

*Instituto de Física
USP*

Física V - Aula 02

Professora: Mazé Bechara

Ler para conhecer é preciso

1. Material na Xerox do IFUSP:

(1) o capítulo 1 do livro do Feynman: “Física em seis lições”.

(2) Cap. 1 do livro do Max Born

2. INSCREVA-SE NA PÁGINA DA DISCIPLINA no Moodle-Stoa: informações sobre a disciplina e material didático disponível.

3. O Tec 1 já está na página da disciplina.

4. Leia **urgentemente o artigo de Michel Paty sobre o determinismo na física – na página da disciplina.**

4 – Situe-se no conhecimento anterior: Grandes Áreas da Física Clássica

Mecânica Clássica

Movimento de **partículas** com **massa**.

Dimensões das partículas:
 $d > 10^{-10}$ m

Velocidades $< c = 3 \cdot 10^8$ m/s

NEWTON ~ 1650

Euler, Lagrange, Hamilton
Séc. XIV

Termodinâmica

Leis empíricas -
comportamento gases

Mecânica Estatística Clássica

Visão mecanicista da
matéria

Maxwell
Boltzmann } SécXIX

Eletrodinâmica Clássica

Cargas estáticas e
em movimento

Ondas Eletromagnéticas
luz e QEM

Maxwell ~ 1865

Ondas Mecânicas

Meio material

Errata: Luz é OEM
(onda eletromagnética)

Errata: Euler, Lagrange e
Hamilton: Séc. XIX (não XIV!)

Fenômenos de Física sem explicação pela física clássica no início do Século XX

1. **As Leis da Eletrodinâmica de Maxwell** explicavam muitos fenômenos **mas as equações não tinham a mesma forma para dois referenciais inerciais, segundo a transformação do espaço tempo absolutos, violando o princípio de relatividade.** *Este fato deu origem à relatividade de Einstein.*
2. **A Radiação de corpo negro**, ou seja, a intensidade da radiação em função do comprimento de onda emitidos por cavidades em sólidos a uma dada temperatura **não eram reproduzidas pelo Eletromagnetismo e Mecânica Estatística Clássica.** *Deu origem à 1ª quantização na Física, devida à Planck: quantização da energia das oscilações na matéria.*
3. **Alguns resultados** do efeito fotoelétrico em metais, ou seja, a emissão de elétrons por incidência de luz ou radiação ultravioleta em metais, **contrariavam previsões do eletromagnetismo de Maxwell.** *Deu origem à proposta de Einstein de quantização da energia eletromagnética e natureza dual da radiação eletromagnética - os fótons.*
4. **A radiação emitida ou absorvida por vapor de hidrogênio e de outros elementos mostrava espectro de linhas**, ou seja, **apenas alguns comprimentos de onda eram emitidos e absorvidos. Impossível** de se descrever **pela Física Clássica.** *Deu origem aos modelos atômicos com quantização de grandezas físicas de partículas.*

Fenômenos de Física sem explicação pela física clássica no início do Século XX

1. **As Leis da Eletrodinâmica de Maxwell** explicavam muitos fenômenos **mas as equações não tinham a mesma forma para dois referenciais inerciais, segundo a transformação do espaço tempo absolutos, violando o princípio de relatividade.** *Este fato deu origem à relatividade de Einstein.*
2. **A Radiação de corpo negro**, ou seja, a intensidade da radiação em função do comprimento de onda emitidos por cavidades em sólidos a uma dada temperatura **não eram reproduzidas pelo Eletromagnetismo e Mecânica Estatística Clássica.** *Deu origem à 1ª quantização na Física, devida à Planck: quantização da energia das oscilações na matéria.*
3. **Alguns resultados** do efeito fotoelétrico em metais, ou seja, a emissão de elétrons por incidência de luz ou radiação ultravioleta em metais, **contrariavam previsões do eletromagnetismo de Maxwell.** *Deu origem à proposta de Einstein de quantização da energia eletromagnética e natureza dual da radiação eletromagnética - os fótons.*
4. **A radiação emitida ou absorvida por vapor de hidrogênio e de outros elementos mostrava espectro de linhas**, ou seja, **apenas alguns comprimentos de onda eram emitidos e absorvidos. Impossível** de se descrever **pela Física Clássica.** *Deu origem aos modelos atômicos com quantização de grandezas físicas de partículas.*

Aula 02 – A Física no contexto cultural e seu contexto atual no IFUSP . Concepções da Física Clássica. Sua representação qualitativa da matéria

- 1. Relação Ciência, Filosofia, Sociedade e as revoluções científicas**, em particular, a que possibilitou a Física Quântica. **As áreas atuais na Física. O IFUSP e as áreas da Física.**
- 2. As grandes sínteses da Física Clássica *que serão descartadas ou modificadas na Física Quântica* (ATENÇÃO –REOLHANDO O QUE SE PENSA APREENDIDO!)**
 - i. O determinismo.**
 - ii. A natureza corpuscular OU a natureza ondulatória.**
- 3. A Relatividade especial e as mudanças conceituais em relação à Física clássica** – os conceitos de espaço-tempo; massa-energia.

“No Universo da Cultura o Centro está em toda a parte”

frase atribuído a Miguel Reali() (jurista, filósofo, professor da USP)*

- *foi secretário da justiça do Estado de São Paulo em duas oportunidades;*
- *Duas vezes reitor da USP;*
- *Fundou o [Instituto Brasileiro de Filosofia](#) e foi seu diretor;*
- *assessor técnico de comissões jurídicas dos governos Costa e Silva (ditador) - participou da elaboração do **ato institucional nº 1 de 1967**;*
- *Assessor jurídico de comissão do governo FHC (presidente), que elaborou o código civil em vigor (2003).*

ninguém é perfeito!



Ciência e Sociedade – Física também é cultura!

- **O início da ciência moderna – 1ª revolução científica.**

Galileu (1564-1642) e Newton (1642 – 1727)

No caldo da Renascença (mundo da cultura) e auge das navegações europeias (tecnologia e poder!)

2ª Revolução Científica: nascimento da Física Quântica

Planck (1900), Einstein (1905), de Broglie (1924) e Schroedinger e Heisenberg (1925)

No caldo (rescaldo?) das mudanças culturais: Manifesto comunista (1848): trabalhos de Marx e Engels; Impressionismo nas artes: Monet, Renoir, Degas...; Inovação na literatura inglesa: Oscar Wilde, Bernard Show...; Introdução da psicanálise: Freud; E da nova tecnologia: telégrafo e radio: Padre Landell de Moura/Marconi

Início do Século XXI. Aqui e agora!

- **3ª Revolução Científica???** **Ciência multi, inter e transdisciplinar, ciência/tecnologia/inação imbricadas... a era da interatividade dos meios de comunicação...**

Ciência, Tecnologia e Sociedade

- **Início do século XX – a introdução da Física Quântica**

Ciência em alta: cientistas valorizados pelos poderes governamentais e imprensa.

Tecnologia para o “povo”: Automóvel – Ford 1890; Aviões (esqueceram Santos Dumont) – 1903; rádio – **Padre Landell de Moura(*) o brasileiro que inventou o rádio**; Eletricidade – Edson; Telefone – Bell.

(*) No ano de 1900, registrou a patente n.º 3.279 sobre seu aparelho apropriado à transmissão da palavra à distância, com ou sem fios, através do espaço, da terra e da água.

- **Início do Século XXI - o momento presente**

Ciência e tecnologia em alta: cientistas valorizados pelas empresas multinacionais de tecnologia, pela mídia (seja lá o que isso for!), no **discurso** nossos e dos governantes .

Tecnologia na vida do “povo”: computadores, Internet, alimentação, exames/procedimentos médicos...

Áreas da Física no início do século XXI - *situe-se!*

- **Áreas (quase disciplinares) experimentais e teóricas:**
Física atômica, física molecular, plasma, física nuclear, física hadrônica, partículas elementares, astrofísica, cosmologia, física dos materiais, nanofísica, cristalografia, óptica quântica, teoria de campos, mecânica estatística...
- **Áreas multidisciplinares (experimentais e teóricas):**
Física médica, biofísica, biofísica molecular, oceanografia, ciências dos materiais, nanociências...

No IFUSP há pesquisa em (quase) todas elas.

Todas as áreas são decorrentes da Física Quântica.

Se forme bem para participar ativamente da aventura do conhecimento científico a partir de hoje e no futuro!

Tópico I – Estrutura da matéria no contexto da física clássica - tempo previsto ~7 aulas

- **I.1. REVISÃO ESTENDIDA: Concepções da Física Clássica: determinismo e características dos movimentos de partículas e de ondas.**
- **I.2. REVISÃO ESTENDIDA: Modelo mecânicos de matéria gasosa, sólida e líquida:** os constituintes, seus movimentos e interações na mecânica clássica. O princípio da equipartição de energia e a interpretação da temperatura e da energia interna termodinâmica em termos de energias dos constituintes da matéria. Os valores experimentais dos calores específicos molares a volume constante de gases e sólidos e os valores dos modelos cinéticos simples..
- **I.3 Bases da mecânica estatística clássica de Maxwell-Boltzmann:**
 - O conceito matemático de distribuições.
 - Hipóteses básicas da mecânica estatística clássica e a distribuição geral de Boltzmann no espaço das configurações para um sistema qualquer de N constituintes no equilíbrio termodinâmico.
 - Distribuições de velocidades, de módulo de velocidades e de energia cinética dos constituintes da matéria gasosa, sólida ou líquida a partir do teorema de Boltzmann. Concepções e cálculos de valores estatisticamente relevantes das grandezas físicas: mais prováveis, menos prováveis e valores médios.
 - A equipartição da energia a partir da distribuição geral de Boltzmann. Os sólidos condutores no modelo de Drude. O calor específico molar a volume constante de sólidos condutores e não condutores na previsão da Mecânica estatística clássica e nas medidas experimentais.

Tópico I: A estrutura da matéria no contexto da Física Clássica - (re)visão

Objetivos específicos do tópico:

- 1. Repensar, para compreender,** algumas concepções da física clássica, em particular **o determinismo, o que caracteriza um movimento de ondas e de partículas e os modelos mecânicos (cinéticos) da estrutura da matéria, no contexto da física clássica** e sua relação com as grandezas termodinâmicas, em particular a temperatura e a energia interna.
- 2. Para além das disciplinas anteriores obrigatórias:** As Bases da mecânica estatística clássica de Boltzmann e suas aplicações nos modelos simplificados de matéria.

Tópico I: A estrutura da matéria no contexto da Física Clássica (revisão)

- 3. Aspecto importante quando se trata da “intimidade” da matéria:** uso de modelos (descrevem poucos sistemas) e de teorias (se aplicam a ampla gama de sistemas/situações) físicas de validade mais **geral sem observação direta do que se propõe.**

Portanto a **Física criada nos séculos XX e XXI exige** que se trabalhe com **abstrações e inferências lógicas para construir a realidade física revelada em complexos e indiretos experimentos científicos.**

Concepções da Física Clássica

Física é feita de Idéias!

***O que vocês entendem por
DETERMINISMO nas ciências
naturais? E na Física
Clássica?***

Determinismo segundo Poincaré

“Inerente às ciências naturais!”

“ *A ciência é determinística: ela o é a priori: ela postula o determinismo, porque ela não poderia existir sem ele. Ela o é também a posteriori: se ela começou por postulá-la como uma condição indispensável de sua existência, ela o demonstra a seguir precisamente por existir, e cada uma dessas conquistas é uma vitória do determinismo*”

Na citação e tradução do livro “Dernières pensées” de Poincaré (1913) cap. 8, por Michel Paty(*)

- (*) Michel Paty “ A noção de determinismo na física e seus limites”. Artigo no endereço eletrônico abaixo:
<http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0C DQQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.revistas.usp.br%2Fss%2Farticle%2Fdownload%2F11019%2F12787&ei=R5wSUdHVG5Dm8QTLj4GoCg&usg=AFQjCNEYkyPXszWa BA-IVlzTzymn-JOCqw&bvm=bv.41934586,d.eWU> .

Determinismo da Física Clássica

Não fuja das concepções!

- 1. Determinismo na Mecânica Clássica:** É hipótese de partida que é possível conhecer, em qualquer instante t , com precisão ilimitada (teórica), todas as grandezas do movimento de uma partícula material: vetor posição, velocidade, força, energias cinética e potencial de interação. Portanto, a trajetória também é determinável (com precisão ilimitada teoricamente). Só há incertezas experimentais que podem, em princípio, ser sempre diminuídas.
- 2. Partículas materiais obedecem às leis de Newton** para todos os referenciais inerciais (velocidades muito menores do que a da luz). **Esta lei admite de partida o determinismo da dinâmica da partícula material.**
- 3. Determinismo na energia dos movimentos das partículas:** Tanto a energia de movimento (**energia cinética** - que depende da massa e velocidade), como as energias de interação (**energias potenciais**, que dependem das forças) podem ser determinados com precisão teórica ilimitada em qualquer instante.

Concepções na Física Clássica

1.0 que caracteriza partículas e seus movimentos na Física Clássica?

2. O que caracteriza ondas na Física Clássica?

3. Há algo que tenha a natureza de partícula e onda na Física Clássica?

Partículas e Ondas na Física Clássica

Física é feita de concepções!

1. Características de partícula:

- são materiais (tem massa);
- obedecem as leis de Newton;
- são impenetráveis em nível macroscópico, ou seja, duas delas não podem ter o mesmo vetor posição em um dado instante.
- Têm energia de movimento (cinética) e potencial de interação.

2. Ondas mecânicas: também há na dinâmica de partículas em um meio flexível outro tipo de movimento com energia: a onda mecânica. A energia da onda não está relacionada com a energia cinética ou potencial. É um movimento de natureza diferente.

3. Características dos movimentos ondulatórios: são representadas por funções de onda que dependem da posição e do instante. Nas ondas mecânicas (som, água, fluidos em geral, cordas, molas, e qualquer outro material flexível) as funções de ondas são escalares que obedecem equações típicas – as equações de ondas.

Partículas e Ondas na Física Clássica

- 4. Ondas eletromagnéticas:** carregam energia no espaço tempo mesmo no vácuo. Diferentemente das ondas mecânicas não precisam de matéria para se propagar, **São representadas por funções de ondas vetoriais (os campos elétricos e magnéticos que dependem do espaço e do tempo).**
- 5. As funções de todas as ondas, mecânicas ou eletromagnéticas, obedecem ao princípio de superposição (equações lineares), e em decorrência apresentam fenômenos de interferência. Alguns destes fenômenos apresentam padrões de interferência, com regiões do espaço com intensidade alta e outras com intensidade nula, como a difração. Padrões de interferência são a assinatura da natureza ondulatória de um fenômeno.**
- 6. No contexto da física clássica: *o que não é partícula material, ou onda gerada por matéria em um meio material flexível, é onda eletromagnética (OEM).***

RESUMO DA ÓPERA: OU É ONDA, OU É PARTÍCULA - NADA É AS DUAS COISAS!

Relatividade Restrita – Einstein (1905)

1. Quais as concepções da relatividade restrita que mudam concepções da Física Clássica.

2. Ela é uma teoria determinística? Por que?

Relatividade Restrita – Einstein (2005)

(determinística)

- 1. Espaço-tempo:** ente físico de quatro dimensões. O tempo deixa de ser absoluto e as transformações do espaço-tempo entre referenciais inerciais são as de Lorentz. **Valem as leis de Newton.**
- 2. As partículas materiais tem velocidade limite:** sempre menores que a da luz no vácuo (3×10^8 m/s).
- 3. A velocidade da luz é constante** para todos os referenciais inerciais.
- 4. Massa – energia: Uma grandeza física ($E=mc^2$). Existem os usuais conceitos de energia cinética, total e potencial, com a novidade da energia de repouso. A massa, forma de energia, depende da velocidade para partículas materiais. A teoria inclui a possibilidade de massa de repouso nula.**
- 5. A mecânica relativística coincide com a de Newton quando $v \ll c$!**
(A Mecânica Relativística é mais geral que a Clássica porque vale para qualquer valor de velocidade. As duas "se correspondem" quando as partículas se movimentam com $v \ll c$).

ARRISQUE-SE!

- 1. A Mecânica Clássica vale para um sistema de muitas partículas?**
- 2. Há sistemas físicos relevantes que são conjuntos de muitas partículas? Cite exemplos.**
- 3. Como a Física Clássica trata quantitativamente destes sistemas?**

4.

- **ARRISQUEM-SE!!!**

Como **vocês** representariam de forma comparativa a matéria gasosa, líquida e sólida, “por dentro”, ou seja, seus constituintes, sua distribuição espacial (estática) e seus movimentos (dinâmica)?