

*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 ( $3 \times 10^8$  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  $\gamma$  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)?