

# Física III – IQ 2014 (Eletromagnetismo)

**Professor:** *José Roberto Brandão de Oliveira*  
(IF/DFN)



[zero@if.usp.br](mailto:zero@if.usp.br)

Ramal 91-7053

Sala 208 Linac/LAFN/DFN/IF (Portaria Ed. Oscar Sala/Pelletron)

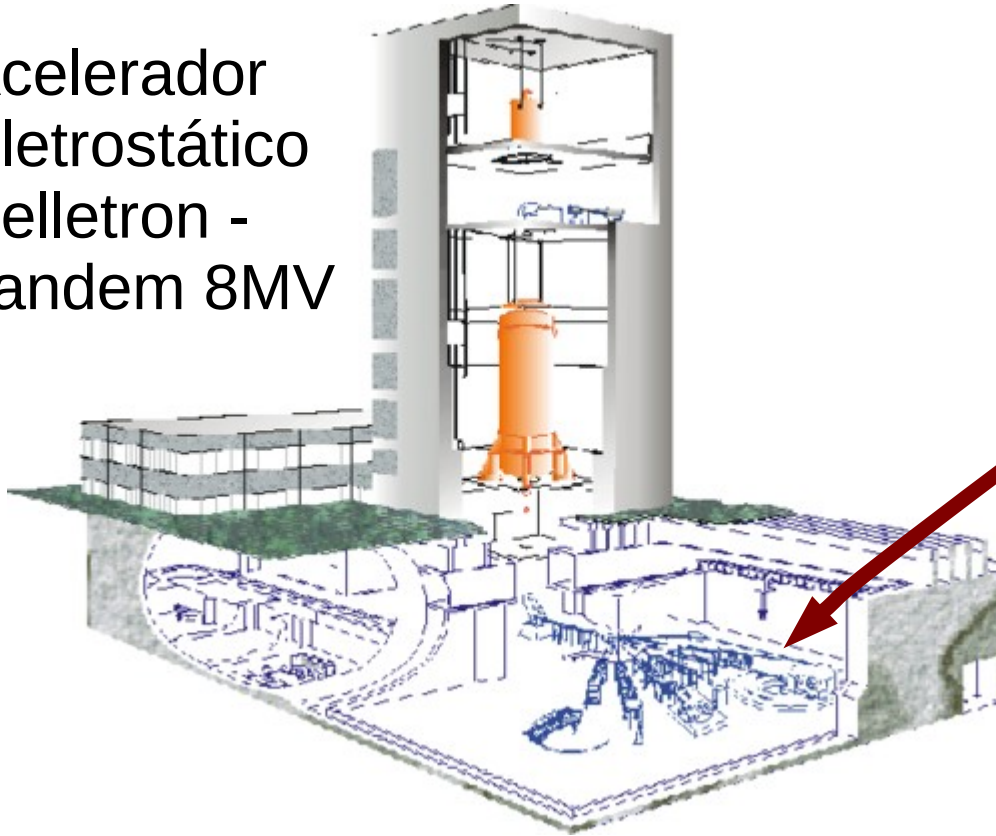


# Hoje

- Sobre mim (pesquisa no IF)
- Site da disciplina
- Programa
- Bibliografia
- Critério de avaliação
- Estrutura das aulas, grupos
- Eletromagnetismo, história e conceitos

# JRBO - Pesquisa: Espectroscopia gama

Acelerador  
Eletrostático  
Pelletron -  
Tandem 8MV

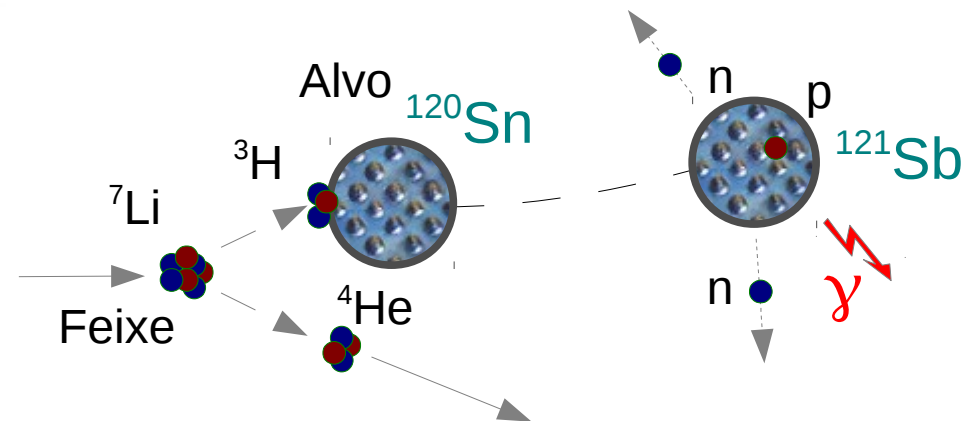
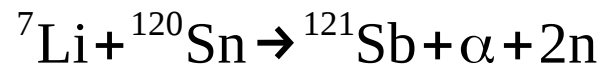


Espectrômetro Gama



[www.dfn.if.usp.br/~zero/](http://www.dfn.if.usp.br/~zero/)

Exemplo:



# Página da disciplina (Stoa)

<http://disciplinas.stoa.usp.br/course/view.php?id=2983>

- Informações gerais
- Questionários *on-line*
- Forum de notícias
- Chat, Gabaritos, ...



The screenshot shows the Stoa LMS interface for a course. At the top, there is a header with the Stoa logo on the left and the user's name, JOSE ROBERTO BRANDAO DE OLIVEIRA, on the right, accompanied by a small profile picture. Below the header is a navigation bar with a home icon and links for DISCIPLINAS, SUPORTE, STOA, USP, and ACESSO. The main content area displays the course path: INÍCIO > MEUS AMBIENTES > IF > 431 > 4310245 - 2014110, with an 'Ativar edição' button on the right. On the left side, there is a sidebar menu under 'ADMINISTRAÇÃO' with options like 'Administração do ambiente', 'Ativar edição', 'Editar configurações', 'Usuários', 'Filtros', 'Relatórios', 'Notas', 'Resultado da aprendizagem', 'Badges', 'Backup', 'Restaurar', 'Importar', and 'Banco de questões'. The main content area is divided into several sections: 'Fórum de notícias', 'PROGRAMA, PROVAS E BIBLIOGRAFIA' (containing a 'Programa' link), 'CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO' (containing a 'Critério de Avaliação' link), 'REGRAS DOS GRUPOS' (containing a 'Regras' link), and 'TÓPICO 4'. On the right side, there are three widgets: 'PESQUISAR NOS FÓRUNS' with a search box and 'Vai' button; 'ÚLTIMAS NOTÍCIAS' with a link to 'Acrescentar um novo tópico...' and a note '(Nenhuma notícia publicada)'; and 'PRÓXIMOS EVENTOS' with a calendar icon and two event listings: 'Semana de Recepção aos Calouros' (segunda, 17 fevereiro, 00:00) and 'CONFIRMAÇÃO DE MATRÍCULA PARA OS INGRESSANTES CONVOCADOS PELA FUVEST'.

# Programa 2014

| Prova     | Tópicos   |
|-----------|---|
| <b>P1</b> | Cargas elétricas e lei de Coulomb.                                      |
|           | Campo elétrico.   |
|           | Fluxo do campo elétrico e lei de Gauss.                                 |
|           | Trabalho do campo elétrico, potencial elétrico e energia eletrostática. |
|           | Condutores, indução eletrostática e capacitância.                       |
| <b>P2</b> | A corrente elétrica.  |
|           | Campo magnetostático.   |
|           | Forças de Lorentz.  |
|           | Movimento de cargas nos campos elétrico e magnético.                    |
|           | Lei de Biot-Savart.   |
|           | Lei de ampére   |
|           | Fluxo do vetor B.   |
| <b>P3</b> | Força eletromotriz e indução.   |
|           | Lei de Faraday.   |
|           | Energia no campo magnético.   |
|           | Conservação de cargas e corrente de deslocamento.                       |
|           | O campo eletromagnético e as equações de Maxwell na forma diferencial.  |

# Bibliografia

- Young & Friedman, Física III 12ª Edição, Pearson
- H. Moisés Nussensveig, Curso de Física Básica, vol. 3, Edgard Blücher
- R. A. Rego, Eletromagnetismo Básico, Ed. 2010, LTC.
- Marcos Lima, Notas de Aula: [www.fma.if.usp.br/~mlima/](http://www.fma.if.usp.br/~mlima/)  
(→ Teaching, → Eletromagnetismo)

|              |             | <i>Capítulos dos livros</i>            |                       |                 |                     |
|--------------|-------------|--|-----------------------|-----------------|---------------------|
| <b>Prova</b> | <b>Data</b> | Young & Freedman<br>(Sears & Zemansky) | Moisés<br>Nussenzveig | Ricardo<br>Rego | Marcos<br>Lima (IF) |
| P1           | 02/04       | 21,22,23,24                            | 2,3,4,5               | 1               | 1,2,3,4             |
| P2           | 21/05       | (25,26), 27,28                         | (6),7,8,              | 2,3             | (5),6,7             |
| P3           | 30/06       | 29,30,32                               | 9,11,12               | 3,5             | 8,9,10              |
| Sub          | 7/07        | Tudo                                   |                       |                 |                     |
| Rec          | ~30/07      | Tudo                                   |                       |                 |                     |



# Critério de Avaliação

- Provas P1, P2, P3, PSub-aberta: média simples descartada a menor nota.
- Questionários (6, descartada menor nota)
- Atividades em grupo (~40, descartadas 4 menores notas)
- Cálculo da média  $M_F = 0,6 M_P + 0,2 M_Q + 0,2 M_A$
- Bônus 1/3 de ponto para 3 melhores grupos até cada prova

Apr  $M_F \geq 5,0$  😊; Rec  $3,0 \leq M_F < 5,0$  😐; Rep  $M_F < 3,0$  😞

# Estrutura das aulas

- Exposição pelo professor
- Exemplos de exercícios na lousa

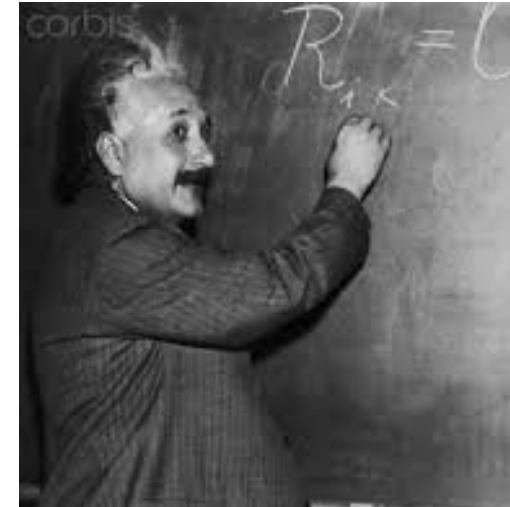
## Participação

- Exercícios de treinamento em grupo
- Exercícios e trabalhos em grupo (Atividades com nota)



# Estrutura das aulas

- Exposição pelo professor
- Exercícios e trabalhos em grupo





# Atividades em grupo

**Regras:** 10, no total, (1 e 2 já foram)

- 3) Nota pelo resultado \*.
- 4) Horário limite para respostas.
- 5) Metade da nota, na aula seguinte \*.
- 6) “Certo” ou “Errado”, \* mas...
- 7) e 8) Escolha de aluno para apresentação da solução e validação da nota.
- 9) Discussão entre membros do grupo OK, mas, entre grupos, “parcimoniosa”.
- 10) Faltas.

# Eletromagnetismo

- Uma das “4” interações fundamentais da natureza
- Teoria “completa” (QED) - altíssimo poder preditivo

Fator ***g*** (giromagnético) do elétron (razão  $\mu/s$ ):

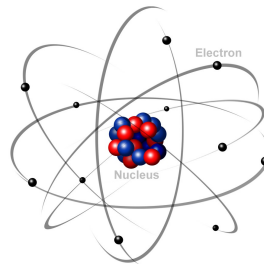
Previsto: 2.0023318361(10); Medido: 2.0023318416(13)

(2006) wikipedia

- Pradigma para as demais interações fundamentais
- Enorme profusão de aplicações tecnológicas

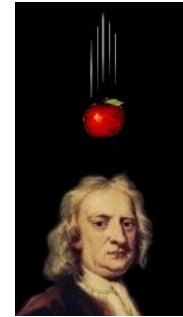


- Fundamental para a física atômica e molecular, matéria condensada etc.



# Interações fundamentais

- Gravitacional (a mais “antiga”)



- Eletromagnética (a mais “bem entendida”)



- Fraca (a mais “tímida”)



Eletro-  
fraca

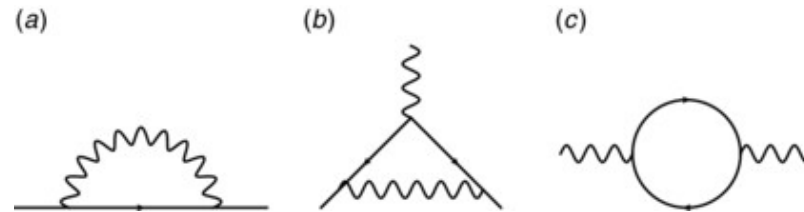
- Forte ou Nuclear (a mais “complicada”)



# Constituintes básicos (ontologia)

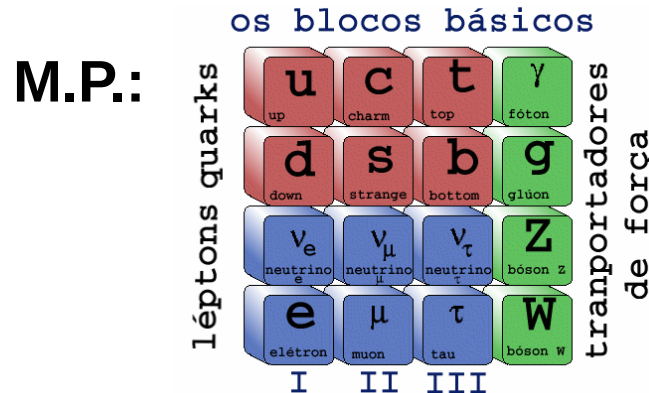
- Teoria eletromagnética clássica: Carga elétrica e corrente elétrica; Campos elétricos e magnéticos
- Relatividade:  $F_{\mu\nu}$ , tensor do campo eletromagnético
- QED: Cargas elementares ( $e^+$ ,  $e^-$ ), Fótons ( $\gamma$ )

Diagramas de Feynman:



- Unificação eletro-fraca: leptons,  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z_0$ , Higgs

- QCD: ... quarks – cargas fracionárias



# História da teoria E.M.

Tempos remotos:

Raio



Peixe elétrico - Nilo



600 A.C. Tales de Mileto:

Eletrização por atrito  
Ex. pedaço de  
âmbar esfregado  
com peles de  
animais



≠



Íma de magnetita  
(magnetismo mineral)  
Duas polaridades (N,S)



# História da teoria E.M.

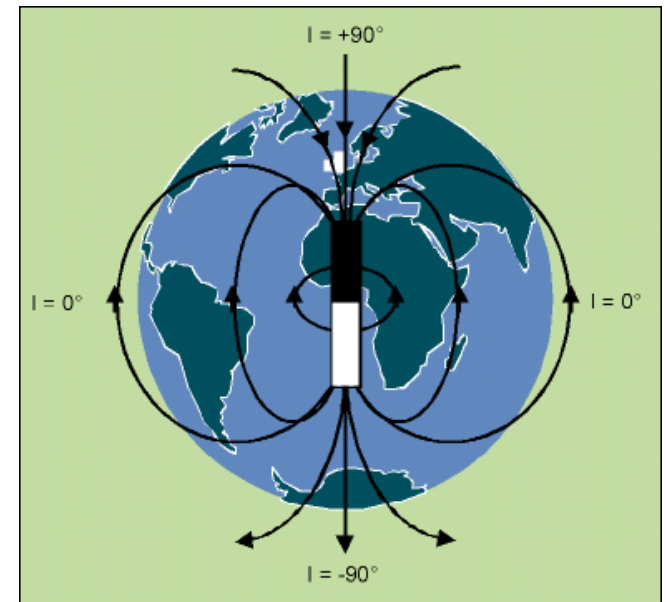
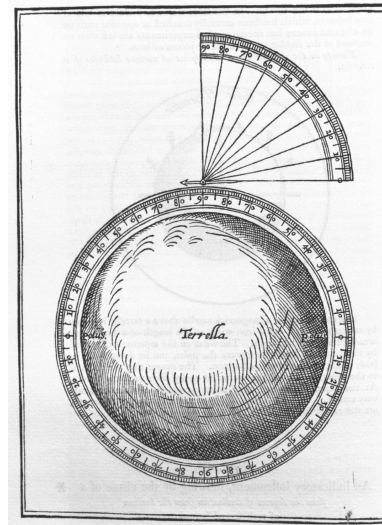
~200 AC Bússola de magnetita  
(China)



~800 DC Bússola de agulha



1600 William Gilbert "De Magnete" - experimentos E e M – Terra como um **ímã**



- Versorium  
(eletroscópio)



# História da teoria E.M.

**1660** Von Guericke  
Globo de enxôfre  
(Máquina eletrostática)



**1745** Garrafa de Leyden



Faísca



**1781** – A. Beneth -  
Eletroscópio de  
folhas de ouro



**1747** Benjamin Franklin – Dois tipos de carga elétrica (+,-). Efeito das pontas, Para-raio

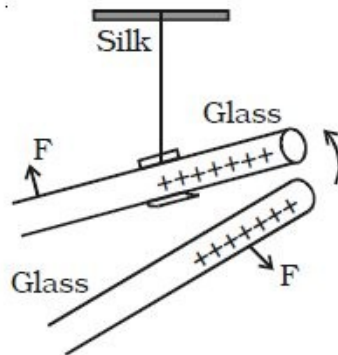


Fig. 1.1 Two charged rods  
of same sign

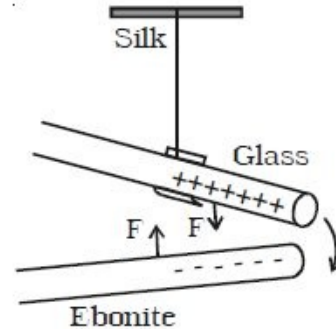
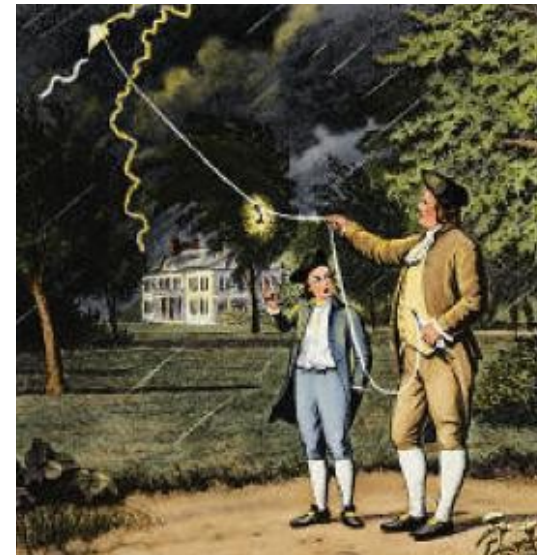
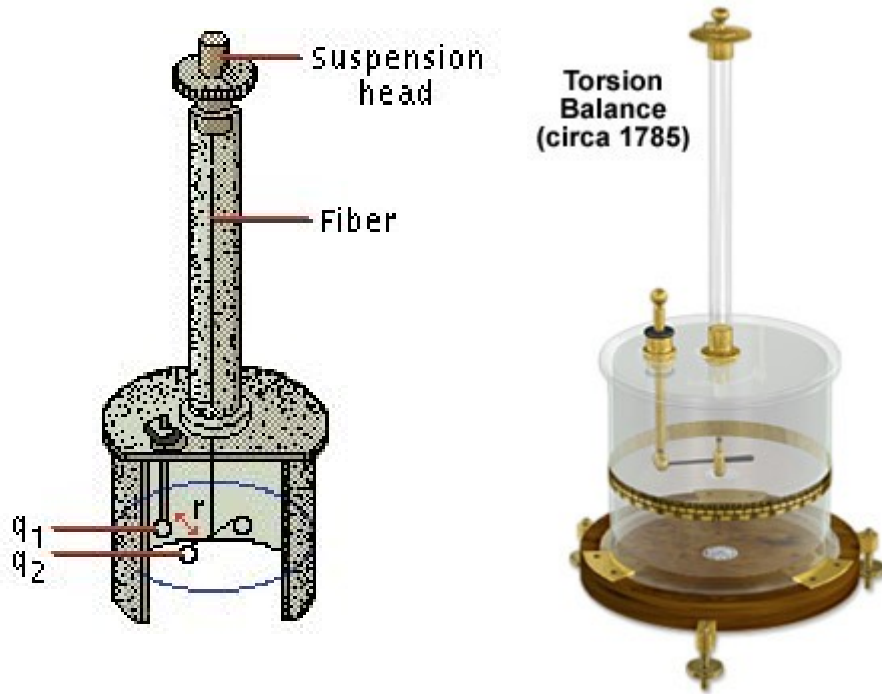


Fig 1.2 Two charged rods  
of opposite sign



# História da teoria E.M.

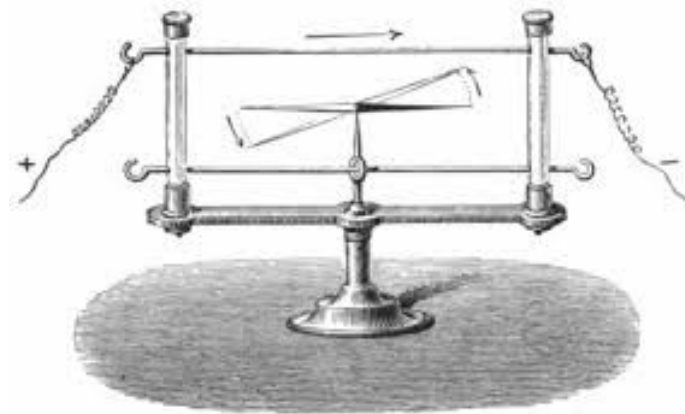
**1785** Charles Coulomb – Lei de Força



**1790** Alessandro Volta – Pilha



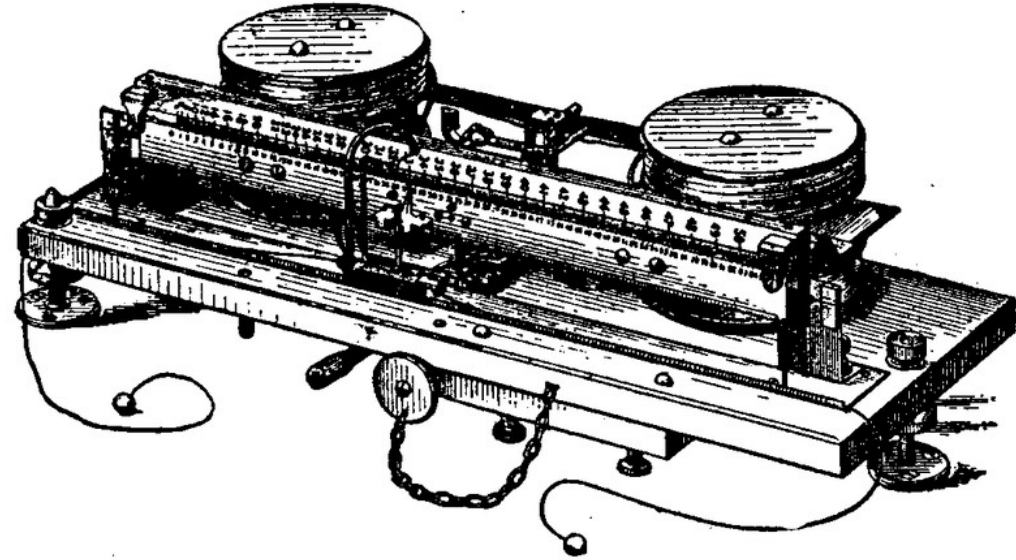
**1819** H.C. Oersted – Corrente elétrica desvia a agulha da bússola.  $E \leftrightarrow M$ .



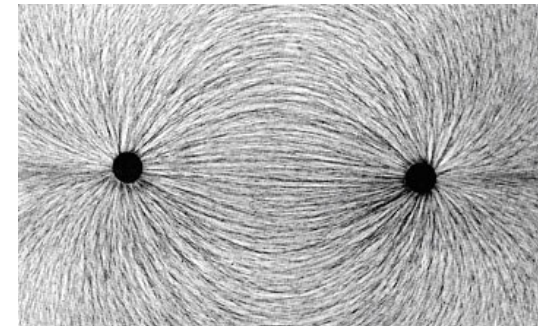
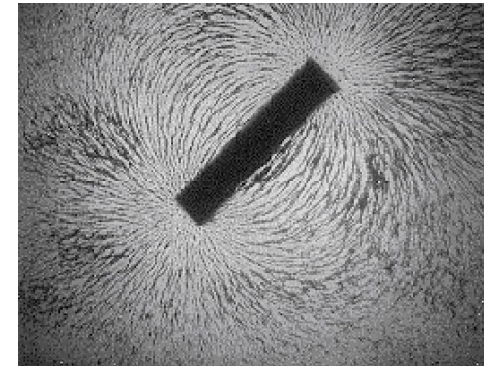
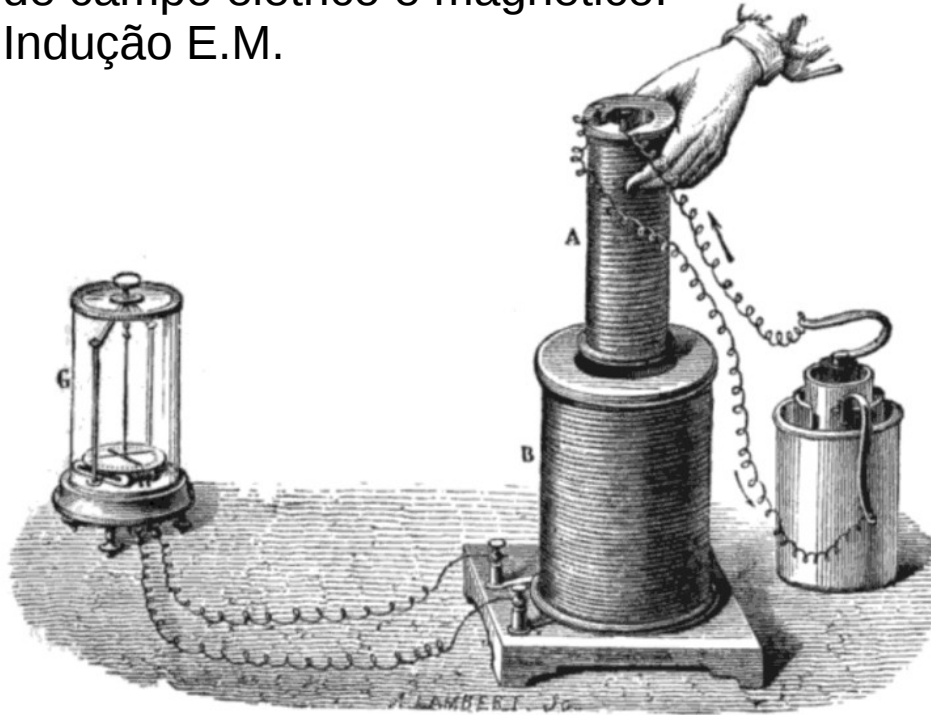


# História da teoria E.M.

**1821** A.M. Ampere –  
Forças entre fios  
portando correntes



**1831** Michael Faraday – Conceito  
de campo elétrico e magnético.  
Indução E.M.



# História da teoria E.M.

1860-1873 J.C. Maxwell – Bases matemáticas

- Equações de Maxwell:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

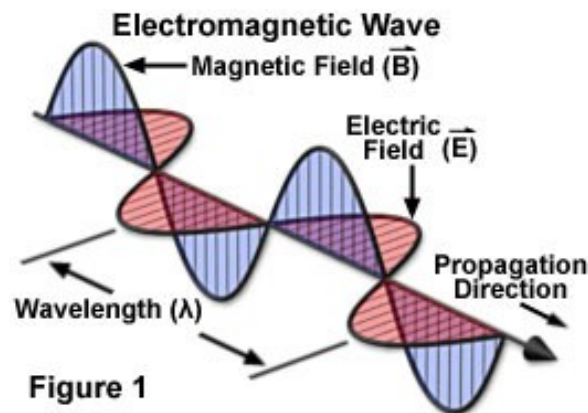
$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

- Onda eletromagnética no vácuo:

$$\nabla^2 \mathbf{E} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \mathbf{E}$$

$$\nabla^2 \mathbf{B} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \mathbf{B}$$



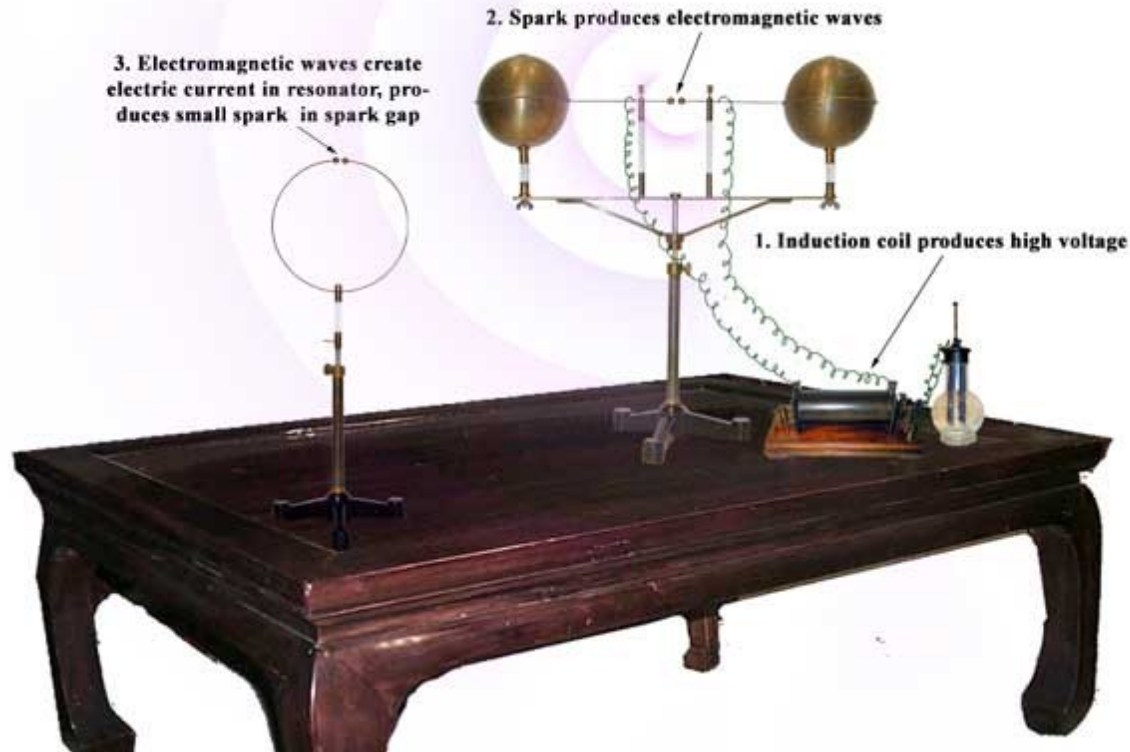
$$\frac{\partial^2 E(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E(x,t)}{\partial t^2}$$

$$c = \sqrt{\frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}}$$

Velocidade da luz

# História da teoria E.M.

**1885** H. Hertz – Detecção de ondas E.M.

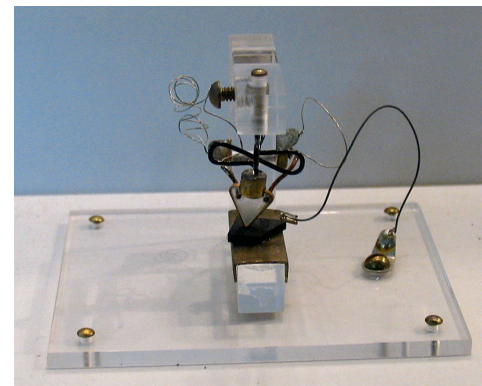


**1895** G. Marconi –  
Transmissão de Rádio



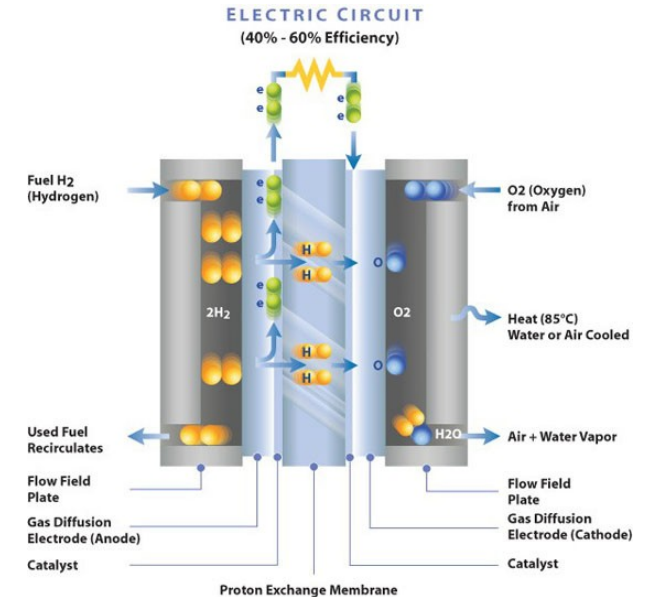
Século XX  
Mec. Quântica

**1947** John Bardeen, William Shockley and  
Walter Brattain at Bell Labs, Transistor



# Importância atual

- Tecnologia e Economia  
Energia e meio ambiente,  
telecomunicações,  
computação, transporte...
- Ciência básica  
Física (Unificação)  
Físico-química, Química,  
Biologia molecular  
(Cálculos de larga escala)



Exs. Célula combustível

DNA

