

Tópicos da História da Física Clássica

Victor O. Rivelles

Instituto de Física da Universidade de São Paulo
Edifício Principal, Ala Central, sala 354
e-mail: rivelles@fma.if.usp.br
<http://www.fma.if.usp.br/~rivelles>

Primeiro Semestre de 2013

Resumo da História da Física

Grandes Períodos da Ciência

- Desde a antiguidade a humanidade procura compreender o comportamento da matéria e os mistérios do Universo.



Resumo da História da Física

Grandes Períodos da Ciência

- Desde a antiguidade a humanidade procura compreender o comportamento da matéria e os mistérios do Universo.
- Inicialmente essa compreensão era feita em termos dos desejos de deuses e posteriormente foram procuradas explicações naturais.



Resumo da História da Física

Grandes Períodos da Ciência

- Desde a antiguidade a humanidade procura compreender o comportamento da matéria e os mistérios do Universo.
- Inicialmente essa compreensão era feita em termos dos desejos de deuses e posteriormente foram procuradas explicações naturais.
- A revolução científica iniciou-se ao redor de 1600 com a física clássica.



Resumo da História da Física

Grandes Períodos da Ciência

- Desde a antiguidade a humanidade procura compreender o comportamento da matéria e os mistérios do Universo.
- Inicialmente essa compreensão era feita em termos dos desejos de deuses e posteriormente foram procuradas explicações naturais.
- A revolução científica iniciou-se ao redor de 1600 com a física clássica.
- A era moderna iniciou-se em 1900.



Resumo da História da Física

Grandes Períodos da Ciência

- Desde a antiguidade a humanidade procura compreender o comportamento da matéria e os mistérios do Universo.
- Inicialmente essa compreensão era feita em termos dos desejos de deuses e posteriormente foram procuradas explicações naturais.
- A revolução científica iniciou-se ao redor de 1600 com a física clássica.
- A era moderna iniciou-se em 1900.
- Vamos detalhar cada período.



Antiguidade

- Na antiguidade as teorias físicas eram baseadas em termos filosóficos e raramente eram verificadas através de testes experimentais sistemáticos.

Antiguidade

- Na antiguidade as teorias físicas eram baseadas em termos filosóficos e raramente eram verificadas através de testes experimentais sistemáticos.
- Em 2400 AC os hindus usavam conchas como compassos para medir ângulos entre estrelas.

Antiguidade

- Na antiguidade as teorias físicas eram baseadas em termos filosóficos e raramente eram verificadas através de testes experimentais sistemáticos.
- Em 2400 AC os hindus usavam conchas como compassos para medir ângulos entre estrelas.
- Em 1115 AC os chineses inventaram um carroça com um mecanismo que sempre apontava numa dada direção.



Antiguidade

- Na antiguidade as teorias físicas eram baseadas em termos filosóficos e raramente eram verificadas através de testes experimentais sistemáticos.
- Em 2400 AC os hindus usavam conchas como compassos para medir ângulos entre estrelas.
- Em 1115 AC os chineses inventaram um carroça com um mecanismo que sempre apontava numa dada direção.
- No século 3 AC os chineses descobriram uma versão da primeira lei de Newton: **O movimento cessa devido à uma força oposta ao movimento... Se não existe uma força oposta o movimento nunca cessará. Isto é tão verdadeiro quanto o fato de um boi ser diferente de um cavalo.**



Observatório Solar no Perú



Observatório Solar no Perú

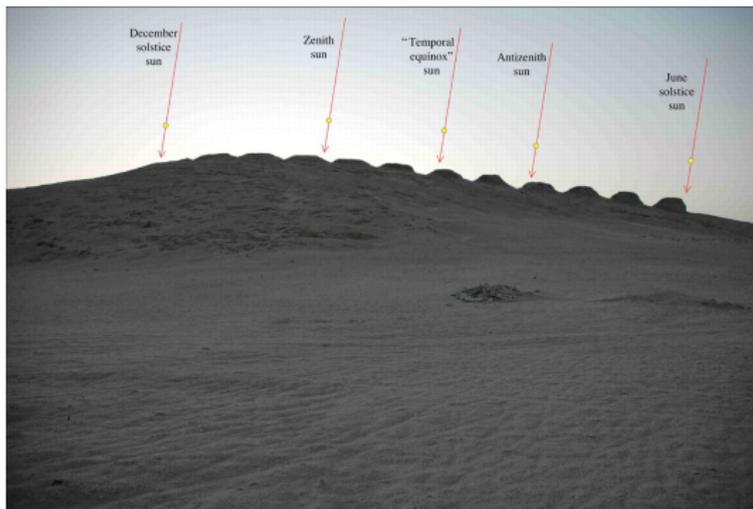


Colina das 13
Torres

Observatório Solar no Perú



Colina das 13
Torres



Grécia Antiga

- A Grécia antiga deu grandes contribuições.



Grécia Antiga

- A Grécia antiga deu grandes contribuições.
- Por não possuírem equipamento experimental adequado não era possível testar as teorias propostas.



Grécia Antiga

- A Grécia antiga deu grandes contribuições.
- Por não possuírem equipamento experimental adequado não era possível testar as teorias propostas.
- **Arquimedes** estudou a mecânica e a hidrostática.



Grécia Antiga

- A Grécia antiga deu grandes contribuições.
- Por não possuírem equipamento experimental adequado não era possível testar as teorias propostas.
- **Arquimedes** estudou a mecânica e a hidrostática.
- **Erastótenes** calculou a circunferência da Terra.



Grécia Antiga

- A Grécia antiga deu grandes contribuições.
- Por não possuírem equipamento experimental adequado não era possível testar as teorias propostas.
- **Arquimedes** estudou a mecânica e a hidrostática.
- **Erastótenes** calculou a circunferência da Terra.
- Os matemáticos gregos calculavam o volume de objetos dividindo-os em discos muito finos e somando o volume de cada disco: **cálculo integral primitivo**.



Grécia Antiga

- A Grécia antiga deu grandes contribuições.
- Por não possuírem equipamento experimental adequado não era possível testar as teorias propostas.
- **Arquimedes** estudou a mecânica e a hidrostática.
- **Erastótenes** calculou a circunferência da Terra.
- Os matemáticos gregos calculavam o volume de objetos dividindo-os em discos muito finos e somando o volume de cada disco: **cálculo integral primitivo**.
- O mecanismo de **Antikythera** mostrava que conheciam detalhadamente o movimento dos planetas.



Grécia Antiga

- A Grécia antiga deu grandes contribuições.
- Por não possuírem equipamento experimental adequado não era possível testar as teorias propostas.
- **Arquimedes** estudou a mecânica e a hidrostática.
- **Erastótenes** calculou a circunferência da Terra.
- Os matemáticos gregos calculavam o volume de objetos dividindo-os em discos muito finos e somando o volume de cada disco: **cálculo integral primitivo**.
- O mecanismo de **Antikythera** mostrava que conheciam detalhadamente o movimento dos planetas.
- Infelizmente estes sucessos eram contrapostos à tendência de aceitar as idéias de filósofos eminentes, sem questionar ou testar tais idéias.



Pérsia Antiga

- Durante o Império Romano a física não sofreu grandes desenvolvimentos. Após a queda do Império Romano a Europa entrou na Idade Média durante a qual quase toda atividade científica ficou estacionada.



Pérsia Antiga

- Durante o Império Romano a física não sofreu grandes desenvolvimentos. Após a queda do Império Romano a Europa entrou na Idade Média durante a qual quase toda atividade científica ficou estacionada.
- No Oriente Médio, por outro lado, os árabes desenvolveram a astronomia, a matemática e a alquimia.



Pérsia Antiga

- Durante o Império Romano a física não sofreu grandes desenvolvimentos. Após a queda do Império Romano a Europa entrou na Idade Média durante a qual quase toda atividade científica ficou estacionada.
- No Oriente Médio, por outro lado, os árabes desenvolveram a astronomia, a matemática e a alquimia.
- Escreveram vários textos sobre matemática, óptica, e anatomia, que foram importantes para a Renascença européia.



Pérsia Antiga

- Durante o Império Romano a física não sofreu grandes desenvolvimentos. Após a queda do Império Romano a Europa entrou na Idade Média durante a qual quase toda atividade científica ficou estacionada.
- No Oriente Médio, por outro lado, os árabes desenvolveram a astronomia, a matemática e a alquimia.
- Escreveram vários textos sobre matemática, óptica, e anatomia, que foram importantes para a Renascença europeia.
- Fizeram progressos significativos na metodologia científica chegando a aplicar o método científico em várias questões.



Europa Medieval

- No século 12 nasce a Universidade junto com a redescoberta dos filósofos antigos, através de contacto com os árabes durante as cruzadas.

Europa Medieval

- No século 12 nascia a Universidade junto com a redescoberta dos filósofos antigos, através de contacto com os árabes durante as cruzadas.
- No século 13 os precursores do método científico moderno enfatizavam o uso da matemática e o método empírico para compreender a Natureza.

Europa Medieval

- No século 12 nascia a Universidade junto com a redescoberta dos filósofos antigos, através de contacto com os árabes durante as cruzadas.
- No século 13 os precursores do método científico moderno enfatizavam o uso da matemática e o método empírico para compreender a Natureza.
- **Roger Bacon** fazia experimentos de óptica similar ao dos árabes e compilava o conhecimento científico da época. Pedia ao Papa para encorajar o estudo das ciências naturais nas universidades.

Europa Medieval

- No século 12 nascia a Universidade junto com a redescoberta dos filósofos antigos, através de contacto com os árabes durante as cruzadas.
- No século 13 os precursores do método científico moderno enfatizavam o uso da matemática e o método empírico para compreender a Natureza.
- **Roger Bacon** fazia experimentos de óptica similar ao dos árabes e compilava o conhecimento científico da época. Pedia ao Papa para encorajar o estudo das ciências naturais nas universidades.
- Mantinha anotações detalhadas de seus experimentos científicos de forma que outros pudessem reproduzi-los.

Europa Medieval

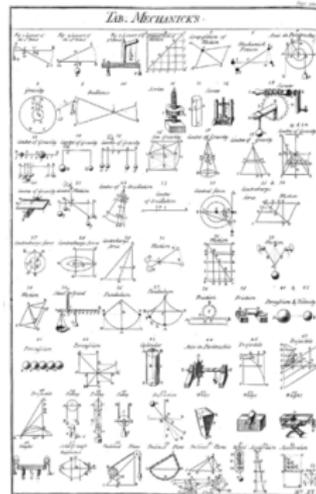
- No século 12 nascia a Universidade junto com a redescoberta dos filósofos antigos, através de contacto com os árabes durante as cruzadas.
- No século 13 os precursores do método científico moderno enfatizavam o uso da matemática e o método empírico para compreender a Natureza.
- **Roger Bacon** fazia experimentos de óptica similar ao dos árabes e compilava o conhecimento científico da época. Pedia ao Papa para encorajar o estudo das ciências naturais nas universidades.
- Mantinha anotações detalhadas de seus experimentos científicos de forma que outros pudessem reproduzi-los.
- No século 14 já se questionava Aristóteles. A peste negra, entretanto, causou um lapso no desenvolvimento em curso.

Europa Medieval

- No século 12 nascia a Universidade junto com a redescoberta dos filósofos antigos, através de contacto com os árabes durante as cruzadas.
- No século 13 os precursores do método científico moderno enfatizavam o uso da matemática e o método empírico para compreender a Natureza.
- **Roger Bacon** fazia experimentos de óptica similar ao dos árabes e compilava o conhecimento científico da época. Pedia ao Papa para encorajar o estudo das ciências naturais nas universidades.
- Mantinha anotações detalhadas de seus experimentos científicos de forma que outros pudessem reproduzi-los.
- No século 14 já se questionava Aristóteles. A peste negra, entretanto, causou um lapso no desenvolvimento em curso.
- No século 15 aconteceu o **Renascimento**. A redescoberta dos textos antigos foi impulsionado pelos sábios que procuravam asilo no Oeste após a queda de Constantinopla. A invenção da imprensa democratizou o acesso à informação e permitiu a propagação rápida de novas idéias.

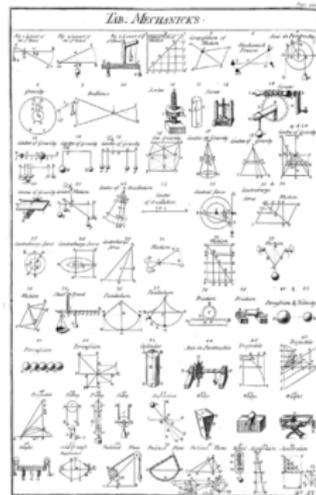
A Revolução Científica

- A Renascença trouxe a revolução científica com a redescoberta das antigas culturas gregas, indianas, chinesas e árabes.



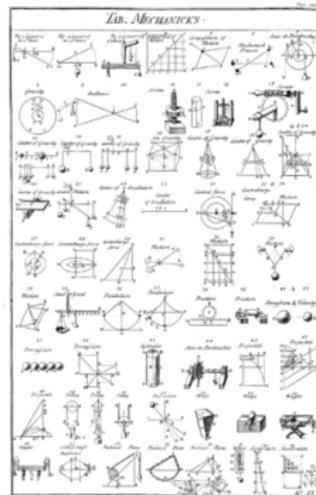
A Revolução Científica

- A Renascença trouxe a revolução científica com a redescoberta das antigas culturas gregas, indianas, chinesas e árabes.
- Foi iniciada com alguns poucos pesquisadores e continua até hoje.



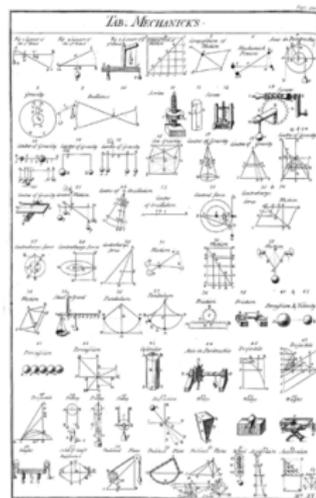
A Revolução Científica

- A Renascença trouxe a revolução científica com a redescoberta das antigas culturas gregas, indianas, chinesas e árabes.
- Foi iniciada com alguns poucos pesquisadores e continua até hoje.
- Iniciando com a astronomia, os princípios da filosofia natural cristalizaram-se nas leis da física, que foram enunciadas e aprimoradas nos séculos seguintes.



A Revolução Científica

- A Renascença trouxe a revolução científica com a redescoberta das antigas culturas gregas, indianas, chinesas e árabes.
- Foi iniciada com alguns poucos pesquisadores e continua até hoje.
- Iniciando com a astronomia, os princípios da filosofia natural cristalizaram-se nas leis da física, que foram enunciadas e aprimoradas nos séculos seguintes.
- No final do século 19 as ciências segmentaram-se em diversos ramos com pesquisadores cada vez mais especializados.



Século 16

- **Nicolau Copérnico** (540 anos em 2013 !)
reviveu o sistema heliocentrico.

Século 16

- **Nicolau Copérnico** (540 anos em 2013 !) reviveu o sistema heliocentrico.
- Muitos interpretavam seu trabalho como uma conveniência matemática para calcular a posição dos planetas, e não como uma explicação verdadeira das órbitas planetárias.



De
revolutionibus
orbium
coelestium

Século 16

- **Nicolau Copérnico** (540 anos em 2013 !) reviveu o sistema heliocentrico.
- Muitos interpretavam seu trabalho como uma conveniência matemática para calcular a posição dos planetas, e não como uma explicação verdadeira das órbitas planetárias.
- **William Gilbert** estudou o magnetismo. Concluiu que a Terra era um magneto explicando porque a agulha de uma bússola aponta sempre na mesma direção.



De
revolutionibus
orbium
coelestium



Século 17

- **Johannes Kepler**, utilizando dados astronômicos extremamente acurados de **Tycho Brahe**, descobre que a órbita dos planetas é **elíptica** com o Sol num dos focos.

Século 17

- **Johannes Kepler**, utilizando dados astronômicos extremamente acurados de **Tycho Brahe**, descobre que a órbita dos planetas é **elíptica** com o Sol num dos focos.
- Derrubou o dogma de **Ptolomeu**, de mais de um milênio, que afirmava que os movimentos celestes eram circulares.

Século 17

- **Johannes Kepler**, utilizando dados astronômicos extremamente acurados de **Tycho Brahe**, descobre que a órbita dos planetas é **elíptica** com o Sol num dos focos.
- Derrubou o dogma de **Ptolomeu**, de mais de um milênio, que afirmava que os movimentos celestes eram circulares.
- **Galileu Galilei** é o primeiro a usar os experimentos para validar as teorias físicas, dando início ao método científico utilizado até hoje.



Século 17

- **Johannes Kepler**, utilizando dados astronômicos extremamente acurados de **Tycho Brahe**, descobre que a órbita dos planetas é **elíptica** com o Sol num dos focos.
- Derrubou o dogma de **Ptolomeu**, de mais de um milênio, que afirmava que os movimentos celestes eram circulares.
- **Galileu Galilei** é o primeiro a usar os experimentos para validar as teorias físicas, dando início ao método científico utilizado até hoje.
- Descobriu as leis do movimento acelerado e das trajetórias parabólicas, e a relatividade do movimento não acelerado.

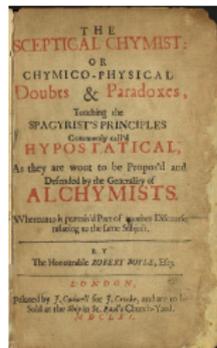


Século 17

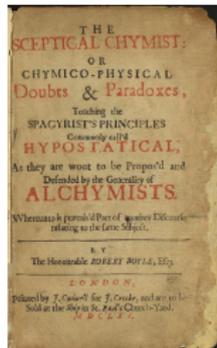
- **Johannes Kepler**, utilizando dados astronômicos extremamente acurados de **Tycho Brahe**, descobre que a órbita dos planetas é **elíptica** com o Sol num dos focos.
- Derrubou o dogma de **Ptolomeu**, de mais de um milênio, que afirmava que os movimentos celestes eram circulares.
- **Galileu Galilei** é o primeiro a usar os experimentos para validar as teorias físicas, dando início ao método científico utilizado até hoje.
- Descobriu as leis do movimento acelerado e das trajetórias parabólicas, e a relatividade do movimento não acelerado.
- **René Descartes** inventa a geometria analítica e descobre a lei da conservação do momento.
- **Isaac Newton** formula suas leis do movimento e a lei da gravitação.



- Robert Boyle, Thomas Young e outros desenvolvem a termodinâmica.

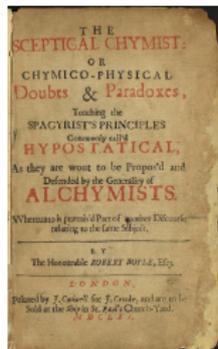


- **Robert Boyle, Thomas Young** e outros desenvolvem a termodinâmica.
- **Daniel Bernoulli** deriva resultados termodinâmicos através de argumentos estatísticos na mecânica clássica.



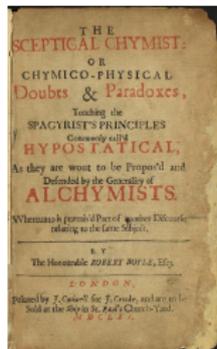
Século 18

- **Robert Boyle, Thomas Young** e outros desenvolvem a termodinâmica.
- **Daniel Bernoulli** deriva resultados termodinâmicos através de argumentos estatísticos na mecânica clássica.
- **Benjamin Franklin** investiga a natureza da eletricidade.



Século 18

- **Robert Boyle, Thomas Young** e outros desenvolvem a termodinâmica.
- **Daniel Bernoulli** deriva resultados termodinâmicos através de argumentos estatísticos na mecânica clássica.
- **Benjamin Franklin** investiga a natureza da eletricidade.
- **Joseph Louis Lagrange** elabora uma nova formulação da mecânica usando o cálculo das variações.



Século 19

- **Alessandro Volta** inventa a pilha elétrica abrindo caminho para as pesquisas na eletricidade e magnetismo.

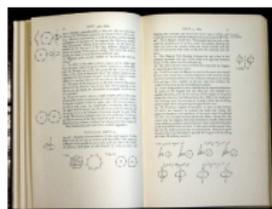
Século 19

- **Alessandro Volta** inventa a pilha elétrica abrindo caminho para as pesquisas na eletricidade e magnetismo.
- **Michael Faraday** demonstra que vários fenômenos são diferentes manifestações da eletricidade. Descobre o princípio da indução eletromagnética e abre caminho para o motor e o gerador elétrico.



Século 19

- **Alessandro Volta** inventa a pilha elétrica abrindo caminho para as pesquisas na eletricidade e magnetismo.
- **Michael Faraday** demonstra que vários fenômenos são diferentes manifestações da eletricidade. Descobre o princípio da indução eletromagnética e abre caminho para o motor e o gerador elétrico.
- **James Clerk Maxwell** unifica os fenômenos elétricos e magnéticos na teoria eletromagnética e mostra que a luz é uma onda eletromagnética.



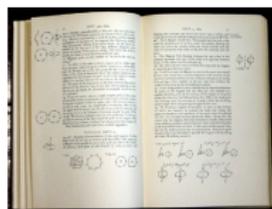
And God said

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$
$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$
$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$
$$\nabla \times \mathbf{H} - \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} = \mathbf{J}$$

And there was light.

Século 19

- **Alessandro Volta** inventa a pilha elétrica abrindo caminho para as pesquisas na eletricidade e magnetismo.
- **Michael Faraday** demonstra que vários fenômenos são diferentes manifestações da eletricidade. Descobre o princípio da indução eletromagnética e abre caminho para o motor e o gerador elétrico.
- **James Clerk Maxwell** unifica os fenômenos elétricos e magnéticos na teoria eletromagnética e mostra que a luz é uma onda eletromagnética.
- **James Prescott Joule** anuncia a lei da conservação da energia na forma de calor e energia mecânica.



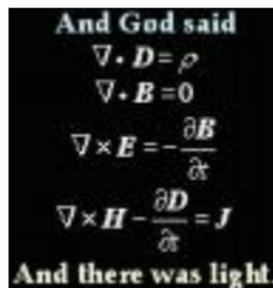
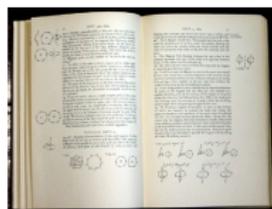
And God said

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$
$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$
$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$
$$\nabla \times \mathbf{H} - \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} = \mathbf{J}$$

And there was light.

Século 19

- **Alessandro Volta** inventa a pilha elétrica abrindo caminho para as pesquisas na eletricidade e magnetismo.
- **Michael Faraday** demonstra que vários fenômenos são diferentes manifestações da eletricidade. Descobre o princípio da indução eletromagnética e abre caminho para o motor e o gerador elétrico.
- **James Clerk Maxwell** unifica os fenômenos elétricos e magnéticos na teoria eletromagnética e mostra que a luz é uma onda eletromagnética.
- **James Prescott Joule** anuncia a lei da conservação da energia na forma de calor e energia mecânica.
- **Ludwig Boltzmann** apresenta a interpretação estatística da entropia.



$$S = k \log \Omega$$

Século 19 (cont)

- **William Rowan Hamiltonian** apresenta uma nova formulação para a mecânica clássica que, um século depois, será essencial para a formulação da mecânica quântica.

Século 19 (cont)

- **William Rowan Hamiltonian** apresenta uma nova formulação para a mecânica clássica que, um século depois, será essencial para a formulação da mecânica quântica.
- **Albert Abraham Michelson** e **Edwin Morley** fazem o experimento para detectar o movimento da Terra através do éter.



Século 19 (cont)

- **William Rowan Hamiltonian** apresenta uma nova formulação para a mecânica clássica que, um século depois, será essencial para a formulação da mecânica quântica.
- **Albert Abraham Michelson** e **Edwin Morley** fazem o experimento para detectar o movimento da Terra através do éter.
- **Wilhem Conrad Röntgen** descobre que os raios-X são uma forma de radiação eletromagnética de alta frequência.



Século 19 (cont)

- **William Rowan Hamiltonian** apresenta uma nova formulação para a mecânica clássica que, um século depois, será essencial para a formulação da mecânica quântica.
- **Albert Abraham Michelson** e **Edwin Morley** fazem o experimento para detectar o movimento da Terra através do éter.
- **Wilhem Conrad Röntgen** descobre que os raios-X são uma forma de radiação eletromagnética de alta frequência.
- **Henri Becquerel** descobre a radioatividade dando origem à física nuclear.



Século 19 (cont)

- **William Rowan Hamiltonian** apresenta uma nova formulação para a mecânica clássica que, um século depois, será essencial para a formulação da mecânica quântica.
- **Albert Abraham Michelson** e **Edwin Morley** fazem o experimento para detectar o movimento da Terra através do éter.
- **Wilhem Conrad Röntgen** descobre que os raios-X são uma forma de radiação eletromagnética de alta frequência.
- **Henri Becquerel** descobre a radioatividade dando origem à física nuclear.
- **J. J. Thompson**, estudando os raios catódicos, descobre que eles são formados por corpúsculos carregados negativamente, os **elétrons**.

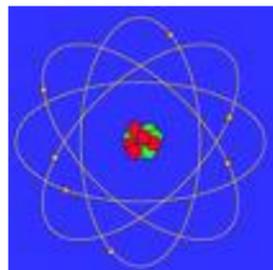


Século 20

- Os átomos haviam sido propostos por Dalton em 1808 e em 1904 Thomson propõem o primeiro modelo do átomo: o modelo do pudim de ameixas.

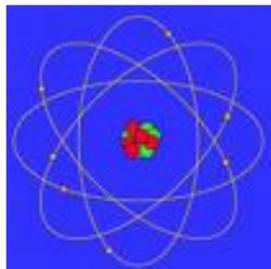
Século 20

- Os átomos haviam sido propostos por **Dalton** em 1808 e em 1904 **Thomson** propõem o primeiro modelo do átomo: o modelo do pudim de ameixas.
- **Ernst Rutherford** descobre o núcleo atômico.



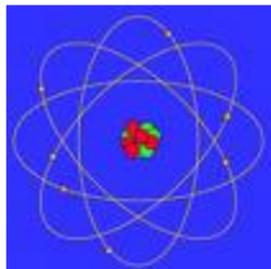
Século 20

- Os átomos haviam sido propostos por **Dalton** em 1808 e em 1904 **Thomson** propõem o primeiro modelo do átomo: o modelo do pudim de ameixas.
- **Ernst Rutherford** descobre o núcleo atômico.
- **Niels Bohr** propõem um modelo quântico para o átomo.



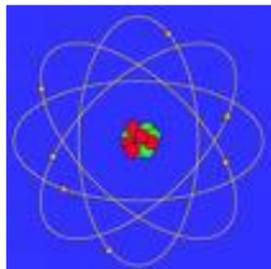
Século 20

- Os átomos haviam sido propostos por **Dalton** em 1808 e em 1904 **Thomson** propõem o primeiro modelo do átomo: o modelo do pudim de ameixas.
- **Ernst Rutherford** descobre o núcleo atômico.
- **Niels Bohr** propõem um modelo quântico para o átomo.
- **W. H. Bragg and W. L. Bragg** descobrem o arranjo cristalino da matéria usando a difração de raios-X.



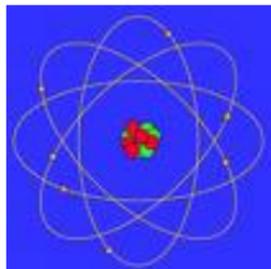
Século 20

- Os átomos haviam sido propostos por **Dalton** em 1808 e em 1904 **Thomson** propõem o primeiro modelo do átomo: o modelo do pudim de ameixas.
- **Ernst Rutherford** descobre o núcleo atômico.
- **Niels Bohr** propõem um modelo quântico para o átomo.
- **W. H. Bragg and W. L. Bragg** descobrem o arranjo cristalino da matéria usando a difração de raios-X.
- **Albert Einstein** descobre a teoria da relatividade restrita e da relatividade geral.



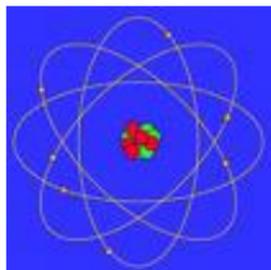
Século 20

- Os átomos haviam sido propostos por **Dalton** em 1808 e em 1904 **Thomson** propõem o primeiro modelo do átomo: o modelo do pudim de ameixas.
- **Ernst Rutherford** descobre o núcleo atômico.
- **Niels Bohr** propõem um modelo quântico para o átomo.
- **W. H. Bragg and W. L. Bragg** descobrem o arranjo cristalino da matéria usando a difração de raios-X.
- **Albert Einstein** descobre a teoria da relatividade restrita e da relatividade geral.
- **Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr** e muitos outros desenvolvem a teoria quântica.



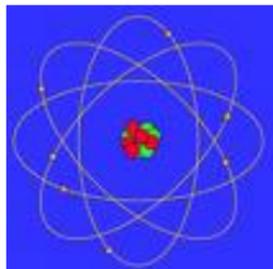
Século 20

- Os átomos haviam sido propostos por **Dalton** em 1808 e em 1904 **Thomson** propõem o primeiro modelo do átomo: o modelo do pudim de ameixas.
- **Ernst Rutherford** descobre o núcleo atômico.
- **Niels Bohr** propõem um modelo quântico para o átomo.
- **W. H. Bragg and W. L. Bragg** descobrem o arranjo cristalino da matéria usando a difração de raios-X.
- **Albert Einstein** descobre a teoria da relatividade restrita e da relatividade geral.
- **Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr** e muitos outros desenvolvem a teoria quântica.
- **Wolfgang Pauli** introduz a noção de férmions e o princípio da exclusão.



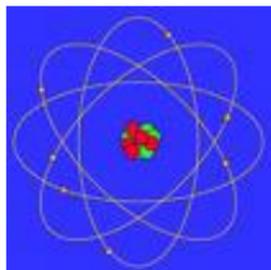
Século 20

- Os átomos haviam sido propostos por **Dalton** em 1808 e em 1904 **Thomson** propõem o primeiro modelo do átomo: o modelo do pudim de ameixas.
- **Ernst Rutherford** descobre o núcleo atômico.
- **Niels Bohr** propõem um modelo quântico para o átomo.
- **W. H. Bragg and W. L. Bragg** descobrem o arranjo cristalino da matéria usando a difração de raios-X.
- **Albert Einstein** descobre a teoria da relatividade restrita e da relatividade geral.
- **Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr** e muitos outros desenvolvem a teoria quântica.
- **Wolfgang Pauli** introduz a noção de férmions e o princípio da exclusão.
- **Erwin Schrödinger** propõem a forma ondulatória da mecânica quântica.



Século 20

- Os átomos haviam sido propostos por **Dalton** em 1808 e em 1904 **Thomson** propõem o primeiro modelo do átomo: o modelo do pudim de ameixas.
- **Ernst Rutherford** descobre o núcleo atômico.
- **Niels Bohr** propõem um modelo quântico para o átomo.
- **W. H. Bragg and W. L. Bragg** descobrem o arranjo cristalino da matéria usando a difração de raios-X.
- **Albert Einstein** descobre a teoria da relatividade restrita e da relatividade geral.
- **Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr** e muitos outros desenvolvem a teoria quântica.
- **Wolfgang Pauli** introduz a noção de férmions e o princípio da exclusão.
- **Erwin Schrödinger** propõem a forma ondulatória da mecânica quântica.
- **Werner Heisenberg** propõem a forma matricial.

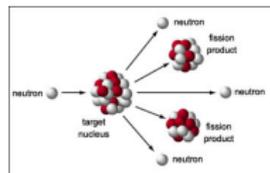
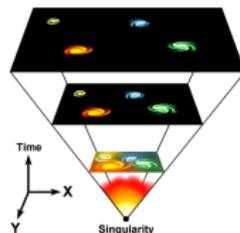


Século 20 (cont)

- **Felix Block** apresenta uma descrição quântica para os elétrons numa estrutura cristalina e dá origem à física da matéria condensada.

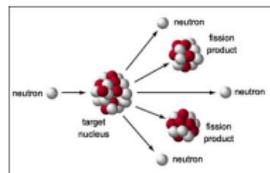
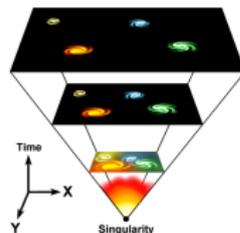
Século 20 (cont)

- **Felix Bloch** apresenta uma descrição quântica para os elétrons numa estrutura cristalina e dá origem à física da matéria condensada.
- **Edwin Hubble** descobre que o Universo está em expansão e George Gamow propõem o Big Bang.
- **Enrico Fermi, Otto Hahn e Lise Meitner** descobrem a fissão nuclear e **Fermi e Szilárd** produzem a primeira reação nuclear em cadeia.
- **Ernest O. Lawrence** constroi o primeiro acelerador de partículas, o ciclotron, dando origem ao que é chamado de *big science*, com aceleradores cada vez maiores, como o CERN na Suíça.



Século 20 (cont)

- **Felix Bloch** apresenta uma descrição quântica para os elétrons numa estrutura cristalina e dá origem à física da matéria condensada.
- **Edwin Hubble** descobre que o Universo está em expansão e **George Gamow** propõem o Big Bang.
- **Enrico Fermi, Otto Hahn e Lise Meitner** descobrem a fissão nuclear e **Fermi e Szilárd** produzem a primeira reação nuclear em cadeia.
- **Ernest O. Lawrence** constroi o primeiro acelerador de partículas, o ciclotron, dando origem ao que é chamado de *big science*, com aceleradores cada vez maiores, como o CERN na Suíça.
- Outra *big science* é o estudo do plasma para produção comercial de energia



Século 20 (cont)

- **William Shockley, Walter Brattain e John Bardeen** constroem o primeiro transistor, revolucionando a eletrônica.



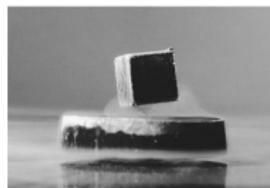
Século 20 (cont)

- **William Shockley, Walter Brattain e John Bardeen** constroem o primeiro transistor, revolucionando a eletrônica.
- A descoberta da ressonância nuclear magnética como ferramenta para o estudo da estrutura das moléculas leva à construção dos aparelhos de ressonância magnética para a medicina.



Século 20 (cont)

- **William Shockley, Walter Brattain e John Bardeen** constroem o primeiro transistor, revolucionando a eletrônica.
- A descoberta da ressonância nuclear magnética como ferramenta para o estudo da estrutura das moléculas leva à construção dos aparelhos de ressonância magnética para a medicina.
- **Kamerlingh Onnes** descobre a supercondutividade à baixíssimas temperaturas que é explicada por **Bardden, Cooper e Schrieffer**. Supercondutores de alta temperatura são descobertos.

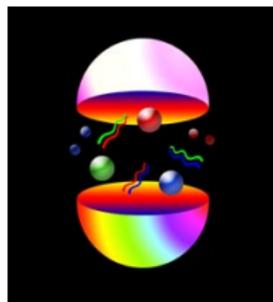


Século 20 (cont)

- Richard Feynman, Julian Schwinger, Sin-Itiro Tomonaga e Freeman Dyson formulam a teoria quântica de campos, dando um tratamento relativístico para a mecânica quântica iniciada por Paul Adrian Maurice Dirac.

Século 20 (cont)

- **Richard Feynman, Julian Schwinger, Sin-Itiro Tomonaga e Freeman Dyson** formulam a teoria quântica de campos, dando um tratamento relativístico para a mecânica quântica iniciada por **Paul Adrian Maurice Dirac**.
- **Yang Chen Ning e Robert Mills** desenvolvem uma teoria quântica de campos que é a base do modelo padrão das partículas elementares.



Século 20 (cont)

- Tentativas de unificar a mecânica quântica com a relatividade geral levam à teoria de cordas, à gravitação quântica de laços e à termodinâmica dos buracos negros, todos prevendo uma estrutura quantizada para o espaço-tempo na escala de Planck.

Século 20 (cont)

- Tentativas de unificar a mecânica quântica com a relatividade geral levam à teoria de cordas, à gravitação quântica de laços e à termodinâmica dos buracos negros, todos prevendo uma estrutura quantizada para o espaço-tempo na escala de Planck.
- Outras áreas de grande interesse: fenômenos críticos, caos, termodinâmica fora do equilíbrio, nanotecnologia, automatos celulares, princípio antrópico, ...



Século 20 (cont)

- Tentativas de unificar a mecânica quântica com a relatividade geral levam à teoria de cordas, à gravitação quântica de laços e à termodinâmica dos buracos negros, todos prevendo uma estrutura quantizada para o espaço-tempo na escala de Planck.
- Outras áreas de grande interesse: fenômenos críticos, caos, termodinâmica fora do equilíbrio, nanotecnologia, automatos celulares, princípio antrópico, ...

Referência:

Wikipedia, The Free Encyclopedia

http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page

