



INSTITUTO DE FÍSICA
Universidade Federal Fluminense

Física IV

CAP 38 - O FIM DA FÍSICA CLÁSSICA

Prof. Andrea Latgé



NOVOS EXPERIMENTOS

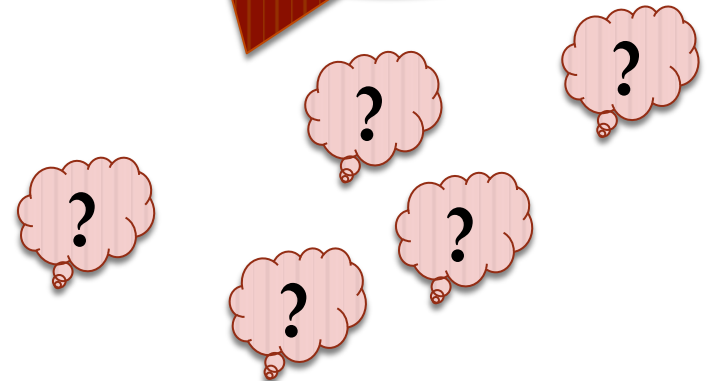
FÍSICA CLÁSSICA

- ✓ Mecânica Newtoniana
- ✓ Equações de Maxwell do eletromagnetismo
- ✓ Termodinâmica

1900

Nada mais para ser descoberto!!!!

Experimentos envolvendo estrutura da matéria



NOVOS EXPERIMENTOS

Início do sec XIX - poucos cientistas acreditavam que a matéria era formada por átomos

Final do sex IX - Evidências experimentais da existência dos átomos e de partículas subatômicas carregadas

Pesquisa **ESTRUTURA ATÔMICA** – Modelo **RUTHERFORD**
(vitórias e falhas no modelo)

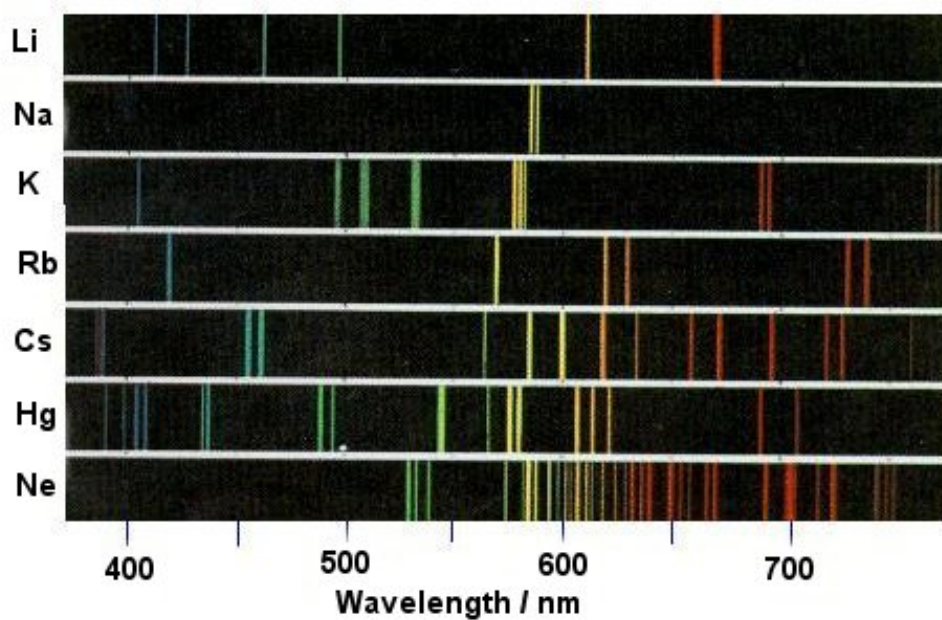
Existência do eletron

**Existência de um núcleo
pequeno carga positiva**

**Espectro discreto e
único de emissão de
cada átomo**

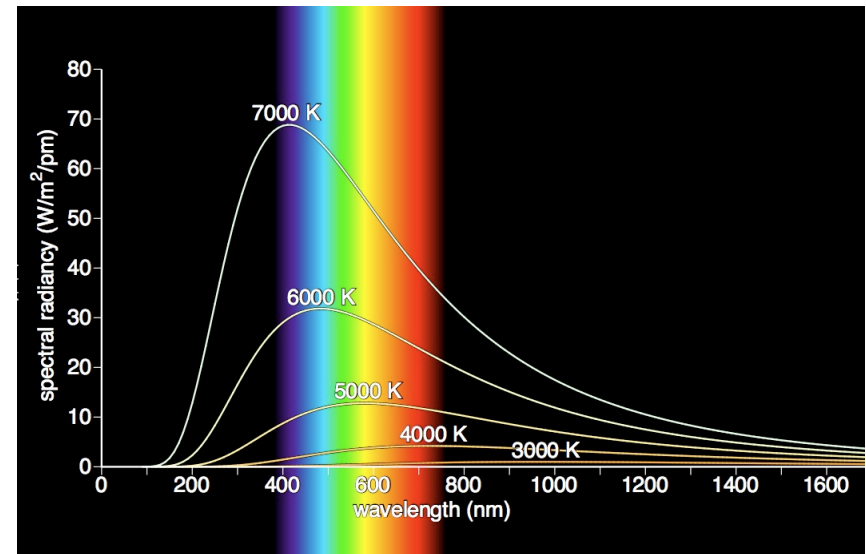


ESPECTROS DE EMISSÃO



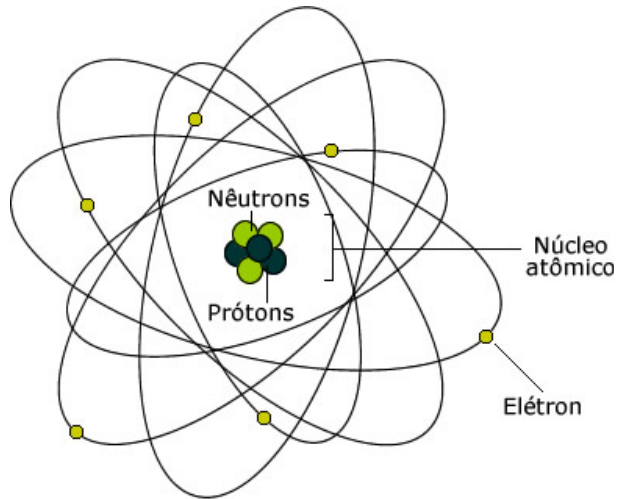
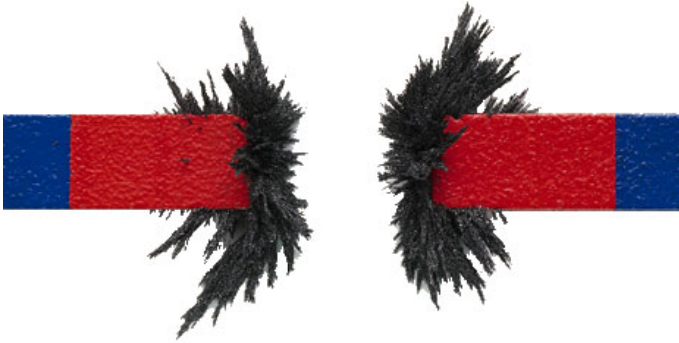
Espectro discreto
de emissão de
substâncias puras

Espectro contínuo de
emissão de “corpos negros”
(objetos macroscópicos
aquecidos)



NOVOS EXPERIMENTOS

Ímãs permanentes



infoescola.com



Estabilidade dos átomos



NOVOS EXPERIMENTOS

Objetos de estudo: **MATÉRIA – ELETRICIDADE- LUZ**

Os fenômenos naturais não eram explicados pela física
do séc XIX (ou 'clássica')...

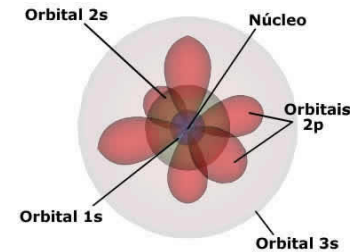
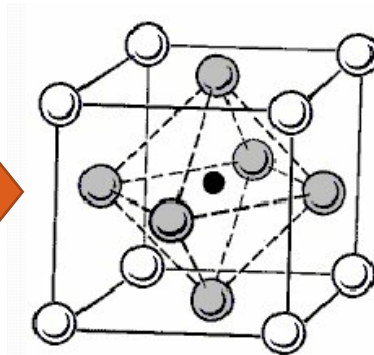
SAÍDA: Abandonar as teorias clássicas tão bem
reconhecidas?

Seriam anomalias pontuais?

Novos físicos se movimentando em novas
propostas. Um deles: EINSTEIN



NOVOS EXPERIMENTOS



MATÉRIA

440-420 ac Grécia Matéria: pequenas partículas átomos

1738- Daniel Bernoulli: gases compostos por partículas pequenas similares aos átomos. Átomo? Curiosidade?

Dalton – Avogrado – Ideia de moléculas.

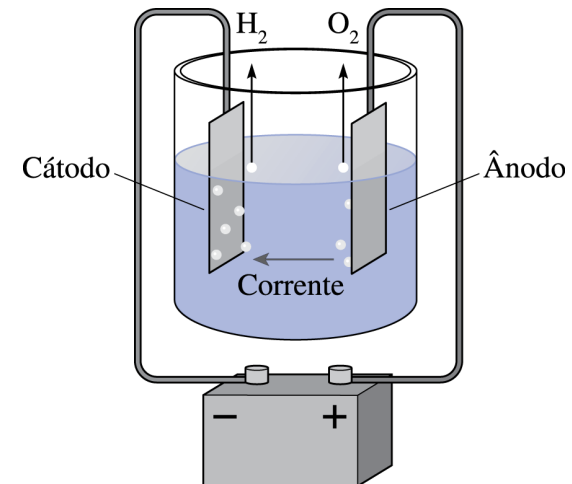
Meados do sec XIX – termodinâmica/ lei dos gases

1890 – ideia de átomos com diâmetros de 10^{-10} m

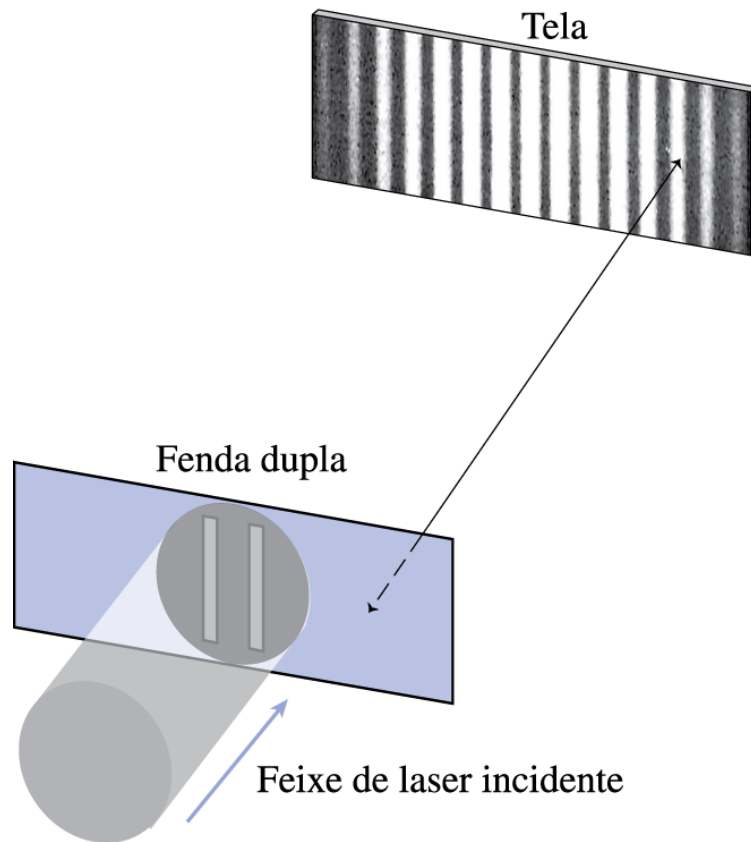
ELETRICIDADE

VOLTA- pilha elétrica – 1800

Corrente elétrica – na água -
decompõem o O_2 e H - **eletrólise**



LUZ



NEWTON: Teoria Corpuscular-
visão predominante durante o
sec XIX
1801 – Thomas Young – exp. de
fenda dupla- interfer, da luz
– modelo ondulatório
1818 - Augustin Fresnel – base
matemática para o
modelo



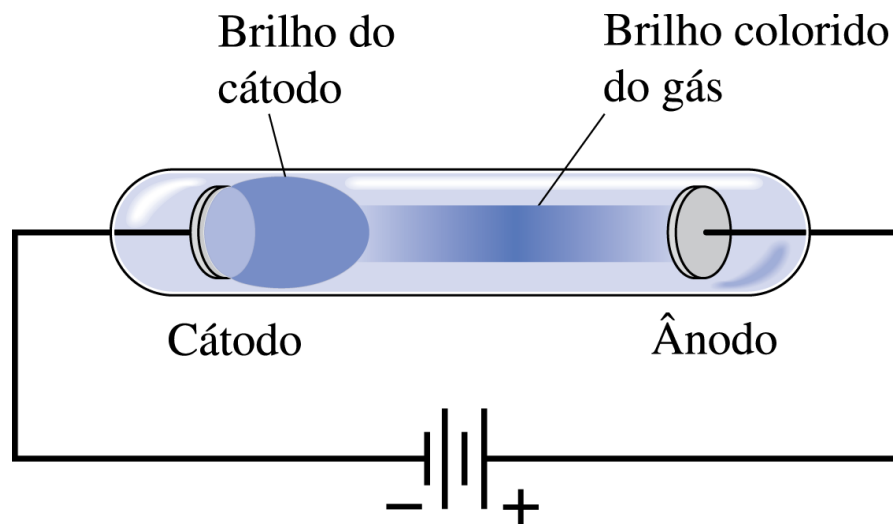
DISPOSITIVOS DE FARADAY - 1801

1. Condução elétrica em líquidos

- Faraday mostrou que era mais fácil entender a eletrólise – **teoria atômica da matéria** – descobriu que existe uma carga associada a cada átomo da solução
- A eletricidade não era um fluido contínuo – quantidades discretas - quanta

2. Condução elétrica em gases

Eletrodos metálicos no interior de um tubo de vidro



Tubo de descarga em gás de Faraday (gás era ar – basicamente composto por N – roxo).

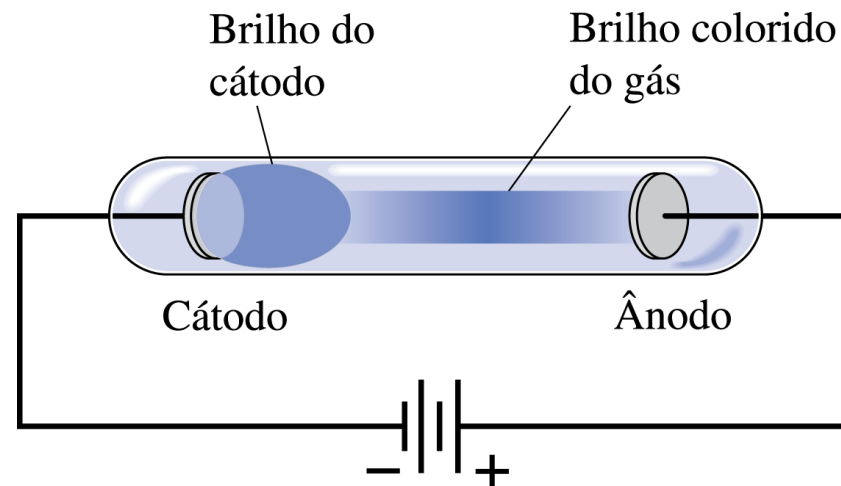


DISPOSITIVOS DE FARADAY - 1801

Tubo de descarga em gás

Observações de Faraday:

- 1) A corrente flui através do gás a baixa pressão.
- 2) A cor da luz emitida pela descarga depende do gás.
- 3) Independente do tipo de gás, existe um brilho constante em torno do cátodo)



FARADAY - conceitos de campo elétrico e magnético

ESTUDOS DE FARADAY

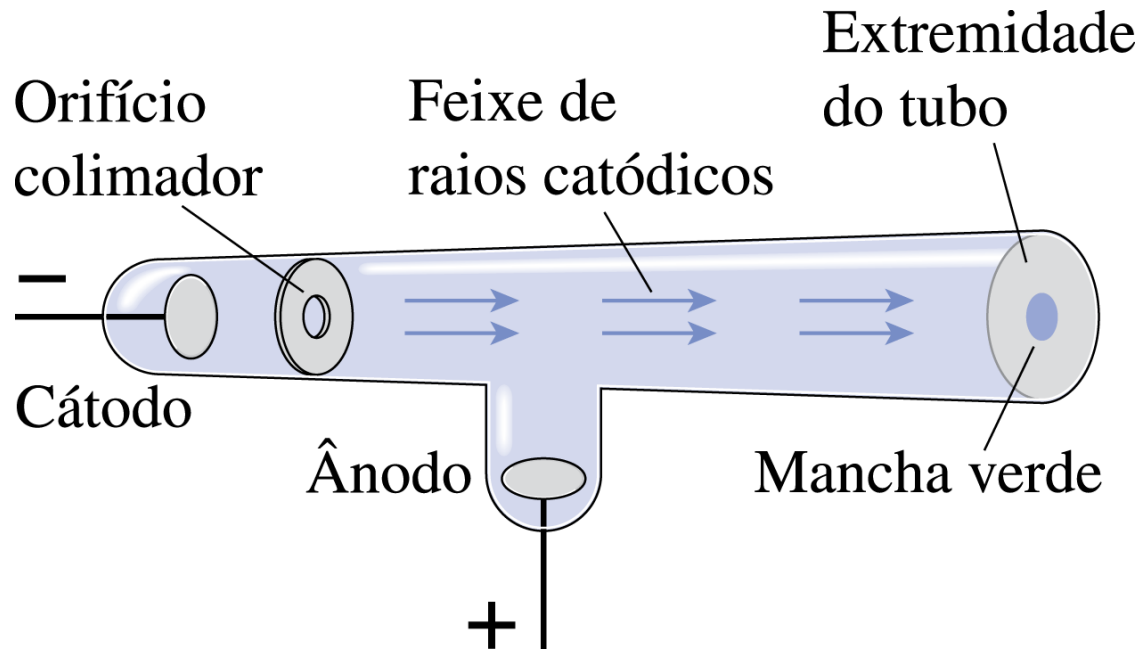
- ✓ Átomos estão associados à eletricidade
- ✓ Diferentes cores associadas a diferentes tipos de átomos



TUBOS DE CROOKES – RAIOS CATÓDICOS

William Crookes, cientista inglês.

Década de 1870 - desenvolveu um conjunto aperfeiçoado de tubos de vidro para estudos minuciosos dos raios catódicos.



Ao se chocar com o vidro – efeito brilhante

v. vídeo

<http://y2u.be/0cUOrQcY1pg>

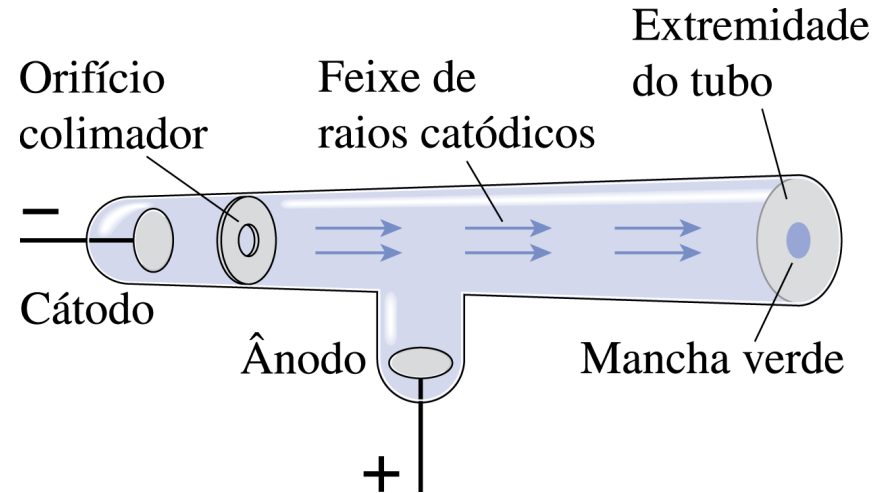


TUBOS DE CROOKES – RAIOS CATÓDICOS

William Crookes, cientista inglês

Algumas conclusões de Crookes:

- 1) Existe uma corrente elétrica no tubo.
- 2) Os raios são desviados por um campo magnético (cargas negativas).
- 3) Os raios catódicos independem do metal do qual é feito o cátodo.
- 4) Raios podem exercer forças sobre objetos e transferir energia.



Hipótese de Crookes: a corrente seria formada por moléculas do gás que colidiram com o cátodo, de alguma forma adquiriram carga negativa e, então, eram repelidas em altas velocidades pelo cátodo.

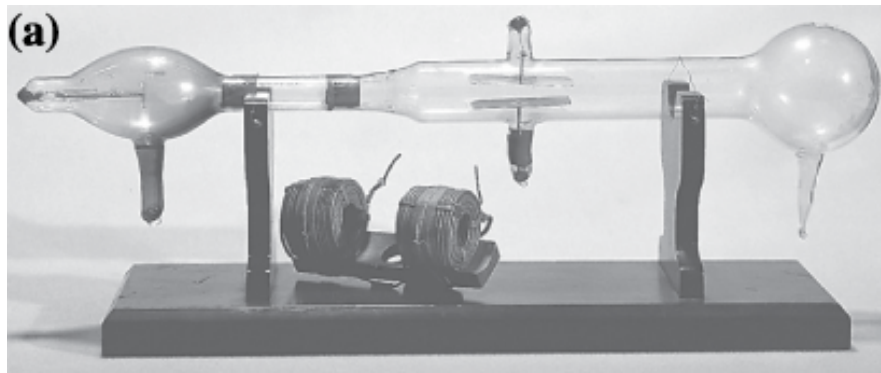
A hipótese foi imediatamente atacada – “as partículas” observadas percorria 90 cm no tubo, e já sabia-se que uma molécula só poderia percorrer 6 mm em média antes de colidir com outra.



DESCOBERTA DO ELETRON - 1897

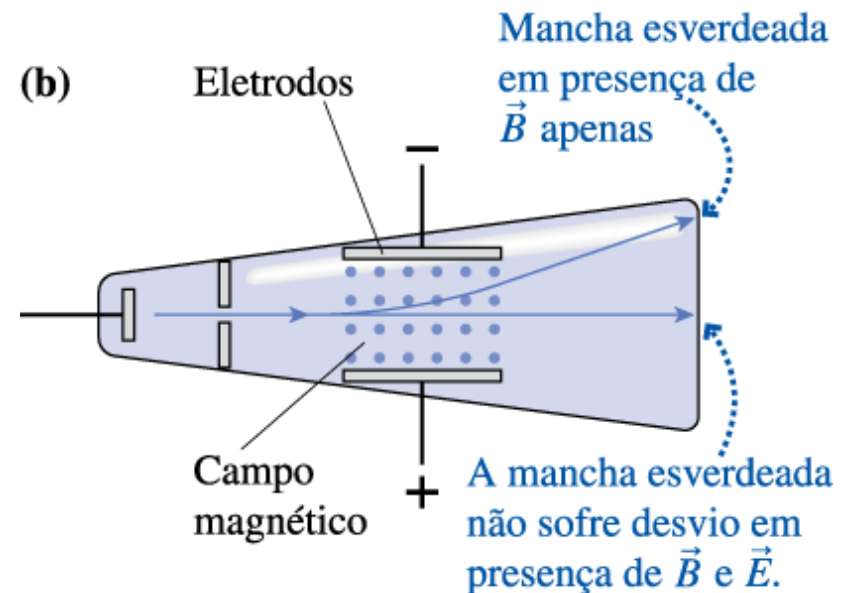
J. J. Thomson – físico inglês

Experimento (1895) submetendo raios catódicos a **campos E e B** cruzados:



Ligando apenas o campo B: trajetória circular de raio R satisfazendo

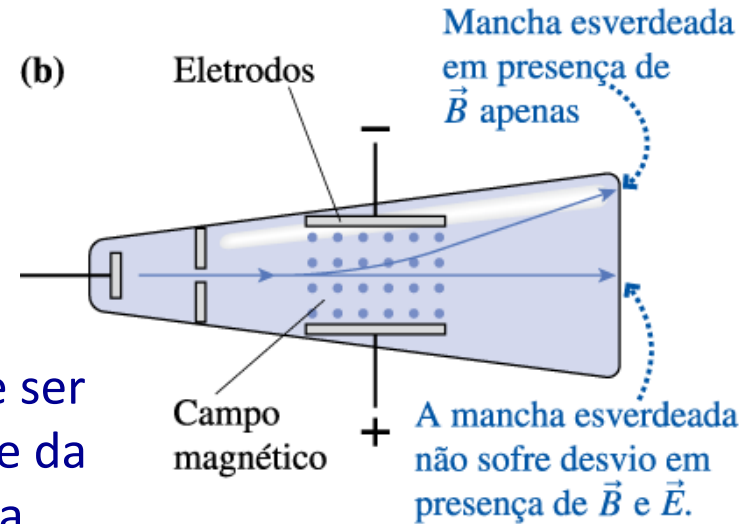
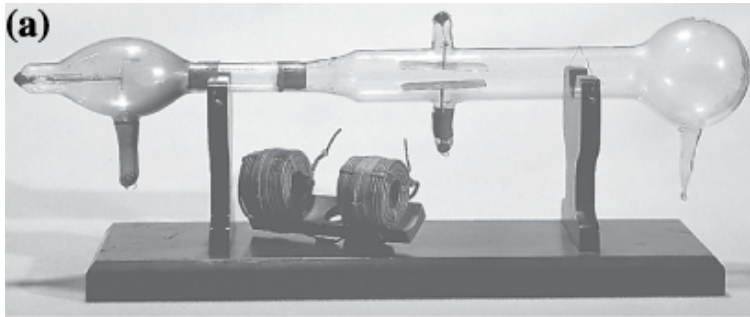
$$qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow \frac{q}{m} = \frac{v}{BR}$$



DESCOBERTA DO ELETRON - 1897

J. J. Thomson – físico inglês

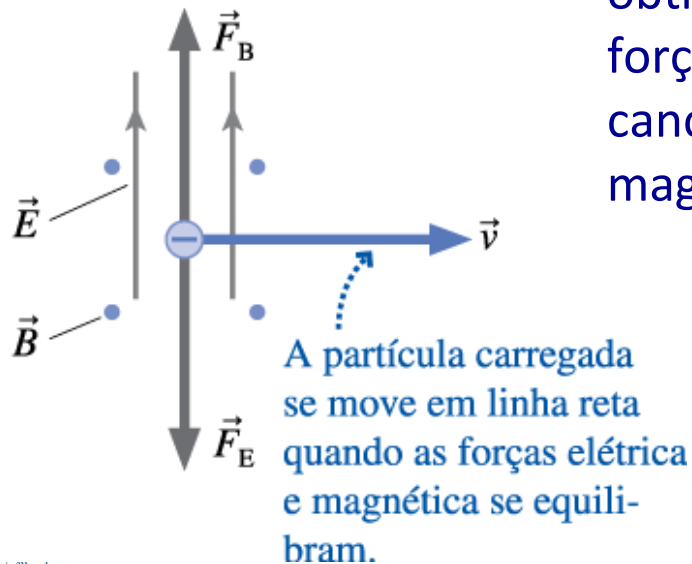
Experimento (1895) submetendo raios catódicos a campos E e B cruzados:



Ligando agora **B & E**

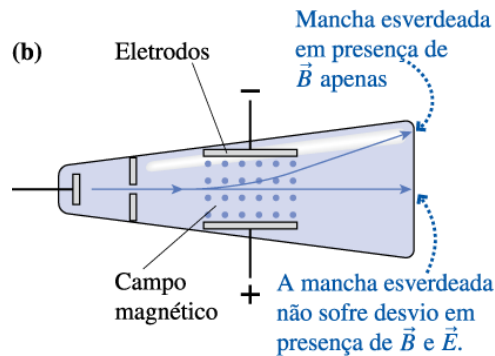
O valor de v pode ser obtido pelo ajuste da força elétrica para cancelar a força magnética:

(c)



$$qvB = qE \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

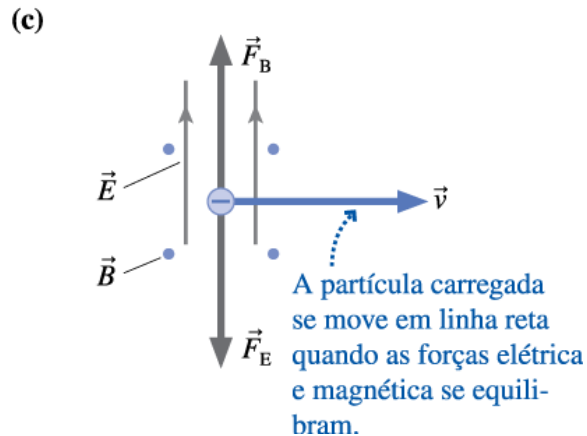
DESCOBERTA DO ELETRON - 1897



$$r = mv/qB$$
$$= mE/qB^2$$

$$q/m = E / rB^2$$

Thomson obteve assim a razão **q/m** (carga/massa) dos constituintes dos 'raios'. O valor obtido ($q/m \sim 10^{11}$ C/Kg) era **mais de 1000 vezes maior que o q/m do Hidrogênio!**



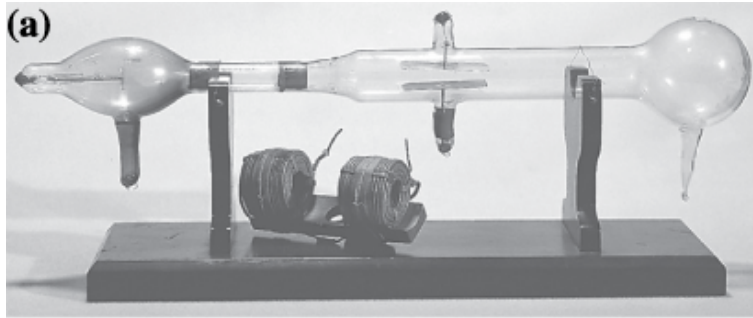
Continuação dos experimentos

- Medida de **q/m** para diferentes materiais metálicos usados no catodo – resultados igual
- Raios atravessavam chapas – átomos não!
- Raios catódicos- **partículas negativas com massa muito inferior a dos átomos**



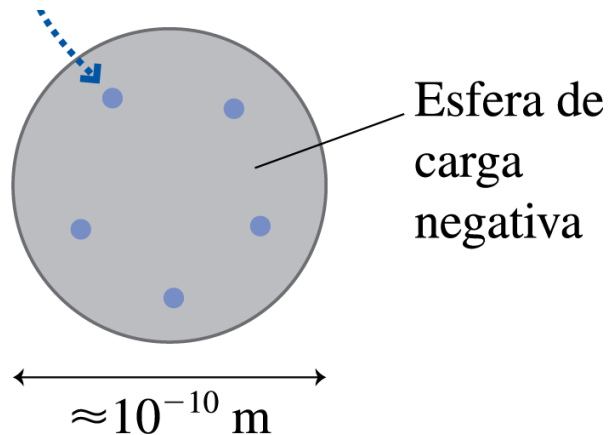
DESCOBERTA DO ELETRON - 1897

J. J. Thomson – físico inglês



Conclusão (1897): raios catódicos são partículas negativas e com massa inferior à dos átomos – **SE TRATA DE UMA PARTÍCULA SUBATÔMICA, UM DOS CONSTITUINTES DO ÁTOMO.**

Prêmio Nobel de 1906



Modelo atômico de Thomson

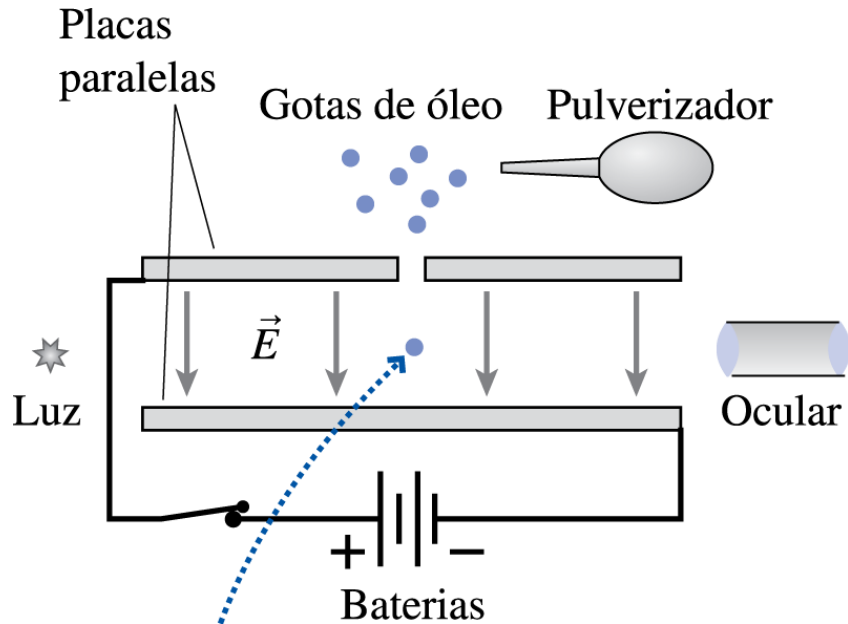
“Pudim de ameixa”



EXPERIMENTO DE MILLIKAN - 1906

Robert Millikan, cientista Norte-Americano

Experimento da gota de óleo – conseguiu determinar a carga do elétron



A força elétrica orientada para cima sobre uma gota carregada negativamente equilibra a força gravitacional orientada para baixo.

$$q_{gota} = \frac{m_{gota}g}{E}$$

valores obtidos para q_{gota} :
sempre múltiplos inteiros da

carga fundamental

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

✓ como já se conhecia q/m , foi possível então determinar a *massa do elétron*

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$$

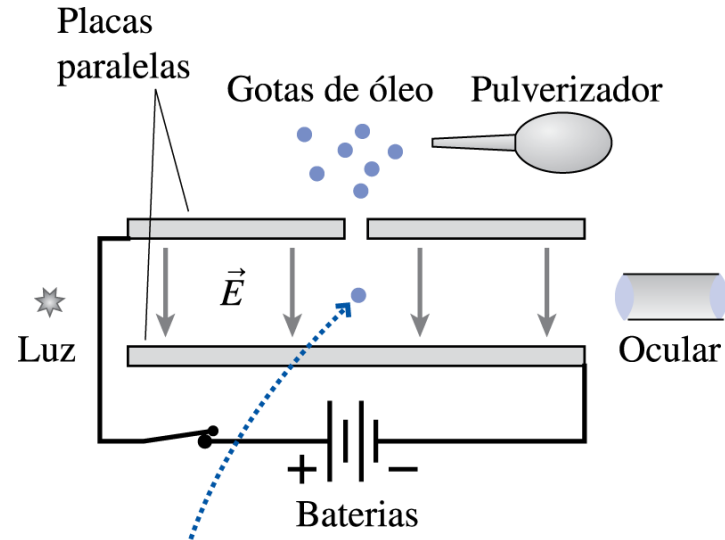


EXPERIMENTO DE MILLIKAN - 1906

- ✓ Na verdade – Millikan não conseguiu determinar a massa da gota desta forma simples:
- ✓ Ao invés de queda livre – forças de resistência do ar – velocidade terminal de uma esfera em um meio viscoso
- ✓ Mediu tempos para mover as gotas quando submetidas a um campo elétrico



EXPERIMENTO DE MILLIKAN - 1906



Ex. 38.2 – O óleo tem uma densidade $d = 860 \text{ kg/m}^3$. Uma gota de óleo com $1,0 \text{ }\mu\text{m}$ de diâmetro adquire 10 elétrons extras ao ser borrifada. Que diferença de potencial, entre duas placas paralelas distantes $1,0 \text{ cm}$ uma da outra, fará com que a gota fique suspensa no ar?

R: $\Delta V = 27,6 \text{ V}$

