

---

# Medida da Carga Elétrica Elementar

---

***Marcelo G. Munhoz***

munhoz@if.usp.br

Lab. Pelletron, sala 245

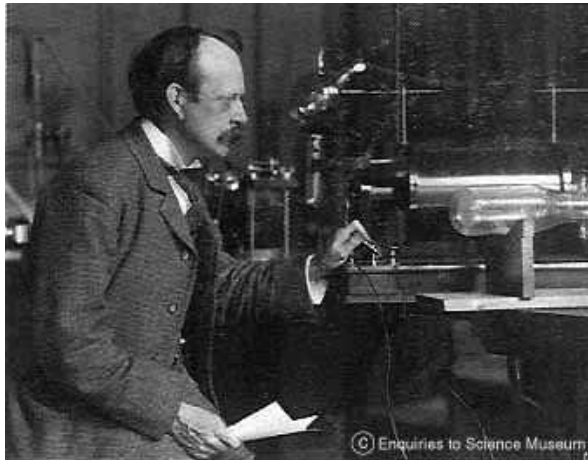
ramal 6940

---

# Um pouco da história da Física

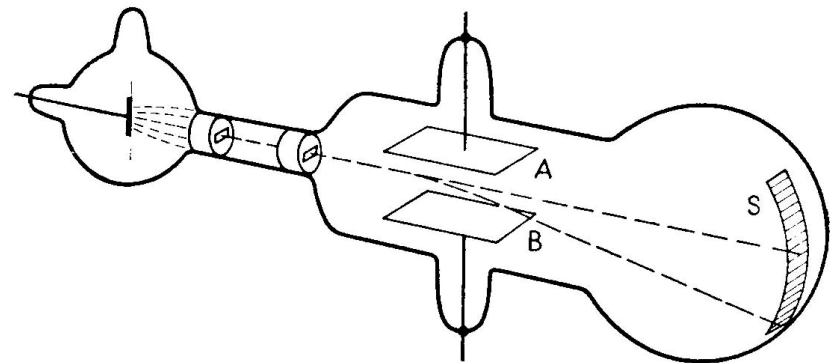
- Virada do século XIX para o século XX:
    - Mecânica;
    - Termodinâmica;
    - Eletromagnetismo.
  - Disputa entre atomistas e energeticistas;
  - Na época era bastante comum o estudo de descargas elétricas em gases utilizando tubos de raios catódicos.
-

# 1897 - J. J. Thomson descobre o elétron



- Thomson também estudava descargas elétricas em gases utilizando tubos de raios catódicos

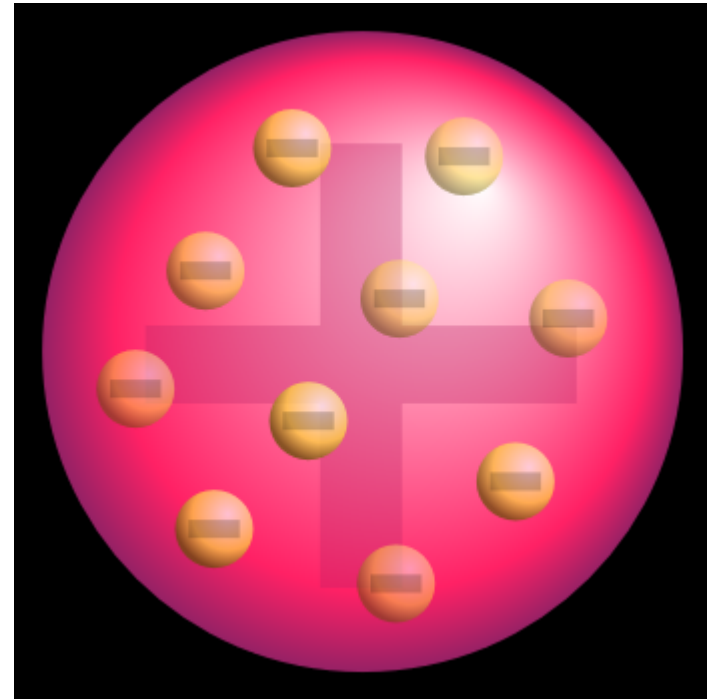
- Através de um experimento e princípios simples de eletromagnetismo, ele mediu a razão  $e/m$  do elétron



---

# 1904 - O Modelo Atômico de Thomson

- *Philosophical Magazine*, 7 (1904), 237
- A partir da descoberta dos elétrons (carga negativa corresponde a corpúsculos), Thomson propõe um modelo atômico, chamado de “pudim de passas”.



# 1909 – Geiger e Marsden

- *Proc. Roy. Soc LXXXII (1909), 495*
- Observam o resultado do bombardeamento de elétrons e partículas- $\alpha$  em finas folhas de certos materiais;
- Para a surpresa de todos, eles observam partículas espalhando em ângulos bastante traseiros

Fig. (D) Scattering of  $\alpha$  rays by an atom

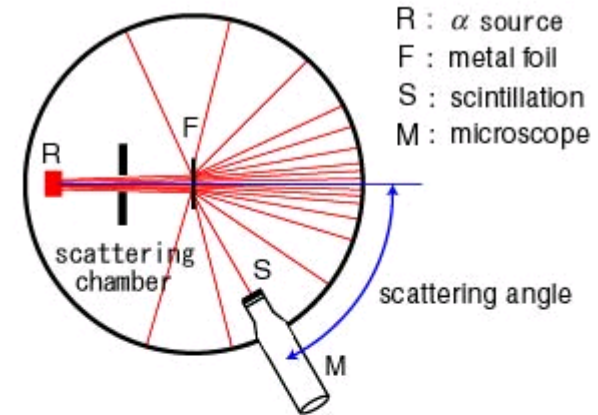
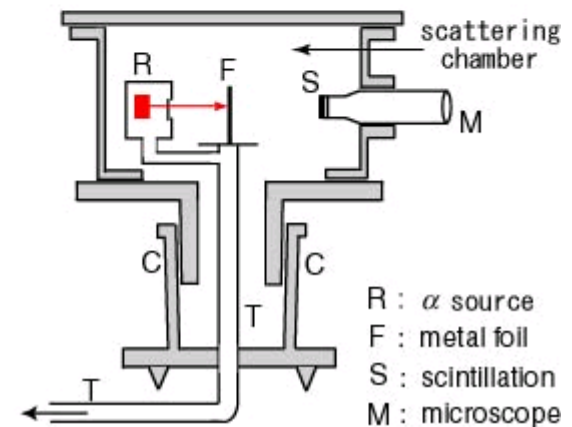


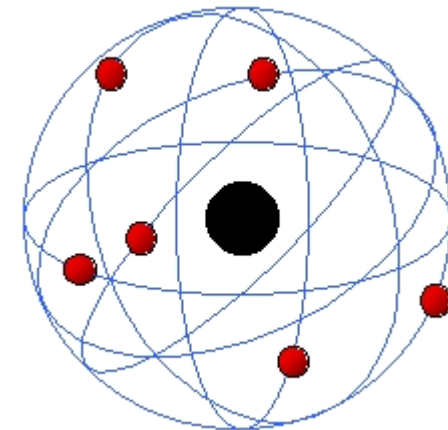
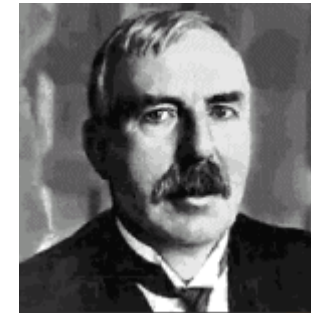
Fig. (E) Setting of the experiment



---

## 1911 - Rutheford propõem a existência do núcleo atômico

- *Philosophical Magazine*, 21 (1911), 669
- Novas hipóteses para explicar os dados experimentais:
  - O átomo contém um núcleo de carga  $+Ze$  e  $Z$  elétrons orbitando a sua volta;



---

# Medidas da Carga elétrica do elétron

- Diante desse contexto, fica claro que a obtenção da carga elétrica do elétron (ou corpúsculos, como Thomson chamava), era fundamental;
  - De **1897 a 1903**, Thomson e colaboradores mediram a carga elétrica do elétron;
  - Porém, o método usado por eles (câmara de nuvens) apresentava várias limitações e não permitiu obter resultados precisos.
-

---

# Medidas da Carga elétrica do elétron

- Millikan, Begeman e Fletcher, **de 1907 a 1910**, revolucionaram a medida de carga do elétron;
  - Eles utilizam um forte campo elétrico e óleo ao invés de vapor de água;
  - A principal conclusão deles foi a observação que a carga das gotículas de óleo era sempre múltipla da carga elementar obtida.
-

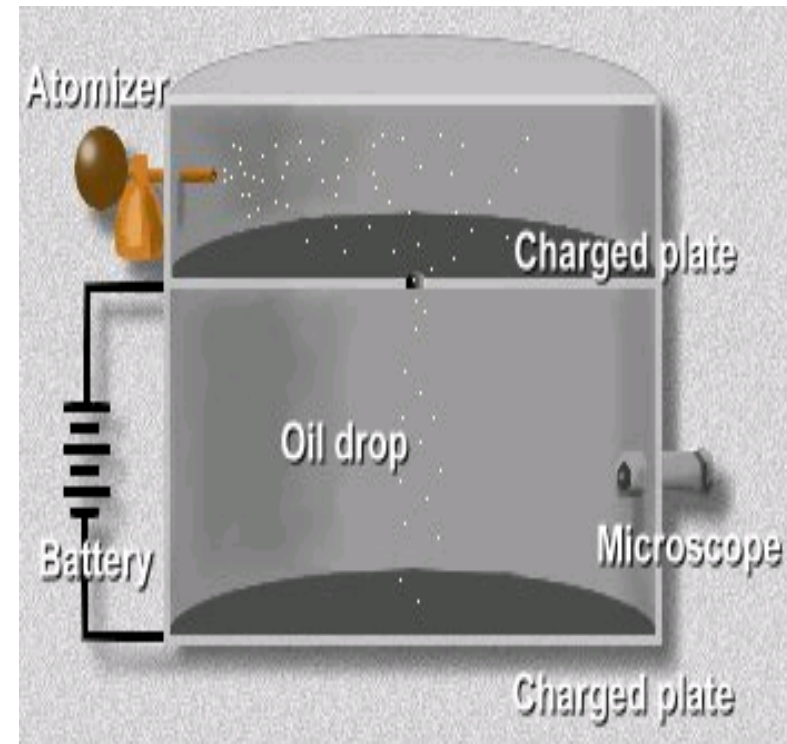
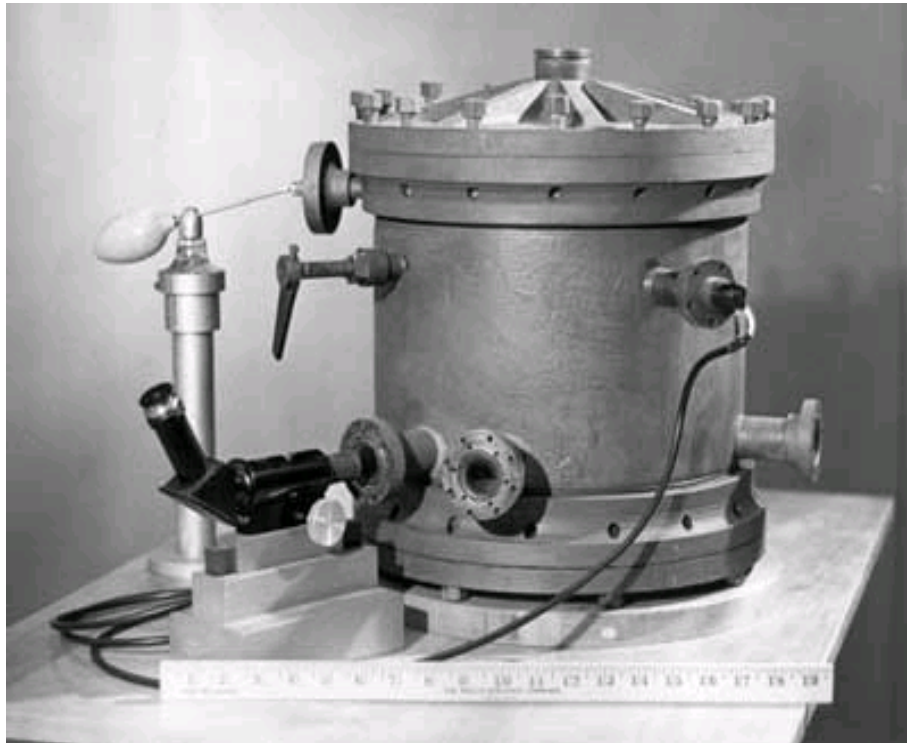


---

# Objetivos da experiência

- Verificar a natureza quântica da carga elétrica;
  - Determinar a carga do elétron;
  - Analisar o método de medida;
  - Identificar os fatores experimentais que interferem na experiência.
-

# Procedimento Experimental



---

# Procedimento Experimental

- Limpar o condensador para melhorar o isolamento entre as placas e desobstruir os orifícios;
  - Medir a distância entre as placas diversas vezes e em diferentes posições;
  - Prenda o condensador no suporte e certifique-se que as placas estão niveladas;
  - Verificar se as montagens da lâmpada, da lente e da câmera estão corretas (ver figura apostila);
-

---

# Procedimento Experimental

- Iniciar o programa Webcam Control;
  - Ajustar o foco da câmera e a posição da lâmpada (luminosidade) com um fio de cobre colocado no condensador;
  - Ajustar as configurações do programa se necessário;
  - Borrifar óleo no condensador e verificar se as gotas são bem visíveis;
  - Aplicar a tensão no condensador e observar o movimento das gotas;
-

---

# Procedimento Experimental

- A fim de se obter uma boa resolução na medida da carga das gotas, o tempo de subida e descida deve ficar em torno de 10 s, para minimizar o efeito do movimento browniano que é dado por:  $\langle \Delta x^2 \rangle \propto \frac{\Delta t}{a}$
  - Para uma boa escolha das gotas, filmá-las inicialmente em queda livre por alguns segundos ( $\sim 5$  s);
-

---

# Procedimento Experimental

- Em seguida, aplicar uma tensão elétrica entre 100 e 300 V;
  - Filmar as gotas por alguns segundos ( $\sim 5$  s), alternando a polaridade da tensão. A polaridade pode ser trocada através da chave inversora;
  - Fazer essa troca em torno de 10 vezes, para se obter uma boa amostragem de dados para a medida da velocidade de cada gota utilizada;
-

---

# Procedimento Experimental

- Medir a temperatura próxima ao condensador com o termômetro disponível na bancada no início e no final do experimento;
  - Anotar o nome e localização dos arquivos filmados em cada situação;
  - Abrir o programa *Video Point* selecionando o filme que foi feito das gotas;
  - Escolher as gotas que serão usadas na análise utilizando a filmagem das gotas em queda livre e os gráficos do Apêndice A da apostila;
-

---

# Procedimento Experimental

- Uma vez selecionadas as gotas, elaborar tabelas de posição vertical em função do tempo, tanto para a subida como a descida, diversas vezes (~10 vezes);
  - Fazer gráficos da posição em função do tempo, e fazer um ajuste linear a fim de extrair as velocidades de subida e descida das mesmas;
-



---

# Procedimento Experimental

- Essa velocidade será dada em *pixels/s*.  
Fazer um gráfico de calibração da escala em *pixels* da filmagem para cm a fim de obter as velocidades em *cm/s*;
  - Para isso, filmar a escala em mm para calibração dos *pixels* da filmagem.  
**IMPORTANTE:** não modifique seu arranjo.  
Apenas troque o condensador pela escala;
-

---

# Análise de Dados

- Obter os valores de todas as grandezas envolvidas e suas respectivas incertezas:
    - Pressão atmosférica;
    - Coeficiente de viscosidade, que depende da temperatura (gráfico do Apêndice B);
    - Densidade do óleo;
    - Densidade do ar (Apêndice B);
    - Aceleração da gravidade;
-

---

# Análise de Dados

- Elaborar uma tabela com todas as velocidades de subida e descida medidas para cada gota estudada;
  - Calcular a incerteza estatística das velocidades de subida e descida de cada gota;
  - Enviar uma tabela com as velocidades de subida e descida finais de cada gota ao professor ([munhoz@if.usp.br](mailto:munhoz@if.usp.br)), a fim de todos os alunos terem acesso a todos os dados;
  - Tragam *pendrives* para gravar os vídeos na próxima aula.
-