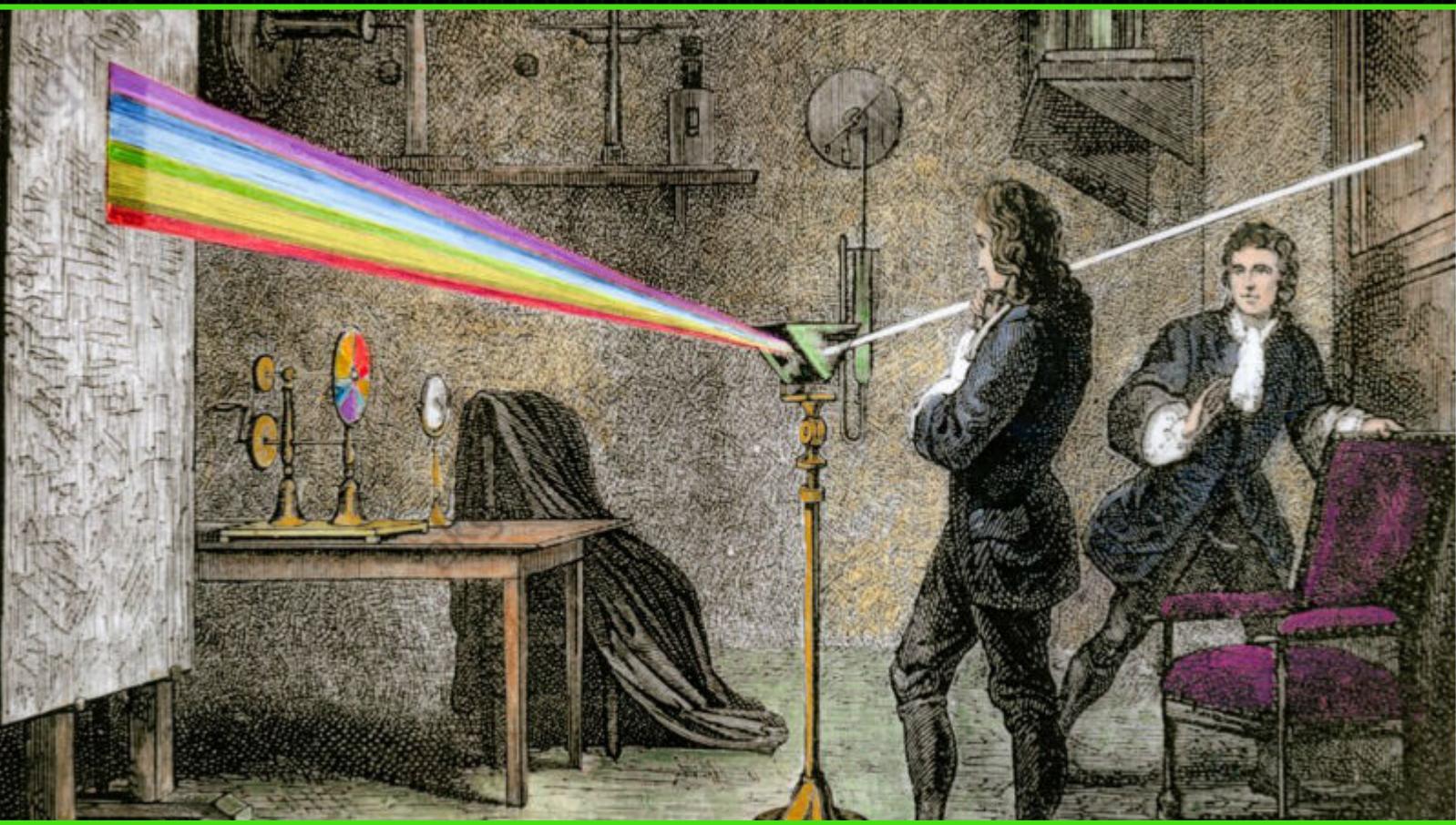
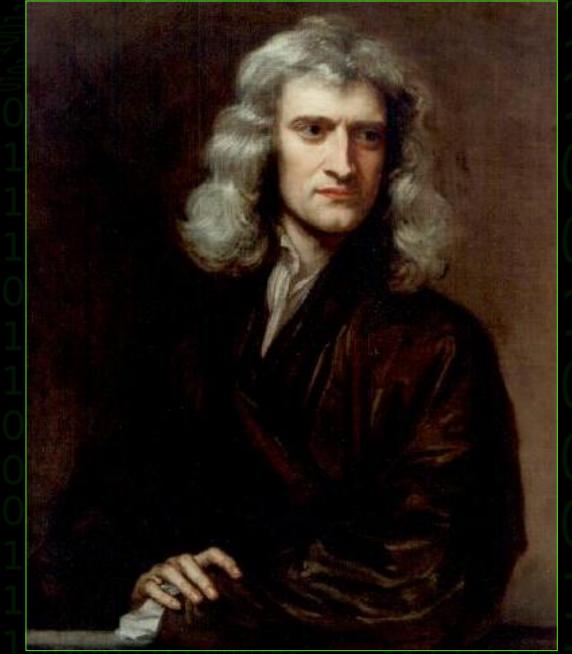


# Eletromagnetismo & Cientistas

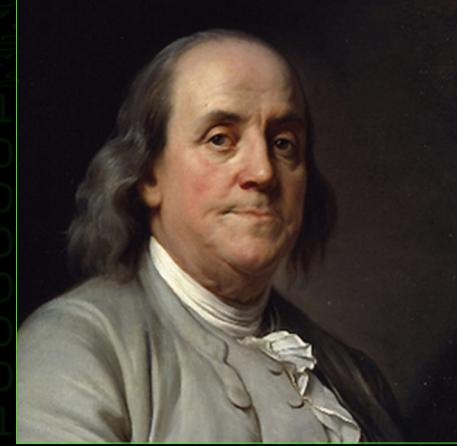


# Breve Histórico

- Isaac Newton (1643 – 1727)
- No ano de 1704 sua pesquisa sobre a luz culmina com a publicação de sua obra *Optics*, descrevendo a luz tanto em termos da teoria das ondas quanto de sua teoria corpuscular.



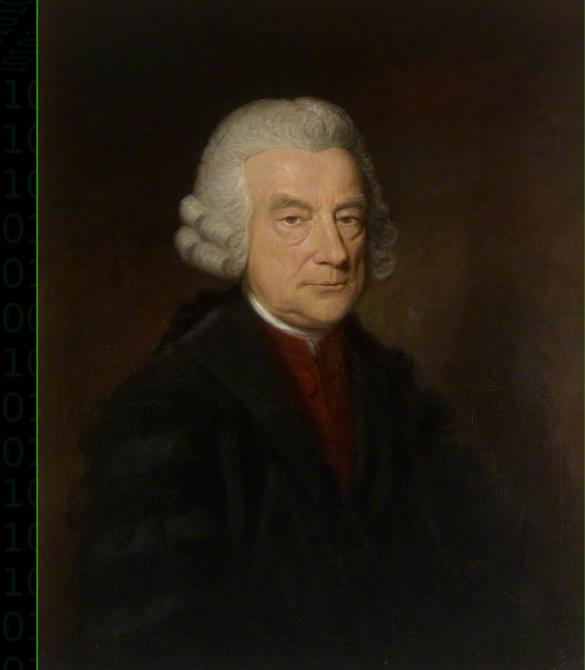
# Breve Histórico



- Benjamin Franklin (1706 – 1790)
- Propõe que a eletricidade seja modelada por um único fluido com dois estados de eletrificação, os materiais têm mais ou menos de uma quantidade normal de fluido elétrico, propondo independentemente a conservação da carga elétrica e introduzindo a convenção de descrever os dois tipos de cargas como positivas e negativas.

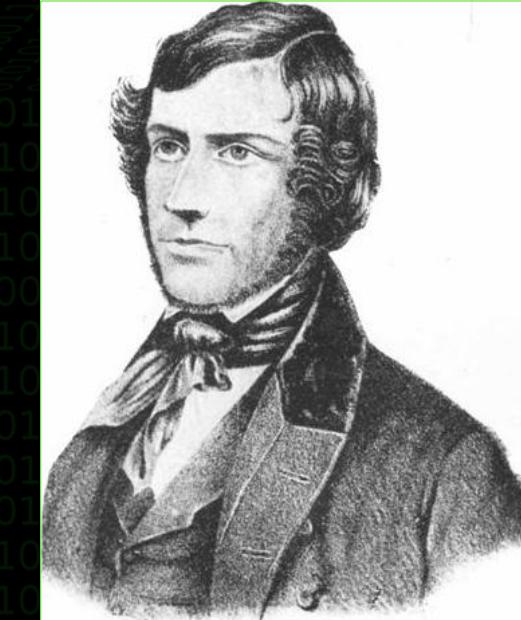
# Breve Histórico

- William Watson (1715 – 1787)
- Consegue passar carga elétrica ao longo de um fio de três quilômetros.

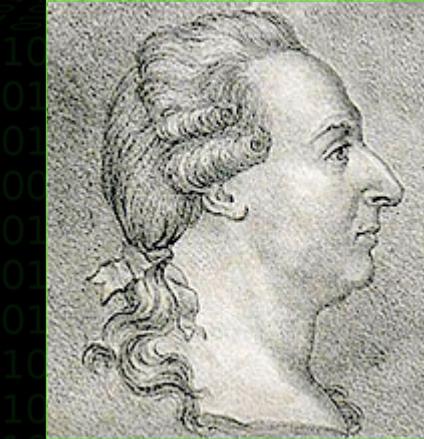


# Breve Histórico

- John Michell (1724 – 1793)
- Demonstra que a ação de um ímã sobre outro pode ser deduzida de uma lei de força do inverso do quadrado entre os pólos individuais do ímã, publicada em seu trabalho, “A Treatise on Artificial Magnets”.



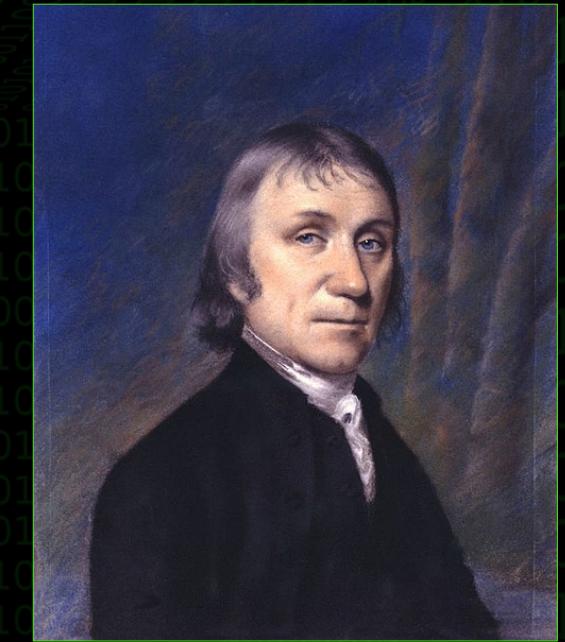
# Breve Histórico



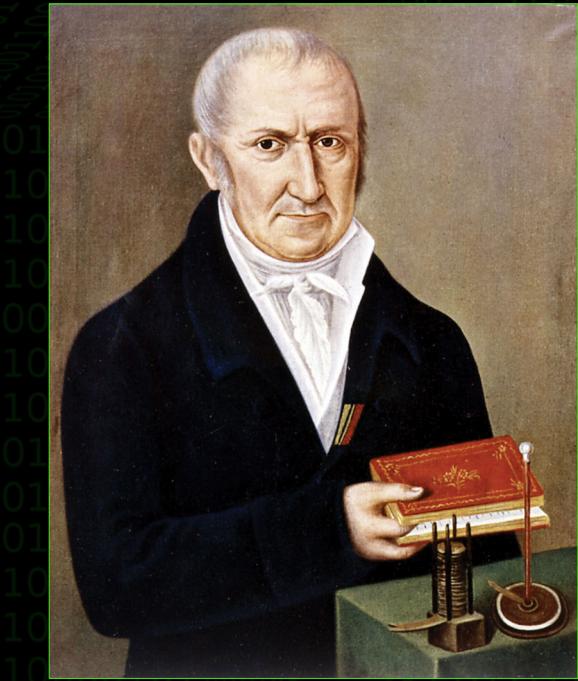
- Johan Carl Wilcke (1732 – 1796)
  - Inventa a primeira versão do *electrophorus*, um dispositivo que pode produzir quantidades relativamente grandes de carga elétrica fácil e repetidamente.

# Breve Histórico

- Joseph Priestley (1733 – 1804)
- Deduz a lei do inverso do quadrado para cargas elétricas usando os resultados de experimentos que mostram a ausência de efeitos elétricos dentro de uma esfera condutora oca carregada.



# Breve Histórico



- Alessandro G. A. Anastasio Volta (1745 – 1827)
- Inventa um eletrômetro, um condensador de placa e o *electrophorus*.

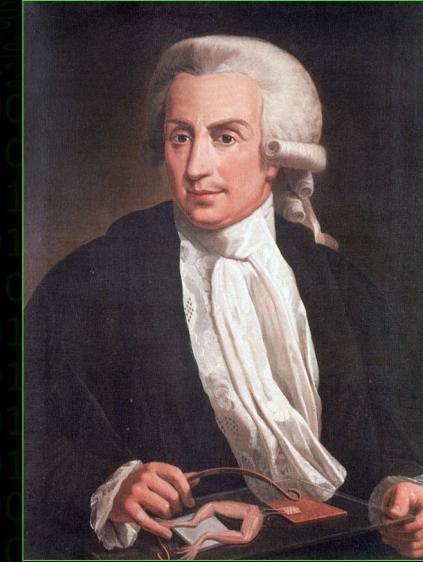
# Breve Histórico

- Charles-Augustin de Coulomb (1736 – 1806)
- Sua pesquisa define uma nova direção na pesquisa em eletricidade e magnetismo.
- Coulomb inventa independentemente o equilíbrio de torção para confirmar a lei do inverso do quadrado das cargas elétricas. Ele também verifica a lei de força de Michell para ímãs e também sugere que pode ser impossível separar dois pólos de um ímã sem criar mais dois pólos em cada parte do ímã.



# Breve Histórico

- Luigi Galvani (1737 – 1798)
- Usa a resposta do tecido animal para iniciar estudos de correntes elétricas produzidas por ação química em vez de eletricidade estática. A resposta mecânica do tecido animal ao contato com dois metais diferentes é agora conhecida como galvanismo.



# Breve Histórico

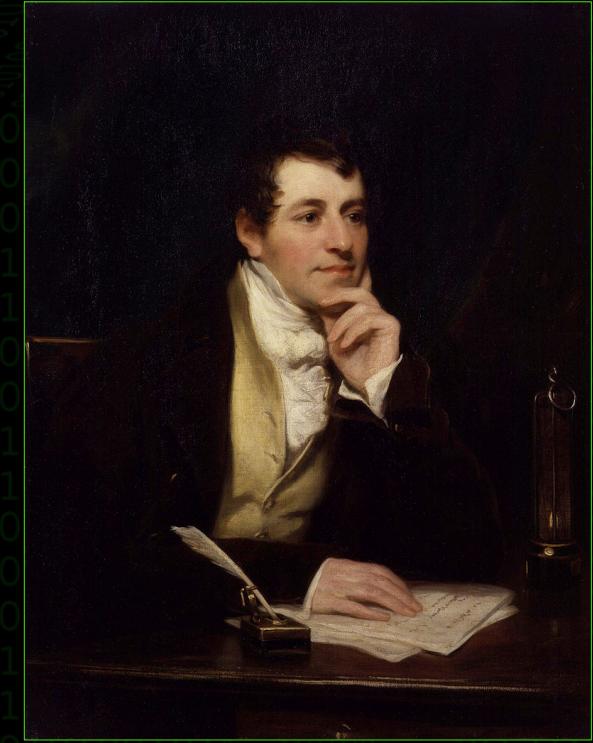
- Thomas Young (1773 – 1829)

- Seu trabalho com a interferência revive o interesse pela teoria ondulatória da luz. Ele também explica o fenômeno recentemente descoberto da polarização da luz, sugerindo que a luz é uma vibração no éter transversal à direção de propagação.



# Breve Histórico

- Humphry Davy (1778 – 1829)
- Oferece a palestra, "On Some Chemical Agents of Electricity", aproximando as possíveis relações das forças químicas e elétricas.



# Breve Histórico

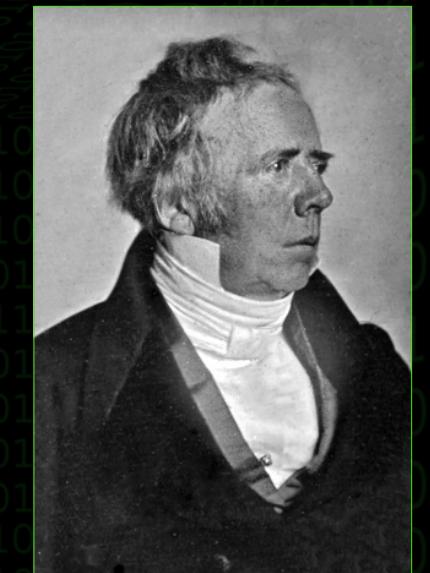
- Simeon-Denis Poisson (1781 – 1840)

- Formula o conceito de neutralidade macroscópica de carga como um estado natural da matéria e descreve a eletrificação como a separação dos dois tipos de eletricidade. Ele também aponta a utilidade de uma função potencial para sistemas elétricos.

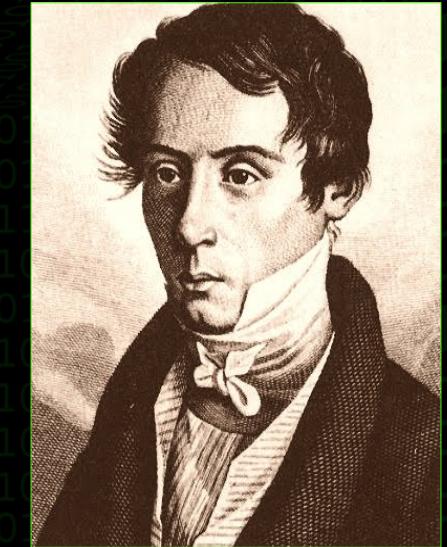


# Breve Histórico

- Hans Christian Oersted (1777 – 1851)
- Sugere que experimentos com galvanismo podem mostrar a relação entre eletricidade e magnetismo.
- Oersted observa a deflexão de uma agulha de bússola magnética causada por uma corrente elétrica após dar uma demonstração em uma palestra. Ele então demonstra que o efeito é recíproco. Isso inicia o programa de unificação de eletricidade e magnetismo.



# Breve Histórico



- Augustin-Jean Fresnel (1788 – 1827)
- Descobre independentemente os fenômenos de interferência da luz e explica sua existência em termos da teoria das ondas.
- Prevê um efeito de arrastamento da luz no éter.
- Apresenta um ensaio sobre óptica e éter.

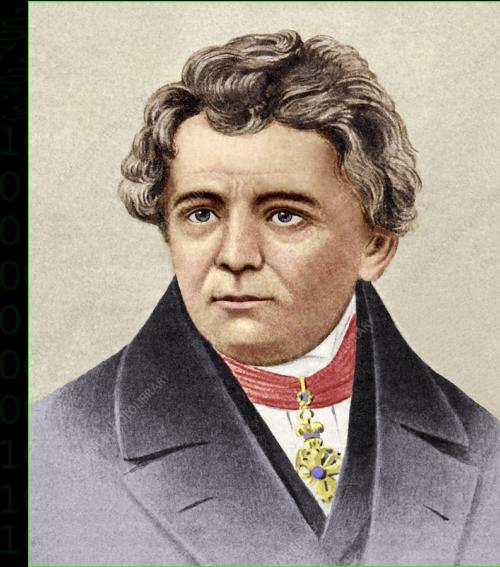
# Breve Histórico

- André Marie Ampère (1775 – 1836)
- Confirma os resultados de Oersted e apresenta extensos resultados experimentais para a Academia Francesa de Ciências. Ele modela ímãs em termos de correntes elétricas moleculares. Sua formulação inaugura o estudo da eletrodinâmica independente da eletrostática.
- Ampère publica “*Memoir on the Mathematical Theory of Electrodynamics, Uniquely Deduced from Experiment*”

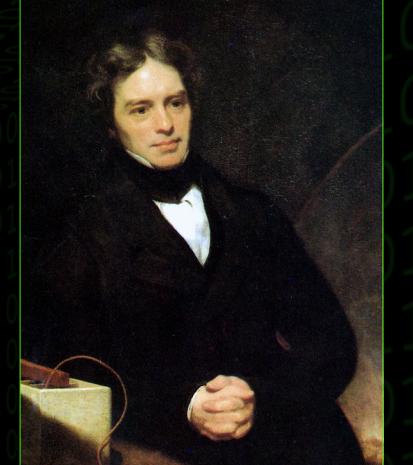


# Breve Histórico

- Georg Simon Ohm (1789 – 1854)
- Formula a relação entre corrente para força eletromotriz e resistência elétrica.
- Usando um equipamento de sua própria criação, Ohm descobriu que há uma proporcionalidade direta entre a diferença de potencial (voltagem) aplicada em um condutor e a corrente elétrica resultante. Essa relação é conhecida como lei de Ohm.



# Breve Histórico



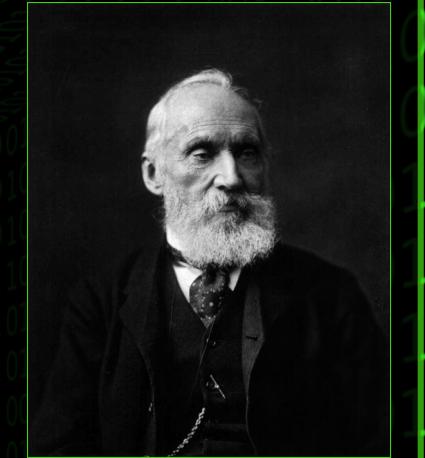
- Michael Faraday (1791 – 1867)
- No ano de 1831 inicia suas investigações sobre o eletromagnetismo.
- Explica indução eletromagnética, eletroquímica e formula sua noção de linhas de força, criticando também as teorias de ação à distância.
- Introduz a ideia de "*contiguous magnetic action*" como uma interação local, em vez da ideia de ação instantânea à distância, usando conceitos agora conhecidos como campos. Ele também estabelece uma conexão entre a luz e a eletrodinâmica ao mostrar que a direção de polarização transversal de um feixe de luz foi girada em torno do eixo de propagação por um forte campo magnético (hoje conhecido como "rotação de Faraday").

# Breve Histórico



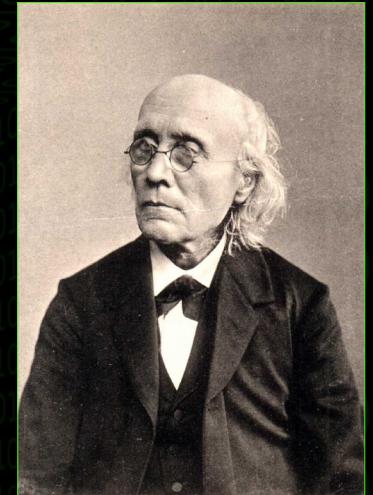
- Johann Carl Friedrich Gauss (1777 – 1855)
- Afirma independentemente o Teorema de Green sem prova. Ele também reformula a lei de Coulomb de uma forma mais geral e estabelece métodos experimentais para medir intensidades magnéticas.
- Formula leis eletrostáticas e eletrodinâmicas separadas, incluindo a "Lei de Gauss". Tudo isso permanece inédito até 1867.

# Breve Histórico



- William Thomson (Lord Kelvin) (1824 – 1907)
- Escreve um artigo, "*On the uniform motion of heat and its connection with the mathematical theory of electricity*", baseado nas ideias de Joseph Fourier (1768–1830). A analogia permitiu a ele formular uma equação de continuidade da eletricidade, o que implica uma conservação do fluxo elétrico.

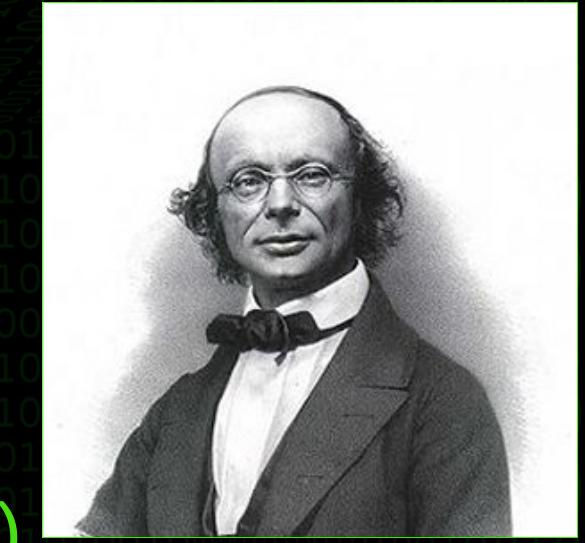
# Breve Histórico



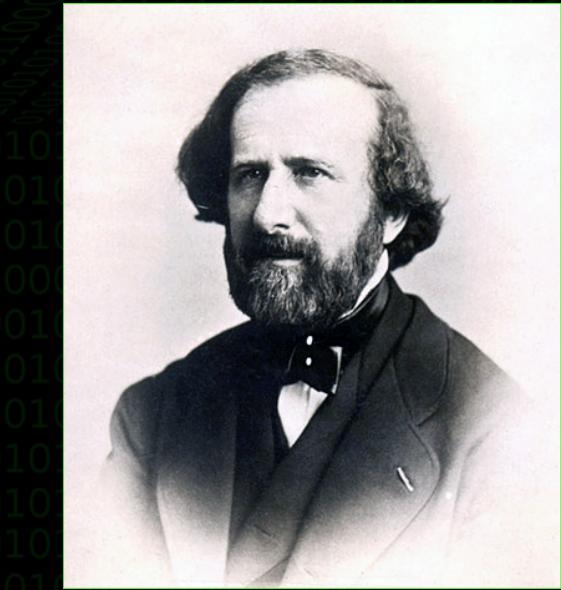
- Gustav Theodor Fechner (1801 – 1887)
- Propõe uma conexão entre a lei de Ampère e a lei de Faraday para explicar a lei de Lenz.
- Ele também é creditado por demonstrar a relação não linear entre a sensação psicológica e a intensidade física de um estímulo.

# Breve Histórico

- **Wilhelm Eduard Weber (1804 – 1891)**
- Em 1838, Wilhelm Eduard Weber e Gauss aplicam a teoria do potencial ao magnetismo da Terra.
- Weber propõe uma síntese de eletrostática, eletrodinâmica e indução a partir da ideia de que as correntes elétricas são partículas carregadas flutuantes. As interações são forças instantâneas. A teoria de Weber contém uma velocidade limite de origem eletromagnética.

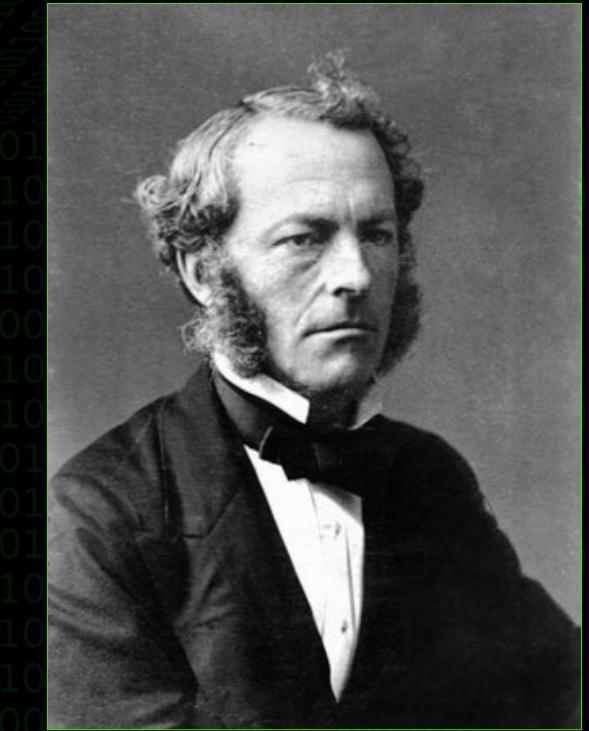


# Breve Histórico



- Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819 – 1896)
- Inicia, no ano de 1849, experimentos para determinar a velocidade da luz.
- Seu experimento ficou conhecido como “*Fizeau experiment*”.

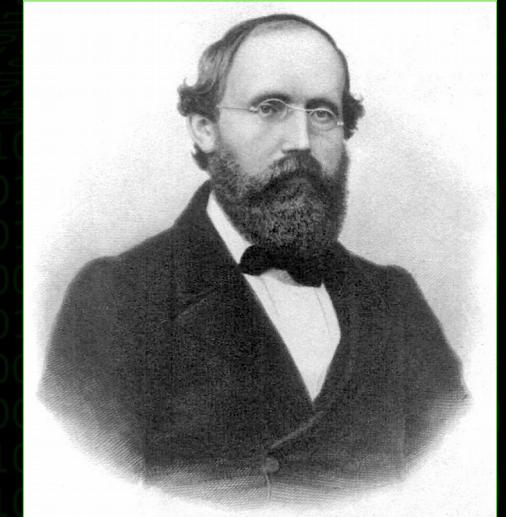
# Breve Histórico



- George Gabriel Stokes (1819 – 1903)
- Em 1852, Stokes nomeia e explica o fenômeno da fluorescência.

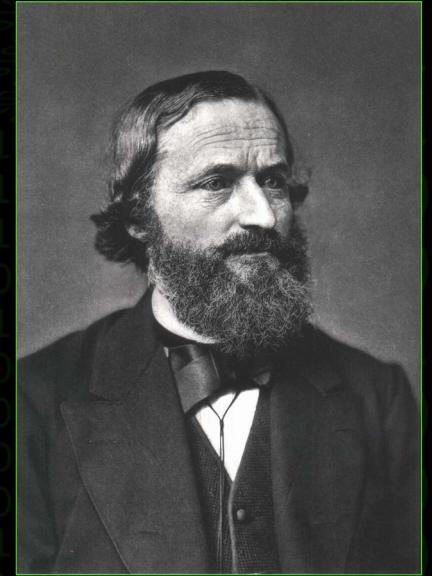
# Breve Histórico

- Georg F. Bernhard Riemann (1826 – 1866)
  - Em 1854, faz conjecturas não publicadas sobre uma "investigação da conexão entre eletricidade, galvanismo, luz e gravidade."
  - Riemann generaliza o programa de unificação de Weber e deriva seus resultados por meio de uma solução para uma função de onda de um potencial eletrodinâmico (descobrindo que a velocidade de propagação, corretamente, é  $c$ ). Ele afirmou ter encontrado a conexão entre eletricidade e óptica. (Resultados publicados postumamente em 1867.)



# Breve Histórico

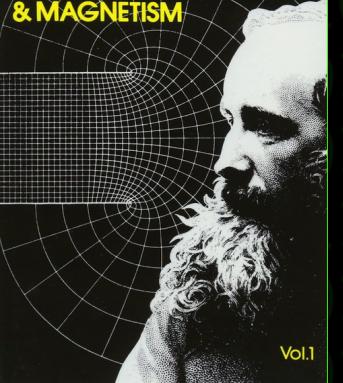
- Gustav Robert Kirchhoff (1824 – 1887)
- O termo corpo negro foi introduzido por Gustav Kirchhoff em 1860. A radiação de corpo negro também é chamada de radiação térmica, radiação de cavidade, radiação completa ou radiação de temperatura.
- Também contribuiu para a compreensão fundamental de circuitos elétricos e espectroscopia.



# Breve Histórico

James Clerk Maxwell

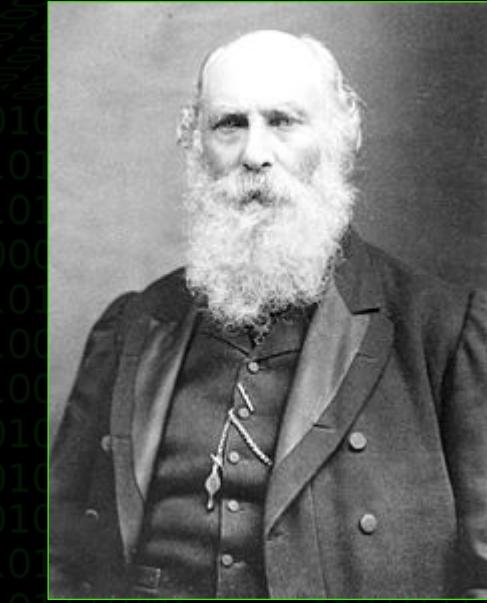
A TREATISE ON  
ELECTRICITY  
& MAGNETISM



## • James Clerk Maxwell (1831 – 1879)

- Entre 1855 e 1868, ele completa sua formulação das equações de campo do eletromagnetismo. Ele estabeleceu, entre muitas coisas, a conexão entre a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética e a velocidade da luz, e estabeleceu a compreensão teórica da luz.
- Uma Teoria Dinâmica do Campo Eletromagnético, formulando uma formulação eletrodinâmica de propagação de ondas utilizando técnicas Lagrangianas e Hamiltonianas, obtendo a possibilidade teórica de geração de radiação eletromagnética. (A derivação é independente das estruturas microscópicas que podem estar subjacentes a tais fenômenos.)
- A primeira edição do “*Treatise on Electricity and Magnetism*” de Maxwell é publicada.

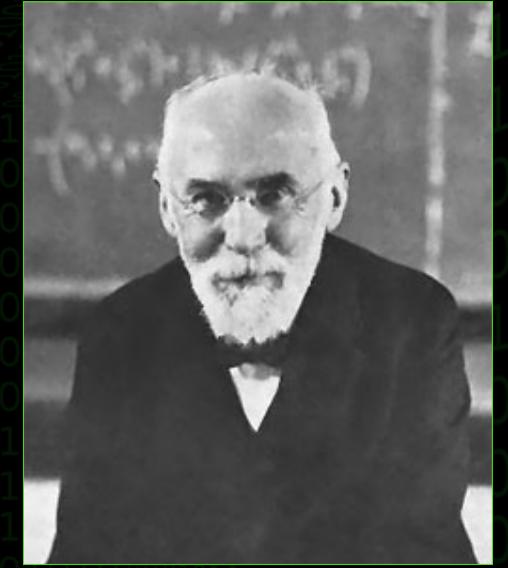
# Breve Histórico



- George Johnstone Stoney (1826 – 1911)
- Ele é mais famoso por introduzir o termo elétron como a "quantidade unitária fundamental de eletricidade".

# Breve Histórico

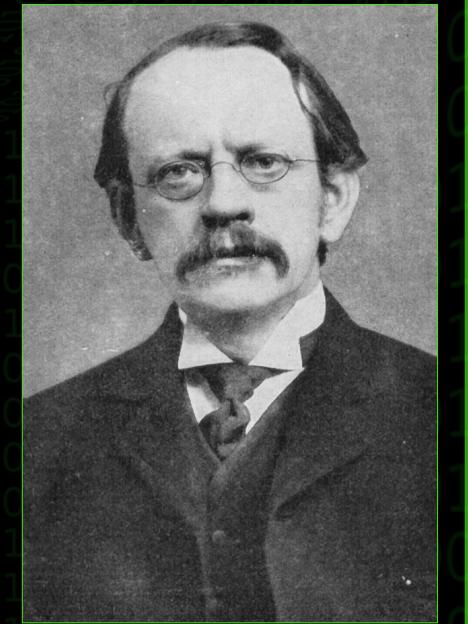
- Hendrik Antoon Lorentz (1853 – 1928)
- No ano de 1875, em sua tese de doutorado, deriva os fenômenos de reflexão e refração em termos da teoria de Maxwell.
- Entre 1892 e 1904, Lorentz completa a descrição da eletrodinâmica separando claramente a eletricidade e os campos eletrodinâmicos e formulando as equações para partículas carregadas em movimento.



# Breve Histórico

## • Joseph John Thomson (1856 – 1940)

- O artigo "*On the electric and magnetic effects produced by the motion of electrified bodies*" explora os efeitos iniciais devidos às correntes de deslocamento.
- Em 1897, Thomson determina experimentalmente a razão carga-massa,  $e/m$ , dos elétrons.

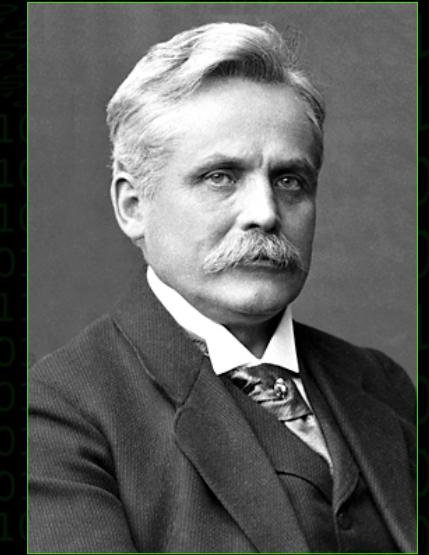


# Breve Histórico

- Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894)
  - No ano de 1884, desenvolve uma reformulação da eletrodinâmica e mostra que as teorias dele e de Helmholtz correspondem à teoria de Maxwell.
  - Em 1887, Hertz produz experimentalmente radiação eletromagnética com ondas de rádio na faixa dos GHz, descobrindo também o efeito fotoelétrico e prevendo que a gravitação também teria uma velocidade finita de propagação.
  - Hertz publica em 1890 suas memórias sobre eletrodinâmica, simplificando a forma das equações eletromagnéticas, substituindo todos os potenciais por intensidades de campo, e deduz as leis de Ohm, Kirchoff e Coulomb.



# Breve Histórico



- **Wilhelm C. W. Otto F. F. Wien (1864 – 1928)**
- Em 1896, teoricamente deriva a lei de distribuição de radiação.
- Descoberta de raios X e radiação de Becquerel.
- Descoberta do efeito Zeeman.

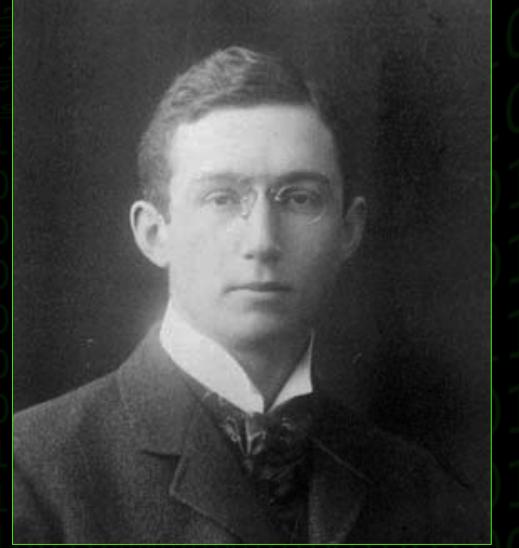
# Breve Histórico



- Jules Henri Poincaré (1854 – 1912)
- Em 1898, Poincaré sugere que uma teoria de medição completa deve formular uma noção de sincronização à distância e discutir sua relevância para a aparente constância da velocidade da luz.
- O artigo de Poincaré é publicado no ano de 1900 "*The theory of Lorentz and the principle of reaction*", mostrando que a radiação eletromagnética tem um momento proporcional ao vetor de Poynting de um campo, e que o momento de um corpo em recuo é  $vE/c^2$ .
- Em 1904, Poincaré usa sinais de luz como uma técnica funcional para estabelecer a sincronização à distância em aplicação à teoria do elétron de Lorentz, também apresentando a primeira formulação de um princípio da relatividade eletrodinâmica.

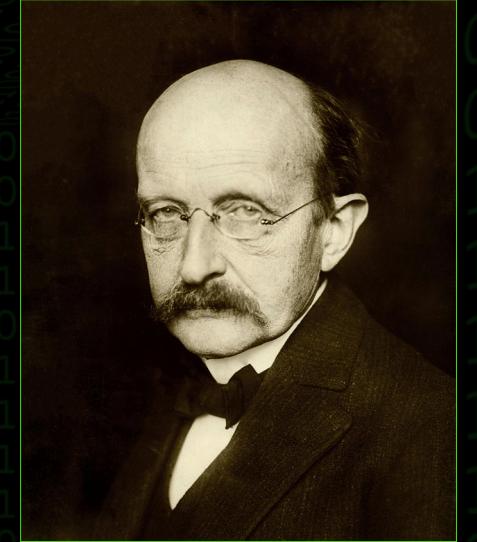
# Breve Histórico

- Max Abraham (1875 – 1922)
- Apresenta "The dynamics of electrons", também introduzindo o conceito de momento eletromagnético.
- Abraham desenvolveu sua teoria do elétron em 1902, na qual formulou a hipótese de que o elétron era uma esfera perfeita com uma carga dividida igualmente em torno de sua superfície.
- Ele tenta mostrar, entre outras coisas, a base eletromagnética da mecânica.

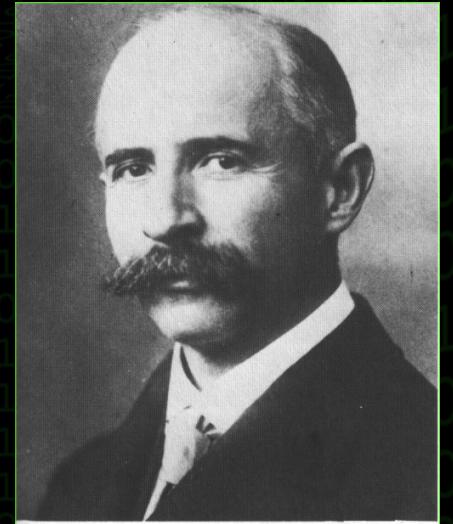


# Breve Histórico

- Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858 – 1947)
  - Estuda a radiação de corpos negros, deriva o espectro de radiação correto para corpos negros. Planck propõe a constante,  $h$  (constante de Planck), como um quantum de ação no espaço de fase.
  - Planck fornece uma derivação corrigida da relação massa-energia usando o momento de radiação de Poincaré.
  - Planck fez muitas contribuições à física teórica, mas sua fama como físico ocorre principalmente em seu papel como criador da teoria quântica, que revolucionou a compreensão humana dos processos atômicos e subatômicos.

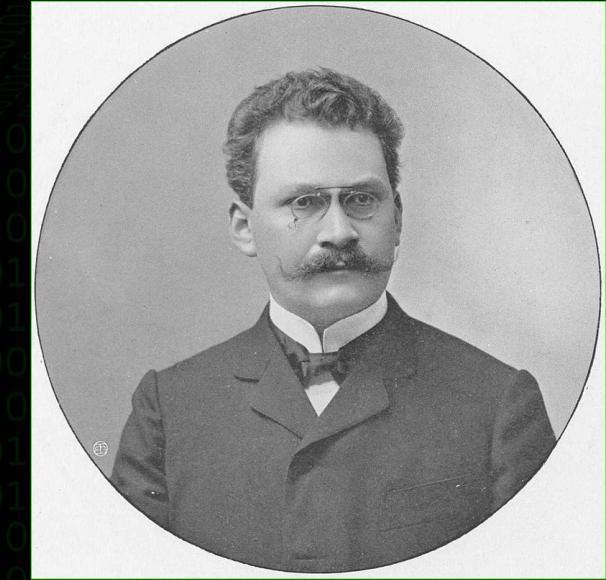


# Breve Histórico



- Walter Kaufmann (1871 – 1947)
- Realiza experimentos de deflexão de elétrons por campos elétricos e magnéticos e determina a razão  $e/m$ ; Em um segundo artigo, ele conclui que a massa de um elétron é de origem puramente eletromagnética.
- Ele é mais conhecido pela primeira prova experimental da dependência da massa em relação a velocidade, que foi uma contribuição importante para o desenvolvimento da física moderna, incluindo a relatividade especial.

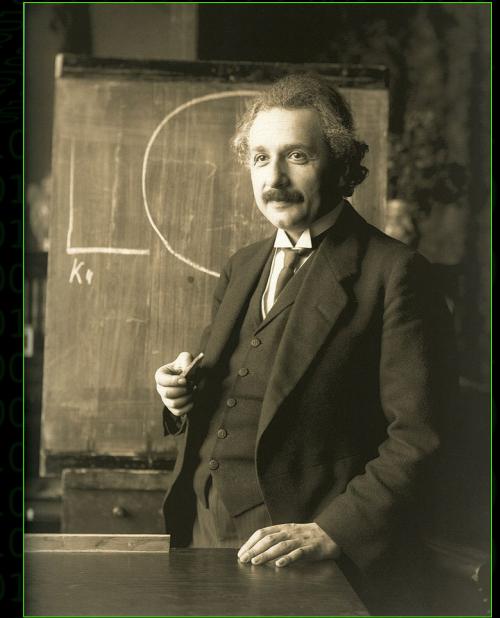
# Breve Histórico



- Hermann Minkowski (1864 – 1909)
- Por meio de considerações sobre as propriedades de grupo das equações da eletrodinâmica, reinterpreta a teoria da relatividade de Einstein como uma espécie de geometria do espaço-tempo, considerada como um meio único.

# Breve Histórico

- Albert Einstein (1879 – 1955)
  - Analisa os fenômenos do efeito fotoelétrico e teoriza que a luz pode ser considerada composta por grandes quantidades de pacotes de radiação eletromagnética em unidades discretas.
  - Em 1905, Einstein publica vários artigos desenhando as simetrias da teoria eletromagnética de Maxwell, Hertz e Lorentz, a conexão subjacente na teoria da medição e o estado do éter eletromagnético.



# Referências

- <http://history.hyperjeff.net/electromagnetism>
- <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies>
- Acessado nos dias 09-11 de Dezembro 2020.