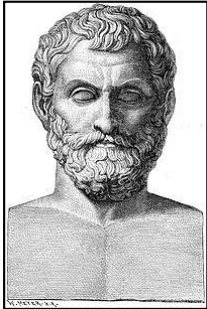


Eletrostática

Cronologia



→ Âmbar (*eléktron*)



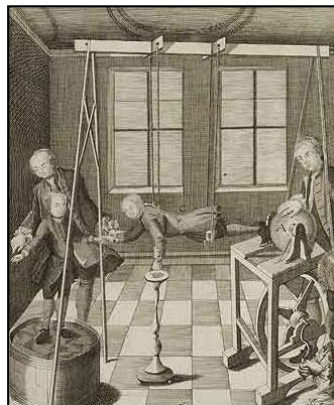
- Tales de Mileto (624 - 546 a.C.)

“Ações elétricas são diferentes das magnéticas.”

- William Gilbert (1544 - 1603)



- Otto von Guericke (1602 - 1686)



- Stephen Gray (1666 - 1736)

Condução elétrica nos materiais

- condutores
- isolantes

Cronologia



- Charles Du Fay (1698 - 1739)
“Teoria dos fluidos elétricos”



Obsidiana

- eletricidade vítrea
- eletricidade resinosa



- Pieter van Musschenbroek (1692 - 1761)



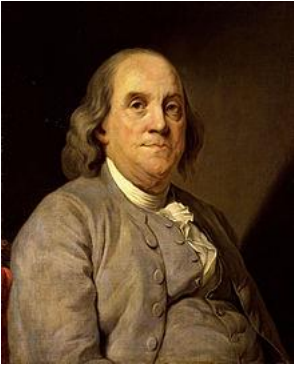
Garrafa de Leyden
(1745)

“Capacitor”



- Ewald Georg von Kleist (1700 - 1748)

Cronologia



- Benjamin Franklin (1705 - 1790)

“Teoria do fluido único”



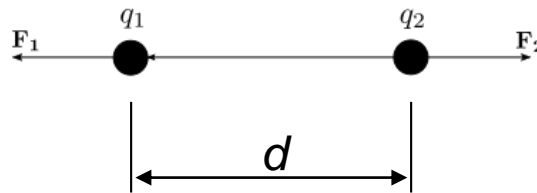
“Lei da Conservação da Carga Elétrica”

“Dentro de um sistema eletricamente isolado, a soma algébrica, tanto das cargas positivas como negativas, irá permanecer constante.”

$$\Sigma q_{antes} = \Sigma q_{depois}$$

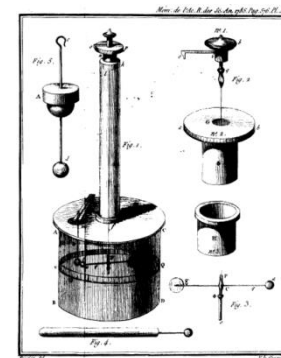


- Charles de Coulomb (1736 - 1806)

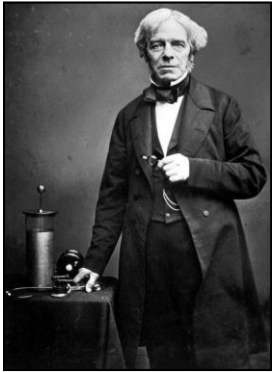


$$F_1 = F_2 = k_{el} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

$$k_{el} \approx 9 \times 10^9 \text{ N.C}^{-2}.\text{m}^2$$

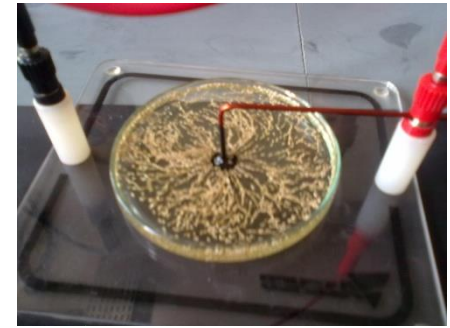
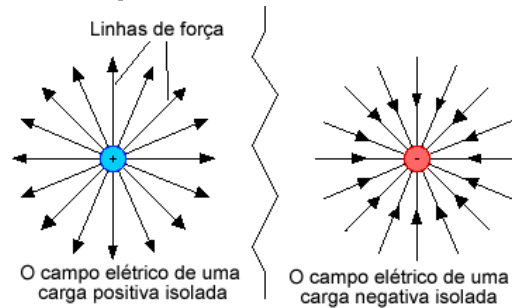


Cronologia

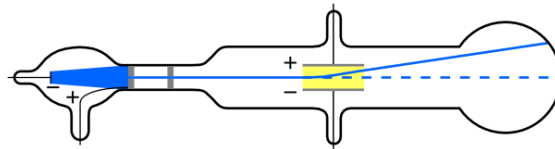


- Michael Faraday (1791 - 1867)

“Campo Elétrico” $\rightarrow \vec{E}$



- J. J. Thomson (1856 - 1940)

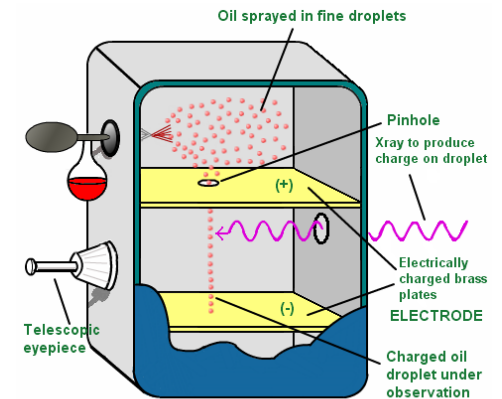
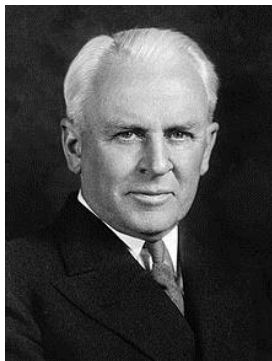


$$q_{el} / m_{el} = -1,759 \times 10^{11} \text{ C/kg}$$

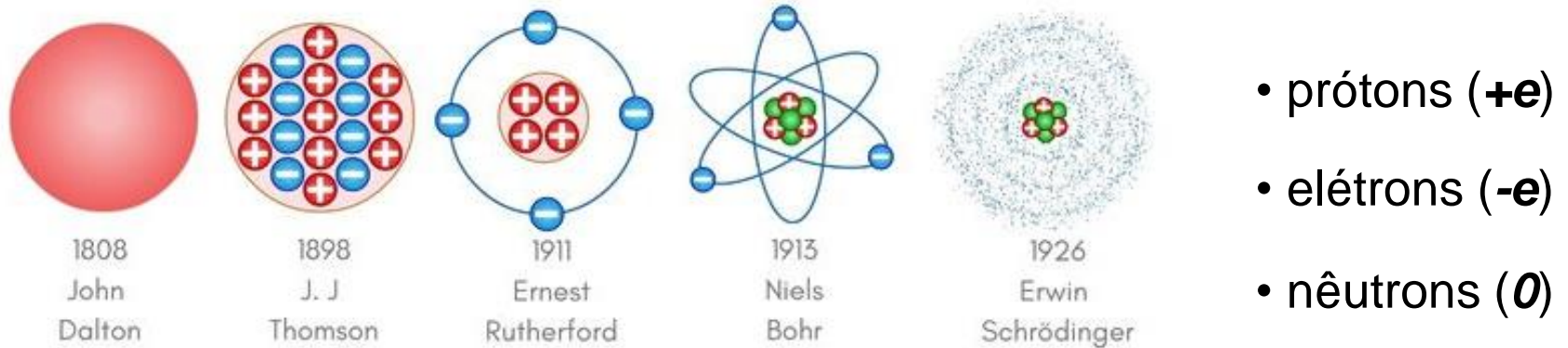
“Quantização da carga elétrica”

- Robert Millikan (1868 - 1953)

$$q_{el} = e = -1,60217733 \times 10^{-19} \text{ C}$$



Modelo Atômico



Na Eletricidade, os elétrons livres são aqueles que possuem fácil mobilidade para sair do átomo, aplicando-se uma baixa energia, e são, geralmente, os mais externos.

Processos de Eletrização

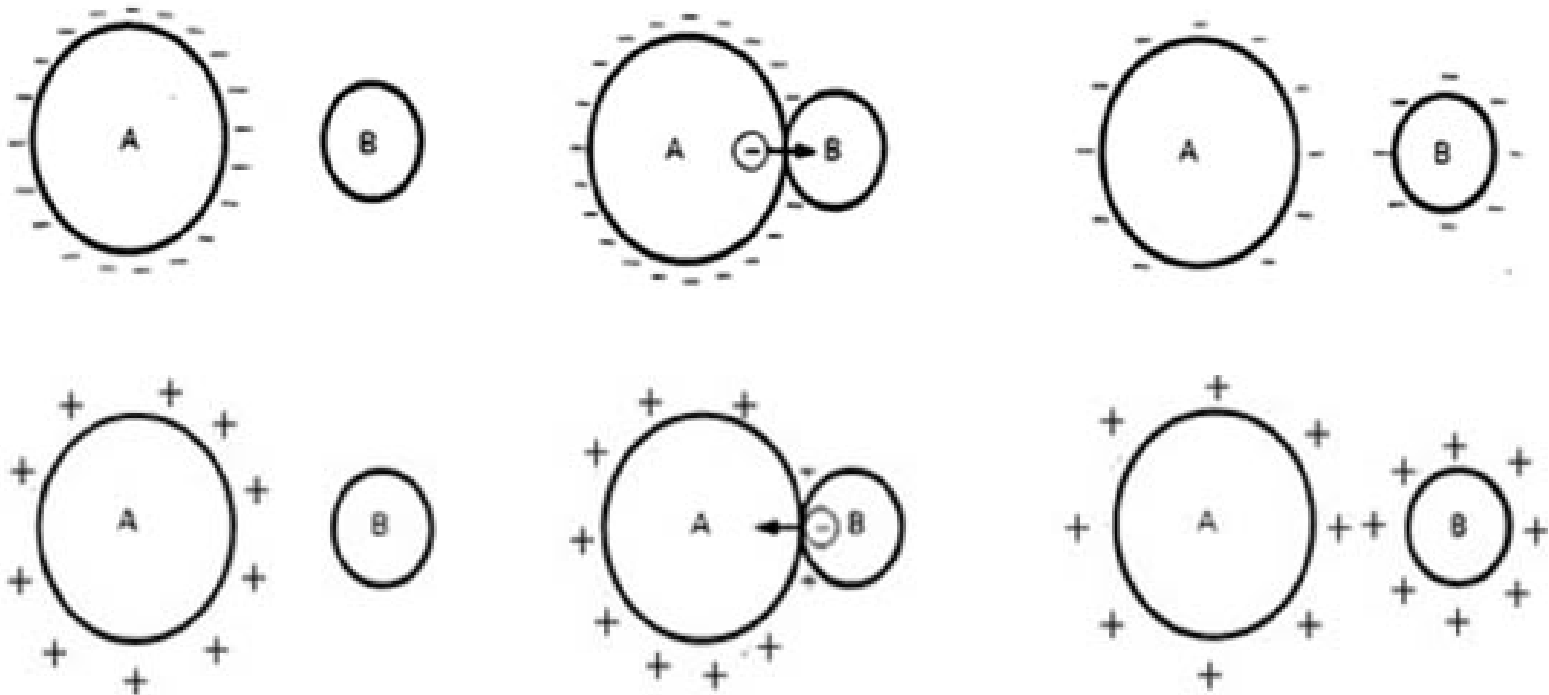
- por **Atrito**: Dois corpos neutros feitos de materiais **distintos**, quando são atritados entre si, um deles fica eletrizado negativamente (ganha elétrons) e outro positivamente (perde elétrons). Quando há eletrização por atrito, os dois corpos ficam com cargas de módulo igual, porém com sinais opostos.



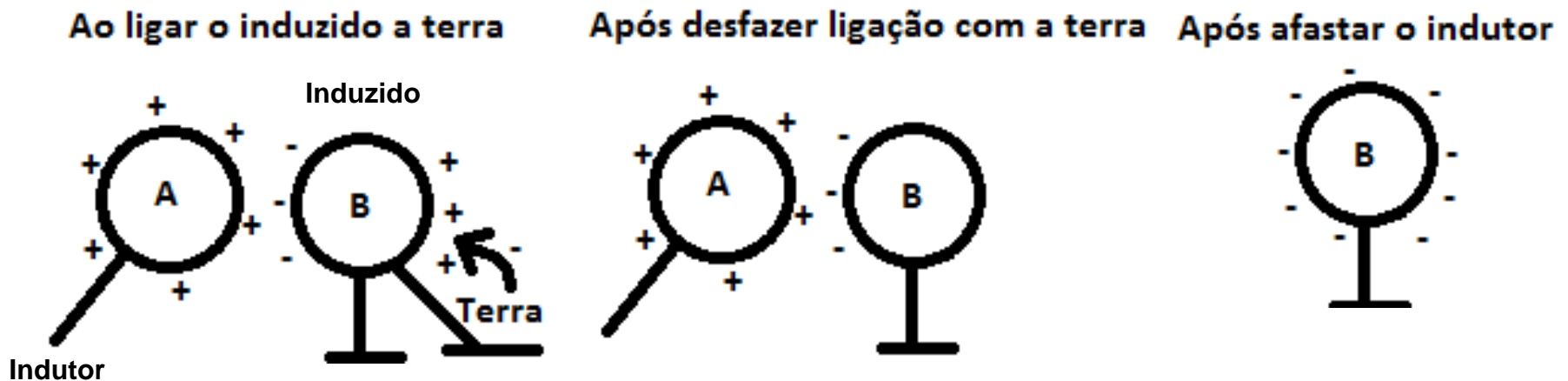
Série Triboelétrica

Asbesto	Acetato	Vidro	Mica	Cabelo	Náilon	Lã	Seda	Alumínio	Papel	Algodão	Âmbar	Borracha	Prata	Ouro	Acrílico	Poliuretano	Poliéster	PVC	Teflon	Silicone	
+ Positivo																	Negativo -				

• por **Contato**: Se dois corpos **condutores** idênticos (esféricos, mesma substância e mesmo diâmetro), sendo pelo menos um deles eletrizado, são postos em contato, a carga elétrica tende a se estabilizar, sendo redistribuída entre os dois, fazendo com que ambos tenham a mesma carga, inclusive com mesmo sinal. O cálculo da carga resultante, ***para o caso de condutores idênticos***, é dado pela média aritmética entre a carga dos condutores em contato.



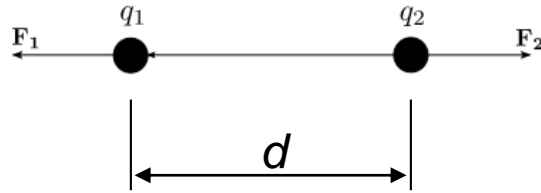
por **Indução**: Este processo de eletrização é totalmente baseado no princípio da atração e repulsão, já que a eletrização ocorre apenas com a aproximação de um corpo eletrizado (indutor) a um corpo neutro (induzido). Primeiramente um bastão eletrizado é aproximado de um condutor inicialmente neutro e, pelo princípio de atração e repulsão, os elétrons livres do induzido são atraídos/repelidos, dependendo do sinal da carga do indutor. O próximo passo é ligar o induzido à terra, ainda na presença do indutor. Desliga-se o induzido da terra, fazendo com que sua única carga seja a do sinal oposto ao indutor. Após pode-se retirar o indutor das proximidades, o induzido estará eletrizado com sinal oposto à carga do indutor e as cargas se distribuem por todo o corpo.



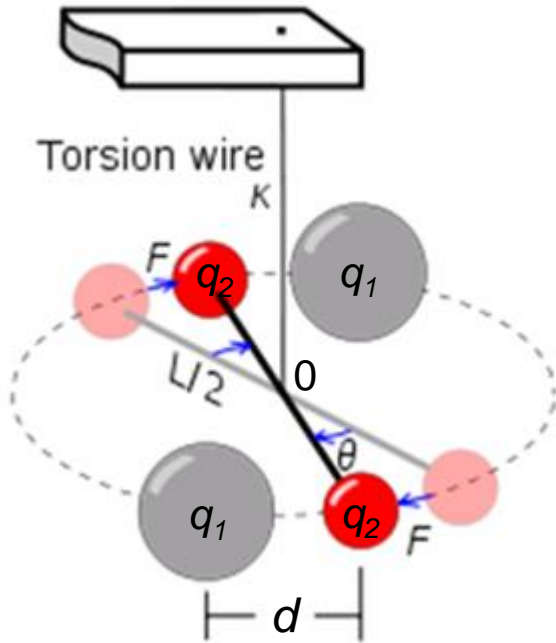
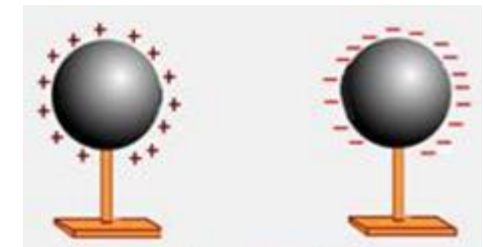
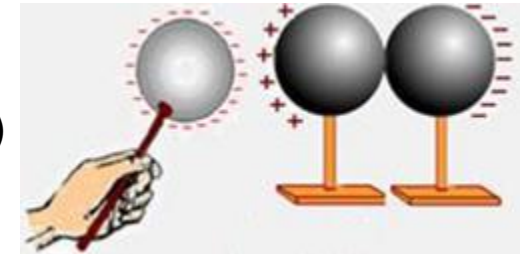
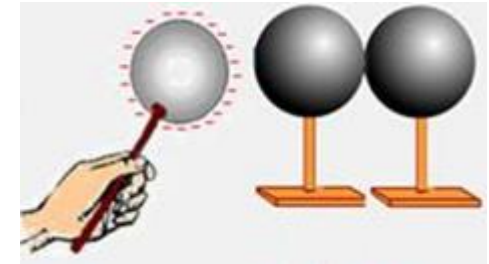
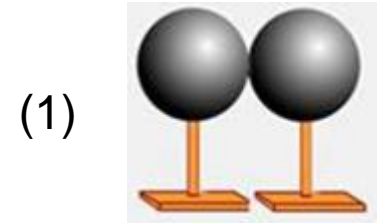
Como produzir corpos eletrizados para uso na Balança de Torção



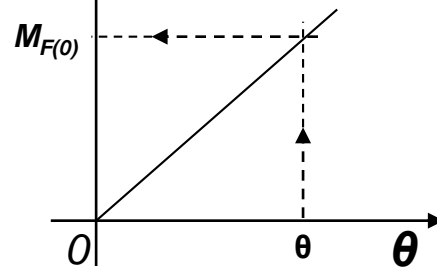
- Charles de Coulomb (1736 - 1806)



$$[F] = [q_1, q_2, d, k_{el}] \rightarrow F \propto \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$



$$M_{F(0)} = F \cdot d$$



$$M_{F(0)} = [F \cdot (L/2)] \cdot 2$$

$$F_1 = F_2 = k_{el} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

Exercícios

- 1) (PUC) Os corpos eletrizados por atrito, contato e indução ficam carregados respectivamente com cargas de sinais:
- a) iguais, iguais e iguais;
 - b) iguais, iguais e contrários;
 - c) contrários, contrários e iguais;
 - d) contrários, iguais e iguais;
 - e) contrários, iguais e contrários.
- 2) Tem-se três esferas condutoras idênticas, A, B e C. A esfera A (positiva) e a esfera B (negativa) são eletrizadas com cargas de mesmo módulo, Q , e a esfera C está inicialmente neutra. São realizadas as seguintes operações:
- a. toca-se C em B, com A mantida a distância, e em seguida separa-se C de B.
 - b. toca-se C em A, com B mantida a distância, e em seguida separa-se C de A.
 - c. toca-se A em B, com C mantida a distância, e em seguida separa-se A de B.

Qual a carga final da esfera A? Dê sua resposta em função de Q .

- a) $Q/10$
- b) $-Q/4$
- c) $Q/4$
- d) $-Q/8$
- e) $-Q/2$

3) Considere os seguintes materiais:

- 1) madeira seca
- 2) vidro comum
- 3) Algodão
- 4) corpo humano
- 5) Ouro
- 6) Náilon
- 7) papel comum
- 8) alumínio

Quais dos materiais citados acima são bons condutores de eletricidade? Marque a alternativa correta.

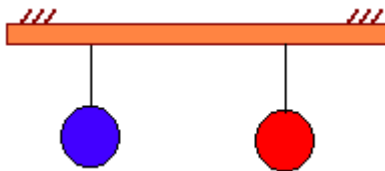
- a) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8
- b) 4, 5 e 8
- c) 5, 3, 7 e 1
- d) 2, 4, 6 e 8
- e) 1, 3, 5 e 7

4) (UFMG) Um isolante elétrico:

- a) não pode ser carregado eletricamente;
- b) não contém elétrons;
- c) tem de estar no estado sólido;
- d) tem, necessariamente, resistência elétrica pequena;
- e) não pode ser metálico.

- 5) (FCC – BA) Considere uma esfera metálica oca, inicialmente com carga elétrica nula. Carregando a esfera com um certo número N de elétrons verifica-se que:
- a) N elétrons excedentes se distribuem tanto na superfície interna como na externa;
 - b) N elétrons excedentes se distribuem em sua superfície interna;
 - c) N elétrons excedentes se distribuem em sua superfície externa;
 - d) a superfície interna fica carregada com cargas positivas;
 - e) a superfície externa fica carregada com cargas positivas.
- 6) (FCC – BA) Considere duas esferas metálicas idênticas. A carga elétrica de uma é Q e a da outra é $-2Q$. Colocando-se as duas esferas em contato, a carga elétrica da esfera que estava, no início, carregada positivamente fica igual a:
- a) $3Q/2$
 - b) $Q/2$
 - c) $-Q/2$
 - d) $-3Q/2$
 - e) $-Q/4$
- 7) (UE – PI) Três corpos X , Y e Z estão eletrizados. Se X atrai Y e este repele Z , podemos afirmar que certamente:
- a) X e Y têm cargas positivas.
 - b) Y e Z têm cargas negativas.
 - c) X e Z têm cargas de mesmo sinal.
 - d) X e Z têm cargas de sinais diferentes.
 - e) Y e Z têm cargas positivas.

- 8) (FUVEST) Duas pequenas esferas metálicas idênticas, inicialmente neutras, encontram-se suspensas por fios inextensíveis e isolantes.



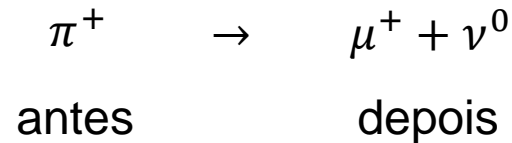
Um jato de ar perpendicular ao plano da figura é lançado durante certo intervalo de tempo sobre as esferas. Observa-se então que ambas as esferas estão fortemente eletrizadas. Quando o sistema alcança novamente o equilíbrio estático, podemos afirmar que as tensões nos fios:

- a) aumentaram e as esferas se atraem;
 - b) diminuíram e as esferas se repelem;
 - c) aumentaram e as esferas se repelem;
 - d) diminuíram e as esferas se atraem;
 - e) não sofreram alterações.
- 9) (FUND. CARLOS CHAGAS) Um bastão de vidro é atritado em certo tipo de tecido. O bastão, a seguir, é encostado num eletroscópio previamente descarregado, de forma que as folhas do mesmo sofrem uma pequena deflexão. Atrita-se a seguir o bastão novamente com o mesmo tecido, aproximando-o do mesmo eletroscópio, evitando o contato entre ambos. As folhas do eletroscópio deverão:
- a) manter-se com a mesma deflexão, independente da polaridade da carga do bastão;
 - b) abrir-se mais, somente se a carga do bastão for negativa;
 - c) abrir-se mais, independentemente da polaridade da carga do bastão;
 - d) abrir-se mais, somente se a carga do bastão for positiva;
 - e) fechar-se mais ou abrir-se mais, dependendo da polaridade da carga do bastão.

10) (UNESP) Em 1990 transcorreu o cinquentenário da descoberta dos “chuveiros penetrantes” nos raios cósmicos, uma contribuição da física brasileira que alcançou repercussão internacional. No estudo dos raios cósmicos são observadas partículas chamadas **píons**. Considere um **píon** com carga elétrica **+e** e se desintegrando (isto é, se dividindo) em duas outras partículas: um **múon**, com carga elétrica **+e**, e um **neutrino**. De acordo com o princípio de conservação da carga, o **neutrino** deverá ter carga elétrica:

- a) +e
- b) -e
- c) +2e
- d) -2e
- e) nula

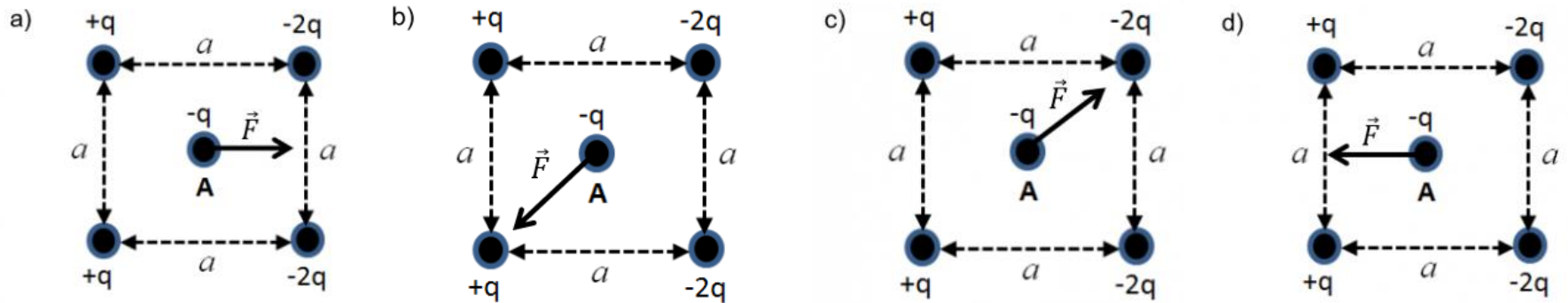
Resolução: pela **L.C.C.E.**



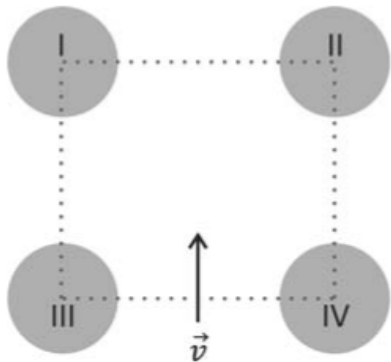
11) (UNESP) De acordo com o modelo atômico atual, os prótons e nêutrons não são mais considerados partículas elementares. Eles seriam formados de três partículas ainda menores, os **quarks**. Admite-se a existência de 12 quarks na natureza, mas só dois tipos formam os prótons e nêutrons, o quark **up** (u), de carga elétrica positiva, igual a 2/3 do valor da carga do elétron, e o quark **down** (d), de carga elétrica negativa, igual a 1/3 do valor da carga do elétron. A partir dessas informações, assinale a alternativa que apresenta corretamente a composição do próton e do nêutron:

- | | próton | nêutron |
|----|---------------|----------------|
| a) | d, d, d | u, u, u |
| b) | d, d, u | u, u, d |
| c) | d, u, u | u, d, d |
| d) | u, u, u | d, d, d |
| e) | d, d, d | d, d, d |

- 12) (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



- 13) (FUVEST) Os centros de quatro esferas idênticas, I, II, III e IV, com distribuições uniformes de carga, formam um quadrado. Um feixe de elétrons penetra na região delimitada por esse quadrado, pelo ponto equidistante dos centros das esferas III e IV, com velocidade inicial na direção perpendicular à reta que une os centros de III e IV, conforme representado na figura.



A trajetória dos elétrons será retilínea, na direção e sentido de v , e eles serão acelerados com velocidade crescente dentro da região plana delimitada pelo quadrado, se as esferas I, II, III e IV estiverem, respectivamente, eletrizadas com cargas

- a) $+Q, -Q, -Q, +Q$
- b) $+2Q, -Q, +Q, -2Q$
- c) $+Q, +Q, -Q, -Q$
- d) $-Q, -Q, +Q, +Q$
- e) $+Q, +2Q, -2Q, -Q$

14) (UNICAMP) Sabe-se atualmente que os prótons e nêutrons não são partículas elementares, mas sim partículas formadas por três *quarks*. Uma das propriedades importantes do *quark* é o sabor, que pode assumir seis tipos diferentes: *top*, *bottom*, *charm*, *strange*, *up* e *down*. Apenas os *quarks up* e *down* estão presentes nos prótons e nos nêutrons. Os *quarks* possuem carga elétrica fracionária. Por exemplo, o *quark up* tem carga elétrica igual a $q_{up} = (+2/3).e$ e o *quark down*, $q_{down} = (-1/3).e$, onde e é o módulo da carga elementar do elétron.

a) Quais são os três *quarks* que formam os prótons e os nêutrons?

b) Calcule o módulo da força de atração eletrostática entre um *quark up* e um *quark down* separados por uma distância $d = 0,2 \cdot 10^{-15} \text{m}$.

Caso necessário, use $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ e $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

15) (UERJ) Em um laboratório, um pesquisador colocou uma esfera eletricamente carregada em uma câmara na qual foi feito vácuo. O potencial e o módulo do campo elétrico medidos a certa distância dessa esfera valem, respectivamente, 600 V e 200 V/m. Determine o valor da carga elétrica da esfera.

16) (IME) Um capacitor de placas paralelas, entre as quais existe vácuo, está ligado a uma fonte de tensão. Ao se introduzir um dielétrico entre as placas,

a) a carga armazenada nas placas aumenta.

b) o campo elétrico na região entre as placas aumenta.

c) a diferença de potencial entre as placas aumenta.

d) a capacitância diminui.

e) a energia armazenada no capacitor diminui.

- 17) (FUVEST) Duas pequenas esferas, E_1 e E_2 , feitas de materiais isolantes diferentes, inicialmente neutras, são atritadas uma na outra durante **5 s** e ficam eletrizadas. Em seguida, as esferas são afastadas e mantidas a uma distância de **30 cm**, muito maior que seus raios. A esfera E_1 ficou com carga elétrica positiva de **0,8 nC**. Determine a) a diferença **N** entre o número de prótons e o de elétrons da esfera E_1 , após o atrito; b) o sinal e o valor da carga elétrica Q de E_2 , após o atrito; c) a corrente elétrica média **I** entre as esferas durante o atrito; d) o módulo da força elétrica **F** que atua entre as esferas depois de afastadas.
- 18) (FUVEST) Em uma aula de laboratório de Física, para estudar propriedades de cargas elétricas, foi realizado um experimento em que pequenas esferas eletrizadas são injetadas na parte superior de uma câmara, em vácuo, onde há um campo elétrico uniforme na mesma direção e sentido da aceleração local da gravidade. Observou-se que, com campo elétrico de módulo igual a $2 \cdot 10^3 \text{ V/m}$, uma das esferas, de massa $3,2 \cdot 10^{-15} \text{ kg}$, permanecia com velocidade constante no interior da câmara. Essa esfera tem
- a) o mesmo número de elétrons e de prótons.
 - b) 100 elétrons a mais que prótons.
 - c) 100 elétrons a menos que prótons.
 - d) 2000 elétrons a mais que prótons.
 - e) 2000 elétrons a menos que prótons.

Note e adote:

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

carga do próton = $+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

aceleração local da gravidade = 10 m/s^2

Referências

- <http://www.if.ufrgs.br/fis/EMVirtual/crono/crono.htm>
- <https://www.awesomestories.com/asset/view/Stephen-Gray-and-His-Experiments>
- http://uab.ifsul.edu.br/tsiad/conteudo/modulo1/fis/fis_ua/at1/04.html
- <http://slideplayer.com.br/slide/387185/>