

# CURSO - TÓPICOS EM HISTÓRIA DA FÍSICA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Instituto de Física - UFRJ - Prof. C. Farina - 2020-1

## Cronograma dos seminários

### 1. Aula 1: 11/03/2020

**Palestrante:** *Reinaldo Faria de Melo e Souza*

**Título:** *Os séculos XIX e XX de acordo com o calor específico*

**Resumo:** A história da ciência é, na esmagadora maioria das vezes, centrada em pessoas, através, por exemplo, de biografias científicas, ou em teorias. Defenderemos neste seminário que por vezes é enriquecedor eleger como protagonista funções resposta, como o calor específico, que mede como o corpo responde a uma certa quantidade de calor que lhe é fornecido. Nesta apresentação veremos como estudos sobre o calor específico foram vitais na construção e validação de diversas teorias. Mostraremos como a partir desta propriedade dos materiais surgiu no século XIX a termodinâmica como a entendemos hoje, passando pela hipótese atomista e culminando no final deste século em "paradoxos" que inquietaram físicos do quilate de Maxwell, Boltzmann e Kelvin e que só puderam ser compreendidos à luz da teoria quântica. Já no século XX, pesquisas sobre o calor específico estiveram no germe de esforços que levariam ao primeiro modelo de uma teoria quântica dos sólidos, ao conceito de quasi-partículas e à aplicação dos conceitos de partículas idênticas quânticas à sólidos e gases.

### 2. Aula 2: 18/03/2020

**Palestrante:** *Vitorvani Soares*

**Título:** *A lei de refração de Ptolomeu*

**Resumo:** É conhecido que objetos observados através de materiais transparentes têm suas imagens deslocadas de sua posição original. A experiência da moeda oculta no fundo do recipiente e que se torna visível com a colocação de certa quantidade de água dentro dele é um exemplo comum. O que poucos sabem é que este procedimento já teria sido descrito por Ptolomeu, no século II, ao apresentar o seu método de análise do fenômeno de refração em seu livro de *Óptica*, um dos livros mais antigos na história da física. Apresentamos nesse seminário o método de Ptolomeu e discutimos a sua similaridade com a lei de Snell-Descartes, estabelecida vários séculos mais tarde

### 3. Aula 3: 25/03/2020

**Palestrante:** *Otávio Fossa de Almeida*

**Título:** *O papel do éter no desenvolvimento da Óptica ondulatória na primeira metade do século XIX*

**Resumo:** Neste seminário discutiremos o desenvolvimento da Óptica ondulatória na primeira metade do século XIX, antes da unificação com o Eletromagnetismo, e o papel dos modelos de éter para a compreensão das ondas luminosas que, inicialmente, eram tratadas como longitudinais, em analogia com o som. É a partir da descoberta da polarização da luz por Malus e da hipótese da onda transversal, imposta por Fresnel, que se desenvolveram os trabalhos matemáticos de Cauchy e Green, por exemplo, os quais não conseguiram, porém, fazer desaparecer uma componente longitudinal gerada pela oscilação das “moléculas” de éter, que era o modelo de meio que dispunham àquela altura. Esse problema foi aparentemente resolvido por MacCullagh ao introduzir o conceito de oscilação circular e pode ser considerado um marco crucial no desenvolvimento da Óptica ondulatória, a despeito das críticas de alguns de seus contemporâneos, pois ele não só foi pioneiro em obter a equação da onda luminosa, como também mostrou que a luz deveria ter a propriedade matemática de “elasticidade rotacional”, cujo modelo físico foi desenvolvido por Maxwell mais tarde.

### 4. Aula 4: 01/04/2020

**Palestrante:** *Penha Cardozo*

**Título:** *O princípio fundamental da Mecânica*

**Resumo:** O título é uma homenagem a Leonhard Euler, que assim se referiu à lei do movimento. Se você pensa que o “princípio fundamental da Mecânica” é  $\vec{F} = \frac{\partial}{\partial t}(m\vec{v})$ , está totalmente enganado. Christiaan Huygens, Isaac Newton e Euler partiram da lei de Galileu Galilei do movimento uniformemente acelerado:  $v^2 = 2\mathcal{G}h$  (no caso galileano,  $\mathcal{G} = g$ ). Foi essa a lei que Newton usou para construir órbitas, em sua “mecânica geométrica” e que Euler usou em sua “mecânica analítica” e na “Mecânica Analítica”, propriamente dita. Mas vou me concentrar nas categorias da Mecânica, como aparecem no Princípios Matemáticos da Filosofia Natural, de Newton. A análise de como Newton calcula revela — do ponto de vista da Física — as categorias conceituais da Mecânica. Essa análise - do ponto de vista da História — corrige erros incrustados nos físicos e em muitos historiadores. Refiro-me à afirmação de que Newton descobriu as leis da Física na década de 1660. A afirmação é baseada em dois cálculos no Waste Book, o caderno de rascunho do jovem Newton. Ora, na ocasião desses cálculos, Newton não tinha o conceito de força centrípeta e, sobretudo, não dominava os infinitésimos de segunda ordem, que lhe permitiram aplicar a lei galileana a qualquer movimento. Isso foi observado somente por Derek Whiteside e por mim (independentemente de Whiteside, mas me curvo diante da erudição e competência dele), o editor e maior entendedor da obra matemática de Newton. Segundo Isaac Bernard Cohen, editor e tradutor do Princípios e maior entendedor da Mecânica de Newton, a história da maçã teria sido espalhada pelo próprio Newton para reforçar sua prioridade sobre a lei da gravitação, antecipando-a de vinte anos, em sua contenda com Robert Hooke; talvez Newton tivesse adormecido debaixo de um pé de jaca que, ao lhe cair sobre a cabeça, o endoideceu suficientemente para que, décadas depois, concebesse o Princípios.

5. **Aula 5:** 08/04/2020

**Palestrante:** *Diego Uzêda*

**Título:** *A descoberta do eletromagnetismo: as diferentes interpretações de uma nova fenomenologia.*

**Resumo:** A ideia da correlação entre eletricidade e magnetismo tem sua origem no século XIX principalmente a partir de 1812, com os estudos de Hans Christian Ørsted e culminam com seu experimento em 1820. A fenomenologia revelada pelo experimento mostrava uma ação transversal da corrente elétrica de um fio sobre o magneto, diferente das forças newtonianas, que consistiam de puxões e empurrões. Essa fenomenologia foi interpretada, basicamente, por duas percepções diferentes: a Continental, decorrente principalmente dos trabalhos de André-Marie Ampère, e a Britânica, desenvolvida a partir dos trabalhos e conceitos de Faraday. A proposta desta palestra é apresentar essas diferentes perspectivas e suas implicações.

6. **Aula 6:** 15/04/2020

**Palestrante:** *Thiago Hartz*

**Título:** *A solução de Jakob Hermann para o problema inverso da mecânica (1710-1716)*

**Resumo:** O grande feito de Isaac Newton em seu livro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687) foi demonstrar, a partir das conclusões de Johannes Kepler acerca do movimento planetário, que cada planeta é atraído pelo Sol com uma força inversamente proporcional ao quadrado da sua distância ao Sol. Um dos primeiros lugares nos quais esse livro foi lido e discutido foi o círculo dos irmãos Jakob e Johann Bernoulli na Basileia, Suíça, nos primeiros anos do século XVIII. Eles debateram intensamente a recíproca da demonstração de Newton, que ficou conhecida como “o problema inverso”. Ou seja, determinar qual movimento um planeta executaria se fosse atraído em direção ao Sol por uma força com módulo inversamente proporcional ao quadrado da sua distância ao Sol. Esse problema foi resolvido independentemente por Johann Bernoulli e por Jakob Hermann, um dos pupilos de seu irmão, em 1710. Nesta palestra, apresentarei em detalhes a solução de Hermann. (Este trabalho está sendo desenvolvido em colaboração com meu aluno de iniciação científica Marcelo Gomes da Silva Carneiro.)

7. **Aula 7:** 29/04/2020

**Palestrante:** *João Torres*

**Título:** *O princípio da mínima ação em física: história e aplicações*

**Resumo:** Nesta apresentação discutiremos a história do princípio da ação mínima. Iniciaremos comentando a proposta de Maupertuis que concebeu uma hipótese universal segundo a qual, em todos os eventos da natureza, há certa quantidade - chamada "ação- com um valor mínimo. Segundo Lanczos em seu livro “*Os princípios variacionais da mecânica*” a corajosa universalidade dessa hipótese é admirável e está de acordo com o espírito cósmico do século XVIII. Em seguida discutiremos o princípio dos trabalhos virtuais e o princípio de Lagrange. Faremos uma breve incursão na mecânica lagrangiana e hamiltoniana como o apogeu da mecânica clássica. Terminaremos comentando a utilização do princípio da ação mínima na física moderna.

8. **Aula 8:** 06/05/2020

**Palestrante:**

**Título:**

**Resumo:**

9. **Aula 9:** 13/05/2020

**Palestrante:** *Carlos Eduardo Aguiar*

**Título:** *Galileu e a aceleração uniforme*

**Resumo:** Antes de Galileu havia duas maneiras de interpretar a noção de movimento uniformemente acelerado. Em uma delas a variação da velocidade seria proporcional à distância percorrida; na outra, seria proporcional ao tempo transcorrido. Por estranho que pareça, as duas possibilidades não eram consideradas contraditórias, mas equivalentes. Neste seminário, discutiremos a descrição medieval do movimento não-uniforme e veremos como Galileu demonstrou, nesse contexto, que a proporcionalidade velocidade-deslocamento levaria a um movimento “impossível”. Algumas reações à demonstração de Galileu – com polêmicas que perduram até hoje – também serão tratadas. Finalmente, comentaremos como o tema pode ser explorado com proveito pelos professores de Física.

10. **Aula 10:** 20/05/2020

**Palestrante:** *João Torres*

**Título:** *As concepções do universo - das cavernas à física contemporânea*

**Resumo:** Discutiremos como a imagem do universo evoluiu desde a pré-história, passando pela idade média e culminando com a cosmologia contemporânea. Ao mesmo tempo descreveremos como entendemos hoje a evolução do universo pelas lentes da astrofísica. Discutiremos como o lado escuro do universo (matéria e energia escura) foi estabelecido na última década e qual o impacto destas descobertas na concepção contemporânea de universo. Por fim, descreveremos alguns fenômenos deste universo extremo: raios cósmicos, estrelas de neutrons, etc.

11. **Aula 11:** 27/05/2020

**Palestrante:** *Carlos Augusto Domingues Zarro*

**Título:** *A gênese da relatividade geral*

**Resumo:** Logo após 1905, Einstein começou a buscar um princípio da relatividade geral, que estenderia a teoria da relatividade restrita para referenciais não inerciais. Em 1907, Einstein define o princípio da equivalência, relacionando estes referenciais não-inerciais com a gravidade. No início da década de 10, a análise do paradoxo de Ehrenfest, aponta para a utilização de geometrias não-Euclidianas, como elemento fundamental para descrever esta nova teoria. Einstein então é apresentado, a partir de 1912, ao então novíssimo mundo da geometria riemanniana e do cálculo diferencial absoluto (cálculo tensorial) de Ricci e Levi-Civita. Surge então um novo princípio norteador da relatividade geral, o chamado princípio da covariância geral, que exigiria o uso de tensores para descrever a relatividade geral. Após uma análise minuciosa do significado físico do sistema de coordenadas (1914-1915) ao tentar responder às fortes críticas ao princípio da covariância geral, Einstein é levado ao chamado problema do buraco, que parecia demolir por completo a covariância das equações da relatividade geral. Assim, algumas versões não-covariantes desta equação são tentadas, entretanto somente após voltar-se novamente para a covariância geral, Einstein, em 1916, encontrou as chamadas equações de Einstein, descrevendo o campo gravitacional como geometria do espaço-tempo cuja curvatura é gerada pela distribuição de energia da matéria. Comentaremos também a questão do princípio de Mach na concepção desta teoria. Avançando décadas, terminaremos como uma crítica feita por V. Fock sob a (má)-escolha do termo relatividade geral por Einstein.

12. **Aula 12:** 03/06/2020

**Palestrante:** *Sebastião Dias Alves*

**Título:** *O papel das simetrias na física moderna*

**Resumo:** Simetrias são operações executadas sobre as variáveis que descrevem um sistema físico que produzem visões equivalentes deste sistema (antes e depois da operação). Daremos alguns exemplos de operações de simetria e focalizaremos na simetria de rotações (discretas e contínuas) e suas consequências para a Mecânica Quântica. Em seguida, consideraremos simetrias em Física Nuclear e de Partículas e seu papel na construção de modelos para as interações fundamentais. A quebra de simetrias também será analisada, ressaltando a sua importância para entender a supercondutividade e a geração de massa das partículas elementares. Finalmente, descreveremos o papel das simetrias na proposição da teoria das cordas, uma das teorias que tenta propor uma visão quântica da gravitação, aproveitando para discutir o conceito de supersimetria e outras instâncias contemporâneas onde o conceito de simetria pode ser útil.

13. **Aula 13:** 10/06/2020

**Palestrante:** *Thiago Hartz*

**Título:** *História das interpretações da mecânica quântica*

**Resumo:** A história mecânica quântica carrega um curioso paradoxo. Ao mesmo tempo em que essa teoria física tem um impressionante sucesso empírico – gerando previsões que vêm sendo verificadas em laboratório dia após dia há cerca de 100 anos –, não há entre os físicos nenhum consenso acerca de como o seu formalismo matemático deva ser interpretado. A atitude da maioria dos físicos consiste em ignorar tais controvérsias interpretativas, adotando uma postura pragmática que diz “isso não importa, a teoria funciona muito bem”. Mas inúmeros físicos e filósofos se dedicaram (e continuam se dedicando) a refletir sobre as diversas possíveis interpretações da mecânica quântica. Nesta palestra apresentarei as perspectivas de alguns dos maiores físicos do século XX acerca da interpretação da mecânica quântica, incluindo autores como Niels Bohr, Werner Heisenberg, Lev Landau, John von Neumann, Paul Langevin, Louis de Broglie, David Bohm, Léon Rosenfeld, Hugh Everett e Bryce DeWitt. Por fim, discutirei alguns dos melhores trabalhos que têm sido feitos por historiadores e historiadoras das ciências nos últimos 50 anos no sentido de entender o pensamento desses físicos.

14. **Aula 14:** 17/06/2020

**Palestrante:** *Carlos Farina*

**Título:** *História da energia de ponto-zero e do efeito Casimir*

**Resumo:** Após uma breve discussão sobre vácuo clássico versus vácuo quântico, na qual mencionamos alguns fenômenos cujas explicações se baseiam nas flutuações quânticas do vácuo, como a adesão de lagartixas nas paredes, a emissão de luz por vagalumes e peixes abissais, ou a radiação emitida por corpos neutros em movimento, introduzimos o conceito de energia de ponto zero (EPZ) e contamos a sua história. A EPZ foi introduzida por Max Planck em 1911/12, mais de uma década antes de sua aparição na mecânica quântica. Desde então, a EPZ chamou a atenção de físicos renomados, como Einstein, Heisenberg, Jordan, Pauli, Welton, Casimir, Zeldovich, Feynman, Power, Weinberg, entre outros, e tem sido tema de discussão até os nossos dias, uma vez que a previsão da teoria quântica de campos e as observações cosmológicas estão em desacordo por dezenas de ordens de grandeza. Introduzimos o conceito de força dispersiva e descrevemos o método semi-clássico dos "dipolos flutuantes" para se calcular tais forças no regime de curtas distâncias, no qual os efeitos do retardamento da interação eletromagnética são desprezíveis (forças de London-van der Waals). Introduzimos o efeito Casimir, nome dado em homenagem ao físico e humanista holandês H. B. G. Casimir, e que consiste, basicamente, na atração entre duas placas condutoras neutras, paralelas entre si e colocadas no vácuo. Mostramos como esse efeito teve origem nos experimentos com suspensões coloidais realizados nos laboratórios da Phillips, na Holanda, na década de 40. Tais resultados experimentais estavam em desacordo com as teorias baseadas nas forças de London-van der Waals. Para compatibilizarem os resultados experimentais com as previsões teóricas, Casimir e Polder, após um extenso cálculo perturbativo de 4ª ordem em Eletrodinâmica Quântica, calcularam a influência do retardamento em tais forças no final dos anos 40. Veremos, então, como uma simples sugestão de Niels Bohr fez com que Casimir criasse um método de cálculo de forças dispersivas (com retardamento) baseado na EPZ do campo eletromagnético, reproduzindo seu resultado com Polder de forma muito mais simples. Em seguida, aplicou o método da EPZ às placas condutoras já mencionadas e previu a atração entre elas, estabelecendo assim uma conexão estreita entre esse efeito e a EPZ.

15. **Aula 15:** 24/06/2020

**Palestrante:** *José Helayel Neto*

**Título:** *Do elétron ao Bóson de Higgs, o Senhor dos Anéis*

**Resumo:** Desde que se descobriu o elétron, o primeiro fragmento atômico, em 1897, a Física de nosso tempos iniciou a sua viagem sem volta ao interior da matéria. No decorrer desta jornada, surge a Mecânica Quântica, entram em cena os campos quânticos e, com os dois primeiros ciclotrons, em 1932, ganha identidade a Física de Partículas. Nesta palestra, farei um esforço para mostrar como a harmoniosa trilogia teoria-fenomenologia-experimentação culmina com a constituição do Modelo-Padrão das Interações Fundamentais, que se consolida com a descoberta, em 2012, do Bóson de Higgs, o Senhor dos Anéis (de colisão).

16. **Aula 16:** 01/07/2020

**Avaliação:** os alunos responderão a um pequeno questionário com perguntas mais conceituais relacionadas aos seminários apresentados e baseadas em artigos que lhes serão enviados ao longo do curso (mais adiante pedirei a cada palestrante que me envie 1 ou 2 artigos bem introdutórios e voltado mais para a história do tema de seu seminário). Minha ideia inicial é fazer uma lista com perguntas de todos os seminários mas deixar que os alunos escolham apenas as perguntas de 5 dos 15 seminários. A presença nos seminários será obrigatória.