



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Escola de Engenharia de Lorena – EEL

“LOB1053 - FÍSICA III”

Prof. Dr. Durval Rodrigues Junior

Departamento de Engenharia de Materiais (DEMAR)

Escola de Engenharia de Lorena (EEL)

Universidade de São Paulo (USP)

Polo Urbo-Industrial, Gleba AI-6 - Lorena, SP 12600-970

durval@demar.eel.usp.br

Rodovia Itajubá-Lorena, Km 74,5 - Caixa Postal 116
CEP 12600-970 - Lorena - SP
Fax (12) 3153-3133
Tel. (Direto) (12) 3159-5007/3153-3209

USP Lorena
www.eel.usp.br

Polo Urbo-Industrial Gleba AI-6 - Caixa Postal 116
CEP 12600-970 - Lorena - SP
Fax (12) 3153-3006
Tel. (PABX) (12) 3159-9900

UNIDADE 1 –

A CARGA ELÉTRICA

E A

LEI DE COULOMB

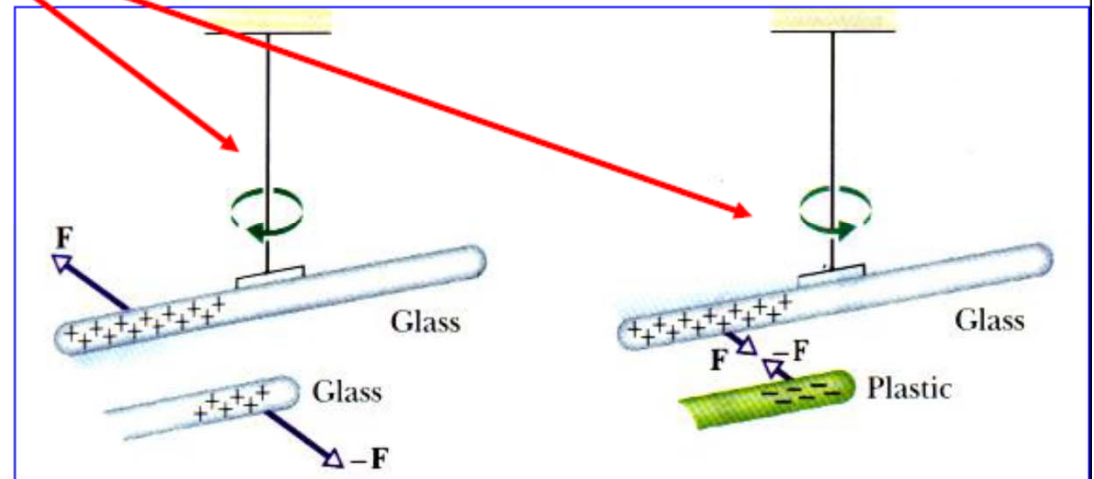
A carga elétrica

Após esfregar um pente num tecido qualquer, observa-se que ele passa a atrair pequenos objetos.



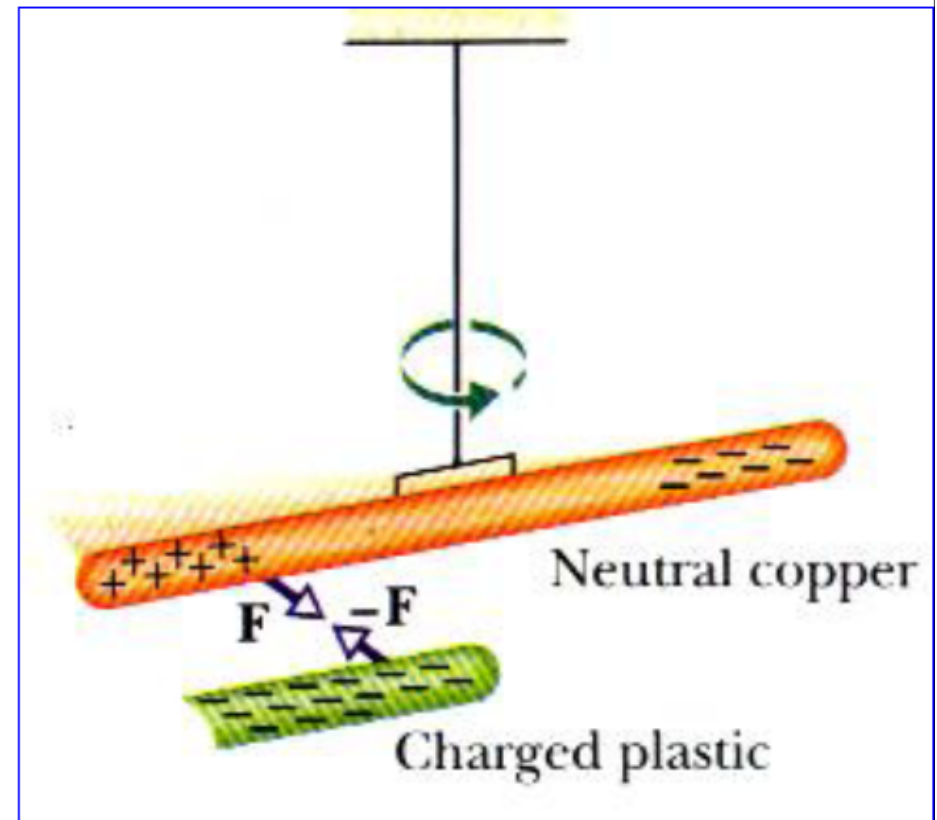
Vidro atritado em seda ou plástico atritado em lã apresentam efeitos distintos.

Objetos quando atritados adquirem *carga elétrica*. Existem dois tipos de carga; a *positiva* e a *negativa*. A escolha é mera convenção.



Condutores e isolantes

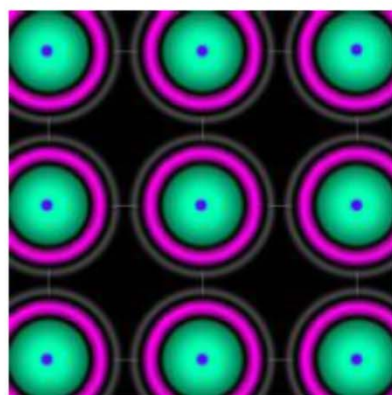
Repetindo a experiência anterior com um bastão de metal neutro, ao invés de vidro, observa-se que há cargas com grande mobilidade: *elétrons*, “fluido” (originalmente assim pensava-se) de *carga negativa*.



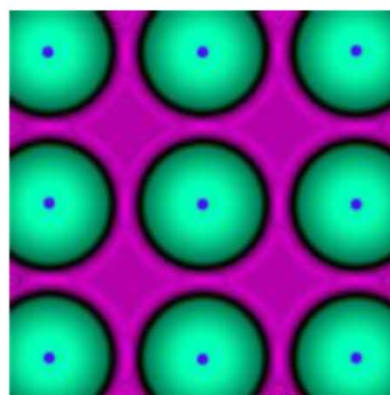
Esses materiais são chamados *condutores*, ao contrário daqueles onde o excesso de carga concentra-se apenas numa determinada região, os *isolantes*. Metais, água e o corpo humano são exemplos de condutores. Vidro, borracha e plásticos são isolantes.

Condutores e isolantes

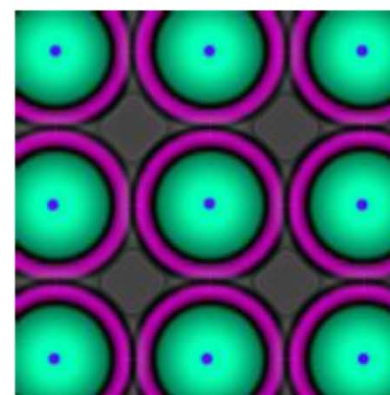
Antecipando a visão moderna da estrutura desses materiais



↑
isolantes



↑
condutores



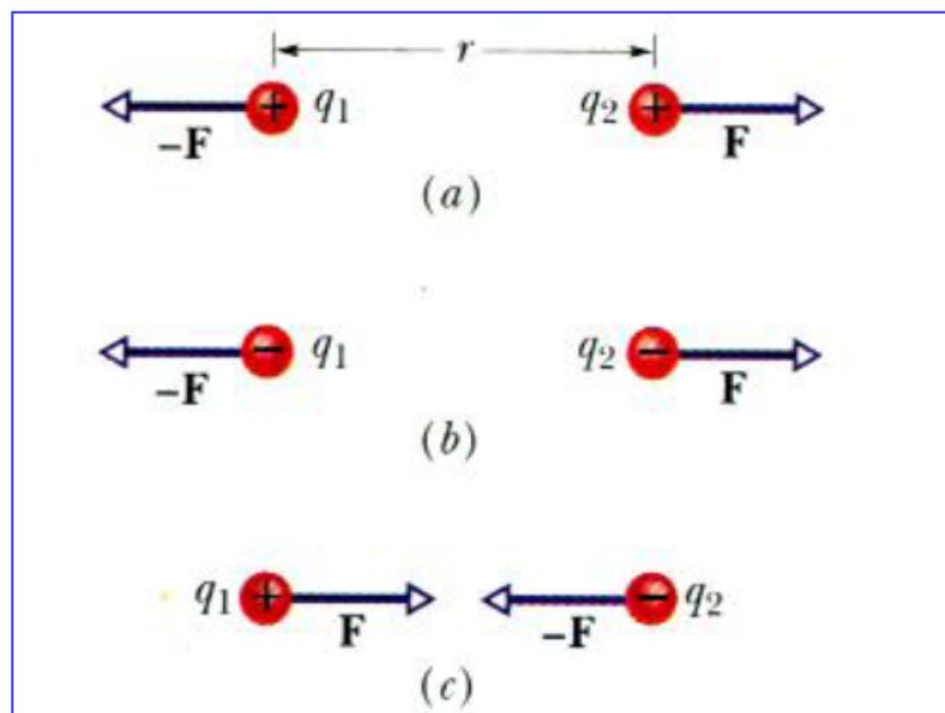
↑
semicondutores

Há ainda os chamados *supercondutores*, onde o fluido eletrônico flui sem resistência elétrica.

A lei de Coulomb

Cargas de **mesmo sinal se repelem** e de **sinais contrários se atraem**.

As forças formam um par de **ação e reação** ao longo da **linha que une as cargas**.



Se as cargas q_1 e q_2 distam r uma da outra o módulo da força eletrostática entre elas é dado por

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

A lei de Coulomb

Antecipando o conceito de corrente elétrica, a unidade de carga é o *Coulomb* que é definida no SI como a carga transportada por uma corrente de 1A que atravessa a seção reta de um fio durante 1s.

$$dq = i dt$$

No SI a constante eletrostática *k* é dada por

$$k \equiv \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$$

A permissividade do vácuo, ϵ_0 , é dada por

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2}$$

A lei de Coulomb

A lei de Coulomb

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

Lei da Gravitação

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Átomo de Hidrogênio: $|q_e| = |q_p| = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$,
 $r = 5,3 \times 10^{-11} \text{ m}$ (distância média entre o próton e o elétron).

$m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$, $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ Kg}$ e
 $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{Kg}^2$ (constante universal gravitacional)

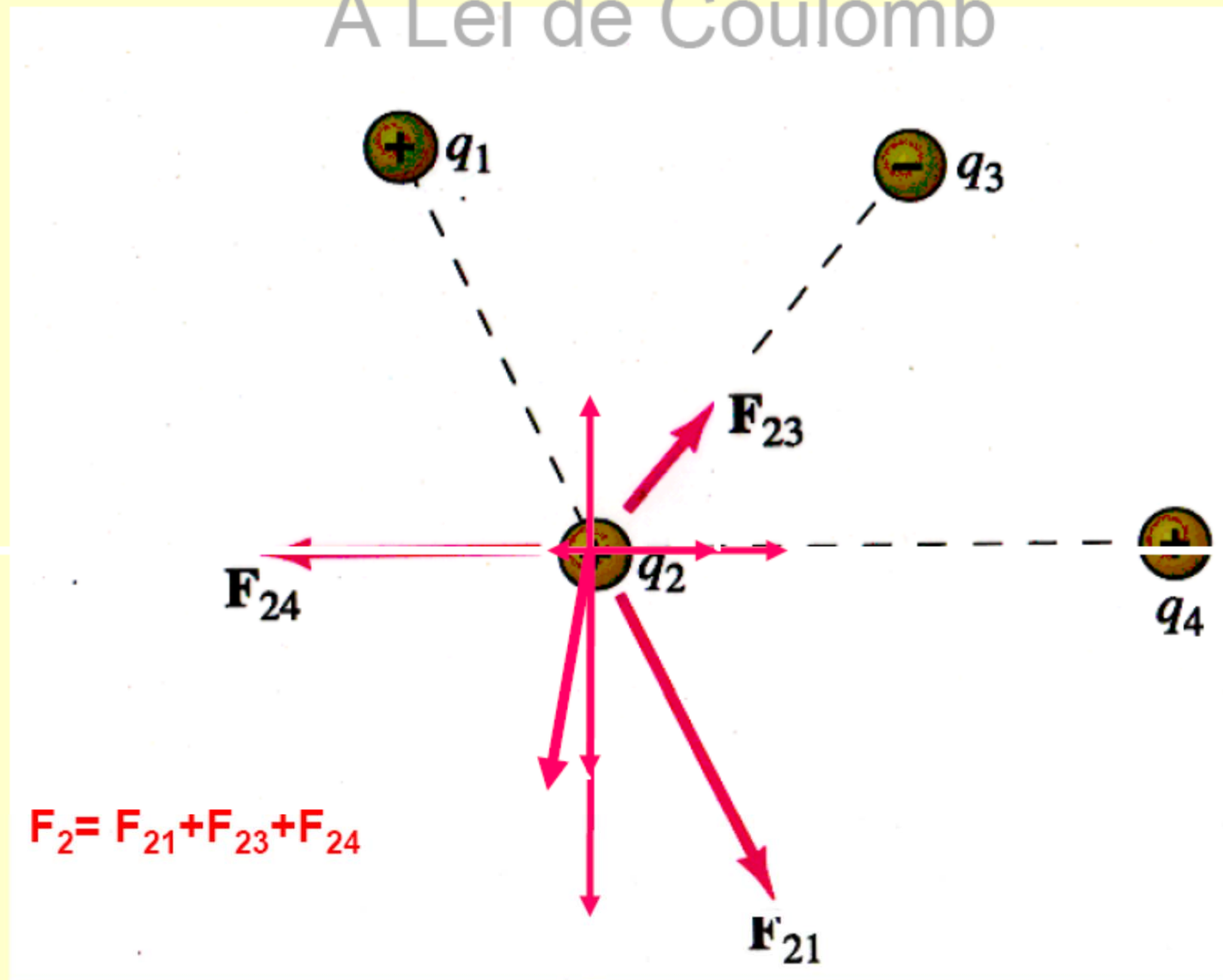
$$F_{el} = 8,2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

$$F_g = 3,6 \times 10^{-47} \text{ N}$$

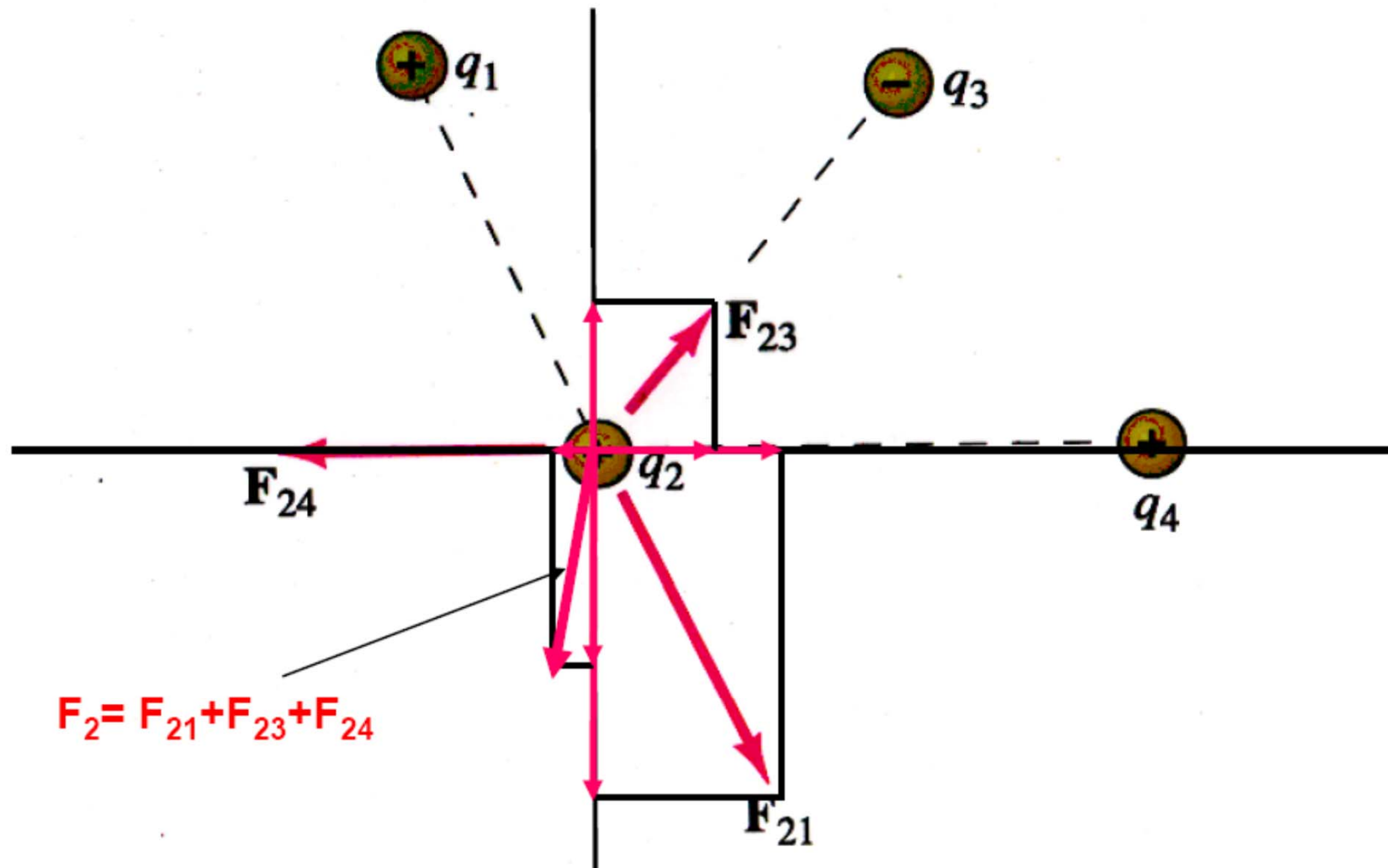
$$\text{Relação entre } F_e / F_g = 2,28 \times 10^{39}$$

Estruturas dos Materiais: interação entre cargas.

A Lei de Coulomb



A Lei de Coulomb



Propriedades da carga elétrica

A quantização da carga

Millikan determinou a *carga elementar* (eletrônica) como sendo

$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ e portanto $q = ne$ onde $n = \pm 1, \pm 2, \dots$

Mas, a teoria do *Modelo Padrão* das partículas elementares prevê os *quarks* que são partículas de carga $\pm 2e/3$ ou $\pm e/3$

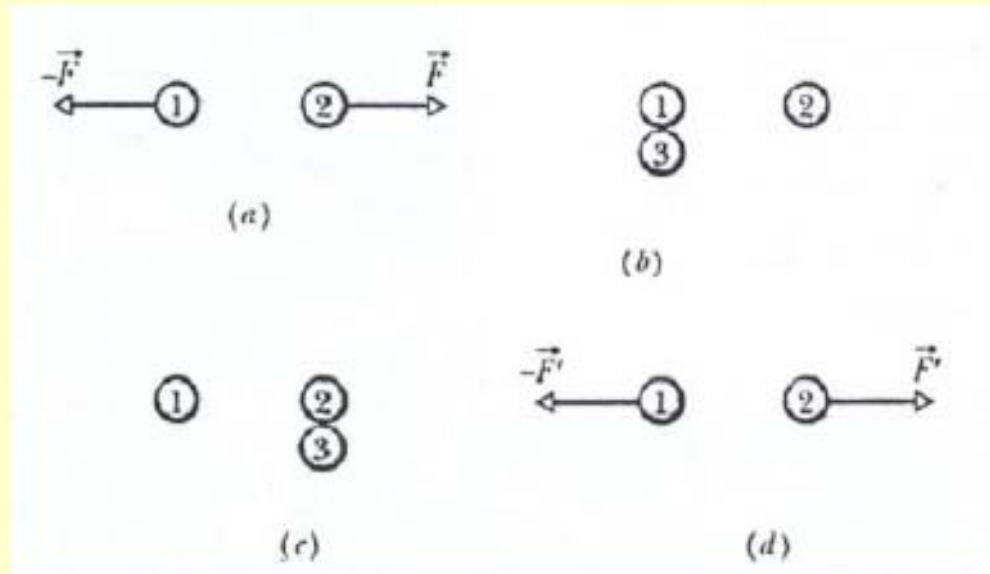
A conservação da carga

Em todos os processos que ocorrem na natureza, desde a transferência de carga por atrito até as reações entre partículas elementares, **a carga total do sistema**

considerado sempre se conserva. Ex. ${}^{238}_{92}\text{U} \longrightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$
(decaimento radioativo).

Exercício 01

7E. Duas esferas condutoras isoladas idênticas 1 e 2 possuem cargas iguais e estão separadas por uma distância que é grande, comparada com os seus diâmetros. A força eletrostática atuando na esfera 2 devido à esfera 1 é F . Suponha agora que uma terceira esfera idêntica, a esfera 3, tendo um cabo isolante e inicialmente neutra, toque primeiro a esfera 1, depois a esfera 2 e finalmente seja removida. Em termos da intensidade F , qual a intensidade da força eletrostática F' que atua sobre a esfera 2?



$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

Exercício 02

16P. (a) Que cargas positivas de mesma intensidade teriam que ser colocadas na Terra e na Lua para neutralizarem sua atração gravitacional? É necessário conhecer a distância lunar para resolver este problema? Por que ou por que não? (b) Quantos kilogramas de íons hidrogênio seriam necessários para fornecer a carga positiva calculada em (a)?

$$M_T = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$M_L = 7.36 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$m_H = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

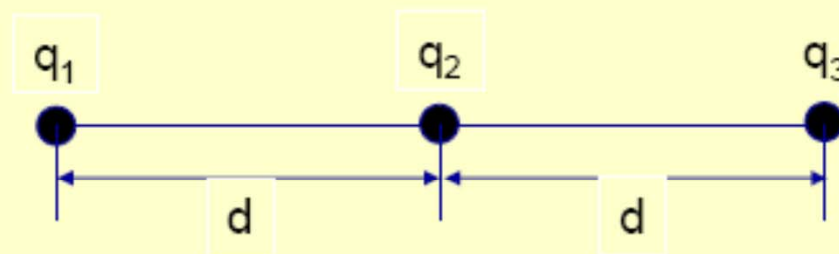
$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}^2 \text{ kg}$$

$$K = 9 \times 10^9 \text{ N/C}$$

Exercício 03

Exercício 04

Na figura abaixo, três partículas carregadas estão localizadas em uma linha reta e estão separadas por distâncias d . As cargas q_1 e q_2 são mantidas fixas. A carga q_3 está livre para se mover, porém está em equilíbrio (a força eletrostática atuando sobre ela é nula). Encontre q_1 em termos de q_2 .



Exercício 05

Uma partícula com carga Q é fixada em cada um dos vértices opostos de um quadrado, e uma partícula q é colocada em cada um dos dois outros vértices.

- a) Se a força eletrostática resultante sobre cada partícula com carga Q for nula, qual o valor de Q em termos de q ?
- b) Existe algum valor de q que faça com que a força eletrostática resultante sobre cada uma das quatro partículas seja nula? Explique.

Exercício 06

34P. Na estrutura cristalina básica do CsCl (cloreto de cézio), íons Cs^+ formam os vértices de um cubo e um íon Cl^- está no centro do cubo. O comprimento da aresta do cubo é de 0,40 nm. Cada íon Cs^+ é deficiente de um elétron (portanto cada um possui uma carga de $+e$), e o íon Cl^- possui um elétron a mais (portanto, uma carga de $-e$).

- (a) Qual é a intensidade da força eletrostática resultante exercida sobre o íon Cl^- pelos oito íons Cs^+ nos vértices do cubo?
- (b) Se estiver faltando um dos íons Cs^+ , dizemos que o cristal possui um *defeito*; qual a intensidade da força eletrostática resultante exercida sobre o íon Cl^- pelos sete íons Cs^+ restantes?

CsCl - *cloreto de césio*

