

Instituto de Física
USP

Física V - Aula 02

Professora: Mazé Bechara

Leituras para o conhecimento

1. Leitura para iniciar o semestre:

- o artigo de Michel Paty sobre o determinismo na física (na página da disciplina) **itens 1 a 3.**
- **Cap 1 do Livro do Thornton & Rex.**

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

3. Material na Xerox do IFUSP:

- (1) o capítulo 1 do livro do Feynman: “Física em seis lições” (tema que se inicia na aula 4)
- (2) Cap. 1 do livro do Max Born (para o Tópico I).

AVISOS

1. Sessões de monitoria:

Quintas-feiras das 18 às 19h na Sala 206 da "ala" Central do Edifício Principal.

2. Atendimento individual ou em pequenos grupos pela professora

Sextas-feiras das 18 às 19h na 217 do Edifício Oscaar Sala (também conhecido como Ed. do Pelletron).

**1. DÚVIDAS SOBRE
INFORMAÇÕES GERAIS DA
DISCIPLINA?**

**2. Comentários sobre a
Apresentação da Aula 1?**

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

- 1. Situando-se no mundo da Cultura: Relação Ciência, Filosofia, Sociedade e as revoluções científicas, em particular, a que possibilitou a Física Quântica.**
- 2. Situando-se da Física: As áreas atuais na Física. O IFUSP e as áreas da Física.**
- 3. Grandes sínteses da Física Clássica (ATENÇÃO –REOLHANDO O QUE SE PENSA APREENDIDO!) que serão modificadas na física quântica:**
 - 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(1910-2006) (jurista, filósofo, professor da USP e reitor por duas vezes)

Foi secretário da justiça do Estado de São Paulo em duas oportunidades;

• *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 – linha do tempo.

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

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***

- ***Aqui e agora! Início do Século XXI.***

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

A Física moderna e a Contemporânea

- **Início do século XX – 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 com base 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 Maxwell-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 na Física?***

Determinismo da Física Clássica

Não fuja das concepções!

- 1. Determinismo no ponto de partida da Mecânica Clássica:** é possível conhecer, em qualquer instante t , com precisão ilimitada (teórica), o vetor posição em qualquer instante. E por consequência, sua derivada no tempo, a velocidade, e portanto, o produto da velocidade pela massa, o momento linear. E assim a trajetória também pode ser determinada com precisão ilimitada teoricamente. **Só há incertezas experimentais que podem, em princípio, ser sempre diminuídas.**
- 2. Determinismo na dinâmica dada pela 2ª lei de Newton,** válida para todos os referenciais inerciais, quando as velocidades são muito menores do que a da luz. **Esta lei é uma equação diferencial de 2ª ordem: dada a força, se chega no vetor posição, por solução da equação diferencial, que só precisa de duas condições iniciais, como por exemplo, na posição e velocidade.**

Determinismo da Física Clássica

Não fuja das concepções!

- 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, e a energia mecânica, soma de ambas, também pode ser conhecida a cada instante com precisão ilimitada. **Só há incertezas experimentais que podem, em princípio, ser sempre diminuídas.**

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);
- são impenetráveis em nível macroscópico, ou seja, duas delas não podem ter o mesmo vetor posição em um dado instante;
- obedecem as leis de Newton;
- Têm energia de movimento (cinética) e energia 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 no contexto da Física Clássica!

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)

- 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 ($E = \gamma m_0 c^2$). Existem os usuais conceitos de energia cinética, total e potencial, com a novidade da energia de repouso. A massa é uma forma de energia. Alguns pensam que γ é um fator maior do que 1 que se multiplica na reação energia-massa (de repouso); outros preferem interpretar que $\gamma m_0 = m(v)$ é a massa dependente da velocidade das partículas materiais ($m_0 \neq 0$). A teoria inclui a possibilidade de massa de repouso nula (os fótons, a serem tratados no tópico II).
- 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 coincidem, ou se preferir, "se correspondem" quando as partículas se movimentam com $v \ll c$).

Relatividade Restrita – Einstein (2005) *(determinística)*

- 1. Valem as leis de Newton – de partida determinísticas.**
- 2. O momento linear** é massa vezes velocidade, com massa variável com a velocidade, ou se preferir, com massa de repouso vezes um fator que depende da velocidade.
- 3. A partir das leis de Newton se pode determinar, com precisão infinita, posição-momento linear da partícula, e também sua energia em cada instante, todos com precisão teórica ilimitada.**

Questão: ARRISQUE-SE!

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

- **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)?