

Instituto de Física
USP

Física V - 4300311

Professora: Mazé Bechara

Aula 01

- **1 – Apresentação dos Protagonistas**
 - (a) Alunos
 - (b) Monitores
 - (c) Professora

- **2 – Apresentação da disciplina:**
 - (a) Objetivos gerais;
 - (b) Objetivos específicos;
 - (c) Processo e Atividades para atingir os objetivos;
 - (d) Normas na disciplina (para atingir os objetivos acadêmicos).

Aula 01

- **3 - O conteúdo da disciplina:**
 - (a) A ementa geral do Júpiter;
 - (b) Os quatro tópicos – estes definem o enfoque e profundidade.

- **4 - O contexto histórico e conceitual da Física Clássica no qual surge a Física Quântica:**
 - (a) As grandes áreas da Física Clássica e algumas questões não bem descritas por elas.

1. Apresentação dos Alunos

(a) Quais as expectativas em relação à disciplina?

(b) O que pensam ser o conteúdo da disciplina?

(c) Como se sentem preparados em termos dos pré-requisitos em Física?

(d) Como se sentem em relação aos pré-requisitos em matemática?

(e) Que relevância imaginam tenha a disciplina em sua formação?

(f) Outros comentários.

1 – Apresentação da Professora

1. Mazé (Maria José) Bechara: bragantina, ensino médio em escola pública, graduação no Departamento de Física da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da USP (extinta em 1970), pós-graduação, mestrado e doutorado no IFUSP, pós-doutorado no MIT, USA, professora(*) do IFUSP desde sua fundação: 1970!

() Professor é quem tendo conhecimentos os compartilha por acreditar na capacidade dos seus alunos em apreender tais conhecimentos!*

2. Sala 117 do Ed. Oscar Sala. Ramal: 917050 ou 916942; e-mail: bechara@if.usp.br.

3. E vocês querem saber mais? O que?

2 – Uma forma de comunicação na Disciplina

- **Página no Moodle Stoa**
- *material didático, artigos para leitura, informações via forum...*

Inscreva-se urgentemente

Material didático já disponível na página:

- 1. Informações gerais sobre a disciplina**
- 2. Guia de trabalho ao Tópico I**
3. Artigo de Michel Paty – “A noção de determinismo na física e seus limites”.
4. Artigo do Boltzmann – “*Acerca da mecânica Estatística*” – *ler clássicos é indispensável*

2 – *Objetivos da Disciplina*

(a) Objetivo Geral:

Incorporar conhecimentos básicos – conceituais e quantitativos – de física quântica.

Para isso é imprescindível **clarear as concepções e aspectos gerais dos tratamentos quantitativos** da Física Clássica, **e de seus limites de validade.**

(b) Objetivos Específicos:

- **Aprender o conteúdo específico da disciplina**
- **Desenvolver método de trabalho em ciências, se preparando para atingir nível universitário na área;**
- **Desenvolver postura profissional/ética para o exercício profissional/cidadão daqui para o futuro.**

2 – *Visão da Física na Disciplina*

1. Foco da disciplina: no entendimento dos fenômenos e das novas concepções sobre o universo físico para a compreensão dos fenômenos. (Inclui quantificação na linguagem matemática).

2. É bom ter em mente: a indispensável instrumentalização na linguagem matemática não leva automaticamente à compreensão das concepções físicas e nem mesmo dos resultados quantitativos .

3. Fenômenos em ciências naturais no Planeta Terra são sempre apreendidos na observação da natureza, utilizando o método científico experimental.

2 – *Processo visando atingir os objetivos*

○ **Aulas Dialogadas: *Indispensável***

E diálogos dependem sempre de DUAS PARTES!

Sala: 206 da “ala” Central do Ed. Principal

Horário: segundas-feiras: 10h às 12h

terças-feiras: 14h às 16h

quintas-feiras: 14h às 16h

2 – Critérios da Disciplina

1. A presença às aulas **é indispensável** – pouquíssimos alunos são efetivamente autodidatas.
2. A frequência será dada pela assinatura do estudante nas listas de presença. **Só devem assinar** os estudantes efetivamente presentes e participantes em pelo menos 70% de cada aula, como exige a nossa irrepreensível ética. Haverá nisto um **pacto de confiança** e **AUTENTICIDADE DE TODOS**, que **esperamos sejam mantidos até o final do semestre.**
3. Os alunos que provarem seu autodidatismo com **média superior a 5,0** nas provas **E** nos **Trabalhos Extra Classe (TECs)** terão aproximações em suas presenças finais.

2 – Atendimento da Professora fora das Aulas

- **Horários reservados para atendimentos dos alunos da disciplina fora das aulas :**
 1. **A ser estabelecido com os alunos na 1ª semana. Visa esclarecimentos de *dúvidas das aulas anteriores e discussão de outras questões.***
- ***Observação importante: a professora pode ser procurada em outros horários em sua sala de trabalho no IFUSP (Sala 117 do Ed. Oscar Sala – ramal 7050).***

Não se inibam! Estas consultas podem lhes ser úteis!

2 – Sessões de Monitoria

- **O que é:** trabalho dos estudantes sob orientação de monitor;
- **Motivação:** situações físicas propostas nos TECs e guias.
- **Quando:** a ser combinado com monitores na 1ª semana de aula.

A participação nas sessões de monitoria é voluntária, mas é fortemente recomendada a TODOS.

2 – Sobre o trabalho dos monitores

Os monitores estão aptos a esclarecer dúvidas e discutir questões de Física Quântica, principalmente as propostas nos TECs e "Guias de Trabalho".

Esta colaboração não substitui a responsabilidade da professora no esclarecimento das dúvidas dos estudantes.

Experimente, tente, a monitoria pode ser diferente!

2 – *Trabalhos Extra-Classe* (TECs)

- **Visam contribuir na organização e no ritmo de estudo dos alunos;**
- **Questões de relevância, tanto em termos de aprofundamento conceitual dos temas;**
- **Farão Parte da Avaliação.**

2 – Apresentação da Disciplina

Atenção: a redação dos TECs deve ser incontestavelmente individual. Serão anulados os trabalhos **cujas redações não foram individuais**, no julgamento criterioso dos monitores e/ou professora.

Cada TEC terá o seu peso relativo aos demais definido quando apresentado aos estudantes.

2 – Material didático

- **Guias de Trabalho:**

A disciplina terá **"Guias de Trabalho"** para cada um dos tópicos.

Os *Guias* conterão:

- Apresentação do tópico e de seus objetivos específicos;
- a listagem detalhada dos temas;
- referências específicas ao tópico;
- questões para serem trabalhadas pelos estudantes.

Visando sempre o aprendizado das concepções e dos procedimentos técnicos para se chegar a resultados quantitativos com efetiva compreensão.

Use os guias como ponto de partida ***para construir a sua forma própria de trabalhar para conhecer.***

2 – Avaliação na Disciplina

(d) Provas Individuais

- **Quatro provas.**
- **A última delas abrangerá todo o conteúdo da disciplina e é obrigatória a todos os estudantes.**
- *Ela é uma oportunidade aos estudantes revisitarem o conteúdo da disciplina de forma articulada, compreendendo a evolução das idéias de quantização na Física.*

Datas: 1ª Prova: 02 de abril (terça-feira)

2ª Prova: 14 de maio (terça-feira)

3ª Prova: 18 de junho (terça-feira)

Prova Final Obrigatória: 25 de junho (terça-feira)

Local das provas: Aud. A. de Moraes

2. Critério de Avaliação na disciplina

- nota(1ª avaliação) ≥ 5 e frequência REAL $\geq 70\%$

- nota (primeira avaliação) = $0,85 \frac{p_i + p_j + p_o}{3} + 0,15 \langle TECs \rangle$

- p_i e p_j são as duas melhores notas entre as três primeiras provas;
- p_o é a nota da prova final obrigatória.
- $\langle TECs \rangle =$ média nas notas dos TECs.

2 – Observações sobre as provas

1. O **atraso máximo** permitido nos **dias de prova** é de **dez minutos. Por favor, não insista em entrar** após esse prazo. É nosso entendimento que o compromisso com o horário ***faz parte da formação profissional.***

2. A **contestação** da correção e/ou da nota de **cada prova e de cada TEC** só poderá ser feita **até uma semana depois de entregue aos estudantes.** *É responsabilidade do aluno estar atento a esta entrega.*

Razão: A correção das provas e TECs é uma forma de promover o aprendizado, e a nota não deve ser motivo de barganha entre aluno e professor ou monitor por ocasião do final do semestre.

2 – Outros critérios da Disciplina

4. Para ter direito à 2ª avaliação, com **prova de recuperação**, o aluno deve ter **nota maior ou igual a 3,0 na primeira avaliação, e 70% ou mais de efetiva presença às aulas.**
5. A nota da **segunda avaliação** é a **média ponderada da nota da primeira avaliação (peso 1) e da nota da prova de recuperação (peso 2).**

$$\text{nota}(2^{\text{a}} \text{ avaliação}) = \frac{2 \times \text{prova de recuperação} + \text{nota}(1^{\text{a}} \text{ avaliação})}{3}$$

2 – Bibliografia da Disciplina

Livros textos (alternativos): *a leitura de pelo menos um deles é indispensável. Seja protagonista. A escolha é sua!*

1. Física quântica - Eisberg e Resnick. Há vários exemplares na biblioteca e o texto é em português. Este é um livro um tanto antigo, mas ainda é bom para essa disciplina, principalmente para os tópicos 1 a 3. Ele **não tem o tópico 1** de forma conveniente;

2. Notas de aulas do Prof. Roberto Ribas (IFUSP), no seguinte endereço na Internet :

<http://www.dfn.if.usp.br/~ribas/arquivos.html>

Um bom texto em português e acessível a todos. **Não contém a parte final do tópico IV.**

2 – *Bibliografia da Disciplina*

3. ***Modern Physics for Scientists and Engineers* - Stephen. T. Thornton e Andrew Rex (T-Rex) (copyright 2000).** A abordagem deste texto é concisa, mas em geral substantiva. Ele aborda praticamente todos os assuntos da Física do século XX. Há exemplares na biblioteca.
4. ***Modern Physics* - Serway, Moses e Moyer (copyright 2000).** É um texto equivalente ao do T-Rex. Há uma edição que inclui disquete com questões/simulações muito interessantes. Há exemplares na biblioteca.
5. ***Introduction to Atomic Physics* - Enge, Wehr e Richards.** Este texto também é conciso e substantivo, mas é um texto antigo. A biblioteca tem vários exemplares.

2 – *Bibliografia da Disciplina*

- **Outras Referências**

1. ***Física Moderna* - Paul A. Tipler e Ralph A. Llewellyn**; terceira edição - traduzido para o português pela editora LTC. Este texto é um tanto resumido demais, dificultando o entendimento de alguns tópicos. É bom como uma segunda leitura que resume o essencial, ou para consulta após um estudo mais extensivo.
2. ***FÍSICA MODERNA – Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos* – Francisco Caruso e Vitor Oguri**; Editora Campus (2006). Este texto é muito interessante no que concerne à ligação entre a visão clássica e a quântica, com muitas referências dos trabalhos originais. Vale a pena consultá-lo com frequência.

3 – O que vocês pensam ser o conteúdo da disciplina?

3 – Tema Central da Ementa

Os componentes do universo físico: a radiação eletromagnética (*) e a matéria (**) têm caráter dual : têm natureza de onda e de partícula. São onda - partícula! Mas as duas naturezas são complementares - não se revelam em um mesmo fenômeno ou observação.

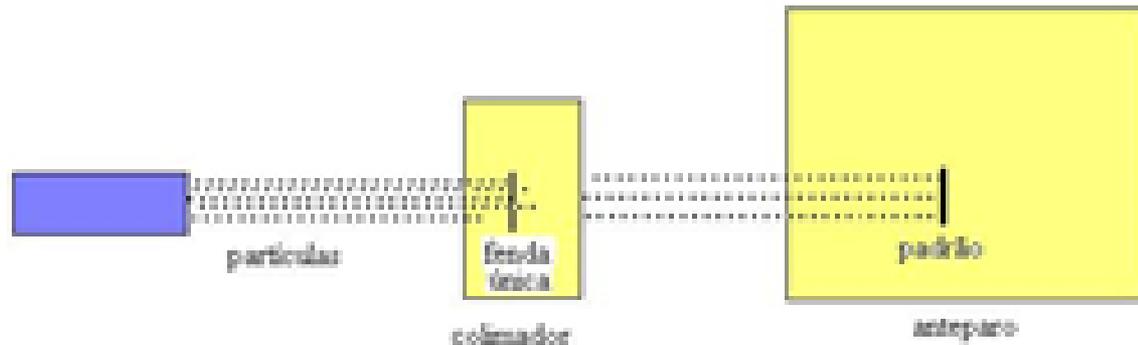
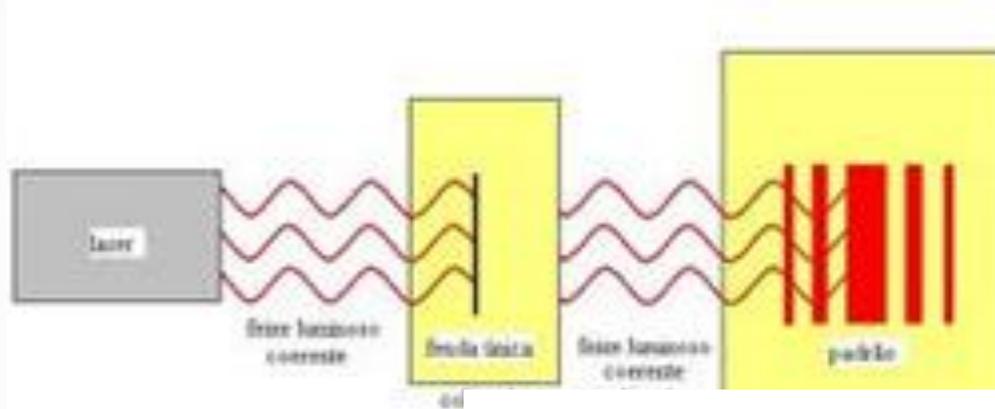
(*) você conhece por onda eletromagnética

(**) constituída de partículas com massa e carga

3 – *Caráter dual: onda-partícula*

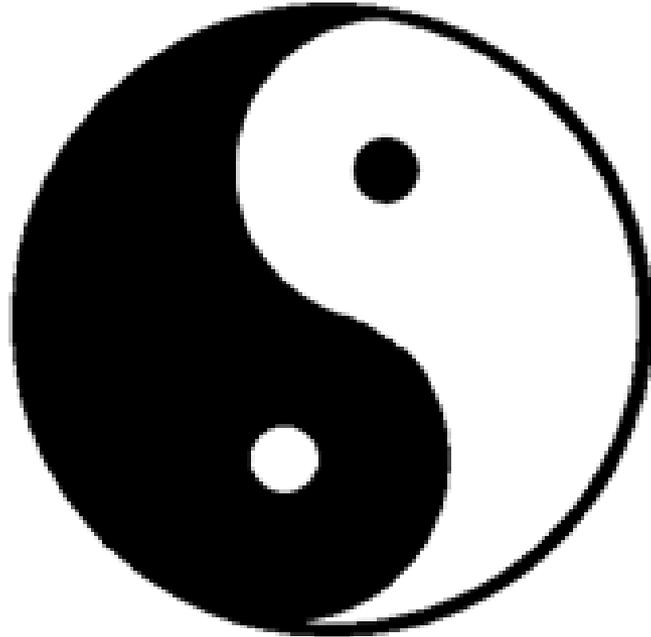
i. Na Física (Clássica) **ou é onda ou é partícula**

Representação de **um feixe de onda eletromagnética** (comprimento de onda da ordem da abertura da fenda) e outro de **partículas observado em um anteparo** (longe) depois de passar por uma fenda.



3 – Caráter dual fora da Física

- ii. Representação de um “ente” dual fora do contexto científico mostrando um “caráter dual” (perfeitamente “normal”!) – ***Não será tratado na disciplina, apesar de ser capa do primeiro documento!!!***



3 - Conteúdo de Física V

(a) A ementa - Como consta no Júpiter:

- **Evidências para uma descrição atômica da matéria. Teoria cinética dos gases. Distribuição de Boltzmann da energia. Evidências experimentais para a quantização da radiação eletromagnética: o problema do corpo negro, calor específico dos sólidos, efeito fotoelétrico, efeito Compton, produção e aniquilação do par elétron-pósitron. O modelo de Rutherford e o problema da estabilidade dos átomos, o modelo de Bohr. A dualidade onda-partícula no caso da radiação eletromagnética. Difração de raios-X e de elétrons. A hipótese de de Broglie e a dualidade partícula-onda. Pacotes de onda, velocidade de grupo e relações de incerteza. A equação de Schroedinger unidimensional dependente do tempo. Discussão de algumas soluções estacionárias da equação de Schroedinger com potenciais unidimensionais. A equação de Schroedinger em três dimensões. Partícula da caixa cúbica. Degenerescência. A equação de Schroedinger para potenciais centrais e átomo de hidrogênio na mecânica quântica.**

3 – Conteúdo de Física V nesta apresentação da disciplina

I. Estrutura da matéria no contexto da física clássica.

tempo previsto: ~ **07 aulas** (de 100 minutos)

II. Fenômenos físicos e o caráter dual da radiação eletromagnética: onda-partícula – os fótons.

tempo previsto: ~ **10 aulas**

III. Modelos atômicos, as primeiras “regras” de quantização e o caráter dual da matéria: partícula-onda.

i. Modelos atômicos e as primeiras regras de quantização

ii. O caráter dual da matéria: partícula-onda

tempo previsto: ~ **11 aulas**

IV. A mecânica quântica (ondulatória) de Schroedinger.

tempo previsto: ~ **14 aulas**

Quais são as grandes Áreas da Física Clássica?

Do que tratam?

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.*

Física Quântica

Tópico I

Tópico II

Tópico III

Relatividade Restrita

Einstein - 1905
 $m = 0$ $m \neq 0$

Mudança do espaço-tempo
Velocidade da luz: limite e invariante

Quantização da massa e carga

Quantização da radiação eletromagnética

Ondas eletromagnéticas tem caráter corpuscular ($m=0$)

Planck e Einstein

Modelo Atômico

Quantizações nos átomos e nas radiações por eles emitidas

Tópico III

Caráter dual da Matéria

de Broglie - 1924

Mecânica Quântica

Schrödinger + Heisenberg (1925)

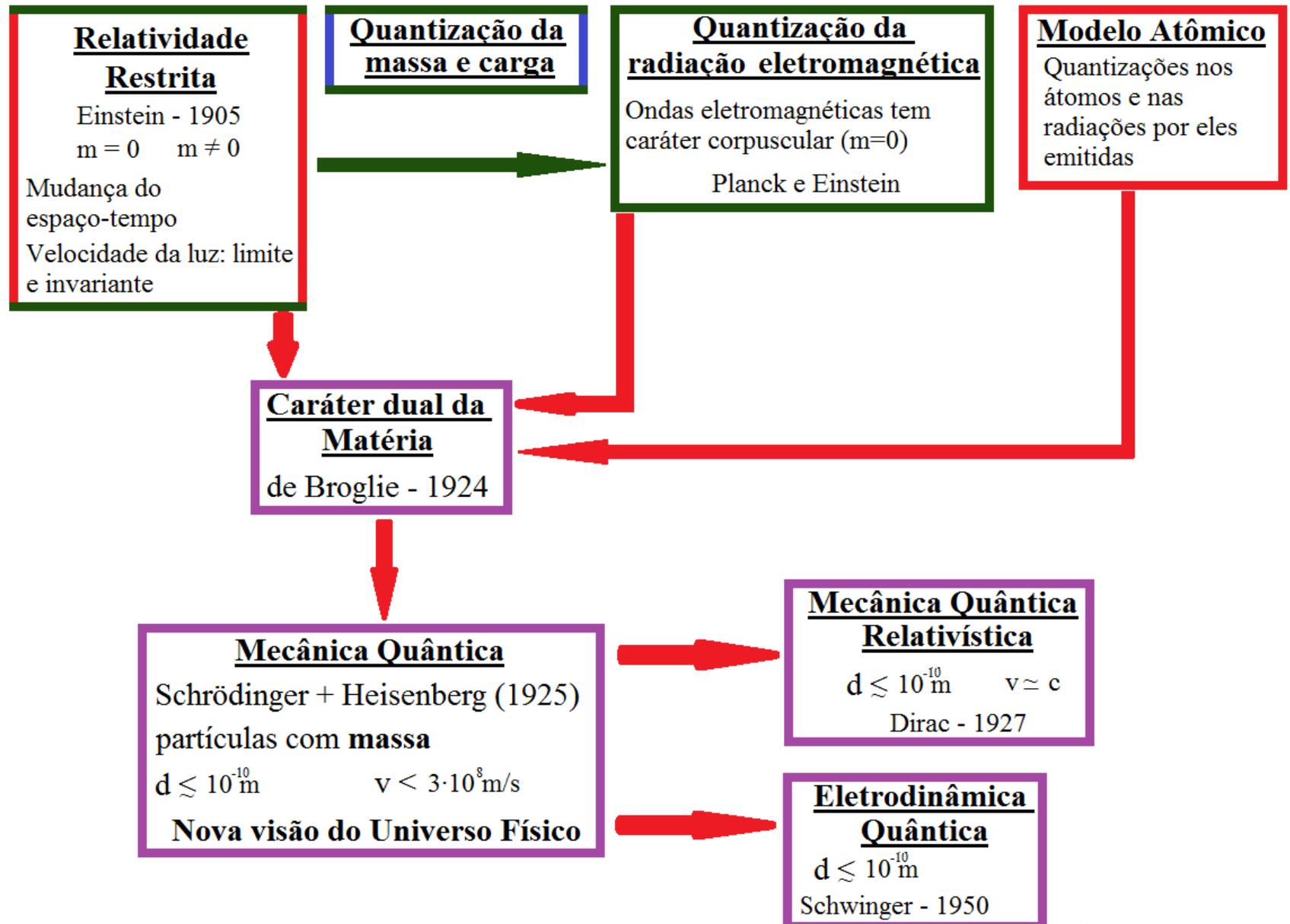
partículas com massa

$d \lesssim 10^{-10} \text{ m}$ $v < 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Nova visão do Universo Físico

Tópico IV

Física Quântica



*O processo de qualquer
aprendizado...*

O que é o que é...



*Não é um cachorro...mas
uma representação dele...*

*Cada parte só faz sentido
no todo...que é construído
a partir das partes...*

Processo de todo aprendido

- *Focar em uma parte para aprofundar, compreender seu sentido no todo no qual ele está inserido, e assim sucessivamente...*
- *O caminho é o mesmo para se apropriar de qualquer conhecimento humano: espírito aberto e crítico e um real envolvimento na busca deste conhecimento.*

• COMPROMISSO