem entre as nuvens e a Terra. O dispositivo de proteção denominado de para-raios foi desenvolvido por Benjamim Franklin que empinou pipas de papel em dias de tempestade para estudar as descargas atmosféricas.

Assinale a alternativa que não está de acordo com a teoria eletromagnética na descrição das descargas atmosféricas, seus riscos e sua prevenção.

- A) O topo de uma colina, uma árvore isolada ou o interior de um carro fechado sob a chuva são todos lugares de risco em potencial para se ficar ou se abrigar numa tempestade de raios.
- B) Em dias de ar seco, isto é, com a umidade relativa do ar baixa, notamos facilmente um pequeno ruído, um estalo, causado por uma "fásca elétrica" que salta entre o pente e o cabelo quando nos penteamos. Este é um fenômeno semelhante ao que ocorre no aparecimento de um raio numa tempestade.
- C) A duração do raio se dá em um tempo muito curto. O intenso fluxo de cargas elétricas entre as nuvens e a terra leva ao aquecimento repentino do ar junto às descargas, provocando uma rápida expansão que se propaga em forma de uma onda sonora, originando o trovão.
- D) Os raios atingem mais facilmente árvores, torres ou edifícios mais altos. Quando estão sob uma nuvem carregada eletricamente, neles são induzidas cargas elétricas, de sinal contrário ao da nuvem, que atingem valores muito altos que dão origem a um intenso campo elétrico que irá ionizar o ar, formando um caminho condutor entre eles e a nuvem.
- E) O para-raios é um dispositivo que consiste essencialmente em uma ou várias pontas metálicas, que deve ser colocado no ponto mais alto a ser protegido, ligado ao solo por meio de um bom condutor, que termina em uma grande placa enterrada no solo. Dessa forma, atraindo os raios, a carga elétrica que recebe da nuvem é levada para o solo sem causar danos.

106

(Fatec) Descargas elétricas atmosféricas ocorrem devido à eletrização de elementos presentes em uma região, sejam nuvens, sejam árvores, aviões, construções e até pessoas. Geralmente, o que contribui para essas descargas é um fenômeno chamado "poder das pontas", pois, nas extremidades dos objetos, a densidade de cargas elétricas é maior. Porém, essas descargas só são visíveis se, durante a movimentação de partículas portadoras de cargas elétricas entre os diferentes potenciais elétricos, elas romperem a barreira dielétrica, aquecendo o ar à sua volta e transformando energia cinética em térmica e luminosa. Geralmente, podemos observar um ramo principal e alguns secundários dessas descargas.



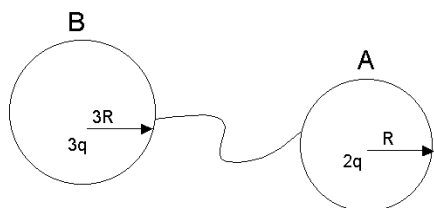
(http://m.lacapital.com.ar/export/1390010632657/sites/core/imagenes/2014/01/18/0118-ig2401--telam.jpg_1122219374.jpg)

Com base nessas informações e na figura apresentada, podemos afirmar que

- A) no momento da foto, não ocorreu o fenômeno do "poder das pontas".
- B) na mão do Cristo Redentor, uma pessoa também de braços abertos não sofreria uma descarga elétrica.
- C) na foto, observa-se que a diferença de potencial elétrico está estabelecida apenas entre as duas mãos do Cristo Redentor.
- D) no instante representado pela foto, as partículas portadoras de cargas elétricas não se movimentaram, pois só existe ramo principal.
- E) na foto apresentada, pode-se observar a conversão de energia luminosa, acompanhada de ruptura dielétrica conforme descrito no texto.

107

- ▶ (PUC-MG) Duas esferas condutoras A e B, de raios R e 3R, estão inicialmente carregadas com cargas positivas 2q e 3q, respectivamente. As esferas são então interligadas por um fio condutor.

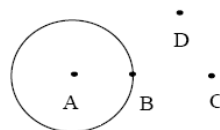


Assinale a opção correta.

- A) Toda a carga da esfera A passará para a esfera B.
- B) Não haverá passagem de elétrons de uma esfera para outra.
- C) Haverá passagem de cargas positivas da esfera A para a esfera B.
- D) Passarão elétrons da esfera B para a esfera A.

108

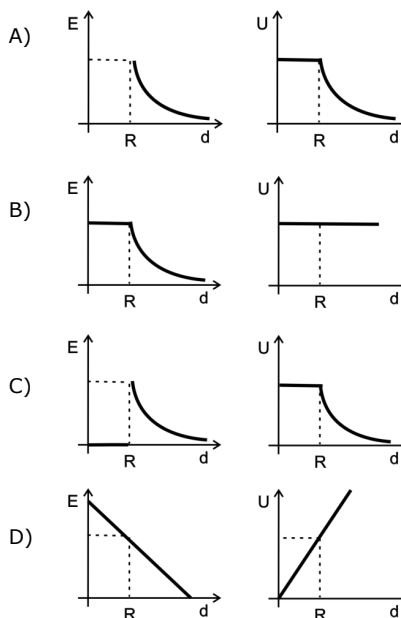
- ▶ (UNIMONTES) Um condutor esférico está carregando positivamente. Sejam V_A , V_B , V_C e V_D os potenciais nos pontos A, B, C e D, respectivamente (veja a figura). Sabendo-se que os pontos C e D são equidistantes do centro A da esfera, podemos afirmar CORRETAMENTE que:



- A) $V_A = V_B$ e $V_D = V_C$
- B) $V_A = V_B = V_C = V_D$
- C) $V_A = V_D > V_C$
- D) $V_B = V_C > V_A$

109

- ▶ (UNIFEI) Uma esfera condutora oca de raio R situada no vácuo está eletrizada com uma carga positiva q. As intensidades do campo \vec{E} e do potencial elétrico U em função da distância d, medida a partir do centro da esfera são:





110

(UNIMONTES) Considere as seguintes afirmações:

- I. O campo elétrico resultante no interior de um condutor em equilíbrio eletrostático é nulo.
- II. O potencial elétrico em todos os pontos de um condutor em equilíbrio eletrostático é constante.
- III. Nos pontos da superfície de um condutor isolado, eletrizado e em equilíbrio eletrostático, o campo elétrico tem direção paralela à superfície.

As afirmações corretas são

- A) I, II e III.
- B) II e III, apenas.
- C) I e II, apenas.
- D) I e III, apenas.

111

► (UNIMONTES) Uma esfera metálica encontra-se eletrizada positivamente, em equilíbrio eletrostático. Sabe-se que o potencial de um ponto da superfície dessa esfera vale 800 V e que seu raio é $R = 10$ cm. Podemos, então, concluir que a intensidade do campo elétrico E e o potencial V , no centro da esfera, valem

- A) $E = 0$ e $V = 0$.
- B) $E = 80$ V/cm e $V = 800$ V.
- C) $E = 0$ e $V = 800$ V.
- D) $E = 8,0 \times 10^3$ V/m e $V = 0$.

112

(UNIFOR) Dadas as afirmativas:

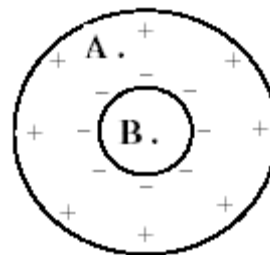
- I. Na superfície de um condutor, eletrizado e em equilíbrio eletrostático, o campo elétrico é normal à superfície.
- II. Na superfície de um condutor, eletrizado e em equilíbrio eletrostático, o potencial é constante.
- III. Na superfície de um condutor eletrizado e em equilíbrio eletrostático, a densidade superficial de carga é maior em pontos de raio de curvatura menor.

Podemos afirmar que:

- A) somente a primeira está correta.
- B) somente a segunda está correta.
- C) somente a terceira está correta.
- D) todas estão corretas.
- E) nenhuma delas está correta.

113

► (PUC-RS) A figura representa dois anéis condutores concêntricos, carregados eletricamente.



Afirmativas:

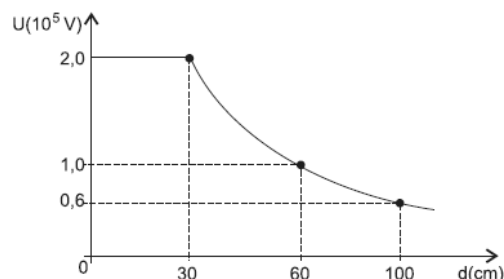
- I. O campo elétrico devido às cargas nos anéis é nulo nos pontos A e B.
- II. O campo elétrico devido às cargas nos anéis é nulo no ponto B.
- III. O campo elétrico em módulo devido às cargas nos anéis é maior em A do que em B.
- IV. Não existe diferença de potencial entre os dois anéis.

Analisando as afirmativas deve-se concluir que:

- A) todas estão corretas.
- B) somente I está correta.
- C) somente II está correta.
- D) II e III estão corretas.
- E) III e IV estão corretas.

114

► (UEFS BA)



No campo elétrico criado por uma esfera eletrizada com carga Q , o potencial varia com a distância ao centro dessa esfera, conforme o gráfico.

Considerando-se a constante eletrostática do meio igual a $1,0 \cdot 10^{10}$ N·m²/C², a carga elétrica, em Coulomb, existente na esfera é igual a

- A) $6,0 \cdot 10^4$
- B) $6,0 \cdot 10^{-5}$
- C) $6,0 \cdot 10^{-6}$
- D) $6,7 \cdot 10^{-9}$
- E) $6,7 \cdot 10^{-16}$

115

(ENEM) Duas irmãs que dividem o mesmo quarto de estudos combinaram de comprar duas caixas com tampas para guardarem seus pertences dentro de suas caixas, evitando, assim, a bagunça sobre a mesa de estudos. Uma delas comprou uma metálica, e a outra, uma caixa de madeira de área e espessura lateral diferentes, para facilitar a identificação. Um dia as meninas foram estudar para a prova de Física e, ao se acomodarem na mesa de estudos, guardaram seus celulares ligados dentro de suas caixas.

Ao longo desse dia, uma delas recebeu ligações telefônicas, enquanto os amigos da outra tentavam ligar e recebiam a mensagem de que o celular estava fora da área de cobertura ou desligado.

Para explicar essa situação, um físico deveria afirmar que o material da caixa, cujo telefone celular não recebeu as ligações é de

- A) madeira e o telefone não funcionava porque a madeira não é um bom condutor de eletricidade.
- B) metal e o telefone não funcionava devido à blindagem eletrostática que o metal proporcionava.
- C) metal e o telefone não funcionava porque o metal refletia todo tipo de radiação que nele incidia.
- D) metal e o telefone não funcionava porque a área lateral da caixa de metal era maior.
- E) madeira e o telefone não funcionava porque a espessura desta caixa era maior que a espessura da caixa de metal.

116

(Enem PPL) Durante a formação de uma tempestade, são observadas várias descargas elétricas, os raios, que podem ocorrer: das nuvens para o solo (descarga descendente), do solo para as nuvens (descarga ascendente) ou entre uma nuvem e outra. As descargas ascendentes e descendentes podem ocorrer por causa do acúmulo de cargas elétricas positivas ou negativas, que induz uma polarização oposta no solo. Essas descargas elétricas ocorrem devido ao aumento da intensidade do(a)

- A) campo magnético da Terra.
- B) corrente elétrica gerada dentro das nuvens.
- C) resistividade elétrica do ar entre as nuvens e o solo.
- D) campo elétrico entre as nuvens e a superfície da Terra.
- E) força eletromotriz induzida nas cargas acumuladas no solo.

117

(Enem PPL) Em uma manhã ensolarada, uma jovem vai até um parque para acampar e ler. Ela monta sua barraca próxima de seu carro, de uma árvore e de um quiosque de madeira. Durante sua leitura, a jovem não percebe a aproximação de uma tempestade com muitos relâmpagos.

A melhor maneira de essa jovem se proteger dos relâmpagos é

- A) entrar no carro.
- B) entrar na barraca.
- C) entrar no quiosque.
- D) abrir um guarda-chuva.
- E) ficar embaixo da árvore.

Gabarito

Eletrização

- | | |
|-------------|-------------|
| 01. Letra C | 16. Letra A |
| 02. Letra A | 17. Letra D |
| 03. Letra B | 18. Letra B |
| 04. Letra E | 19. Letra A |
| 05. Letra A | 20. Letra A |
| 06. Letra C | 21. Letra E |
| 07. Letra B | 22. Letra D |
| 08. Letra A | 23. Letra B |
| 09. Letra C | 24. Letra B |
| 10. Letra A | 25. Letra A |
| 11. Letra B | 26. Letra D |
| 12. Letra C | 27. Letra A |
| 13. Letra E | 28. Letra B |
| 14. Letra C | 29. Letra C |
| 15. Letra C | |

Força Elétrica

- | | |
|-------------|-------------|
| 30. Letra D | 42. Letra C |
| 31. Letra E | 43. Letra E |
| 32. Letra D | 44. Letra D |
| 33. Letra B | 45. Letra D |
| 34. Letra A | 46. Letra E |
| 35. Letra A | 47. Letra C |
| 36. Letra B | 48. Letra D |
| 37. Letra C | 49. Letra D |
| 38. Letra D | 50. Letra C |
| 39. Letra A | 51. Letra E |
| 40. Letra D | 52. Letra D |
| 41. Letra D | |

Campo Elétrico

- | | |
|-------------|-------------|
| 53. Letra A | 67. Letra D |
| 54. Letra B | 68. Letra D |
| 55. Letra B | 69. Letra B |
| 56. Letra D | 70. Letra A |
| 57. Letra B | 71. Letra A |
| 58. Letra A | 72. Letra C |
| 59. Letra A | 73. Letra C |
| 60. Letra D | 74. Letra B |
| 61. Letra B | 75. Letra D |
| 62. Letra C | |
| 63. Letra C | |
| 64. Letra D | |
| 65. Letra A | |
| 66. Letra A | |



Potencial Elétrico

- 76. Letra C
- 77. Letra D
- 78. Letra B
- 79. Letra C
- 80. Letra E
- 81. Letra C
- 82. Letra A
- 83. Letra E
- 84. Letra B
- 85. Letra A
- 86. Letra A
- 87. Letra C
- 88. Letra D
- 89. Letra B
- 90. Letra B
- 91. Letra E
- 92. Letra A
- 93. Letra D
- 94. Letra D
- 95. Letra E
- 96. Letra C
- 97. Letra A

Condutores Elétricos

- 98. Letra A
- 99. Letra D
- 100. Letra C
- 101. Letra E
- 102. Letra C
- 103. Letra C
- 104. Letra E
- 105. Letra A
- 106. Letra E
- 107. Letra D
- 108. Letra A
- 109. Letra C
- 110. Letra C
- 111. Letra C
- 112. Letra D
- 113. Letra D
- 114. Letra C
- 115. Letra B
- 116. Letra D
- 117. Letra A

Anotações:

