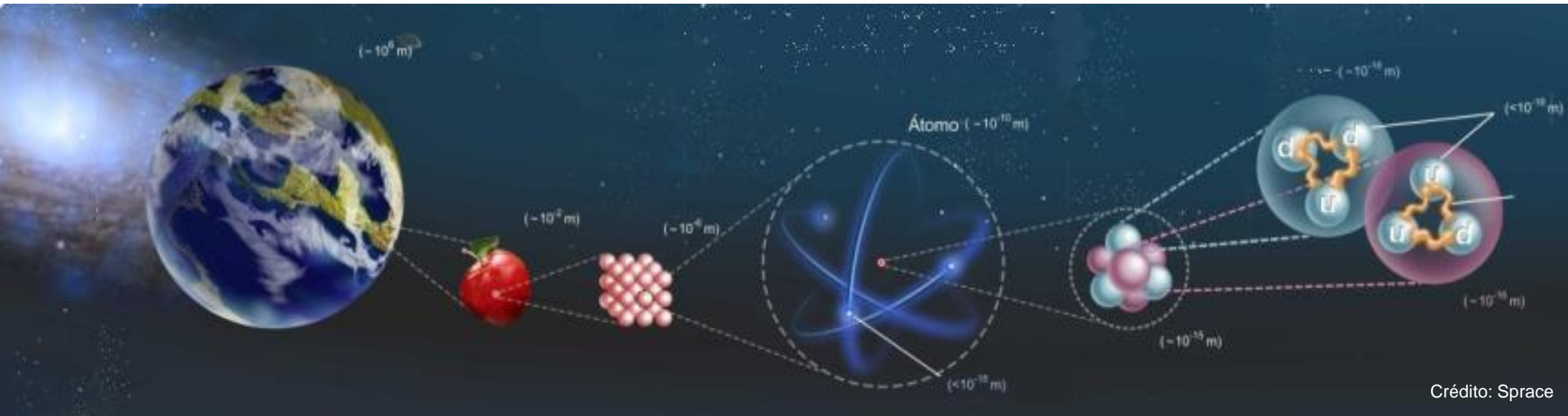




Universidade Federal do ABC

ESTRUTURA DA MATÉRIA

EVIDÊNCIAS DO ELÉTRON



Fernanda de Lourdes Souza

fernanda.l@ufabc.edu.br

A história da Eletricidade

- Séc. VI a.C., na Grécia Antiga - filósofo Thales de Mileto, descobrir uma resina vegetal fóssil petrificada chamada âmbar (elektron em grego);
- Ao esfregá-la com pele e lã de animais, observou que ela tinha o poder de atrair objetos leves como palhas, fragmentos de madeira e penas



Efeito âmbar



A história da Eletricidade

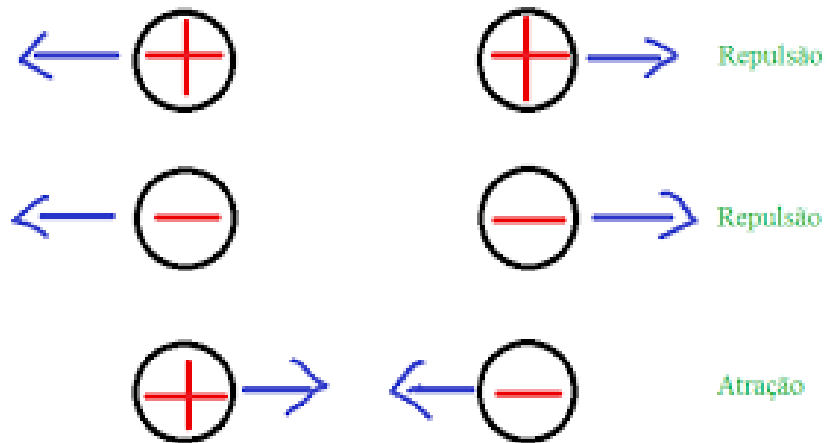
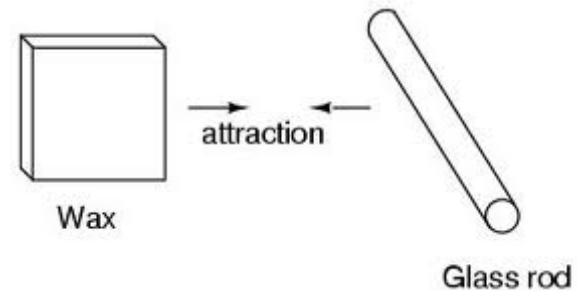
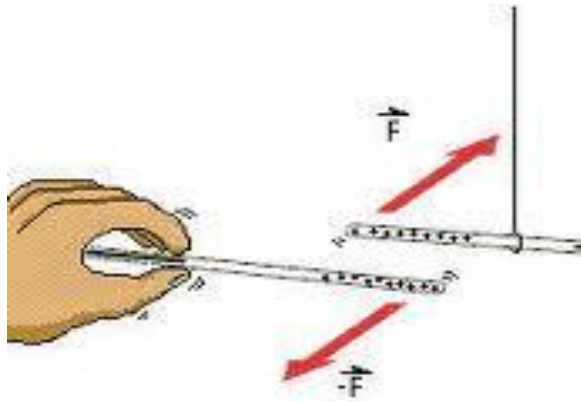
- 1600 - Médico Inglês Willian Gilbert: denominou o evento de atração dos corpos de eletricidade.
- 1730 - o físico inglês Stephen Gray identificou (além da eletrização por atrito) a eletrização dos corpos por contato: denominou os materiais como condutores e isolantes elétricos
- 1750 – Benjamin Franklin: Baseado nas teorias dos fluidos elétricos, atribuiu aos materiais uma carga elétrica e propôs os termos negativo e positivo.
- O objeto que possuísse esse fluido era carregado positivamente, e a ausência desse fluido indicava que era carregado negativamente
- Ele mostrou que o relâmpago é uma descarga elétrica entre as nuvens e o solo (eletricidade não está restrita aos objetos sólidos e líquidos mas pode se mover através de um gás (atmosfera, no caso))



A história da Eletricidade

Carga Elétrica

Se dois bastões forem friccionados por um tecido de seda, vemos que eles repelem entre si porém atraem o tecido.

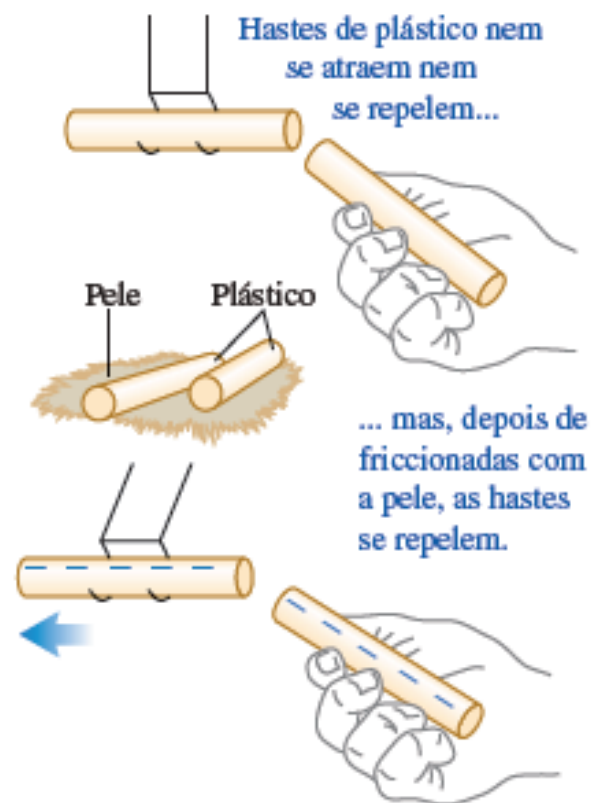


A unidade de carga elétrica no SI é o Coulomb.

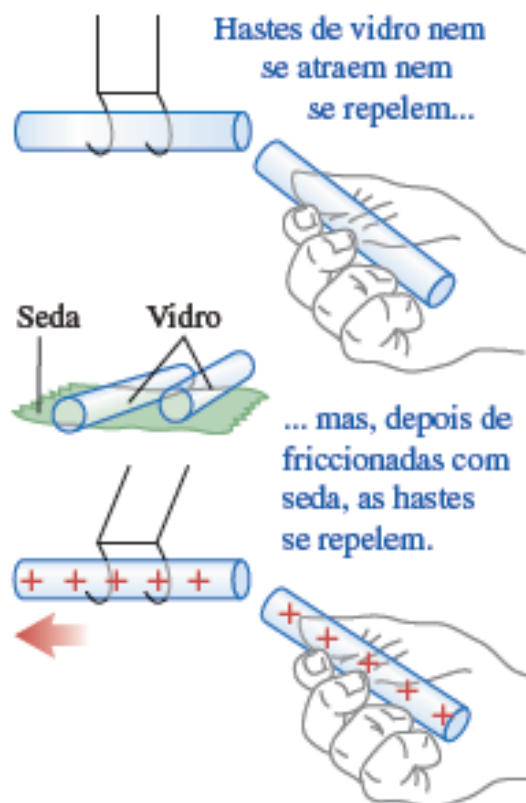
A história da Eletricidade

Carga Elétrica

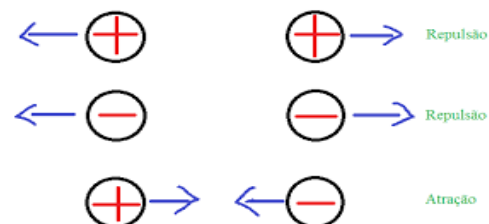
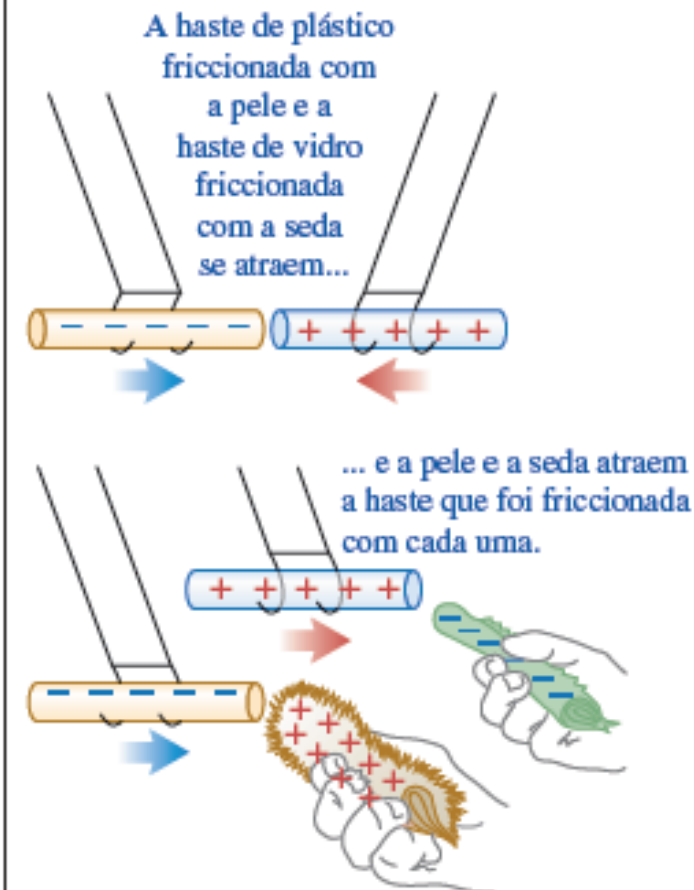
(a) Interação entre duas hastas de plástico, depois de friccionadas com pele



(b) Interação entre duas hastas de vidro, depois de friccionadas com a seda



(c) Interação entre objetos com cargas opostas

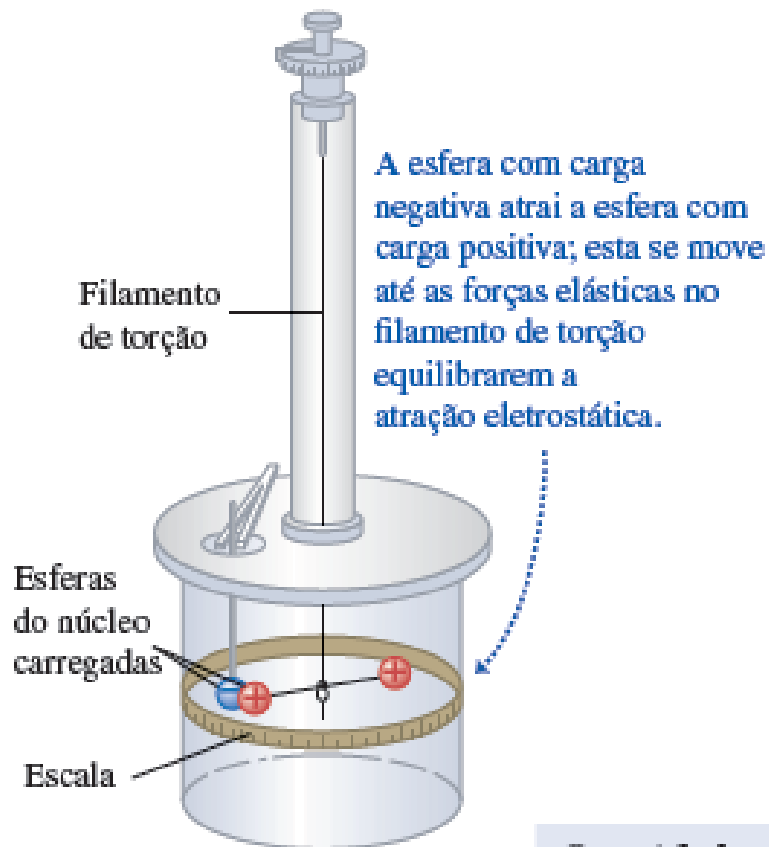


A unidade de carga elétrica no SI é o Coulomb.

A história da Eletricidade

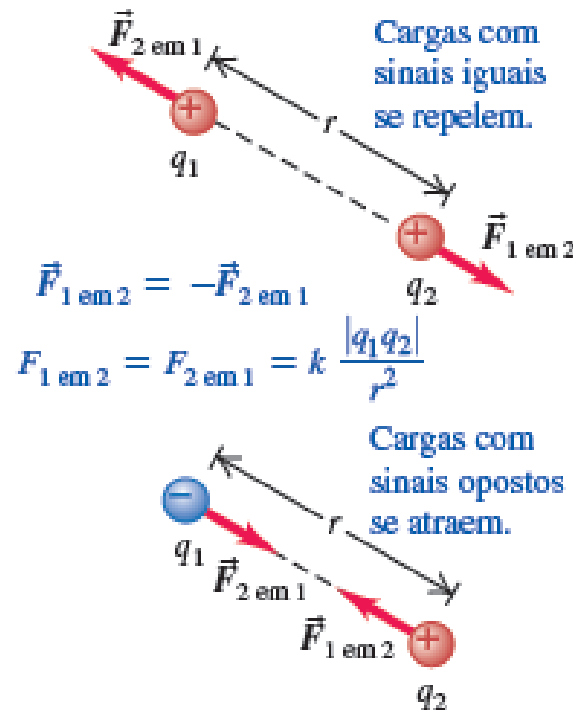
- 1785 - Charles Augustin Coulomb determinou uma expressão para a força elétrica.

(a) Uma balança de torção do tipo usado por Coulomb para medir a força elétrica



Balança de torção

(b) Interações entre cargas puntiformes



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

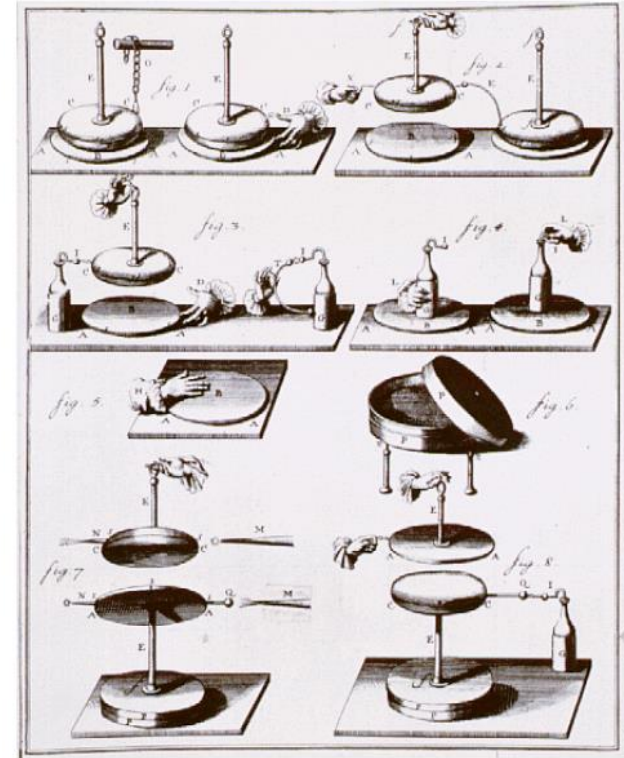
$$k = 8,988 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

O módulo da força elétrica entre duas cargas puntiformes é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

A história da Eletricidade



Galvani – eletricidade animal?



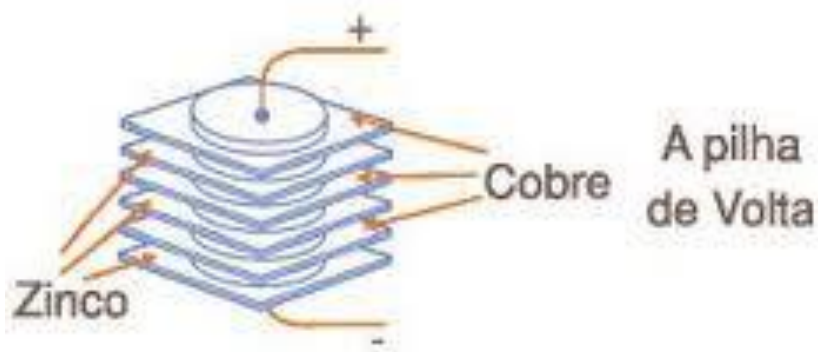
Pilha de Volta

- Descobriu que **músculos** e **células nervosas** eram capazes de produzir **eletricidade**, que ficou conhecida então como **eletricidade galvânica**.
- O nome de Galvani também sobrevive nas células galvânicas, no galvanômetro e no processo chamado de galvanização.
- A cratera Galvani, na superfície da Lua, também foi nomeada em sua homenagem.

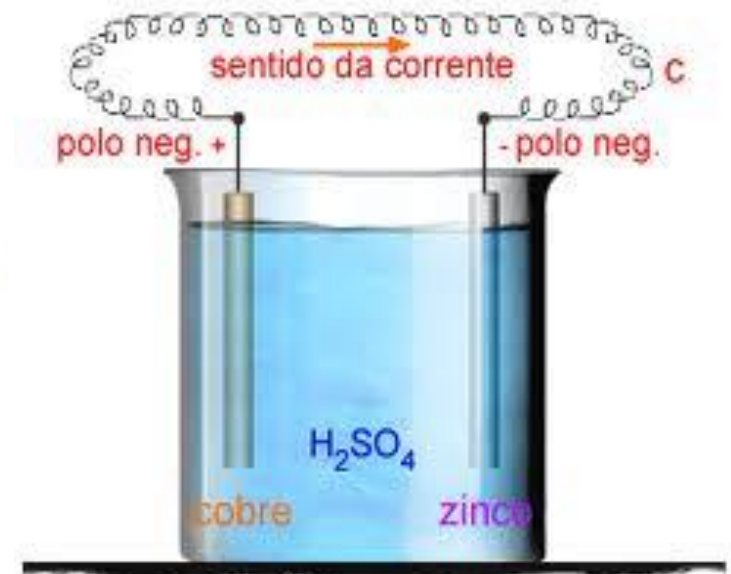
A história da Eletricidade



- 1775 - Alessandro Volta observou a existência de corrente elétrica quando, em uma célula, duas placas de metais diferentes são colocados numa solução de ácido sulfúrico. **Invenção da bateria**
- 1881 – A unidade elétrica, o Volt, foi nomeada em homenagem a Volta.
- Também em sua homenagem, uma cratera lunar recebeu este nome.



Pilha de Volta



Soluções Eletrolíticas

O que é uma solução?

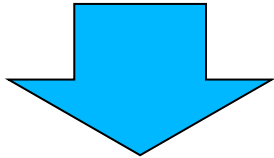
Soluto + Solvente



Íon ou molécula

Natureza do soluto: Somente soluções que contêm íons conduzem eletricidade

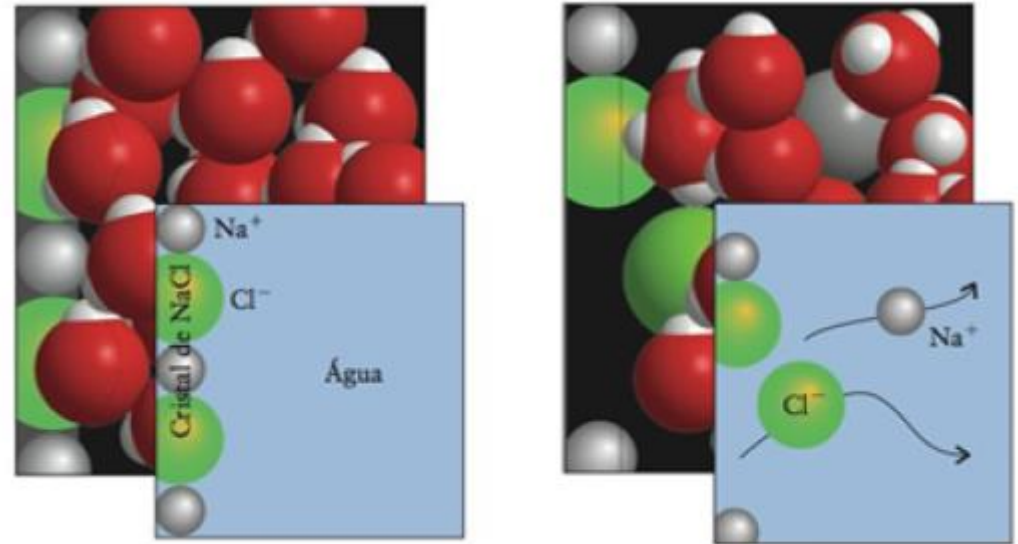
Eletrólito: é uma substância que forma íons em solução



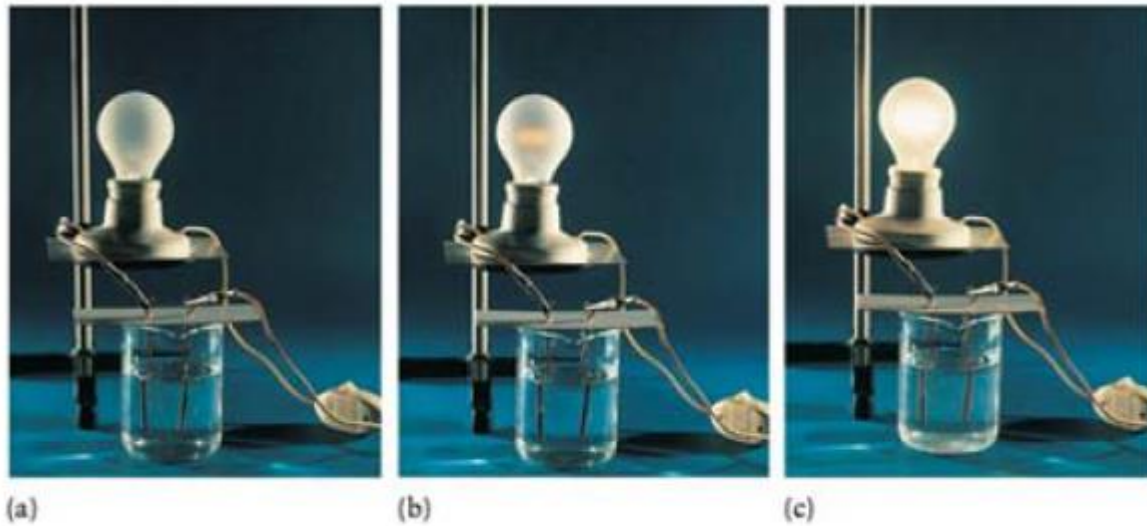
Solução eletrolítica

Eletrólito Forte: é uma substância que está presente quase totalmente na forma de íons em solução Ex: HCl

Eletrólito fraco: é uma substância incompletamente ionizada em solução Ex: ácido acético



Soluções Eletrolíticas



Água Pura

Eletrólito fraco

Eletrólito Forte

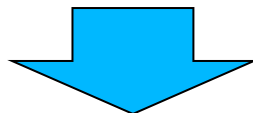
- Os solutos em soluções de não eletrólitos estão presentes como moléculas.
- Somente uma fração pequena de moléculas do soluto em soluções de eletrólitos fracos está presente como íons.
- O soluto em uma solução de eletrólito forte em água está na forma de íons que permitem a condução de eletricidade.

Soluções Eletrolíticas

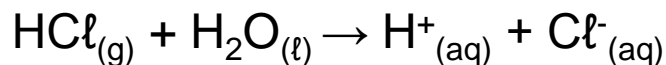
Hipótese de Arrhenius _ Químico Sueco- 1884

Um **ácido** é uma substância que se dissocia em uma solução aquosa liberando íons de hidrogênio (H^+).

Uma **base** trata-se de uma substância que, em meio aquoso, é capaz de dissociar-se, liberando íons hidróxidos (OH^-).



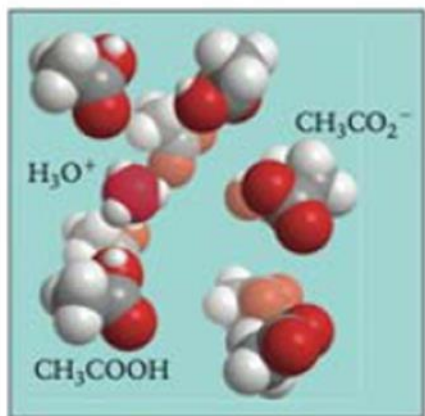
Necessidade do solvente água (aquoso)



(liberação de um íon H^+)



(produz OH^-)



Ácido Forte: está completamente desprotonado em solução. Ex:

HCl

Ácido fraco: está incompletamente desprotonado em solução.

Ex: ácido acético

Base forte: Está completamente protonada em solução

Base fraca: Está incompletamente protonada em solução

Estudo da interação entre a eletricidade e as reações químicas

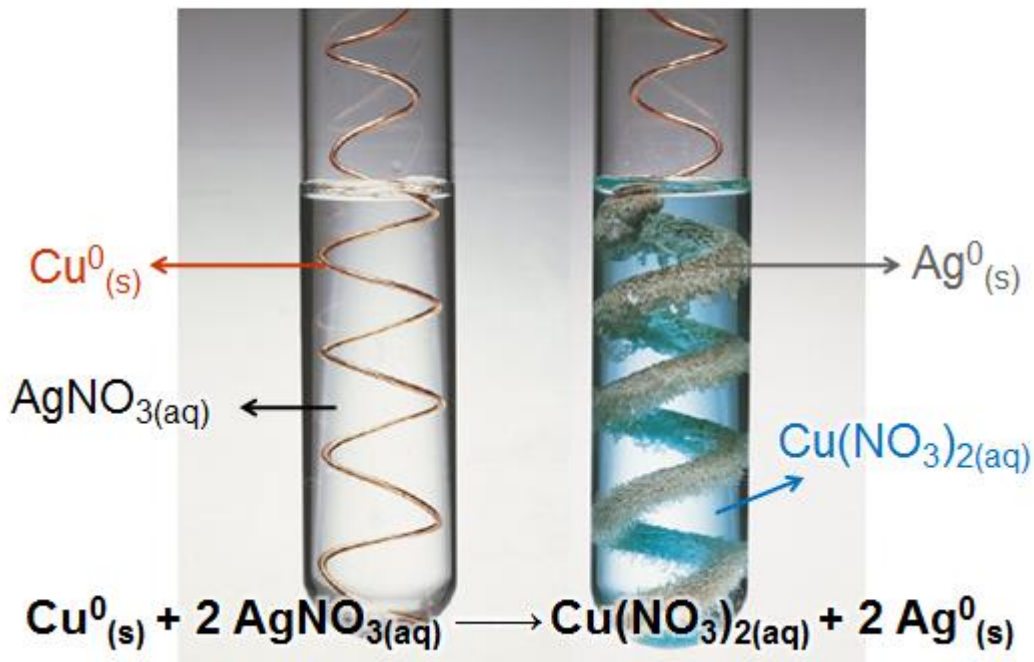
Pra que serve?

- Fornece técnicas de monitoramento de reações químicas e de medida de propriedades das soluções
- Fornece meios para obter características termodinâmicas das reações
- Permite monitorar a atividade de nosso cérebro e de nosso coração
- Permite monitorar poluentes em águas e solos
- Permite o tratamento de poluentes orgânicos e inorgânicos em águas e solos
- Produção de sensores
- Cromagem de peças
- Inúmeros processos industriais (produtos sanitizantes, produção de semi-joias)
- Produção dos biocombustíveis



Reações de oxi-redução

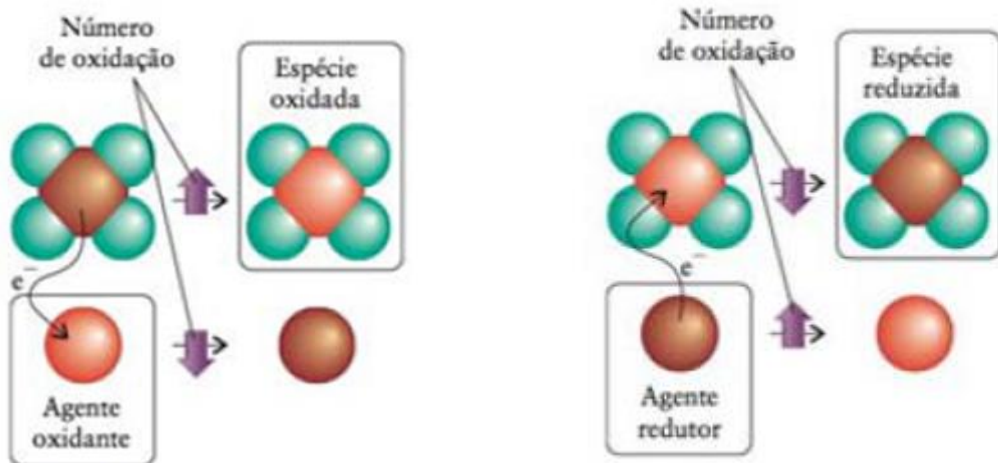
Reações redox



- Cada elemento possui “um numero de oxidação”
- A oxidação corresponde ao aumento do número de oxidação
- A redução corresponde à diminuição do número de oxidação

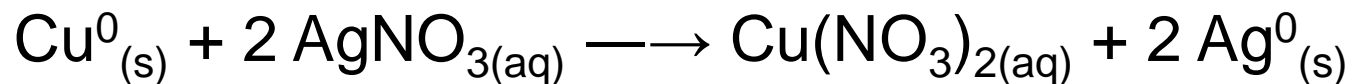
Oxidação é a perda de elétrons
Redução é o ganho de elétrons

A reação redox é a combinação de oxidação e redução

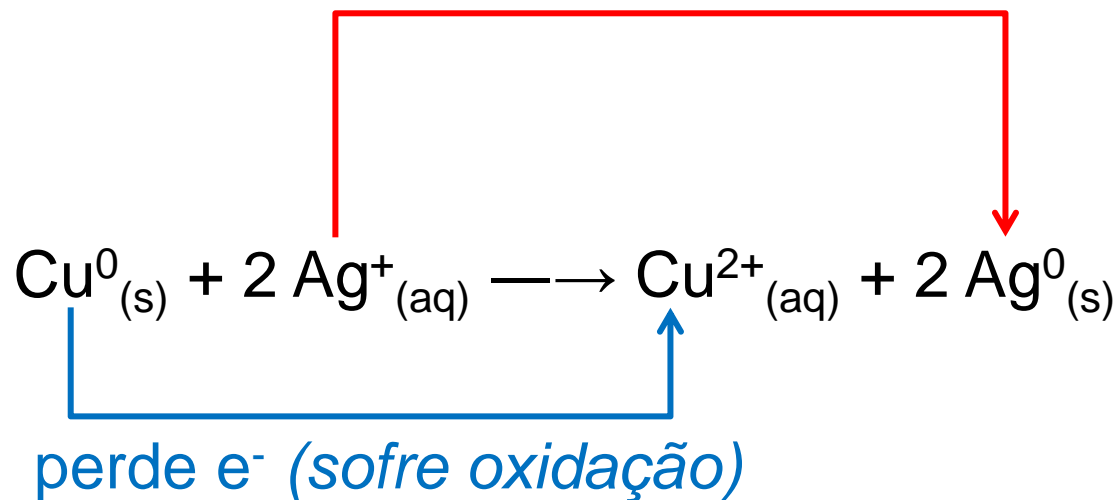


Reações de oxi-redução

Reações redox



recebe e^- (sofre redução)

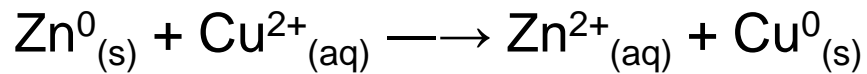


Reações redox são reações de transferência de elétrons.

- semi-reação de oxidação: $\text{Cu}^0_{(s)} \longrightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2 e^-$
- semi-reação de redução: $2 \text{Ag}^+_{(aq)} + 2 e^- \longrightarrow 2 \text{Ag}^0_{(s)}$

Células galvânicas

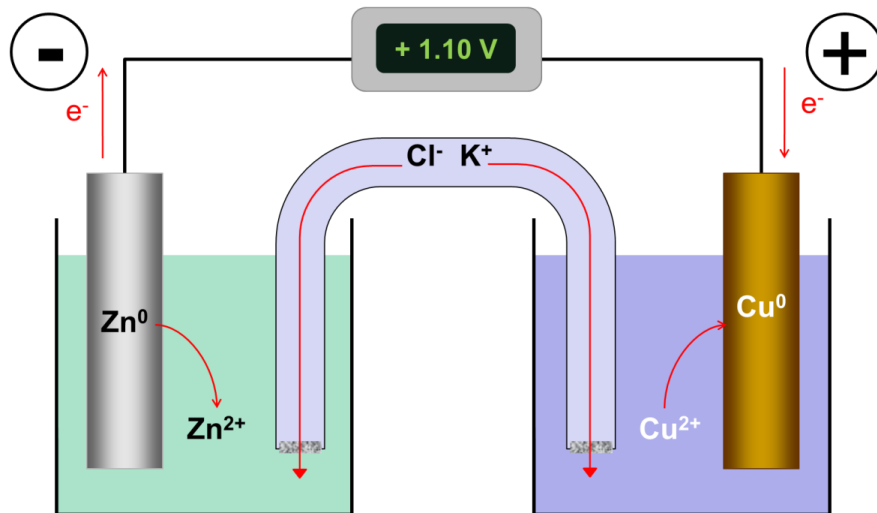
➤ Reação redox espontânea é utilizada para produzir trabalho elétrico.



$$\Delta E = 1,10 \text{ V}$$

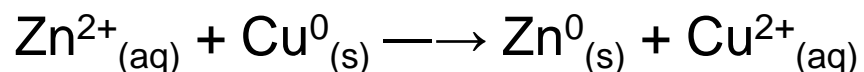
Tensão Positiva

Pilhas



Células eletrolíticas

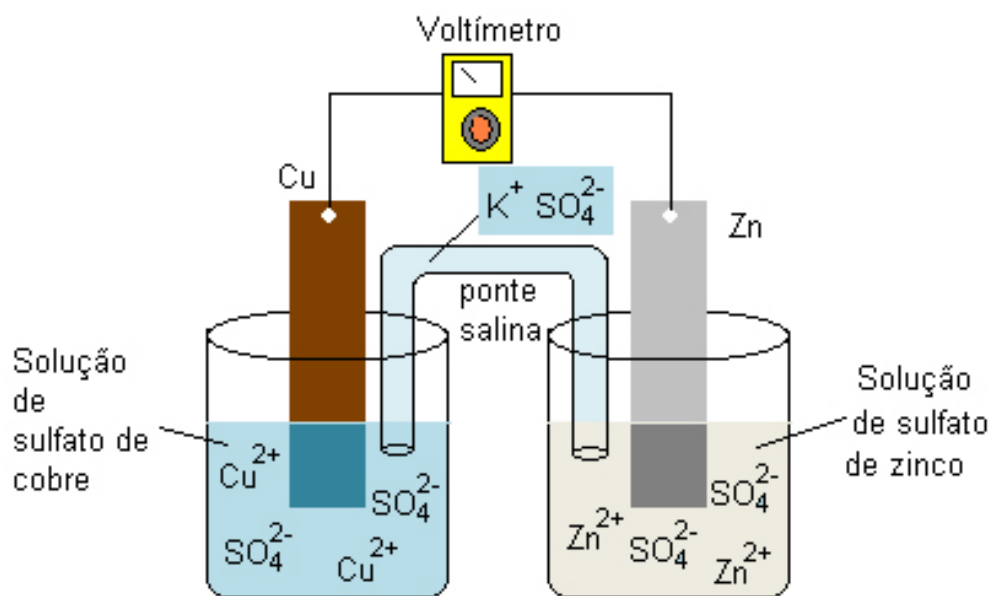
➤ Reação redox **não espontânea** é forçada a acontecer por meio da realização de **trabalho elétrico sobre o sistema**.



$$\Delta E = -1,10 \text{ V}$$



Tensão Negativa



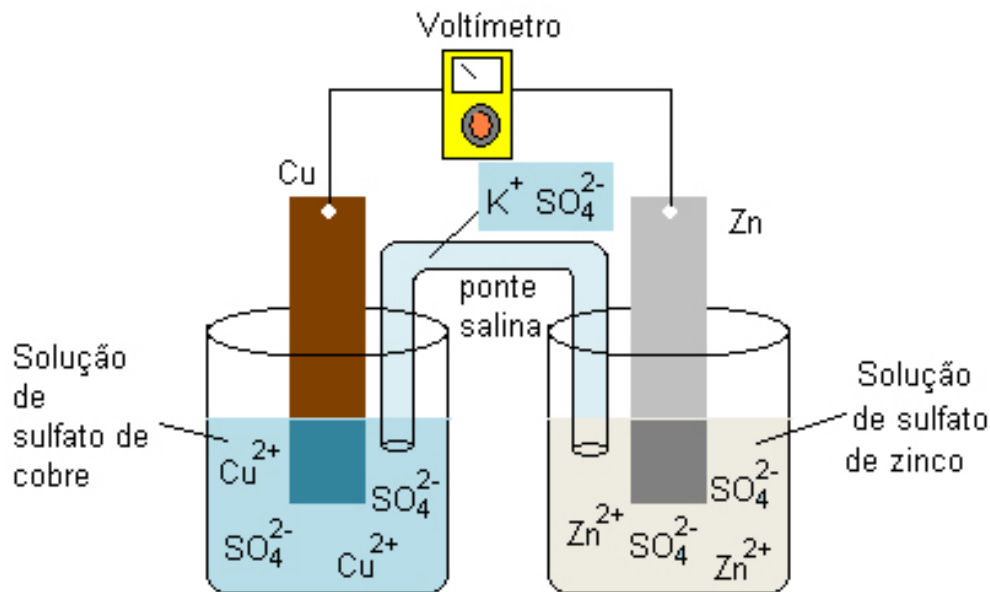
Pilha	Eletrólise
Processo espontâneo	Processo não espontâneo
Transforma energia química em elétrica	Transforma energia elétrica em química
Anodo → polo negativo	Anodo → polo positivo
Cátodo → polo positivo	Cátodo → polo negativo

Células eletrolíticas

➤ Reação redox **não espontânea** é forçada a acontecer por meio da realização de **trabalho elétrico sobre o sistema**.

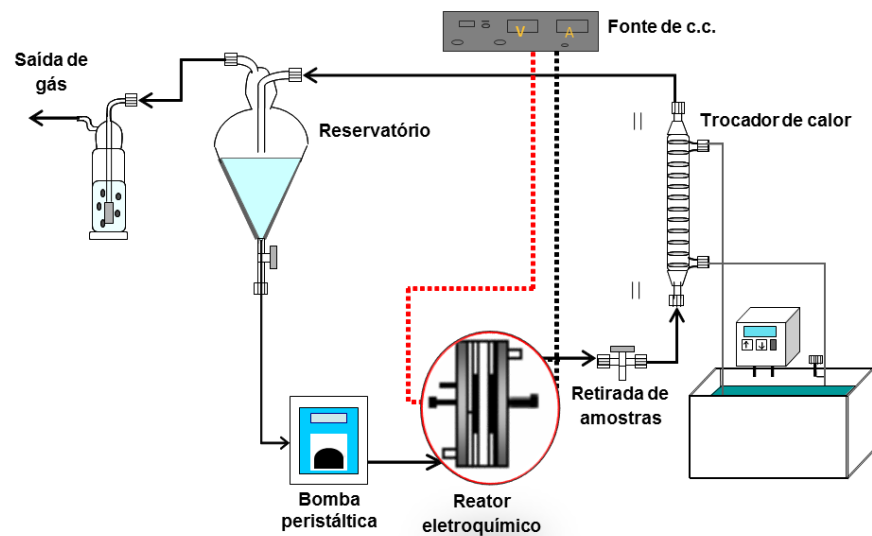


Tensão Negativa



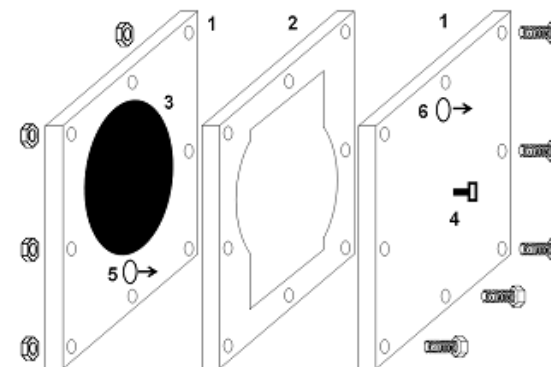
Pilha	Eletrólise
Processo espontâneo	Processo não espontâneo
Transforma energia química em elétrica	Transforma energia elétrica em química
Anodo → polo negativo	Anodo → polo positivo
Cátodo → polo positivo	Cátodo → polo negativo

Aplicações reais no tratamento de águas

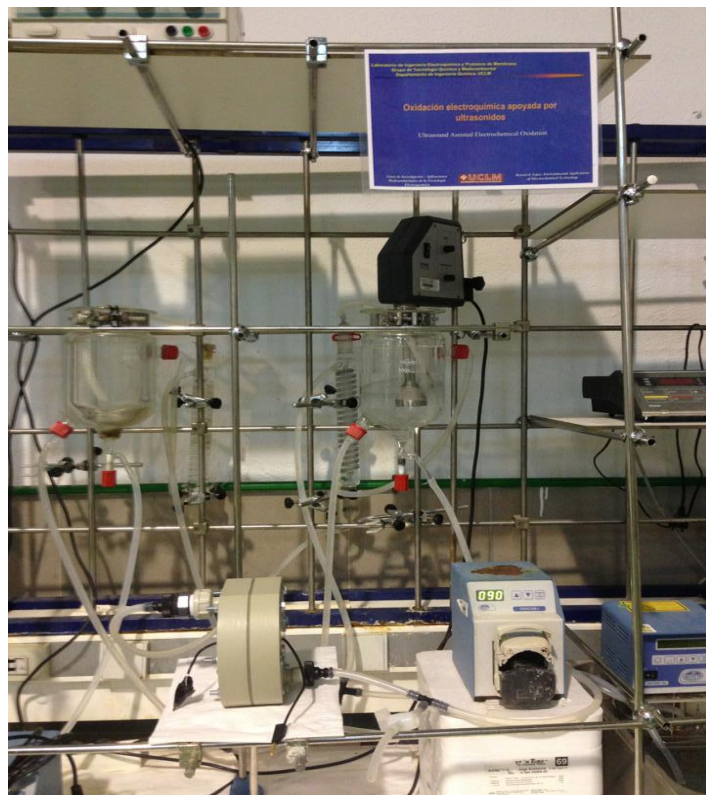


Anodo

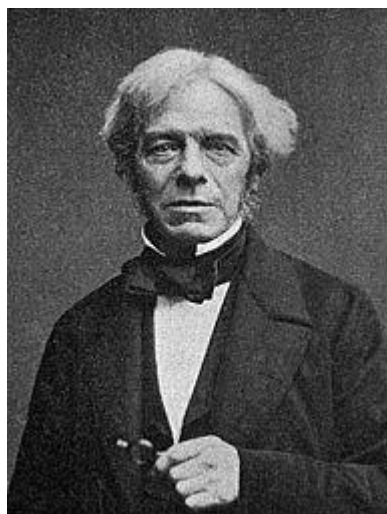
Catodo



Molécula orgânica \rightarrow $\text{CO}_2 = \text{H}_2\text{O}$



Leis de Faraday



A quantidade do produto formado ou do reagente consumido por uma corrente elétrica é estequiometricamente equivalente à quantidade de elétrons fornecidos.

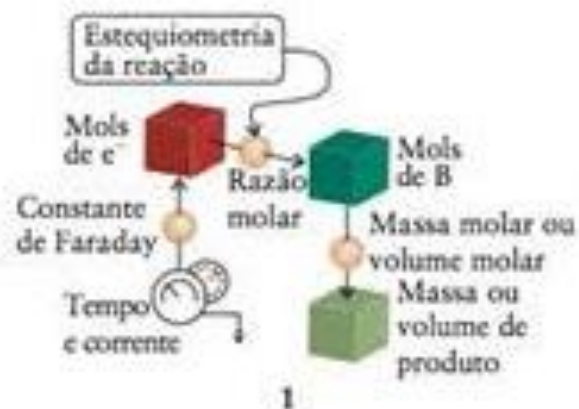
$$n(e^-) = i.t / F$$

carga de um elétron (q_e) = $1,60 \times 10^{-19}$ C

carga de 1 mol de elétrons = $6,02 \times 10^{23} \times 1,60 \times 10^{-19}$ C

constante de Faraday (F) = 96500 C

$$1 \text{ A} = 1 \text{ C} / \text{s}$$



1ª Lei de Faraday

$$Q = i \cdot t$$

Q = carga (C)
 i = corrente (A)
 t = tempo (s)

2ª Lei de Faraday

1 mol de elétrons $6,0 \cdot 10^{23} e^-$ transporta 96500 Coulombs
1 Faraday = 1F

Exercício

O Alumínio é produzido por eletrólise de seu óxido dissolvido em criolita fundida (Na_3AlF_6). Encontre a massa de alumínio que pode ser produzida em 1 dia em uma célula eletrolítica operando continuamente a $1 \times 10^5 \text{ A}$. A criolita não reage.

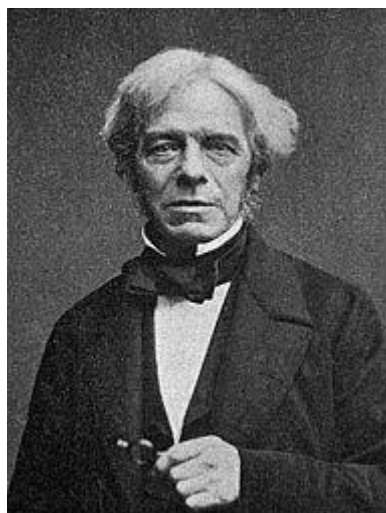
Dados:

$$M_{\text{Al}} = 26,98 \text{ g/mol}$$

$$F = 96500 \text{ C/mol}$$

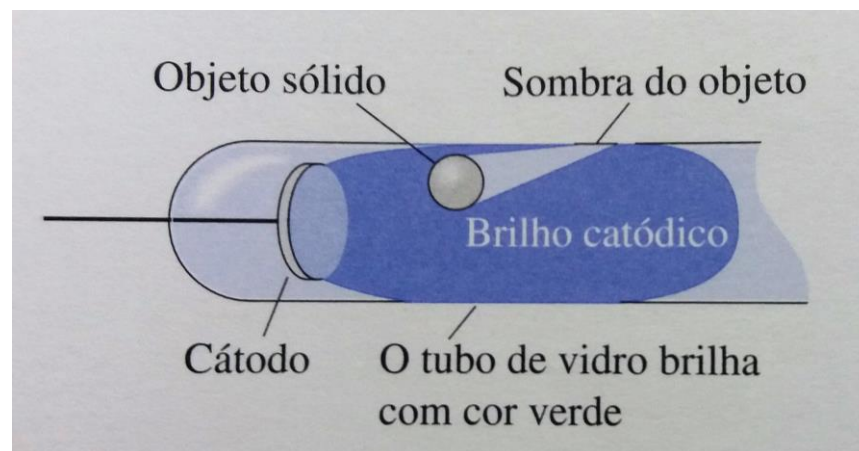
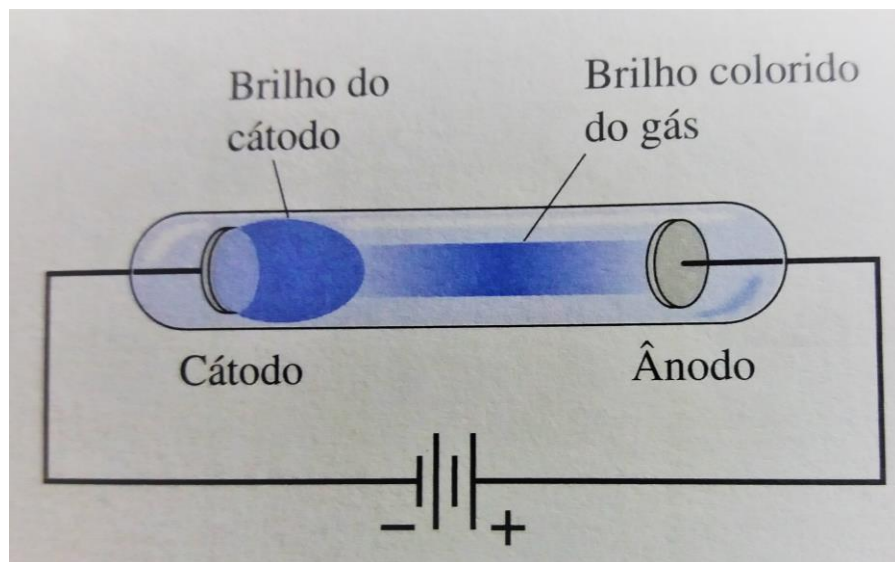
Leis de Faraday

As descobertas de Faraday implicam que:



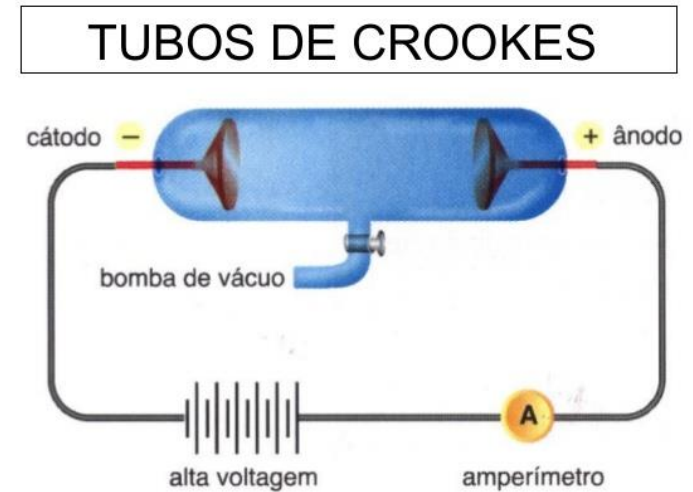
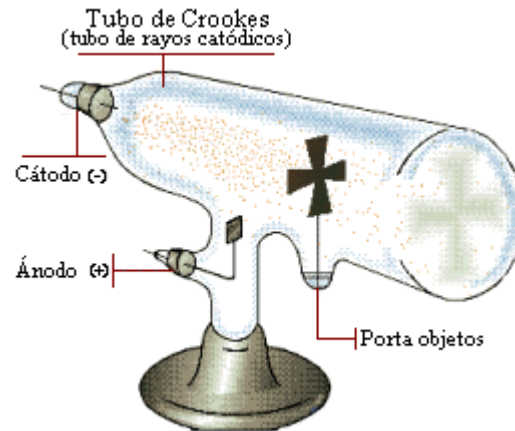
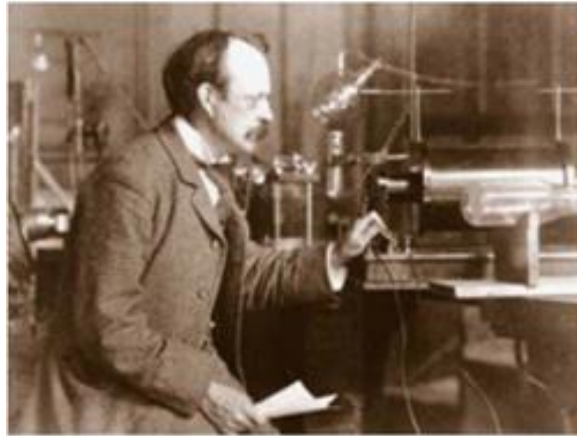
- Os átomos existem.
- De alguma forma, cargas elétricas estão associadas a átomos.
- Há dois tipos diferentes de carga, a positiva e a negativa.
- A eletricidade é *granulada*, e não, um fluido contínuo, ou seja, a eletricidade existe em quantidades discretas, múltiplas de uma unidade básica de carga.

Além disso, Inventou o Tubo de descarga a gás!



Descoberta do elétron

1850- Willian Crookes- Tubos de Crookes

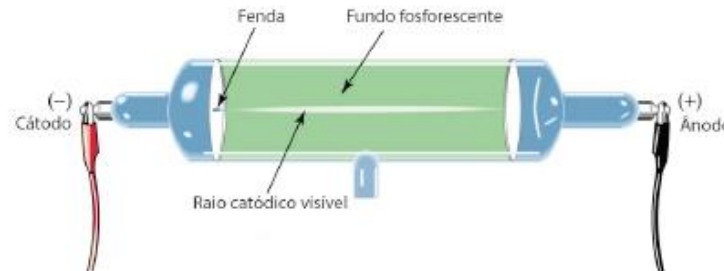


- A luminescência esverdeada que aparece na parede do tubo de Crookes sempre aparece no lado oposto ao catodo.
- Mudando-se a posição do catodo e a do anodo, ela sempre aparece em frente ao catodo.
- Concluimos então que a luminescência é produzida por alguma coisa que sai do catodo, atravessa o tubo, e se choca com a parede de vidro.
- Deu-se o nome de **raios catódicos** a essa “coisa” que sai do catodo, isso porque sua natureza era inteiramente desconhecida.

Descoberta do elétron

1887- J.J. Thomson: experimentos com descargas elétricas em gases rarefeitos, produzindo os chamados raios catódicos.

Os raios catódicos são **elétrons**, que são arrancados do catodo por causa da diferença de potencial existente entre o catodo e o anodo, e são atraídos pelo anodo



(a)



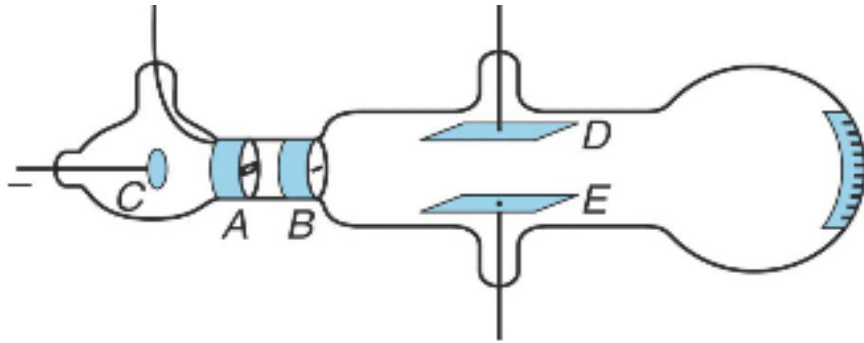
(b)



(c)

a) O tubo de raios catódicos. (b) Os raios saíam do cátodo para o ânodo, por isso, chama-se tubo de raios catódicos. (c) Os raios eram desviados no sentido do campo eletromagnético positivo, o que evidenciou a existência dos elétrons.

<http://yuriso.wordpress.com/tag/tubo-de-crookes/>



Tubo de raio catódicos

- Experimentos com tubos contendo fendas e placas metálicas, mostraram que o gás brilhava por que algum tipo de “raio” saia do terminal negativo (cátodo).
- As fendas podiam ser usadas para impedir que o raio atingisse o terminal positivo (ânodo). Esse tubo ficou conhecido como tubo de raios catódicos
- Quando uma carga elétrica era colocada perto do tubo, o feixe de raios catódicos era desviado (curvado), ele também era desviado na presença de um ímã

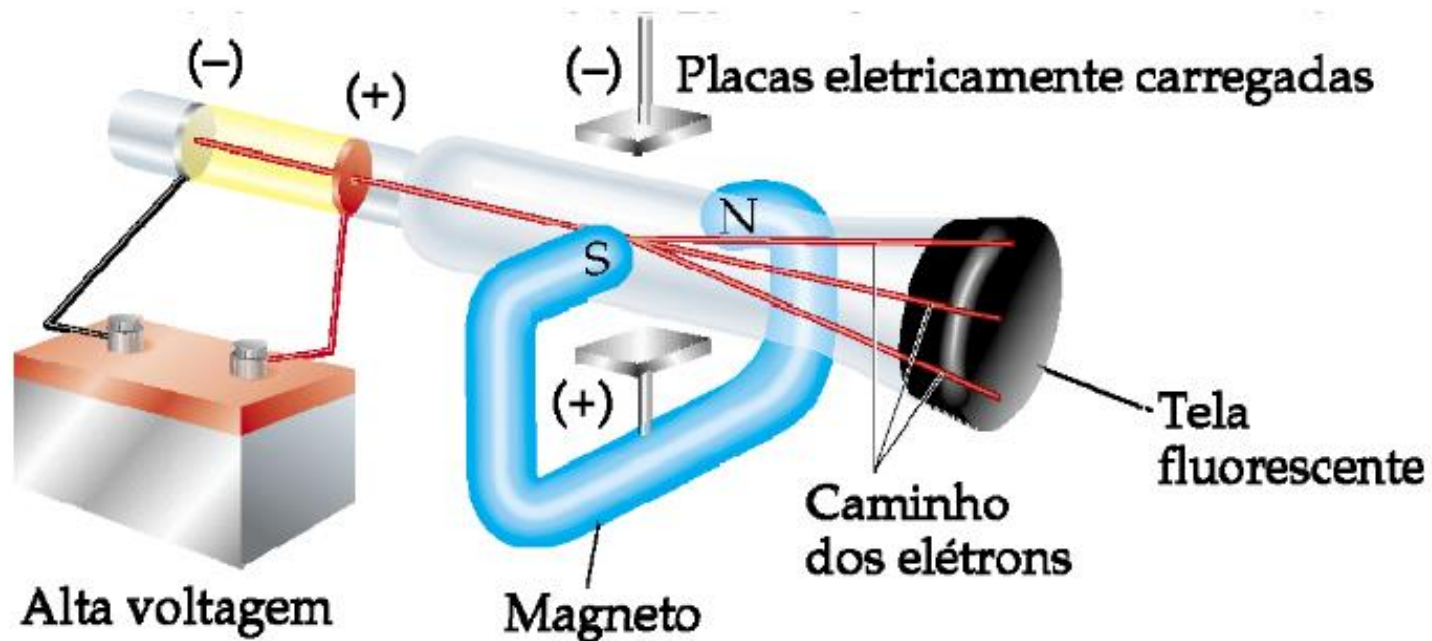
Video:

raios catódicos

<E:\Estruturadamateria\Cathodic ray.wmv>



Relação carga/massa do elétron

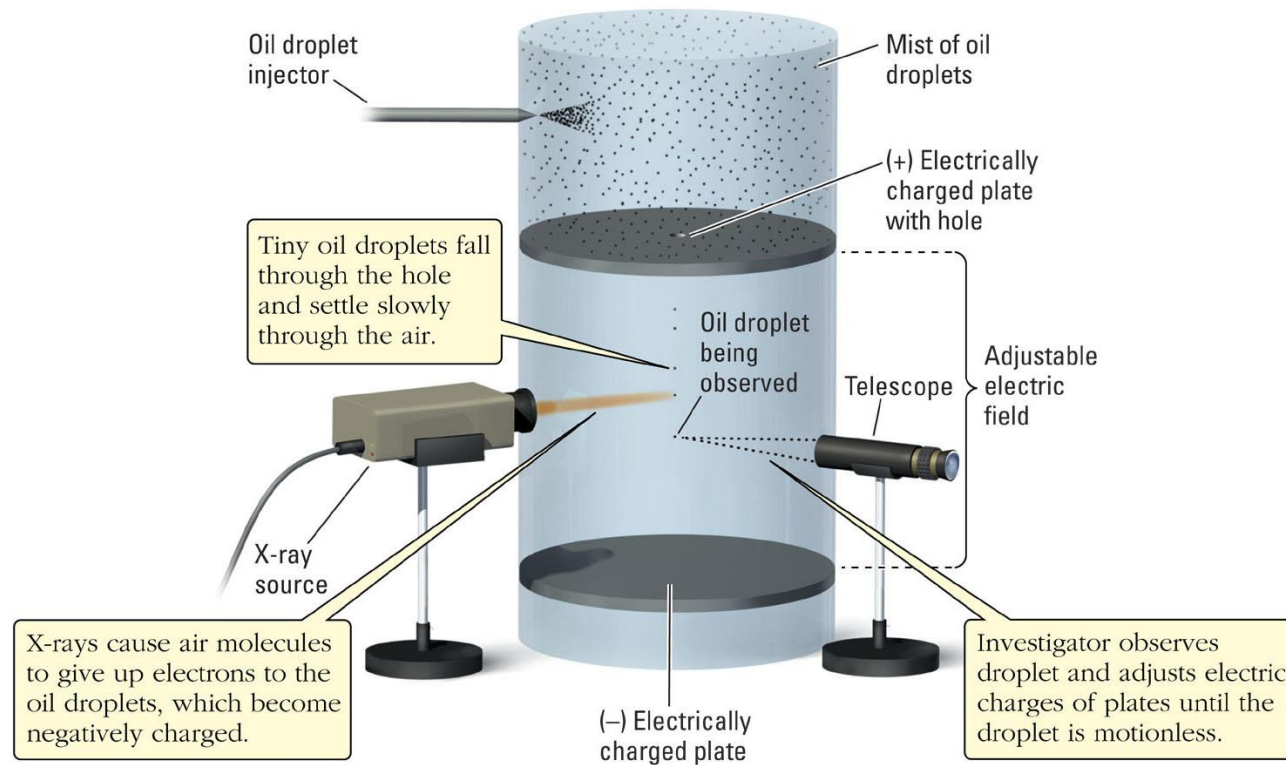
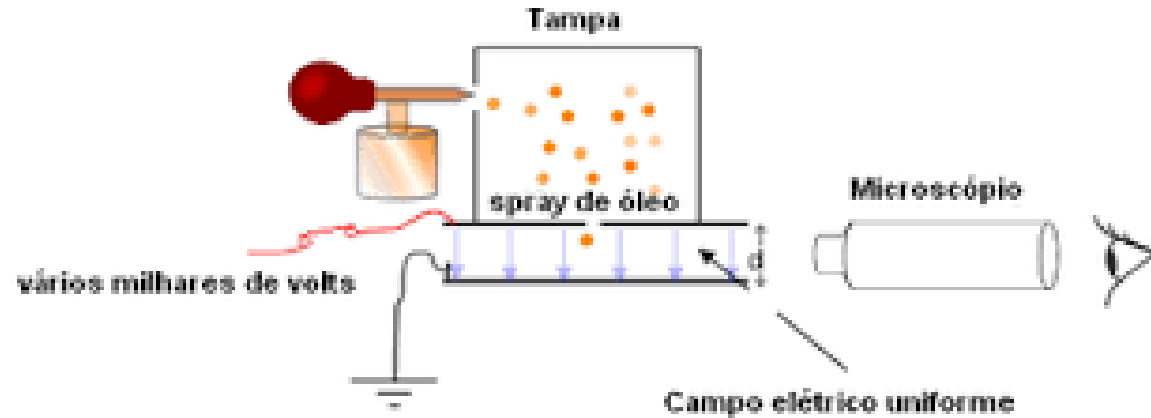


- Os raios eram defletidos pelos campos elétricos e magnéticos.
- Thomson propôs que os raios catódicos eram formados por partículas com carga negativa, os elétrons, e conseguiu calcular a razão e/m_e (razão entre carga e massa do elétron).
- Thomson ganhou o prêmio Nobel em 1906.

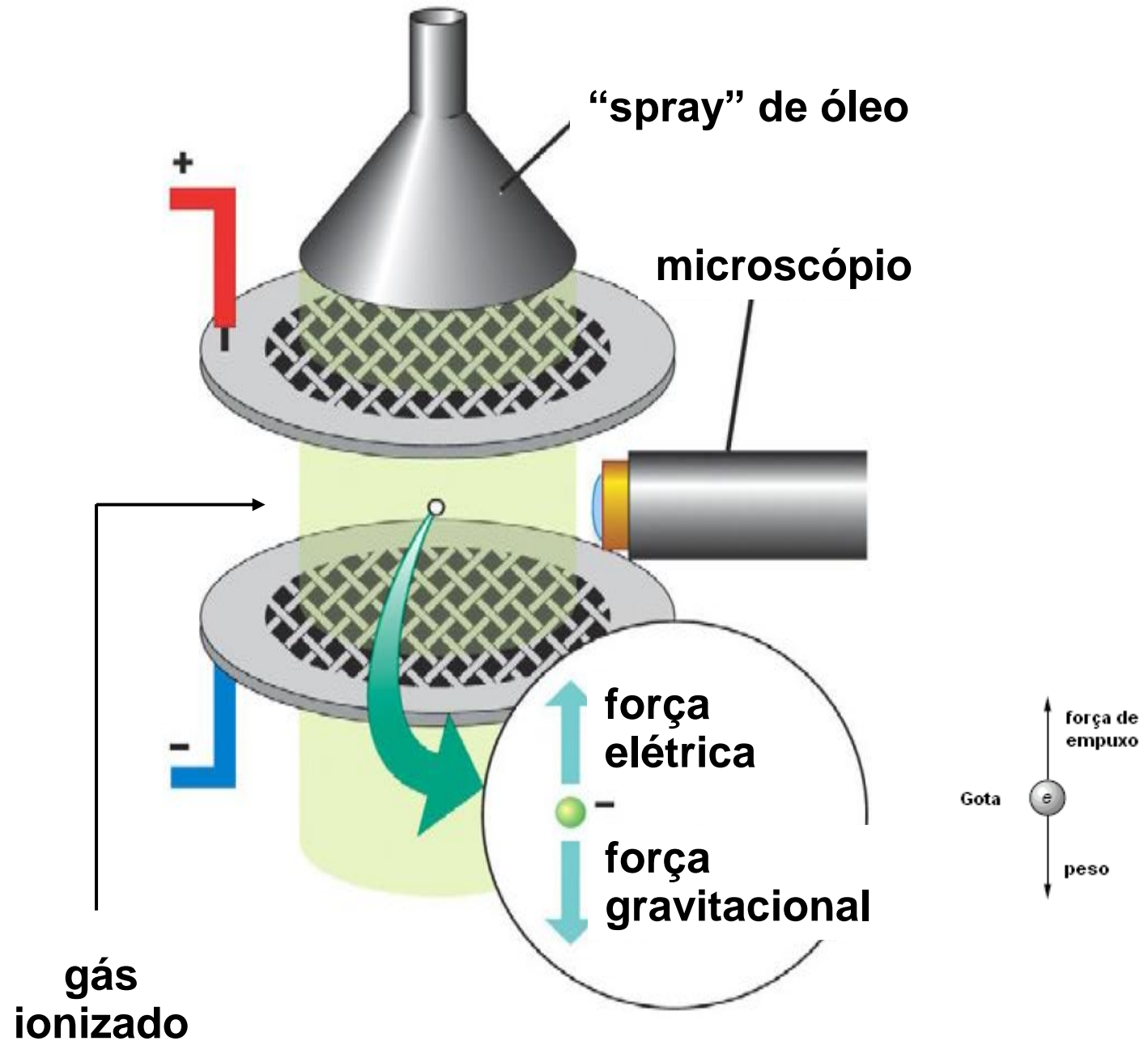
$$\frac{e}{m_e} = -1,76 \times 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$$

Determinação da carga do elétron

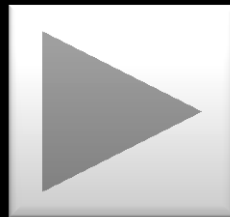
Robert Millikan, 1909:



Determinação da carga do elétron



Millikan Oil Drop Experiment



Determinação da carga do elétron

- Esse experimento mostrou que a carga elétrica da gota sempre é um múltiplo inteiro de um único valor muito pequeno. Ele propôs que esse número era a unidade fundamental para todas as cargas elétricas encontradas na natureza! *A carga elétrica é quantizada!*
- Utilizando este experimento, Millikan determinou que a carga no elétron é $1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.
- Conhecendo a proporção carga-massa, $1,76 \times 10^8 \text{ C/g}$, Millikan calculou a massa do elétron: $9,10 \times 10^{-28} \text{ g}$.

$$e = - 1,60217646 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Determinação da massa do elétron

- Conhecida a carga o elétron, podemos utilizar o experimento de Thomson para determinar a massa do elétron:

$$m_e = 0,91083 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

$$m_e = \frac{1}{1837} m_H$$

- Millikan foi capaz de mostrar que *todos os elétrons são idênticos, isto é, todos têm a mesma massa e carga*
- Em 1923, Millikan ganhou o **prêmio Nobel de Física** por seus trabalhos sobre a carga elétrica elementar e sobre o Efeito Fotoelétrico

Modelo Atômico de Thomson (1897)

Thomson repetiu o experimento com diferentes gases e obteve os mesmos resultados, o que indicou que o elétron era uma partícula fundamental presente em todas as substâncias.

Embora os elétrons tenham carga negativa, os átomos como um todo têm carga zero. Portanto, cada átomo deve conter um número suficiente de cargas positivas para cancelar a carga negativa.

Modelo do “pudim de passas”:
volume contínuo de carga positiva
com elétrons de carga negativa
“embutidos” em todo o volume.

