**Física – 2018/2019**

**Aula 11**

**Carga eléctrica**

****

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 1

**Física – 2018/2019 **

Carga eléctrica.

Formas de electrização

Lei de Coulomb

Campo eléctrico

Linhas de força do camo eléctrico

Propriedades dum condutor em equilíbrio electrostático Condutores, isoladores, semi-condutores

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 2

**Física – 2018/2019 **Carga eléctrica-propriedades

▪ Na Natureza existem cargas eléctricas positivas e negativas

▪ Cargas de sinal contrário atraem-se e cargas do mesmo de sinal repelem-se

▪ A partícula elementar de carga negativa é o electrão. Na Natureza só existem cargas de valor múltiplo (n=1, 2, 3…) da carga do electrão

▪ A partícula elementar de carga eléctrica positiva é o positrão (anti-partícula do electrão).

▪ Os protões (não são partículas elementares). São as cargas positivas constituintes do núcleo atómico

▪ Os protões têm carga eléctrica positiva igual à do electrão.

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 3

**Física – 2018/2019 **Carga eléctrica-propriedades

▪ Na Natureza a matéria é electricamente neutra. Significa que há tantas cargas positivas como negativas.

▪ Na Natureza os materiais podem ficar electricamente carregados ganhando ou perdendo electrões

▪ Na Natureza a carga eléctrica total é sempre conservada. Quando criamos ou destruirmos uma partícula com uma dada carga eléctrica, temos que em simultâneo criar ou destruir uma carga eléctrica igual, mas de sinal contrário

▪ A carga eléctrica do electrão vale 1,6x10-19 C e é a carga elementar ▪ **A unidade de carga eléctrica é o Coulomb (C)**

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 4

**Física – 2018/2019 **Formas de electrização dos materiais

1. Fricção



**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 5

**Física – 2018/2019 **Formas de electrização dos materiais 2. Condução

▪ Um corpo previamente carregado é colocado em contacto com o objecto que queremos carregar (a esfera).

▪ Alguns electrões passam da barra para a esfera ▪ Quando a barra é retirada alguma carga eléctrica permanece na esfera

▪ O objecto que é carregado fica com carga de igual sinal ao que efectua a carga

▪ Em todo o processo são sempre os electrões que se deslocam e não as cargas positivas. Porquê?

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 6

**Física – 2018/2019**

Formas de electrização dos materiais: 3. Indução

▪ Um corpo carregado (-) é colocado na proximidade daquele que queremos carregar com carga de sinal contrário (a esfera)

▪ Os electrões da esfera, que estava electricamente neutra (nº de cargas + igual ao nº de cargas -), são repelidos pela barra carregada

▪ A esfera é ligada à terra havendo escoamento dos e- para a terra

▪ Retira-se a barra e o objecto fica carregado com carga +, que rapidamente se distribui uniformemente por toda a esfera

**Condutor**

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 7

**Física – 2018/2019** 

Formas de electrização dos materiais:

4. Polarização

▪ No estado neutro, os átomos e moléculas têm igual nº de cargas positivas e negativas. Em muitos casos esta distribuição tem simetria esférica, ou seja é como se toda a carga estivesse concentrada no centro da esfera. O centro das cargas + e – coincide.

▪ Na presença de cargas eléctricas exteriores estes centros podem afastar-se ligeiramente. Daqui resulta a existência de uma carga efectiva positiva de um dos lados e negativa no lado oposto 

▪ Este fenómeno é conhecido como polarização. A esfera é

ligada à terra havendo escoamento das cargas positivas

(são os e- da terra que neutralizam as cargas + )

▪ Retira-se a barra e o objecto fica carregado com carga

contrária

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 8

**Física – 2018/2019** 

Características dos materiais

1. Condutores

▪ Materiais condutores são todos os materiais em que as cargas eléctricas se podem movimentar de forma praticamente livre.

▪ A maior parte dos metais são bons condutores

▪ A carga eléctrica não se conserva numa dada zona. Quando uma região do condutor se encontra carregada electricamente a carga distribui-se uniformemente por todo o volume do condutor. Esta distribuição é muito rápida.

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 9

**Física – 2018/2019 **

Características dos materiais

2. Isoladores

▪ Materiais isoladores são todos os materiais em que as cargas eléctricas não se podem deslocar livremente.

▪ Exemplos de materiais isoladores são: o plástico, a borracha, o vidro, a lã

▪ A carga eléctrica conserva-se numa dada zona. Quando uma região do material se encontra carregada electricamente a carga não se distribui pelo material, mas conserva-se nessa zona.

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 10

**Física – 2018/2019 **

Características dos materiais

2. Semicondutores

▪ Os materiais semicondutores são todos os materiais com características que se situam, do ponto de vista de condução da carga eléctrica, entre os condutores e os isoladores.

▪ Exemplos de materiais semicondutores são: o silício e o germânio

▪ Esta característica confere aos semicondutores particularidades próprias, o que os torna muito especiais e com aplicações práticas muito relevantes.

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 11

**Física – 2018/2019 **Condutores isoladores e semicondutores

❑ Nos gases os átomos estão livres – 

os níveis de energia encontram-se

bem separados uns dos

outros, níveis discretos,

correspondendo aos níveis de energia

atómicos

❑ Em condições normais os átomos

estão no estado fundamental, o que

corresponde aos electrões ocuparem

os níveis de energia mais baixa.

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 12

**Física – 2018/2019 **Bandas de energia nos sólidos

❑ Nos sólidos – os níveis de energia

discretos que existiam nos átomos isolados ficam alargados devido à interacção entre os átomos e constituem bandas de energia separadas umas das outras por “gaps” 

❑ Esta separação e a distribuição dos electrões nas bandas mais elevadas

determina se um sólido é um isolador, condutor ou semicondutor

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 13

**Física – 2018/2019 **Bandas de energia nos sólidos

❑ O azul representa as bandas de energia ocupadas pelos electrões quando os átomos estão no estado fundamental 

❑ O amarelo as bandas de energias que estão vazias

❑ O branco representa os gaps de energia os electrões só podem ter energia

correspondente às bandas.

Não podem ocupar estados entre os

gaps.

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 14

**Física – 2018/2019 **Bandas de energia nos sólidos

❑ A banda de valência é a banda preenchida de energia mais elevada 

❑ A banda de condução é a banda vazia imediatamente a seguir

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 15

**Física – 2018/2019 **Condutores

❑ Sempre que uma energia é transferida para o condutor, pode ser uma ddp, os electrões ganham energia e saltam para as 

bandas não ocupadas.

Esta energia é muito pequena < 0.1 eV

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 16

**Física – 2018/2019 **Isoladores

❑ A banda de valência está completamente cheia de electrões. 

❑ O gap de energia entre as bandas é muito elevado nestes materiais ≈10 eV.

❑ É necessária uma energia superior a este valor (> 10 eV) para que os electrões possam transitar para essa banda.

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 17

**Física – 2018/2019 **Semicondutores

❑ Um semicondutor tem um pequeno gap entre as duas bandas, ≈1 eV . Os electrões excitados termicamente têm energia suficiente para saltarem a barreira de energia

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 18

**Física – 2018/2019 **Movimentos das cargas num semicondutor



**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 19

**Física – 2018/2019 **Lei de Coulomb:

Introdução histórica

▪ Na Natureza existem cargas eléctricas positivas e negativas isoladas

▪ Em 1580 Gilbert descobriu que a electrização era uma propriedade geral da matéria

▪ Por volta de 1730, Stephen Gray demonstrou que a electricidade é uma propriedade inerente à matéria e não é originada por fricção.

▪ Por volta de 1780 Franklin demonstrou a existência de dois tipos de carga eléctrica isolada na Natureza, a que chamou positiva e negativa

▪ Por volta de 1800 Coulomb formulou a lei que expressa a força entre as cargas eléctricas

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 20

**Física – 2018/2019 **Lei de Coulomb

Coulomb formalizou a força entre cargas eléctricas pontuais ▪ 1. Tem a direcção da linha que une as duas cargas

▪ 2. É inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa ▪ 3. É proporcional ao produto das duas cargas |q1|e |q2| ▪ 4. É atractiva se as cargas têm sinais opostos

▪ 5. É repulsiva se têm o mesmo sinal

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 21

**Física – 2018/2019 **Lei de Coulomb

permeabilidade eléctrica do vazio ▪ Carga do electrão e= 1,6x10-19 C

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 22

**Física – 2018/2019 **Lei de Coulomb

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 23

**Física – 2018/2019 **Características das Forças eléctricas

▪ A força eléctrica é do mesmo tipo que a força de interacção gravitacional

▪ 1. É inversamente proporcional ao quadrado da distância ▪ 2. É uma força de interacção à distância

▪ 3. A fórmula matemática é a mesma, desde que as massas sejam substituídas pelas cargas e a constante seja a adequada

▪ 4. A força electrostática pode ser atractiva ou repulsiva. A força gravitacional é sempre atractiva. (Ex. Comparar as duas)

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 24

**Física – 2018/2019 **Princípio da sobreposição

▪ Se uma carga é actuada por várias cargas, a acção de cada uma delas é independente da das outras, sendo,

a força resultante

a soma vectorial das várias

forças, calculadas como se

cada uma delas estivesse a

actuar isoladamente

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 25

**Física – 2018/2019 **Campo eléctrico

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 26

**Física – 2018/2019 **Campo eléctrico 

+



O campo E criado por uma carga Q num ponto, é atractivo se a carga for negativa e é repulsivo se a carga for positiva

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 27

**Física – 2018/2019**

Campo eléctrico

▪ Do mesmo modo, se a carga Q que cria o campo é negativa, o campo é atractivo

Carga teste

Carga que cria o campo

Q+

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 28

**Física – 2018/2019 **Campo eléctrico e princípio da sobreposição

▪ A unidade do campo eléctrico é o N/C 

• Se numa região existirem várias cargas, o campo eléctrico num ponto é a dos campos criados pelas várias cargas



**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 29

**Física – 2018/2019 **Linhas de força do campo eléctrico

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 30

**Física – 2018/2019 **Linhas de força do campo eléctrico



**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 31

**Física – 2018/2019 **Propriedades das linhas de força do campo eléctrico

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 32

**Física – 2018/2019 **Linhas de força do campo eléctrico

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 33

**Física – 2018/2019** 

Linhas de força do campo eléctrico

Cargas unitárias de 

sinal contrário

Cargas unitárias do 

mesmo sinal

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 34

**Física – 2018/2019** 

Linhas de força do campo eléctrico

Cargas unitárias de 

sinal contrário

Regiões onde a densidade de cargas

é maior, indicam E mais intenso

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 35

**Física – 2018/2019 **Condutores em equilíbrio electrostático

▪ Diz-se que um condutor está em equilíbrio electrostático quando não existe um movimento efectivo de cargas eléctricas no condutor.

▪ Num condutor isolado verificam-se as seguintes propriedades:

1. **O campo eléctrico é nulo em todos os pontos do interior do condutor.** 2. Toda a carga em excesso encontra-se distribuída à superfície do condutor (O condutor tem cargas eléctricas + e -, mas em igual número, de modo queé electricamente neutro).

3. O campo eléctrico no exterior do condutor e próximo da superfície é perpendicular à superfície do condutor.

4. A densidade de carga é maior nas zonas de menor raio de curvatura (poder das pontas).

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 36

**Física – 2018/2019 **Propriedades do campo E no interior de um condutor em equilíbrio electrostático

1. O campo eléctrico E é nulo em todos os pontos do interior do condutor

▪ Se existisse um campo E no interior, as cargas seriam actuadas por uma força qE, o que faria com que as cargas entrassem em movimentoo que seria contra a hipótese formulada , de o 

condutor estar em equilíbrio electrostático.

Fig. Mostrando E=0 no interior do condutor

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 37

**Física – 2018/2019 **Propriedades do campo E no interior de um condutor em equilíbrio electrostático

2. Toda a carga em excesso encontra-se distribuída à superfície.

As cargas do mesmo sinal repelem-se entre si, fazendo com que se desloquem para a máxima distância possível, que é a superfície do

condutor



**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 38

**Física – 2018/2019 **Propriedades do campo E no interior de um condutor em equilíbrio electrostático

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 39

**Física – 2018/2019 **Propriedades do campo E no interior de um condutor em equilíbrio electrostático

4. A densidade de carga é maior nas zonas de menor 

raio de curvatura

Na zona plana as forças entre as cargas são paralelas à

superfície e afastam as cargas umas das outras

Nas pontas as forças estão dirigidas para a superfície

originando uma menor mobilidade 

O que faz com que a densidade das

Cargas seja maior

-

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 40

**Física – 2018/2019 **Propriedades do campo E no interior de um condutor em equilíbrio electrostático

1.O campo eléctrico E é nulo em todos os pontos do interior do condutor.

▪ Se existisse um campo E então as cargas livres

entrariam em movimento sob a acção da força qE

▪ Logo o condutor não estaria em equilíbrio

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 41

**Física – 2018/2019Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 42

**Física – 2018/2019 **Gerador Van de Graff



**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 43

**Física – 2018/2019**

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 44

**Física – 2018/2019**

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 45

**Física – 2018/2019 **Gaiola de Faraday

**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 46

**Física – 2018/2019 **

https://www.youtube.com/watch?v=vQsap

HsSZl0



**Maria Luisa Carvalho Carga eléct** 47