

Caracterização da disciplina										
Código da disciplina:	NHT3072-15		Nome da disciplina:			Mecânica Quântica I				
Créditos (T-P-I):	(6-0-10)		Carga horária:		6 horas	Aula prática:	x	Câmpus:	Santo André	
Código turma:	DANHT3072 -15SA		Turma:	A	Turno:	D	Quadrimestre:	1	Ano:	2022
Docente(s) responsável(is):			João Nuno Barbosa Rodrigues							

Alocação das turmas						
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
8:00 - 9:00	Aula Síncrona ⁽¹⁾		Aula Síncrona ⁽¹⁾		Hora de Atendimento ⁽²⁾	
9:00 - 10:00						
10:00 - 11:00				Aula Síncrona ⁽¹⁾		
11:00 - 12:00						
12:00 - 13:00						
13:00 - 14:00						
14:00 - 15:00						
15:00 - 16:00						
16:00 - 17:00						
17:00 - 18:00						
18:00 - 19:00						
19:00 - 20:00						
20:00 - 21:00						
21:00 - 22:00						
22:00 - 23:00						

⁽¹⁾ As aulas síncronas serão gravadas e disponibilizadas na página moodle da disciplina (através do Youtube ou Eduplay). A participação nas aulas **não é obrigatória**.

⁽²⁾ Nestes horários o atendimento será feito através de vídeo-chamada.

Planejamento da disciplina
Objetivos gerais

Introduzir os alunos ao estudo de problemas quânticos usando as ferramentas conceptuais e matemáticas canônicas da Mecânica Quântica.

Objetivos específicos

Adquirir intuição, conhecimento e destreza matemática na análise de sistemas físicos envolvendo:

- 1- As propriedades básicas do mundo quântico.
- 2- O formalismo matemático canônico da Mecânica Quântica.
- 3- Os postulados da Mecânica Quântica.
- 4- Quantificação canônica de sistemas simples como o Oscilador Harmônico Quântico.
- 5- Simetrias em Mecânica Quântica.
- 6- Momento angular.
- 7- Partícula quântica num potencial central.

Ementa

Estrutura matemática da Mecânica Quântica (notação de Dirac, espaços de Hilbert discretos e contínuos). Postulados da Mecânica Quântica. Princípio de incerteza. Problemas unidimensionais e sistemas de dois níveis. Oscilador harmônico quântico e suas aplicações. Simetrias em mecânica quântica (translação espacial e temporal, paridade, rotações). Momento angular. Potencial central. Átomo de Hidrogênio.

Plataforma Web

A disciplina irá ser ministrada através da plataforma moodle da UFABC, acessível através do endereço moodle.ufabc.edu.br. Nesta plataforma a disciplina é identificada como "**Mecânica Quântica I - 2022.1**".

As aulas síncronas decorrerão na plataforma ConferenciaWeb da RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa) no link: conferenciaweb.rnp.br/webconf/joao-42.

Conteúdo programático

Semana	Datas	Conteúdo	Estratégias didáticas	Avaliação
1	14/Fev	Apresentação da Disciplina (informações sobre ementa, provas, conceitos, etc). Revisão de conceitos básicos de Física Clássica.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	16/Fev	Revisão de conceitos básicos de Física Clássica.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	17/Fev	Propriedades quânticas fundamentais.	Exposição teórica (aula síncrona).	

	-	Resolução de exercícios (Folha 1 - Mecânica Clássica).	Resolução de exercícios (aula assíncrona).	
2	21/Fev	Interpretação de Copenhaga. Função de onda e equação de Schrodinger.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	23/Fev	Interpretação canônica da Mecânica Quântica. Princípio da Incerteza de Heisenberg. Regime de aplicabilidade da Mecânica Quântica.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	24/Fev	Descrição quântica de uma partícula livre. Pacote de Ondas.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	-	Resolução de exercícios (Folha 2 - Propriedades quânticas fundamentais).	Resolução de exercícios (aula assíncrona).	
3	28/Fev	Feriado de Carnaval.	-	
	2/Mar	Feriado de Carnaval.	-	
	3/Mar	Potenciais independentes do tempo e equação de Schrodinger independente do tempo. Estados estacionários.	Exposição teórica (aula síncrona).	
4	7/Mar	Potenciais 1D "quadrados" independentes do tempo.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	9/Mar	Formalismo matemático da Mecânica Quântica: Espaço vectorial das funções de onda \mathcal{F} , produto escalar em \mathcal{F} e bases de \mathcal{F} .	Exposição teórica (aula síncrona).	
	10/Mar	Formalismo matemático da Mecânica Quântica: operadores lineares em \mathcal{F} , comutador de dois operadores, auto-funções e auto-valores de um operador, e operadores e bases de \mathcal{F} .	Exposição teórica (aula síncrona).	
	-	Resolução de exercícios (Folha 3 - Potenciais 1D independentes do tempo).	Resolução de exercícios (aula assíncrona).	

	9/Mar a 16/Mar	<u>Avaliação</u> : Lista de Exercícios 1.		Questões dissertativas e de cálculo.
5	14/Mar	Formalismo matemático da Mecânica Quântica: notação de Dirac, espaço de estados \mathcal{E} (e seu dual \mathcal{E}^*), "kets" e "bras", operadores lineares em \mathcal{E} e representações em \mathcal{E} .	Exposição teórica (aula síncrona).	
	16/Mar	Formalismo matemático da Mecânica Quântica: representações em \mathcal{E} , equações de autovalores, observáveis.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	17/Mar	Formalismo matemático da Mecânica Quântica: CCOCs, representações $ \mathbf{r}\rangle$ e $ \mathbf{p}\rangle$, produto tensorial no espaço de estados.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	-	Resolução de exercícios (Folha 4 - Formalismo Matemático da Mecânica Quântica).	Resolução de exercícios (aula assíncrona).	
6	21/Mar	Postulados da Mecânica Quântica. Regras de quantificação canônica. Variáveis compatíveis e incompatíveis.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	23/Mar	Variáveis incompatíveis e relações de incerteza. Propriedades da evolução temporal de um sistema quântico.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	24/Mar	Teorema de Ehrenfest. Sistemas conservativos.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	-	Resolução de exercícios (Folha 5 - Postulados da Mecânica Quântica).	Resolução de exercícios (aula assíncrona).	
7	28/Mar	Experiência de Stern-Gerlach e spin.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	30/Mar	Precessão de Larmor. Sistemas de dois níveis.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	31/Mar	Aula de revisões e dúvidas para a Prova 1.	Esclarecimento de dúvidas (aula síncrona).	

	1/Abr a 4/Abr	<u>Avaliação: Prova #1</u>		Questões dissertativas e cálculo.
8	4/Abr	Oscilador Harmónico Quântico 1D.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	6/Abr	Oscilador Harmónico Quântico 1D (continuação).	Exposição teórica (aula síncrona).	
	7/Abr	Oscilador Harmónico Quântico 2D.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	-	Resolução de exercícios (Folha 6 - Osciladores Harmónicos Quânticos).	Resolução de exercícios (aula assíncrona).	
9	11/Abr	Oscilador Harmónico Quântico 2D (continuação).	Exposição teórica (aula síncrona).	
	13/Abr	Simetrias em Mecânica Clássica e em Mecânica Quântica.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	14/Abr	Simetrias em Mecânica Quântica: simetrias contínuas.	Exposição teórica (aula síncrona).	
10	18/Abr	Simetrias em Mecânica Quântica: simetrias discretas.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	20/Abr	Teoria Geral do Momento Angular.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	21/Abr	Feriado de Tiradentes.	-	
	-	Resolução de exercícios (Folha 7 - Simetrias em Mecânica Quântica).	Resolução de exercícios (aula síncrona).	
	20/Abr a 27/Abr	<u>Avaliação: Lista de Exercícios 2.</u>		Questões dissertativas e de cálculo.

11	25/Abr	Teoria Geral do Momento Angular (continuação).	Exposição teórica (aula síncrona).	
	27/Abr	Momento Angular Orbital, seus auto-estados e auto-valores.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	28/Abr	Partícula num potencial central.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	-	Resolução de exercícios (Folha 9 - Momento Angular).	Resolução de exercícios (aula assíncrona).	
12	2/Mai	Átomo de Hidrogénio (sem spin). Auto-energias do átomo de Hidrogénio.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	4/Mai	Auto-estados do átomo de Hidrogénio. Átomos hidrogenóides.	Exposição teórica (aula síncrona).	
	5/Mai ^(a)	Aula de revisões e dúvidas para a Prova 2.	Esclarecimento de dúvidas (aula síncrona).	
	-	Resolução de exercícios (Folha 10 - Movimento num campo de forças central).	Resolução de exercícios (aula assíncrona).	
13	9/Mai ^(a)			
	9/Mai a 12/Mai	<u>Avaliação: Prova #2</u>		Questões dissertativas e cálculo.
14	16/Maio ^(b)	Aula de revisões e dúvidas para a Prova de Recuperação.	Esclarecimento de dúvidas (aula síncrona).	
	17/Maio a 20/Maio	<u>Avaliação: Prova de Recuperação.</u>		Questões dissertativas e cálculo.

^(a) Como a Prova 2 começa ao final de segunda-feira (9/Mai), caso os mostrem interesse, esta aula de resolução de exercícios poderá ser repetida na segunda-feira (9/Mai).

^(b) A aula de revisão e dúvidas para a Prova de Recuperação apenas se realizará caso um ou mais alunos estejam em

posição de realizar a Prova de Recuperação (ver Plano de Ensino), e mostrem interesse em realizar a aula.

Descrição dos instrumentos e estratégias didáticas para as aulas

Os conteúdos teóricos da disciplina serão ministrados sincronamente em aulas realizadas através de chamada de vídeo. A matéria será exposta através de anotações manuscritas feitas ao longo da aula (emulando uma “aula em lousa”). Cada aula durará em torno de duas horas. Ocasionalmente poderá ser necessário gravar uma vídeo-aula teórica assíncrona.

Em quase todas as semanas teremos uma aula de resolução de exercícios assíncrona. Esta consistirá na resolução de alguns dos exercícios das Folhas de Problemas, também emulando uma “aula em lousa”. Os vídeos destas aulas serão disponibilizados na página moodle da disciplina.

A presença nas aulas síncronas **não é obrigatória**.

As aulas síncronas serão gravadas e disponibilizadas, juntamente com as aulas assíncronas, na página Moodle da disciplina (como link para vídeo no YouTube). Os PDFs das anotações feitas ao longo das aulas serão também disponibilizados na página da disciplina no Moodle.

Descrição dos instrumentos para o atendimento aos alunos

Semanalmente teremos um horário de esclarecimento de dúvidas (de 2 horas). Durante esse horário o professor estará disponível online numa chamada de vídeo, na qual os alunos poderão entrar sempre quiserem. O link para essas chamadas de vídeo será disponibilizado na página da disciplina no Moodle.

Os alunos poderão também colocar dúvidas através do e-mail fora destes horários. No entanto, em tais casos o retorno poderá demorar um pouco mais de tempo.

Descrição dos instrumentos e critérios de avaliação qualitativa

Conceito Final

A nota final (NF) será dado por

$$NF = 0.175*(EX1 + EX2) + 0.30*P1 + 0.35*P2$$

onde

EX1 = Listas de Exercícios 1 (dissertativa e cálculo).

EX2 = Listas de Exercícios 2 (dissertativa e cálculo).

P1 = Prova #1 (dissertativa e cálculo).

P2 = Prova #2 (dissertativa e cálculo).

Conceitos Finais:

- Conceito A: $8,5 \leq NF \leq 10,0$.
- Conceito B: $7,0 \leq NF < 8,5$.
- Conceito C: $5,0 \leq NF < 7,0$.
- Conceito D: $4,0 \leq NF < 5,0$.
- Conceito F: $0,0 \leq NF < 4,0$.

Formato dos componentes da avaliação

Listas de Exercícios (EX):

- Com questões dissertativas e de cálculo mais longas, mas guiadas (com uma semana para entrega).
- As Listas realizar-se-ão nas seguintes datas: Lista #1 entre **9-16/Mar**; Lista #2 entre **20-27/Abr**.
- Estas listas visam não só solidificar os conceitos/ferramentas discutidos nas aulas, mas também permitir que os alunos explorem tópicos não abordados nas aulas.

Provas (P1 e P2):

- Com questões dissertativas e de cálculo.
- Realizadas através da plataforma Moodle.
- A P1 cobrirá a primeira parte da matéria (do capítulo 1, “Tópicos de Mecânica Clássica”, ao capítulo 6 “Aplicação dos postulados da MQ em sistemas de dois níveis”) e será realizada entre **1-4/Abr**.
- A P2 cobrirá toda a matéria (com mais enfoque na segunda parte do capítulo 7, “Exemplos de Quantificação Canónica”, até ao capítulo 10, “Partícula num potencial central e o Átomo de Hidrogénio”) e será realizada nos dias **9-12/Mai**.

Prova de Recuperação

A prova de recuperação (REC) terá lugar nos dias **17-20/Maio**. Ela cobrirá todo o conteúdo da disciplina. Esta poderá ser feita pelos alunos que obtiverem conceitos D e F. A nota final (NFrec), neste caso, será dada pela fórmula:

$$NFrec = \max(0.5*NF + 0.5*REC, NF)$$

aplicando-se a mesma conversão para conceitos finais indicada na secção “Conceito Final”.

Nota: Alunos que não preencherem os critérios de presença mínimos (ver em baixo), serão reprovados por faltas e não poderão realizar a Prova de Recuperação.

Critérios de Presença

O curso exige presença mínima. Esta corresponde à realização de actividades de avaliação com peso combinado maior do que 50% - ver composição do conceito final acima.

Referências bibliográficas básicas

1. C. Cohen-Tannoudji, Quantum Mechanics, Vol.1, Wiley Interscience.

2. J. J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics, Addison-Wesley Publishing Company.
3. R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics (second edition), Plenum Press.

Referências bibliográficas complementares

1. C. Cohen-Tannoudji, Quantum Mechanics, Vol. 2, Wiley Interscience.
2. L. Ballentine, Quantum Mechanics - a modern development, World Scientific. .
3. A. Peres, Quantum Theory - Concepts & Methods, Kluwer Academic Pub.
4. R. P. Feynman, The Feynman Lectures on Physics, Vol. 3.
5. L. Schiff, Quantum Mechanics, McGraw-Hill Book Company.
6. D. Griffiths, Introduction to Quantum Mechanics, Prentice Hall.