

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

CADEIRA XI

MECÂNICA RACIONAL E MECÂNICA CELESTE

Programas para 1960

Professor: Dr. Mário Schenberg (catedrático)
Professor auxiliar: Werner Güttinger
Assistentes: Lic. Schigueu Watanabe (afastado)
Lic. Andrea Wataghin (afastado)
Lic. Chaim Samuel Hönig (substituto)
Lic. Nelson Lima Teixeira (substituto)
Auxiliares de Ensino: Lic. Milton Damato.
Lic. Hans Peter Heilmann

—●—
CURSO DE FÍSICA

1.º Ano

I — **Álgebra Vectorial.**

(2 aulas teóricas e 1 de exercícios semanais).

1. Generalidades. Conceito de vector. Soma e diferença de vectores.
2. Produto de vector por um número. Expressões lineares de vectores.
3. Produto escalar e produto vectorial de dois vectores. Propriedades. Aplicações.
4. Produto misto de três vectores. Duplo produto vectorial. Vectores recíprocos. Coordenadas vectoriais de um vector.
5. Aplicações da álgebra vectorial à geometria.
6. Grandezas polares e axiais. Generalidades e exemplos.

7. Operador complexo; operador da rotação reta e da rotação geral.
8. Sistema de vectores localizados. Sistemas equivalentes. Redução.
9. Noções sobre os operadores vectoriais lineares.

II — Análise Vectorial.

10. Funções vectoriais de um parâmetro. Limites. Continuidade. Propriedades gerais.
11. Derivadas e diferenciais das funções vectoriais de um parâmetro. Teoremas gerais.
12. Derivadas sucessivas. Fórmulas de Taylor e Mac-Laurin.
13. Funções vectoriais de duas variáveis. Limites e continuidades. Derivadas parciais. Fórmulas de Taylor e Mac-Laurin.
14. Estudo vectorial das curvas. Tangente. Normal. Planos normal, osculador e retificante. Curvatura e torsão. Fórmulas de Frenet.
15. Estudo vectorial das superfícies. Coordenadas curvilíneas. Formas quadráticas fundamentais.

III — Funções de ponto. Operadores diferenciais.

16. Função escalar e vectorial de ponto. Gradiente de uma função escalar de ponto. Propriedades.
17. Divergente de uma função vectorial de ponto. Propriedades.
18. Rotacional de uma função vectorial de ponto. Propriedades.
19. Teoremas do gradiente, divergente e rotacional.
20. Teorema de Stokes. Vectores solenoidais.
21. Aplicações diversas da teoria das funções de ponto à mecânica e à física.

2.º Ano

MECÂNICA RACIONAL

(3 aulas teóricas e 2 de exercícios semanais)

I — **Introdução. Cinemática.**

Conceitos fundamentais.

Cinemática do ponto. Estudo cinemático de alguns movimentos.

Movimentos simples de um corpo rígido. Movimento translatório.

Rotação em torno de um eixo fixo. Movimento helicoidal uniforme.

Movimento geral de um sólido. Distribuição das velocidades. Eixo de Mozzi.

Mozzi. Distribuição das acelerações. Composição de movimentos.

Adição vectorial das velocidades. Teorema de Coriolis. Composição de movimentos rígidos e em particular de rotações.

Movimento plano. Base e rolante. Aplicações.

II — **Princípios da mecânica. Teoremas gerais.**

As principais etapas da história da mecânica.

Os princípios da mecânica clássica.

Quantidade de movimento. Teorema da quantidade de movimento.

Corolários fundamentais. Aplicações.

Momento angular e momento mecânico. Teorema do momento angular. Corolários. Aplicações.

Trabalho e energia cinética. Teorema das forças vivas. Aplicações.

Campos de força. Campos conservativos. Energia potencial. Teorema da energia. Aplicações.

Teorema do virial. Aplicações.

III — **Estática.**

Equilíbrio de um ponto livre e vinculado sobre uma curva ou sobre superfície fixas.

Equilíbrio de um corpo rígido. Equações cardeais da Estática.

Noções gerais sobre a estática dos sistemas deformáveis.
Polígonos funiculares. Equilíbrio de um fio flexível. Catenária.

IV — Dinâmica do ponto.

Equações diferenciais do movimento de um ponto. Teoremas gerais. Integrais primeiras.

Movimento retilíneo. Estudo de alguns casos simples. O oscilador harmônico linear.

Estudo qualitativo do movimento retilíneo no caso em que a força só depende da posição. Noções sobre as oscilações não lineares.

Movimento retilíneo no caso em que a força só depende da velocidade. Movimento retilíneo dos graves sob a ação de uma resistência que depende da velocidade. Movimento parabólico sob a ação de uma força constante. Movimento dos graves no ar.

Teorema das forças centrais. Estudo do caso em que a força só depende do raio vector.

Movimento dos planetas. Leis de Kepler.

Lei da gravitação. Aplicações.

Movimento de um ponto vinculado sobre uma curva. Exemplos.

Estudo do pêndulo simples. Pêndulo cicloidal.

Movimento de um ponto vinculado sobre uma superfície.

Pêndulo esférico.

Movimento relativo. Movimento dos graves relativamente à Terra. Pêndulo de Foucault.

V — Dinâmica dos Sólidos.

Teoria dos momentos de inércia.

Movimento de um sólido em torno de um eixo fixo. Pêndulo composto. Aplicações.

Equações de Euler. Movimento de um sólido em torno de um ponto fixo. Movimento de Poincaré. Teoria do giroscópio. Aplicações.

3.º Ano

MECÂNICA ANALÍTICA

Estudo geral das ligações impostas a um sistema mecânico. Holonomia e anholonomia. Renomia e escleronomia.

Princípios dos trabalhos virtuais. Relação simbólica da estática. Aplicações.

Princípio de D'Alembert. Relação simbólica da dinâmica. Aplicações.

Forma lagrangiana das equações da mecânica. Aplicações.

Integrais primeiras das equações de Lagrange. Coordenadas cíclicas; método de Routh-Helmholtz. Integral da energia; método de Whittaker. Aplicações.

Estabilidade do equilíbrio. Teorema de Dirichlet.

Pequenos movimento de um sistema em tórno das configurações de equilíbrio estável. Aplicações.

Equações canônicas da mecânica.

Noções de Cálculo das Variações. Princípio Variociniais da Mecânica. Princípios de Hamilton e Maupertius. Aplicações.

Equação de Hamilton-Jacobi. Teorema de Hamilton-Jacobi. Exemplos e aplicações.

Separação de variáveis na equação de Hamilton-Jacobi. Método de Staeckel.

Noções sôbre as transformações de contacto. Transformações canônicas. Invariância dos sistemas canônicos. Parêntesis de Poisson e de Lagrange.

Noções sôbre a teoria dos invariantes integrais.

4.º Ano

CURSO DE MECÂNICA QUÂNTICA

1 — Origem da Mecânica Quântica.

2 — Desenvolvimento primitivo.

Efeito foto-elétrico.

Efeito Compton.

Princípio de correspondência.

Regra de Bohr-Sommerfeld.

Teoria elementar da radiação.

- 3 — Ondas De Broglie.
 - Pacotes de ondas eletromagnéticas.
 - Ondas de eletrons.
 - Experiência de Davisson e Germer.
 - Equação de Schrödinger no caso de partícula livre.
- 4 — Probabilidade.
 - Conservação de probabilidade.
 - Definição geral.
 - Probabilidade no espaço dos momentos.
- 5 — O princípio de incerteza.
 - Dedução.
 - Exemplos.
 - Explicação física.
 - Generalização.
- 6 — Formulação Matemática da Mecânica Quântica.
 - Funções da onda.
 - Probabilidades.
 - Flutuações e correlações.
 - Operadores.
 - Auto-funções e auto-valores.
 - Teorema de desenvolvimento duma função arbitrária.
- 7 — Aplicações a sistemas simples.
 - Soluções para o potencial que muda abruptamente.
 - Reflexão das ondas.
 - Penetração da barreira.
 - Estados estacionários.
 - Estados metaestáveis.
 - Aproximação de Wentzel, Kramers e Brillouin.
 - Dedução da fórmula de Bohr e Sommerfeld.
 - Radioatividade.
 - Oscilador harmônico-Soluções exatas.
 - Momento angular-Operadores-Auto-valores e Auto-funções.
 - Equação tridimensional de Schrödinger.
 - O átomo de hidrogênio.
 - Inclusão de um campo magnético.
 - O efeito Zeeman (Normal).

- 8 — **Formulação Matricial da Mecânica Quântica.**
 - Introdução das matrizes.
 - Demonstração da equivalência da formulação matricial à formulação de Strödingen.
 - Transformações canônicas.
 - Parêntesis de Poisson e comutadores.
- 9 — Teoria do “spin”.
 - Introdução do “spin”.
 - Dedução dos auto-valores gerais do movimento angular.
 - As matrizes de Pauli.
 - As transformações das matrizes do “spin”.
 - O “spin” de duas partículas.
 - Combinações entre “spin” e momento angular orbital.
- 10 — Teoria das Perturbações.
 - O método da variação das constantes.
 - Aplicações da teoria da radiação.
 - Regras de seleção.
 - Aproximação adiabática.
 - Solução aproximada para os estados estacionários.
- 11 — O Caso de degenerescência.
 - Solução no caso de degenerescência.
 - Ressonância.
 - Aplicações às interações de van der Waals entre átomos.
 - O átomo de Hélio.
 - O princípio de Pauli.
- 12 — Perturbações adiabática e súbita.
 - Aproximação adiabática geral.
 - Aplicações à experiência de Stern-Gerlach e às colisões entre átomos.
 - Aplicações à emissão beta.
 - Aproximação súbita.
- 13 — Teoria de Deflexão das Partículas.
 - Teoria clássica.
 - Transição à teoria quântica.
 - Aproximação de Born e aplicações.
 - Ponto de vista da função de onda e ponto de vista da transição no espaço dos momentos.

Soluções exatas.

Aplicações à teoria atômica e à física nuclear.

Deflexão coulombiana.

14 — Teoria das medidas.

Definição de medida.

Tratamento matemático do processo de medida.

Crítica da coerência da Mecânica Quântica.

O paradoxo de Einstein, Rosen e Podolsky.