



Física V – 4300311 - período no turno
2º. SEMESTRE DE 2013

cronograma proposto
Cronograma proposto

prof.^a Maria José (Mazé) Bechara

dia aula semana

ASSUNTO

01/8	1	1	Apresentação dos Protagonistas da disciplina: Alunos do 2º semestre de 2013; Professora; Monitor. Apresentação da disciplina: O conteúdo e o enfoque da disciplina. Normas e suas razões didático-científicas. Situando-se na física da disciplina: O contexto histórico e conceitual da Física Clássica no qual surge a Física Quântica.
02/8	2	1	Relação Ciência, Filosofia, Sociedade e revoluções científicas, em particular, a que possibilitou o início da Física Quântica. As áreas atuais na Física. O IFUSP e as áreas da Física. Iniciando o Tópico I: As grandes sínteses da Física Clássica <i>que serão descartadas ou modificadas na Física Quântica</i> : i. O determinismo na Física; ii. A natureza corpuscular OU a natureza ondulatória no contexto da Física Clássica. A Relatividade especial e as mudanças conceituais em relação à Física clássica – os conceitos de espaço-tempo; massa-energia.

06/8	3	2	Apresentação do Monitor. Sua representação qualitativa da matéria sólida, líquida e gasosa: Constituintes; Distribuição espacial dos constituintes; Movimentos dos constituintes. 2. Uma representação da QUANTIZAÇÃO da matéria: a visão pictórica com base no conhecimento das ciências naturais (inspirada em Feynmann) – os constituintes e de como se organizam na matéria gasosa, líquida e sólida. O conhecimento da Matéria pela Termodinâmica e as variáveis do estado de equilíbrio termodinâmico: pressão, volume, temperatura e energia interna. Modelos mecânicos (cinéticos) da matéria. Das variáveis da Termodinâmica às <i>grandezas dos movimentos dos constituintes da matéria</i> . O calor específico molar a volume constante, a medida da energia interna (termodinâmica) da matéria. Valores experimentais e teóricos para gases mono e diatômicos.
08/8	4	2	Resumindo as informações sobre modelos meacânicos dde matéria. A temperatura do matéria é definida pela média da energia cinética dos constituintes (aproposta de Maxwell) e o “princípio” de equipartição de energia melhor formulado. i. Energia interna e o calor específico molar a volume constante de gases diatômicos e poliatômicos. li. A energia interna dos líquidos. lii Os desacordos do resultado experimental com os modelos clássicos. A mecânica estatística de Boltzmann: a descrição de qualquer sistema de muitas partículas em equilíbrio termodinâmico. i. Hipóteses básicas da mecânica estatística de Boltzmann. li. Conceito matemático de distribuições. lii. Consequência das hipóteses básicas: a distribuição do espaço de fase dos constituintes da matéria (grandezas físicas contínuas) no equilíbrio termodinâmico na teoria de Boltzmann – a independência das distribuições espacial e de velocidades e o determinismo na estatística clássica. Iv. A distribuição normalizada de velocidades (Gaussiana) no equilíbrio termodinâmico a partir do teorema de Boltzmann – o significado da área sob a curva, conceito e cálculo de velocidade mais provável e da velocidade média.
09/8	5	2.	Uma mecânica para um sistema de muitas partículas: a mecânica estatística clássica – continuação v. A distribuição de módulo de velocidades (Maxwelliana) no equilíbrio termodinâmico a partir da distribuição de velocidades. vi. Conceito e cálculo de módulo de velocidade mais provável, e módulo de velocidade menos provável.

Continuação do programa realizado de física V no 2º SEMESTRE/2013-noturno

Profa. Mazé Bechara

DIA	aula	semana	ASSUNTO
13/8	6	3	Discussão dos Valores mais prováveis das componentes e do módulo. A distribuição de módulos de velocidade: média do módulo e médio do módulo ao quadrado. A distribuição da energia cinética de um sistema qualquer na temperatura T (a partir da distribuição do módulo de velocidades). Energia cinética média, energia cinética mais provável e energia cinética menos provável. Aplicação (com valores numéricos): gases da atmosfera a 300K, desprezando a interação com a gravidade terrestre.
15/8	7	3	Completando a Aplicação (com valores numéricos): gases da atmosfera a 300K, desprezando a interação com a gravidade terrestre. Medidas experimentais dos módulos de velocidade – a validação experimental direta da distribuição. A distribuição espacial dos gases da atmosfera: (a) desprezando a força da gravidade; (b) considerando a força da gravidade constante. O experimento de Perrin. Um sistema de N constituintes em movimento MHS unidimensional. A distribuição de energia (Atenção cuidado!) de um sistema MHS unidimensional; O valor médio da energia e o c_v . O valor médio da energia e o c_v no caso do movimento MHS-tridimensional - modelo de sólidos.
16/8	8	3	Distribuição de energias de MHS supondo energias quantizadas: $e = ne_0$ com $n=0,1,2,3..$ (proposta de Planck – <i>nunca antes observada na Física!</i>); (a) O valor médio da energia nos movimentos uni e tridimensionais ; (b) Calor específico molar a volume constante (variável “a baixas” temperaturas). O modelo de Drude para a condução elétrica. O calor específico molar a volume constante de condutores e isolantes no entendimento atual. <i>Tudo o que você queria saber sobre temas do Tópico I mas AINDA não teve coragem de perguntar. Apresentação do Tópico II: Fenômenos físicos e o caráter dual da radiação eletromagnética: onda e partículas – os fótons. O que é o corpo negro</i>
20/8	9	4	O que são corpos opacos, a relação entre a radiação emitida e absorvida por corpos opacos em equilíbrio termodinâmico. O corpo negro, o corpo opaco ideal. As grandezas relevantes e observadas na emissão de radiação eletromagnética por um corpo opaco ideal, o corpo negro: radiança espectral, ou intensidade espectral e radiança total ou intensidade total. Características experimentais e leis empíricas da radiação de corpo negro (e de todos os corpos opacos): Lei de Stefan – Boltzmann para a intensidade (radiança) total emitida pelo corpo negro, a Lei de deslocamento de Wien e a radiança espectral. Aplicação das leis empíricas: a emissão da superfície do Sol. A interpretação das condições da radiação na cavidade e uma forma para chegar no valor quantitativo da radiação no seu interior e que sai dela, quando possível. A expressão de Rayleigh e Jeans. Comparação com os resultados experimentais e a chamada “catástrofe do ultravioleta”. DATA FINAL DE ENTREGA DO 1º TEC.
22/8	10	4	Uma determinação da radiança espectral de uma cavidade, no contexto da Física Clássica: as idéias e a expressão de Rayleigh e Jeans. Comparação com os resultados experimentais e a chamada “catástrofe do ultravioleta”. A proposta de quantização de Planck e as suas implicações: na energia média da radiação eletromagnética da cavidade e na radiança espectral emitida. O bom acordo do resultado de Planck com os resultados experimentais. A constante h (ajustada) de Planck. A dedução da Lei de deslocamento de Wien a partir da radiança espectral de Planck. A frequência mais provável (que não é a frequência do comprimento de onda mais provável). A dedução da lei de Stefan Boltzmann a partir da radiança espectral de Planck. Aplicação de corpo negro.
23/8	11	4	Aplicação de corpo negro. Um pouco sobre ondas eletromagnéticas: Fontes de ondas planas, cilíndricas e esféricas e as frentes de ondas - qualitativamente. A Intensidade das ondas: distribuição espacial de energia nas frentes das ondas monocromáticas. As condições para se observar os padrões de interferência da luz - qualitativamente.3. A proposta de Einstein de granulação na energia da onda eletromagnética: as <i>partículas da onda - os fótons</i> . Distinguindo a quantização de Einstein da de Planck.

Continuação do programa realizado de física V no 2º SEMESTRE/2013-noturno

Profa. Mazé Bechara

DIA	aula	semana	ASSUNTO
27/8	12	5	Efeito fotoelétrico: O que é, o que se observa. Características da emissão fotoelétrica que podem, e as que não podem ser descritas pelo caráter ondulatório do feixe de luz. A proposta de Einstein para descrever o efeito fotoelétrico. Como a proposta de Einstein permite a descrição de todas as características observadas no efeito fotoelétrico.
29/8	5	13	Aplicações. DISCUSSÃO DE DÚVIDAS DOS ESTUDANTES
30/8	5	1ª	prova – conteúdo das aulas 1 a 13
<hr/>			
02/9 a 07/9 recesso da semana da Pátria			
<hr/>			
10/9	14	6	O Efeito ou espalhamento Compton – o que é . As características dos espectros de radiação eletromagnética espalhada. Determinação quantitativa da diferença de comprimentos de onda nos dois picos espalhados, em função do ângulo do espalhamento, segundo a idéia fotônica: natureza e cálculo do <i>efeito Compton</i> . O espalhamento Thomson segundo a visão ondulatória e a fotônica. Condições para ocorrer com feixe de raios-X o efeito fotoelétrico (absorção do fóton por um elétron ligado da matéria) e o espalhamento de fótons por elétrons “livres” e por elétrons ligados na matéria: os espalhamentos Compton e Thomson respectivamente – diferenciando os três fenômenos. Aplicação
12/9	15		Comentários finais sobre o efeito Compton. 2. Raios-X - Breve histórico da sua descoberta e aplicações. 3. O que é o tubo que cria raios-X. 4. Principais características do espectro de intensidade de Raios-X versus comprimento de onda ou frequência. A necessidade da visão fotônica para entender a frequência de corte e a estrutura fina ou picos característicos. 5. Outras questões sobre a interação de raios-X com a matéria . O que é a antimatéria.
13/9	16	6 A	Processos que evidenciam o caráter corpuscular a radiação e que são chocantes para a concepção de matéria na Física Clássica!: (a) O processo de criação de matéria, ou melhor, de um par de partícula e sua anti-partícula pela absorção de um fóton por matéria “pesada”. A criação do par elétron-positron – o que precisa de menor energia de um fóton. Aplicação. (b) O processo de aniquilação da matéria. Aplicações. O funcionamento do PET – positron emission tomography, para diagnósticos de tumores.
<hr/>			
17/9	17	7	A competição entre vários processos dos que mais ocorrem na interação da radiação e a compatibilidade entre as visões ondulatória e corpuscular. eletromagnética raios-X e raios- γ , com a matéria Comentários sobre as soluções de 03 das ‘04 questões da prova. Critérios de correção.
19/9	18	7	Solução da última questão da 1ª prova. Outras Aplicações sobre o caráter dual da radiação Dúvidas dos alunos sobre o Tópico II. Apresentando o Tópico III. Evidências experimentais da existência de estrutura nos átomos (até aqui na disciplina e na história da Física no início dos anos 1900). Os espectros de linha de matéria gasosa – espectros de emissão e de absorção de radiação eletromagnética (REM) dos átomos o que são, condições para serem observados e porque se entende serem espectros dos átomos
20/9	19	7	Características experimentais dos átomos dos elementos – um “guia” para os modelos atômicos. O Modelo atômico (simplificado) de Thomson – primeira tentativa de descrever as interações atômicas como eletromagnética atrativa entre seus constituintes. Os estados fundamentais do H e He. O estado excitado do H. Os Experimentos de Geiger e Marsden (1908): espalhamento elástico de partículas alfa por folhas de ouro e outros elementos, e seus resultados experimentais conflitantes com o modelo atômico de Thomson. A proposta de Rutherford (1911) para a interação com tais resultados – discussão qualitativa. Conceitos e definições: espalhamento elástico de um feixe de partículas por um “alvo” espalhador; ângulo de espalhamento, parâmetro de impacto no espalhamento; relação entre o parâmetro de impacto e o ângulo de espalhamento.

Continuação do programa realizado de física V no 1º SEMESTRE/2013-diurno

Profa. Mazé Bechara

DIA	aula	semana	ASSUNTO
24/9	20	8	O conceito e uma expressão da <i>seção de choque diferencial para qualquer interação</i> . Determinação da seção de choque diferencial para o espalhamento elástico por interação repulsiva coulombiana ou a seção de choque de Rutherford. Comparação com os resultados experimentais. A comparação da seção de choque de Rutherford com os resultados experimentais. A mínima distância entre núcleo e partícula alfa espalhada e a dimensão nuclear, a partir de resultados experimentais de espalhamento de Rutherford. Aplicação. Data limite para entrega do TEC 2.
26/9	21	8	A mínima distância entre núcleo e partícula alfa espalhada em espalhamento partícula-partícula. A dimensão nuclear, a partir de resultados experimentais de espalhamento. Aplicação. A questão da estabilidade deste átomo nucleado e as hipóteses de Bohr para a estrutura e as transições atômicas. Resultados do modelo de Bohr para o átomo de Hidrogênio: distância entre o elétron e o núcleo, e a energia dos estados atômicos.
27/9	22	8	Determinações das velocidades no movimento de um elétron interagindo com o núcleo no modelo de Bohr. Os estados atômicos no átomo de hidrogênio – resultados do modelo. Comparação com os resultados experimentais. Aplicações

01/10	23	09	Aplicações relativas ao modelo de Bohr a átomos de mais de um elétron : Q15 do Guia ao Tópico III. Átomos de muitos elétrons – os raios e velocidades das órbitas dos elétrons comparadas com a do H. O modelo de camadas + o princípio de exclusão de Pauli para descrever as propriedades físico-químicas dos elementos. A descoberta de Moseley sobre a relação entre a frequência do raio X e o Z (na linguagem atual) do átomo. Os processos que geram a estrutura fina dos espectros de raios X e sua diferença dos que geram os espectros de emissão atômica (menores frequências). O Experimento de Franck e Hertz – mais uma evidência da quantização nos estados atômicos, agora com excitação dos átomos via energia de elétrons . .
03/10	24	09	O princípio de correspondência de Bohr. Aplicação ao átomo de H. A regra de Quantização de Wilson-Sommerfeld. Aplicações: MHS unidimensional; uma partícula presa em uma caixa, no MCU do átomo de H. Aplicação do princípio de correspondência de Bohr no MHS e no MCU de uma bolinha macroscópica. Ainda o átomo de hidrogênio, na procura do entendimento da estrutura fina.
03/10	25	09	Admitindo órbitas elípticas na interação coulombiana atrativa elétron-núcleo: a quantização de Wilson-Sommerfeld. O átomo de H e os estados degenerados de energia. Efeito da correção relativística e a quebra da degenerescência em energia, e a descrição da estrutura fina. O estado da arte para o H – comentários. A proposta de de Broglie de caráter dual da matéria: enunciado e as relações de conexão entre as grandezas ondulatórias (frequência, comprimento de onda) e as mais características de partículas (energia e momento linear). A velocidade da onda da partícula material com velocidades não relativísticas ou relativísticas. As regras de quantização que decorrem das ondas estacionárias das partículas na proposta de de Broglie: no átomo de H, na partícula presa em uma caixa com movimento de velocidade constante. Comparação com a quantização de Wilson-Sommerfeld.

**Continuação do programa realizado de física V no 1º SEMESTRE/2013-
diurno**

Profa. Mazé Bechara

DIA	aula	semana	ASSUNTO
08/10	26	10	Comprimentos de onda e frequencias de particulas materiais e de fótons – comparação de valores numéricos. Ondas não harmônicas – sempre uma composição de ondas harmônicas(Fourier). Batimento – fenômeno da onda composta de duas ondas monocromáticas (clássicas) –As relações dispersão na onda de batimento. Outros pacotes de onda e as relações de dispersão. O pacote gaussiano ou o de menor relação de dispersão. As relações de dispersão quando valem as relações de de Broglie – as relações de incerteza de Heisenberg. Interpretações e consequências: a impossibilidade de partícula parada; a largura natural das energias (e portanto nas linhas emitidas) nos estados atômicos. Princípio de Incerteza de Heisenberg: entendimento e consequencias..
10/10	27	10	<i>Não confunda quantização de Wilson-Sommerfeld com onda de de Broglie e com o princípio de incerteza!!!</i> O princípio de incerteza de Heisenberg e suas consequências. A energia mínima do MHS. Comparação com o resultado de Planck e da quantização de Wilson Sommerfeld. Tópico II - processos de interação de raios X e raios γ com a matéria - Questão 3 do TEC 2 . Conceitos e transições nos átomos de acordo com hipóteses de Bohr - Q 19 do Guia ao Tópico III. Q 28, e Q 34 do Guia ao Tópico III. A presença nesta aula não será computada.
11/10	28	10	O princípio de incerteza de Heisenberg e suas consequências e suas consequências mais evidentes. 2. O cálculo da energia mínima do MHS usando princípio de incerteza. Comparação com o resultado de Planck e da quantização de Wilson Sommerfeld. Estimativa da energia mínima do átomo de hidrogênio a partir do princípio de incerteza. Comparação com resultado de Bohr.

15/10	11		Data limite para entrega do TEC 3. Conversa com estudantes sobre a vida na universidade e os cursos de física. A presença não será computada.
17/10	11		Discussão de Dúvidas dos estudantes sobre o conteúdo da 2ª prova - ATÉ A AULA 28, COM ÊNFASE NOS TEMAS DAS AULAS 14 a 28 A presença não será computada.
18/10	11		Discussão de Dúvidas dos estudantes sobre o conteúdo da 2ª prova – ATÉ A AULA 28, COM ÊNFASE NOS TEMAS DAS AULAS 14 a 28. A presença não será computada.

“Tudo vale a pena se a alma não é pequena”.
Fernando Pessoa

**Continuação do programa realizado de física V no 1º SEMESTRE/2013-
diurno**

Profa. Mazé Bechara

DIA	aula	semana	ASSUNTO
22/10	29	12	A Experimentos que revelam a onda de partículas. Breve resumo histórico: de de Broglie (1924) até a interpretação de Copenhague para a Mecânica Quântica (1937). O Princípio de Complementaridade de Bohr.
24/10	30	12	Os postulados básicos da Mecânica Quântica e a interpretação probabilística de Max Born. A equação de Schroedinger para a partícula em movimento não relativístico. Propriedades das funções de onda decorrentes da interpretação probabilística de Max Born. Uma função de onda de partícula material – exemplo.
25/10	31	12	Aplicação: funções de onda – um exemplo (continuação). Estados estacionários na mecânica de Schroedinger – um conjunto de soluções possíveis para os potenciais conservativos na física clássica. Ou a equações de Schroedinger independente do tempo; ou os auto-estados de energia ; ou os estados de energia constante.

29/10	32	13	Estados estacionários e ligados de uma partícula presa em uma caixa em movimento unidimensional com potencial finito nos extremos da caixa - uma análise qualitativa: da física clássica para a física quântica. As auto-funções de de energia em termos de constantes não nulas, para os estados ligados. A solução das funções de auto-funções da energia e seus auto-valores na aproximação de potencial infinito ($V_0 \gg E$ ou $V_0 \rightarrow \infty$) extremos da caixa. Comparação das energias com os resultados da onda de de Broglie e da quantização de Wilson-Sommerfeld.
31/10	33	13	Ainda o poço de potencial unidimensional e finito: as condições de continuidade nas funções de onda e suas derivadas e as condições decorrentes. Determinação gráfica dos valores de energia, e a ambiguidade no produto $V_0 L^2$ do potencial. As auto-funções de energia e as constantes. Estados estacionários do oscilador harmônico – discussão semi-quantitativa. Comparação das energias dos estados estacionários com a proposta de Planck e resultados da quantização de Wilson-Sommerfeld e da onda estacionária de de Broglie. As características gerais dos movimentos de estados ligados na mecânica quântica: na auto-função da energia, nos valores das energias. Um potencial nuclear para a interação de uma partícula alfa com as outras partículas de um núcleo – discussão qualitativa. A “realidade” da partícula atravessar a parede: possibilidade de existirem núcleos estáveis e os que decaem com emissão de uma alfa
01/11	13		2ª PROVA - CONTEÚDO PROVA: ATÉ A AULA 28, COM ÊNFASE NOS TEMAS DAS AULAS 14 a 28 NA SALA 202 DA Ala 2.

DIA aula semana	ASSUNTO
05/11 34 14.	A ortonormalidade dos auto-estados de energia dos estados ligados: uma base para descrever todas as funções de onda (espaço de Hilbert). As combinações lineares de auto-estados de energia: Soluções de estados quânticos, se normalizados. A condição de normalização; A energia não constante destes estados no caso unidimensional. O valor da média da energia; A densidade linear de probabilidade variável com o tempo e a possibilidade de emissão de fótons com energia igual a diferença entre a energia de dois estados, como proposto por Bohr;Aplicação no caso unidimensional. 3. O poço tridimensional – soluções dos auto-estados de energia. O poço cúbico e a degenerescência em energia (estados diferentes com mesma energia- que aparecem em movimentos não unidimensionais).
07/11 35 14	Aplicação: os estados mistos de estados não degenerados em energia e de estados degenerados em energia o o potencial cúbico de valores infinitos nas “paredes.” 2. A partícula livre. As auto-funções de energia. As auto-funções de energia e de momento linear – a onda plana da partícula na mecânica quântica. A impossibilidade de normalização da função de onda. A partícula na condição inicial e sua evolução dinâmica. O princípio de incerteza na onda plana.O pacote de ondas planas – uma partícula “melhor” localizada no espaço. 3. Reinterpretação da conservação da partícula Uma equação de continuidade para a densidade de probabilidade unidimensional, e o conceito de fluxo de partícula. O fluxo de partícula para a onda plana no sentido positivo de x e no sentido negativo de x.
08/11 3614	Reinterpretação da conservação da partícula: O conceito de incidência, reflexão e transmissão da partícula por um potencial, quando em movimento unidimensional. Os fluxos de incidência, reflexão e transmissão da partícula e a equação da conservação da partícula. A solução dos auto-estados de energia do potencial degrau para energias a baixo e acima do máximo do potencial.

12/11 37 15	Uma barreira de potencial unidimensional de largura a e altura V_0 . As equações e as auto-funções de energia. As condições físicas sobre as auto-funções, e as constantes não nulas das auto-funções. Os fluxos de incidência, reflexão e transmissão da auto-função de energia para energias abaixo da altura da barreira. (Ufa! Haja conta!!!). Os coeficientes de reflexão e transmissão da partícula pela barreira e a relação da conservação da partícula! O limite dos coeficientes de reflexão e de transmissão para largura $a \rightarrow \infty$: o resultado do potencial degrau!2. Idem para energias acima da altura da barreira.3. De novo: exemplos e características das densidades de probabilidade de estados ligados e não ligados nos movimentos unidimensionais na mecânica quântica.
14/11 38 15	.A conveniência de se usar as coordenadas esféricas para potenciais centrais. Os operadores energia e momento angular e quadrado de momento angular em angular da função de onda de qualquer potencial central, e conservação do módulo do momento angular e de uma de suas componentes. O significado das “camadas s, p e d” da Química O átomo de hidrogênio na mecânica quântica: os estados degenerados em energia.
15/11 15	feriado da república.

DIA	aula	semana	ASSUNTO
19/11	39	16	Gráficos da parte radial ds funções de onda radiais para o átomo de hidrogênio. As densidades volumétricas de probabilidade, diversas representações desta densidade: repreentações e a simetria esférica dos estados do átomo de hidrogênio em Schroedinger Os máximos das densidades volumétricas e seu significado físico. As densidades radiais de probabilidade: significado, cálculo e representação gráfica. Aplicação: o valor mais provável da distância do elétron ao núcleo (“raio” mais provável), o valor menos provável “do raio” e o valor médio (“raio” médio) no estado fundamental e para um 1º estado excitado - $\psi_{2,1,1}(r,\theta,\phi,t)$. As probabiliddes dos elétrons estarem nos “raios” mais provável, menos provável e raio médio. Comparação com destes valores com o raio do Modelo de Bohr para estados “equivalentes”.
21/11	40	16	Dúvida dos estudantes. Aplicações: estados mistos do átomo de H.
22/11	16		3ª prova – conteúdo: ênfase nos temas de Mecânica Quântica.

26/11	41	17	discussão da 2ª e da 3ª prova – DATA LIMITE PARA ENTREGAR O 4º TEC
28/11		17	recesso para estudo
29/11		17	prova final obrigatória – conteúdo de todas as aulas.

“Eu diria que... se não é isso, é quase isso!” (Wanderley Vernili, físico e astrólogo)

