

Evandro Luiz De Queiroz
Antônio Sérgio Magalhães de Castro
Jeremias Borges da Silva



**Uma Proposta de Ensino dos Conceitos
Fundamentais da Mecânica Quântica no
Ensino Médio:
Espectroscopia com Lâmpadas**

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

SÉRIE:
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

Volume 22

EVANDRO LUIZ DE QUEIROZ
ANTÔNIO SÉRGIO MAGALHÃES DE CASTRO
JEREMIAS BORGES DA SILVA

Uma Proposta de Ensino dos Conceitos Fundamentais da Mecânica Quântica no Ensino Médio: Espectroscopia com Lâmpadas

Silvio Luiz Rutz da Silva
André Maurício Brinatti
André Vitor Chaves de Andrade
Antônio Sérgio Magalhães de Castro
Jeremias Borges da Silva

(ORGANIZADORES)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Prof. Dr. Miguel Sanches Neto
REITOR

Prof. Dr. Everson Augusto Krum
VICE-REITOR

Profa. Dra. Edina Schimanski
PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO E ASSUNTOS CULTURAIS

Prof. Dr. Giovani Marino Favero
PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓSGRADUAÇÃO

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MNPEF - POLO 35 – UEPG MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Colegiado

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (Coordenador)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (*Vice-Coordenador*)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (*Titular*)
Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro (*Titular*)
Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva (*Titular*)
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (*Suplente*)
Prof. Dr. Marcelo Emilio (*Suplente*)

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

CONSELHO EDITORIAL

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

Profa. Dra. Agueda Maria Turatti (FURG)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (UEPG)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (UEPG)
Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro (UEPG)
Prof. Dr. Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos (UNICENTRO)
Prof. Dr. Fabio Augusto Meira Cássaro (UEPG)
Prof. Dr. Gérson Kniphoff da Cruz (UEPG)
Prof. Dr. Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz (UTFPR)
Profa. Dra. Iramaia Jorge Cabral de Paulo (UFMT)
Profa. Dra. Jaqueline Aparecida Ribaski Borges (FATEB)
Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (UEPG)
Prof. Dr. Júlio Flemming Neto (UEPG)
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (UEPG)
Prof. Dr. Marcelo Emilio (UEPG)
Prof. Dr. Marco Antônio Sandini Trentin (UPF)
Prof. Dr. Mário Jose Van Thienen Silva (UTFPR)
Prof. Dr. Michel Corci Batista (UTFPR)
Prof. Dr. Paulo Cesar Facin (UEPG)
Prof. Dr. Rafael Ribaski Borges (UTFPR)
Prof. Dr. Ricardo Costa de Santana (UFG)
Prof. Dr. Romeu Miqueias Szmoski (UTFPR)
Profa. Dra. Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira (UTFPR)
Profa. Dra. Shalimar Calegari Zanatta (UNESPAR)
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (UEPG)

Ficha catalográfica



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons
Atribuição -Não Comercial- Compartilha Igual 4.0 Internacional.

PREFÁCIO

Durante as últimas décadas, no Brasil se tem conseguido avanços significativos em relação a alfabetização científica, em especial na área do Ensino de Física, nos diversos níveis de ensino, entretanto continua pendente o desafio de melhorar a qualidade da Educação em Ciências. Buscando superar tal desafio a Sociedade Brasileira de Física (SBF) implementou o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que se constitui em um programa nacional de pós-graduação de caráter profissional, voltado a professores de ensino médio e fundamental com ênfase principal em aspectos de conteúdos na Área de Física, resultando em uma ação que engloba diferentes capacidades apresentadas por diversas Instituições de Ensino Superior (IES) distribuídas em todas as regiões do País.

O objetivo do MNPEF é capacitar em nível de mestrado uma fração muito grande de professores da Educação Básica quanto ao domínio de conteúdos de Física e de técnicas atuais de ensino para aplicação em sala de aula como, por exemplo, estratégias que utilizam recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos.

A abrangência do MNPEF é nacional e universal, ou seja, está presente em todas as regiões do País, sejam elas localizadas em capitais ou estejam afastadas dos grandes centros. Fica então clara a necessidade da colaboração de recursos humanos com formação adequada localizados em diferentes IES. Para tanto, o MNPEF está organizado em Polos Regionais, hospedados por alguma IES, onde ocorrerem as orientações das dissertações e são ministradas as disciplinas do currículo.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, por meio de um grupo de professores do Departamento de Física, faz parte do MNPEF desde o ano de 2014 tendo nesse período proporcionado a oportunidade de aperfeiçoamento para quarenta e cinco professores de Física da Educação Básica, sendo que desses quinze já concluíram o programa tornando-se Mestres em Ensino de Física.

A Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física**, que ora apresentamos, consta de vários volumes que correspondem aos produtos educacionais derivados dos projetos de dissertação de mestrado defendidos. Alguns desses volumes são constituídos de mais de um tomo.

Com essa série o MNPEF - Polo 35 - UEPG, não somente busca entregar materiais instrucionais para o Ensino de Física para professores e estudantes, mas também pretende disponibilizar informação que contribua para a identificação de fatores associados ao Ensino de Física

a partir da proposição, execução, reflexão e análise de temas e de metodologias que possibilitem a compreensão do processo de ensino e aprendizagem, pelas vias do ensino e da pesquisa, resultado da formação de docentes pesquisadores.

A série é resultado de atividade reflexiva, crítica e inovadora aplicada diretamente à atuação profissional do docente, na produção de conhecimento diretamente associado à prospecção de problemas e soluções para o ensino-aprendizagem dos conhecimentos em Física, apresentando estudos e pesquisas que se propõem com suporte teórico para que os profissionais da educação tenham condições de inovar sua prática em termos de compreensão e aplicação da ciência.

A intenção é que a Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física** ofereça referências de propostas de Ensino de Física coerentes com as estruturas de pensamento exigidas pela ciência e pela tecnologia, pelo exemplo de suas inserções na realidade educacional, ao mesmo tempo que mostrem como se pode dar tratamento adequado à interdependência de conteúdo para a formação de visão das interconexões dos conteúdos da Física.

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

Organizadores

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 UNIDADE I	10
2.1 FÍSICA MODERNA - EVOLUÇÃO DO MODELO ATÔMICO	10
2.2 O ATOMISMO GREGO	10
2.3 O SÉCULO XIX	10
2.4 MODELO DE DALTON.....	11
2.5 MODELO DE THOMSON.....	11
2.6 MODELO DE RUTHERFORD	13
2.7 MODELO DE RUTHERFORD-BOHR	14
3 A DIVISÃO DA FÍSICA	17
3.1 DIVISÃO DA FÍSICA MODERNA	18
3.1.1 Relatividade.....	18
3.1.2 Física Nuclear.....	19
3.1.3 Mecânica Quântica.....	20
4.UNIDADE II	27
4.1 ELETROMAGNETISMO.....	27
4.2 A ORIGEM DAS LINHAS ESPECTRAIS: ÁTOMOS E LUZ	28
4.2.1 Leis de Kirchhoff.....	30
4.3 ESPECTROSCOPIA E A LUZ DAS ESTRELAS.....	31
4.3.1 Afinal, o que é uma estrela?	32
4.3.2 Espectro das estrelas	33
4.3.3 O espectro das lâmpadas.....	34
4.4 ÁTOMO DE BOHR E ESPECTRO DE EMISSÃO.....	40
5. ATIVIDADE PRÁTICA - OBSERVAR O ESPECTRO DE EMISSÃO DE LÂMPADAS.....	44
6 UNIDADE ESPECIAL - DIODO E LED.....	49
6.1 LED AZUL	51
REFERÊNCIAS	54
MANUAL DO PROFESSOR.....	56
ROTEIRO DE AULA.....	57
MONTAGEM DO EXPERIMENTO - ROTEIRO PARA O PROFESSOR.....	59
EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO	60
ANEXO	61

APRESENTAÇÃO

Vivemos em uma sociedade moderna, onde a tecnologia é a grande motivação para os estudos e pesquisas. A Física não poderia ficar atrás, pois foi graças ao avanço dos estudos de fenômenos subatômicos que a criação de smartphones, lâmpadas de LED, TABLETS e vários outros aparelhos que usamos no nosso cotidiano foi possível. Mas como se iniciou esses estudos subatômicos? Como ele é chamado? E quais relações podem fazer com nosso cotidiano?

Para responder a essas e a outras perguntas, convido você a iniciar uma aventura sobre uma parte do conhecimento humano, chamado Física Moderna e Contemporânea. Veremos neste produto educacional como se iniciou o estudo da Física Moderna e algumas consequências e uso no campo da Ciência e da tecnologia.

Vamos conhecer mais?

1 INTRODUÇÃO

Você já se perguntou como as lâmpadas dos postes se acendem? Será que tem alguém em alguma central de distribuição de luz que aperta algum interruptor?

Estrelas e Lâmpadas têm algo em comum? Como os cientistas sabem do que é feito as estrelas que estão há milhares de anos-luz da Terra?

Essas perguntas podem não serem feitas todos os dias, mas as respostas delas nos fazem compreender o funcionamento de sensores, das cores das lâmpadas e como se descobre os elementos químicos presentes em estrelas que estão tão distantes.

Para começar, vamos ver no primeiro capítulo a história do modelo atômico, seus primeiros modelos e como foi sua evolução, que sempre está pautada no Método Científico.



Veremos também algumas mudanças na Física a partir do século XX, o nascimento de uma nova área de estudo da Física e onde podemos usá-la hoje em dia, no nosso cotidiano, e na Ciência e tecnologia.

No segundo capítulo, vamos entender sobre o espectro, sua história e classificação, pôr em prática como se observam as linhas espectrais de uma lâmpada e como elas ajuda a responder às perguntas feitas no início do texto.

2 UNIDADE I

2.1 FÍSICA MODERNA - EVOLUÇÃO DO MODELO ATÔMICO

Quando falamos de Modelo Científico não estamos dizendo de um cientista famoso, desfilando em uma passarela, mas sim de uma representação mais simplificada de um sistema complexo, de forma a poder entender e estudar este sistema, sem perder suas características originais.

Um grande exemplo de Modelo Científico e sua evolução durante os séculos é o Modelo Atômico do Átomo.

2.2 O ATOMISMO GREGO

A teoria atomística começou a ser edificada por volta do século V antes de Cristo pelos filósofos gregos Leucipo e Demócrito.

Demócrito era atomista, afirmava que o universo tinha uma constituição elementar única que é o átomo, partícula invisível, indivisível, impenetrável e animada de movimento próprio. Dizia também que as vibrações dos átomos provocam todas as nossas sensações.



2.3 O SÉCULO XIX

Essa teoria não foi aceita à época e somente foi retomada no início do século XIX, pelos pesquisadores no campo da Química, onde vários modelos foram concebidos, sendo esses os modelos atômicos mais conhecidos.

2.4 MODELO DE DALTON

Retomando as ideias gregas sobre a constituição da matéria dos átomos, o químico inglês John Dalton (1766 - 1844), baseando-se em leis já comprovadas experimentalmente - como as Leis Ponderais - propôs em 1803 uma hipótese atômica apresentada no livro "*A new system of chemical philosophy*".

De forma resumida, Dalton disse que o átomo seria parecido com uma bola de bilhar, isto é, esférico, maciço e indivisível.

Em 1811, o italiano Lorenzo Romano Amadeu Avogadro, Conde de Quaregna e Cerreto (1776 - 1856), advogado e professor de física em Turim, com a finalidade de interpretar as leis volumétricas de Gay-Lussac (1778 - 1850), expôs a hipótese da existência de moléculas que constituem um agrupamento de átomos.

Figura 5 - John Dalton



Fonte: <https://efemeridesdoefeello.com/2016/09/06/john-dalton-250-anos/>.

Acesso em: 02 jul. 2018.

2.5 MODELO DE THOMSON

O modelo atômico de Dalton não conseguia explicar como a matéria neutra ficava eletrizada, por exemplo, quanto se atrita um pedaço de âmbar em um pano de lã, ele começa a atrair pequenos pedaços de casca de semente, papéis etc.

Esse fenômeno já era conhecido na Grécia, há 2500 anos antes, apresentado pelo filósofo Tales de Mileto.

Após o ano de 1834, se compreendeu que os átomos transportavam carga elétrica através da interpretação das leis da eletrólise do físico inglês Michael Faraday (1791-1867).

Figura 6 - J. J. Thomson

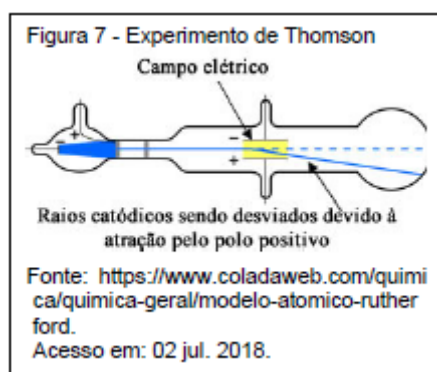


Fonte: <https://manualdaquimica.uol.com.br/quimica-gera/modeloatomico-thomson.htm>.

Acesso em: 02 jul. 2018.

O químico irlandês George Johnstone Stoney (1826 - 1911) denominou essa carga elétrica de elétron, nome grego dado ao âmbar amarelo; pois esse, quando friccionado, tinha a propriedade de atrair corpos leves, o que conduziu à descoberta de efeitos eletrostáticos.

Quando se submete um tubo com gases a voltagem altíssima, são produzidos raios catódicos. Esse experimento é conhecido como ampola de Crookes, assim, em 1897, o físico inglês Joseph John Thomson (1856 - 1940) passou a trabalhar com ela.



Esses raios eram desviados em direção à placa positiva quando colocado um campo elétrico externo, o que significava que o átomo teria partículas negativas, que foram denominadas como elétrons. Foi grande a procura da carga elementar, isto é, da menor carga que poderia ser transportada na eletrólise, após os trabalhos de Faraday e Stoney.

J.J. Thomson dividiu com o físico holandês Hendrik Antoon Lorentz (1853 - 1928) a honra de haver iniciado o estudo do elétron, tendo recebido o Prêmio Nobel em 1906. Durante nove anos (1909 - 1917), Robert Andrews. Millikan (1868 - 1953), físico estadunidense da Universidade de Chicago, trabalhou na determinação da carga do elétron.

No entanto, como a natureza da matéria é neutra, uma explicação razoável seria a de que haveria uma parte positiva que neutralizaria os elétrons. Com base nesse raciocínio, em 1903, Thomson modificou o modelo de Dalton, pois o átomo não seria maciço nem indivisível, e estabeleceu o seu, que propôs o seguinte:

O átomo é uma esfera de carga elétrica positiva, não maciça, incrustada de elétrons (partículas negativas), de modo que sua carga total seja nula. Esse

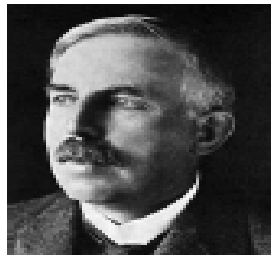
modelo foi comparado a um “pudim de passas”, onde as cargas negativas estariam encrustadas na carga positiva.

2.6 MODELO DE RUTHERFORD

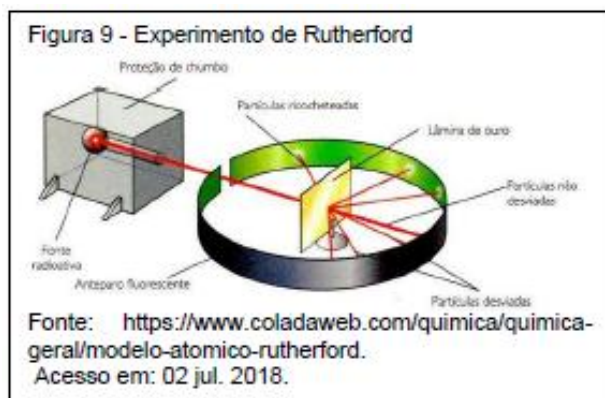
O físico neozelandês Ernest Rutherford (1871 - 1937), em 1911 realizou um experimento no qual bombardeou com partículas alfa (dois prótons e dois neutros) emitidas do elemento radioativo polônio, uma finíssima lâmina de ouro.

Esperava-se que uma grande quantidade de partícula alfa fosse desviada pelos átomos da folha de ouro, já que se imaginava o modelo atômico de Thomson, porém, ele observou que a maioria das partículas atravessava a folha, o que significava que o átomo deveria ter imensos espaços vazios.

Figura 8 - Ernest Rutherford



Fonte : <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/ernestrutherford.htm>.
Acesso em: 02 jul. 2018.



Algumas partículas eram rebatidas, o que seria explicado se o átomo tivesse um núcleo pequeno e denso e, por fim, algumas partículas alfa sofriam um desvio em sua trajetória, o que significava que o núcleo seria positivo, pois as partículas alfa eram positivas e foram repelidas ao passar perto do núcleo. Com isso, o modelo atômico de Rutherford defendeu o seguinte:

- O átomo seria semelhante ao sistema solar, em que o núcleo representaria o Sol e os elétrons girando ao redor do núcleo seriam os planetas.
- O átomo seria composto por um núcleo muito pequeno e de carga elétrica positiva, que seria equilibrado por elétrons (partículas

negativas), que ficavam girando ao redor do núcleo, numa região periférica denominada eletrosfera.

Em 1904, Rutherford descobriu que na verdade o núcleo era composto por partículas positivas denominadas prótons e, em 1932, James Chadwick (1891 - 1974) físico inglês, descobriu que havia também partículas neutras no núcleo, que ajudavam a diminuir a repulsão entre os prótons. Rutherford recebeu o Prêmio Nobel em 1908, em 1918 se tornou diretor do Laboratório Cavendish e em 1931 recebeu do rei da Inglaterra o título de nobre. Sua experiência para verificar se o modelo de átomo de J.J. Thomson era correto, constituiu um dos trabalhos mais interessantes da Física Nuclear.

2.7 MODELO DE RUTHERFORD-BOHR

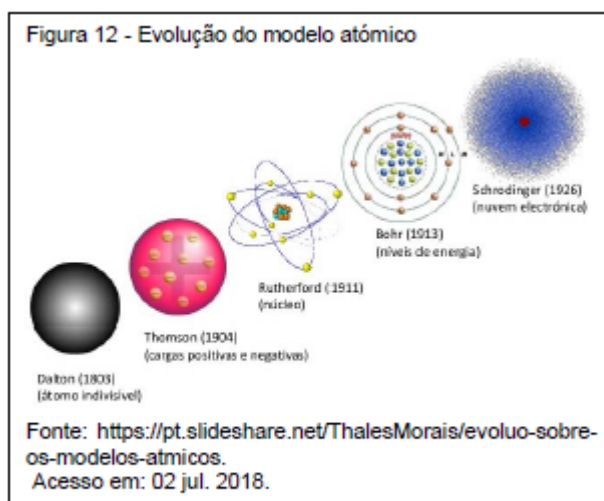
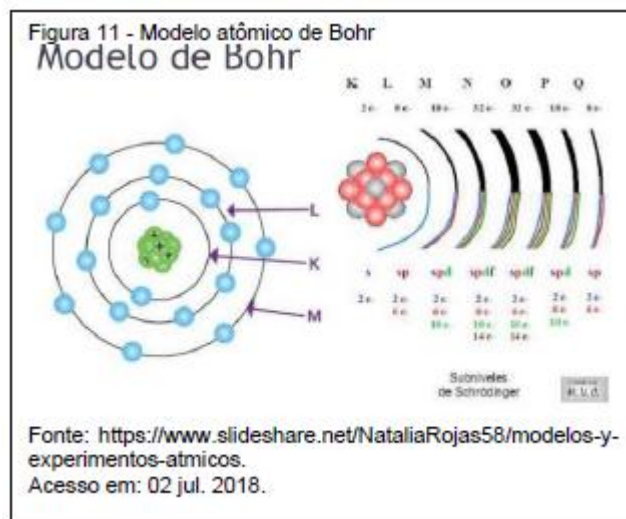
O estudo dos espectros eletromagnéticos dos elementos pelo físico dinamarquês Niels Henrik David Bohr (1885 - 1962) permitiu adicionar algumas observações ao modelo de Rutherford, por isso o seu modelo passou a ser conhecido como modelo atômico de Rutherford-Bohr.

Nesse modelo, Bohr dizia que só é permitido ao elétron ocupar níveis energéticos, nos quais ele se apresenta com valores de energia múltiplos inteiros de um fóton, ou seja, o elétron só poderia ocupar níveis de energias específicas e sua transição de um nível para outro só seria possível se a energia recebida ou liberada pelo elétron fosse igual à diferença entre os níveis de energia.

O modelo de Rutherford-Bohr explica a grande maioria dos comportamentos do átomo estudado no Ensino Médio.

Entretanto, a evolução do modelo não parou no modelo de Rutherford-Bohr, existem outros modelos como do físico alemão Arnoud J. W. Sommerfeld (1868 - 1951) e o modelo do austríaco Erwin Schroedinger (1887 - 1961).





Para ajudar a conhecer a evolução do modelo atômico veja o vídeo
Vídeo 1 - Evolução dos modelos atômicos



Fonte: CCEAD PUC RIO
Tudo se transforma,
História da Química,
história dos modelos
atômicos 2012 (13 m: 30s)
<https://www.youtube.com/watch?v=58xkET9F7MY&t=>
Acesso em: 02 jul. 2018.

Texto adaptado dos sítios eletrônicos :
<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/evolucao-dos-modelos-atmicos.htm> e <http://www.sbmec.org.br/bol/bol2/artigos/jader/jader.html>.
acesso em 10 jul. 2018.

EXERCÍCIOS

- 1) Pesquise o que é um modelo científico.
- 2) Pesquise e descreva sobre o método científico.
- 3) No vídeo foi mostrado a evolução sobre o modelo atômico, podemos afirmar que cada cientista trabalhou

independentemente do outro, ou foi um acúmulo de conhecimento? Justifique.

4) O conhecimento científico é feito de maneira aleatória? Justifique.

5) Qualquer pesquisa, dados ou informações podem ser consideradas científicas ou confirmadas pelo método científico?

3 A DIVISÃO DA FÍSICA

A Física é uma Ciência que tem seu primórdio no século VI A.C., na Grécia, e passou por transformações na Idade Média com o cientista Italiano Galileu Galilei (1564 - 1642), o físico inglês Isaac Newton (1643 - 1727), o francês René Descarte (1596 - 1650), entre outros cientistas, e por uma nova reestruturação a partir do século XX.

Podemos dividir o conhecimento de Física em duas partes principais: a Física Clássica e a Física Moderna.

A Física Clássica é todo o conhecimento de Física que vai dos tempos mais antigos até o fim do século XX; a partir desse período temos a Física Moderna.

Podemos considerar que a Física Moderna tem seu início com a teoria de Max Planck, com a explicação da energia de corpo negro, em 1900, e com a teoria da relatividade de Albert Einstein, em 1905.

Observe o quadro que traz uma comparação entre a Física Clássica e a Física Moderna

Quadro 1 - Comparação entre alguns conceitos da Física Clássica e da Física Moderna.

FÍSICA CLÁSSICA	FÍSICA MODERNA
- Determinista	- Indeterminista
- Localizada	- Não local
- Tempo invariável	- Tempo é uma dimensão
- 3 Dimensões	- 4 Dimensões

Fonte: Autor

Essa diferença fez com que a comunidade científica demorasse a compreender e aceitar as novas teorias e conceitos, mas depois de muitas pesquisas, hipóteses e discussões, os conceitos da Física Moderna foram aceitos e hoje se tem um grande avanço tecnológico, graças a esses estudos.

3.1 DIVISÃO DA FÍSICA MODERNA

Física Moderna é nome dado aos estudos e teorias surgidas no começo do século XX, começando com a Mecânica Quântica, a Teoria da Relatividade e as mudanças nas concepções até então inalteradas, bem como todas as teorias posteriores.

De fato, dessas duas teorias resultaram drásticas alterações no entendimento das noções do espaço, tempo, medida, causalidade, simultaneidade, trajetória, localidade e composição da matéria.

A Física Moderna também é subdividida em áreas de estudo, assim como a Física Clássica. Pode ser segmentada em três grandes áreas de estudo: Mecânica, Termodinâmica, Eletromagnetismo, que podemos dividir em relatividade, nuclear e quântica.

Texto adaptado de: <http://www.fisica.net/fisica-moderna>, acesso em 10 jul. 2018.

3.1.1 Relatividade

A Teoria da Relatividade é a denominação dada ao conjunto de duas teorias científicas: a Relatividade Restrita (ou especial) e a Relatividade Geral.

A Relatividade Especial é uma teoria publicada em 1905, por Albert Einstein, concluindo estudos precedentes do matemático francês Henri Poincaré e do físico holandês Hendrik Lorentz, entre outros. Ela substitui os conceitos independentes de espaço e tempo da Teoria de Newton pela ideia de espaço-tempo como uma entidade geométrica unificada.

O espaço-tempo na relatividade especial consiste em uma variedade diferenciável de 4 dimensões, três espaciais e uma temporal (a quarta dimensão).

É nessa teoria, também, que surge a ideia de velocidade da luz invariante.

O termo especial é usado porque ela é um caso particular do princípio da relatividade em que efeitos da gravidade são ignorados. Dez anos após a

publicação da teoria especial, Einstein publicou a Teoria Geral da Relatividade, que é a versão mais ampla da teoria, em que os efeitos da gravitação são integrados, surgindo a noção de espaço-tempo curvo.

Texto adaptado do sitio: <http://www.fisica.net/fisica-moderna/relatividade>, acesso em 10 jul. 2018.

3.1.2 Física Nuclear

Esta área da Ciência teve início a partir da evolução do conceito científico acerca da estrutura atômica, pois até meados do século XIX acreditava-se que os átomos eram esferas maciças indestrutíveis e indivisíveis. Esses conceitos estavam de acordo com a teoria atômica de John Dalton. Para extrair um elétron de um átomo, é necessária uma certa quantidade de energia.

Da mesma forma, cada núcleo (próton ou nêutron) necessita também de grande quantidade de energia, que é da ordem de milhões de vezes. Por esse motivo, a Física Nuclear é denominada Física de alta energia.

A Física Nuclear tem como objeto de estudo o núcleo atômico e suas propriedades.

Os núcleos possuem propriedades que podem ser classificadas como estáticas (carga, tamanho, forma, massa, energia de ligação, spin, paridade, momentos eletromagnéticos etc.) e dinâmicas (radioatividade, estados excitados, reações nucleares, etc.).

Estas propriedades são analisadas através de modelos nucleares que são baseados na mecânica quântica, relatividade e teoria quântica de campos.

A descoberta de que os núcleos (prótons e nêutrons) são na realidade sistemas compostos, redirecionou o interesse dos físicos nucleares para a investigação dos graus de liberdade de quarks e, com isto, atualmente os domínios de pesquisa da Física nuclear e da Física de partículas se tornaram interligados.

Texto adaptado de: <http://www.fisica.net/fisica-moderna/nuclear>, acesso em 10 jul. 2018.

3.1.3 Mecânica Quântica

A Mecânica Quântica é a teoria Física que obtém sucesso no estudo dos sistemas físicos, cujas dimensões são próximas ou abaixo da escala atômica, tais como moléculas, átomos, elétrons, prótons e de outras partículas subatômicas, muito embora também possa descrever fenômenos macroscópicos em diversos casos.

A Mecânica Quântica é um ramo fundamental da Física com vasta aplicação.

A teoria quântica fornece descrições precisas para muitos fenômenos que não são explicados pela Física clássica, tais como a radiação de corpo negro e as órbitas estáveis do elétron.

Apesar de na maioria dos casos a Mecânica Quântica ser relevante para descrever sistemas microscópicos, os seus efeitos específicos não são somente perceptíveis em tal escala.

Por exemplo, a explicação de fenômenos macroscópicos como a superfluidez e a supercondutividade só é possível se considerarmos que o comportamento microscópico da matéria é quântico.

A quantidade característica da teoria, que determina quando ela é necessária para a descrição de um fenômeno, é a chamada constante de Planck.

3.1.3.1 Catástrofe do Ultravioleta

A Mecânica Quântica iniciou com a resolução da catástrofe do ultravioleta dada por Max Planck.

No final do século XIX, os físicos não conseguiam explicar por completo a emissão de radiação de um corpo negro, pois a teoria dizia que quanto maior a temperatura do corpo, mais energia ele deveria emitir, ou seja, a energia emitida seria infinita. Porém, os experimentos demonstravam uma curva característica e com energia bem definida.

Em 1900, o alemão Max Karl Ernest Ludwing Planck (1858 - 1947), buscou resolver esse problema, que vinha estudando desde 1897.

Max Planck propôs que a energia emitida pelo corpo não era contínua, mas sim discreta, ou seja, em um - “ato de desespero, porque a questão tinha que ser resolvida”. Como ele mesmo disse, a energia não era emitida ou absorvida de forma contínua como se tinha proposto na teoria clássica do físico escocês James Clark Maxwell (1831 - 1879), mas em pequenas porções múltiplas de uma quantidade mínima chamada por ele de quanta. Essas porções eram proporcionais à frequência de radiação.

Sendo assim, a energia agora não era mais contínua, mas sim quantizada.

Esses pacotes de energia poderiam assumir valores dados por:

$$E = n \cdot h \cdot f, \quad (1)$$

onde: E = é a energia quantizada, n = é um número inteiro positivo, h = é a constante de Planck, com valor de $6,626 \times 10^{-34}$ Js, e f = é a frequência da radiação.

Planck ainda tinha a esperança de que alguém provasse que seu ato de desespero estivesse errado e o corrigisse, porém mal sabia ele que estava iniciando uma nova Física, que se mostrou de tamanha relevância. Ele foi laureado em 1918, com o prêmio Nobel.

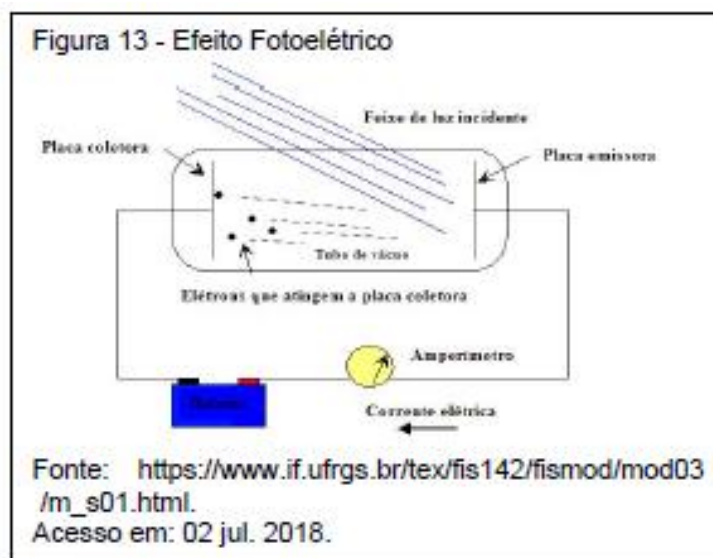
3.1.3.2 Efeito Fotoelétrico

Usando a teoria de Max Planck, o também alemão Albert Einstein (1879-1955), explicou o efeito fotoelétrico.

O físico russo Alexander Staletov (1857 - 1896) e físico alemão Heinrich Hertz (1857 - 1894), na metade do século XIX, observaram que radiações eletromagnéticas de um tipo específico, ao incidirem sobre a superfície de uma placa metálica, faziam com que elétrons pertencentes a ela escapassem após absorverem energia. Esse fenômeno é denominado efeito fotoelétrico.

Porém, a Física Clássica não conseguia explicar o fato de que a emissão dos elétrons dependia da frequência da radiação e não da sua intensidade.

Einstein, em 1905, utilizou da noção de quantização da energia proposta por Planck e postulou que a energia era quantizada, chamando-a de fóton.



Einstein sugeriu que cada fóton transporta um quantum de energia ($E = h \cdot f$) (2), ou seja, em lugar de se espalhar nas frentes de ondas, como estabelecida a teoria eletromagnética, a energia é transportada em pacotes discretos.

O elétron absorve toda a energia transportada pelo fóton de uma vez só. Se essa energia for igual ou maior à função trabalho (energia necessária para o elétron seja ejetado do metal) ele será ejetado; caso essa energia seja menor nada ocorre, mesmo aumentando a quantidade de fótons emitidos.

Com isso, Einstein conseguiu explicar que a emissão depende da frequência, pois ela está relacionada com a energia do fóton, $E = h \cdot f$ (2), e não com a intensidade da luz.

Se a energia não for igual ou superior à função trabalho, não haverá o efeito fotoelétrico.

Se um elétron pode ganhar energia ao absorver um fóton, como ocorre no efeito fotoelétrico, ele pode também perder energia emitindo fótons.

3.1.3.3 Efeito Compton

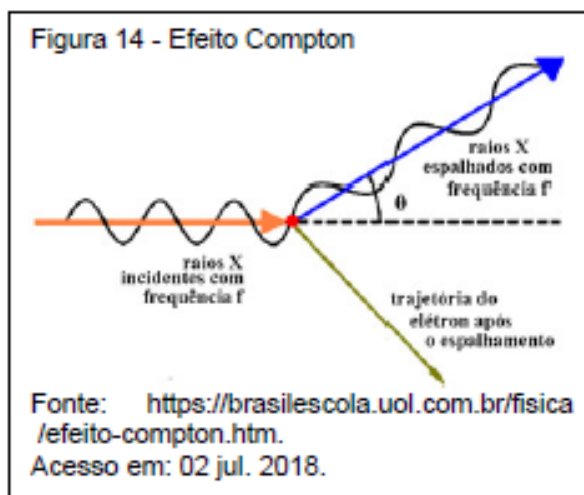
Foi no ano de 1922 que o físico estadunidense Arthur Holly Compton (1892 - 1962), após realizar alguns estudos sobre a interação radiação-matéria,

percebeu que quando um feixe de raios X incidia sobre um alvo de carbono, sofria um espalhamento.

Inicialmente, Compton não percebeu nada de errado, pois suas medidas indicavam que o feixe espalhado tinha frequência diferente do feixe incidente logo após atravessar o alvo.

De acordo com a teoria ondulatória, tal conceito era dado como certo, pois a frequência de uma onda não é alterada por nenhum fenômeno que ocorre com ela, sendo característica da fonte que a produz.

Mas o que se constatou, através da experimentação, foi que a frequência dos raios X era sempre menos que a frequência dos raios X incidentes, dependendo do ângulo de desvio.



Para explicar o sucedido, Compton inspirou-se na abordagem de Einstein, ou seja, ele interpretou os raios X como sendo feixes de partículas e a interação como sendo uma colisão de partículas.

A energia do fóton incidente, de acordo com Einstein e Planck, seria $E = h \cdot f$ (2).

A abordagem funcionou perfeitamente, mas Compton foi ainda mais longe. Ele investigou também a interação do ponto de vista da lei da conservação da quantidade de movimento.

Experimentalmente, verificou que essa lei valia para diversos ângulos de espalhamento, desde que a quantidade de movimento do fóton fosse definida como:

$$Q_{\text{foton}} = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h}{\lambda}, \quad (3)$$

onde: Q - é a quantidade de movimento do fóton c - é a velocidade da luz no vácuo h - é a constante de Planck, e λ - é o comprimento de onda da radiação.

O escocês inventor da Câmara de Nuvens, Charles Thomson Rees Wilson (1869 - 1959), obteve experimentalmente as trajetórias dos fótons e dos elétrons espalhados, em colaboração com Compton.

Duas características são notáveis na expressão acima: uma é a própria redefinição da quantidade de movimento, que não pode ser escrito como a relação de massa e velocidade, ($Q = m \cdot v$) (4), porque o fóton não tem massa; e a outra característica que pode ser observada é o estabelecimento de uma clara associação entre uma grandeza típica de corpúsculos, isto é, a matéria, e uma grandeza caracteristicamente ondulatória, comprimento de onda ou frequência.

Compton ainda desenvolveu um método que provava que o fóton e o elétron eram espalhados simultaneamente, o que impedia explicações envolvendo absorção e posterior emissão de radiação.

Texto adaptado dos sítios eletrônicos:

<http://www.fisica.net/mecanicaquantica/> e

<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/efeito-compton.htm>. acesso em 15 jul. 2018.

EXERCÍCIOS

6) A Mecânica Quântica descreve o comportamento de objetos:

- a) que se movem em alta velocidade.
- b) de dimensões muito pequenas.
- c) que se movem em campos gravitacionais fortes.
- d) de dimensões macroscópicas.

- 7) A mecânica quântica teve seus primeiros estudos publicados em
- a) 1850.
 - b) 1950.
 - c) 1800.
 - d) 1900.
- 8) Quais destes Físicos propôs a ideia de que a energia não era contínua, mas feita de pacotes de energia
- a) Niels Borh.
 - b) Albert Einstein.
 - c) Max Planck.
 - d) Ernest Ruthenford.
- 9) Qual é a energia de um quantum de luz com a frequência de 10000 hertz? $h=6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}$
- a) $6,626 \times 10^{-30} \text{ J}$.
 - b) 6626 J.
 - c) 10 J.
 - d) $6626 \times 10^{-34} \text{ J}$.
- 10) Qual destes Físicos esclareceu o efeito fotoelétrico?
- a) Albert Einstein.
 - b) Louis de Broglie.
 - c) Max Planck.
 - d) Ernest Rutherford.
- 11) No efeito fotoelétrico, a luz é percebida como:
- a) Onda.
 - b) Partícula.
 - c) Conjunto de partícula.
 - d) Conjunto de onda.

- 12) O efeito fotoelétrico é um fenômeno no qual
- a) fótons se tornam elétrons.
 - b) a luz se torna em partículas.
 - c) a luz se torna onda.
 - d) elétrons são liberados de orbitas atômicas.
- 13) Objetos do mundo Macroscópicos não exibem propriedades de onda, já que
- a) não possuem uma natureza de onda.
 - b) não possuem energia suficiente.
 - c) o comprimento de onda de matéria é muito curto.
 - d) o comprimento de onda de matéria é muito longo.
-

4. UNIDADE II

4.1 ELETROMAGNETISMO

O físico escocês James Clark Maxwell (1831 - 1879), em 1865, unificou a eletricidade, o magnetismo e a luz ao demonstrar que a luz é uma onda eletromagnética.

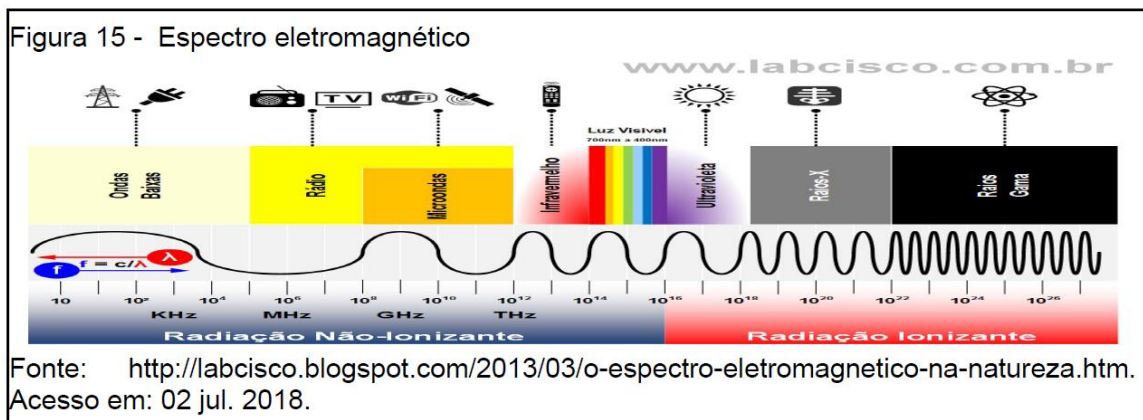
Ondas são perturbações que se propagam pelo espaço carregando energia e nunca matéria.

As ondas são classificadas em relação a sua natureza de perturbação como ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, e em relação à direção de propagação como ondas longitudinais e ondas transversais.

Uma onda eletromagnética é uma onda transversal que se propaga pela variação do campo magnético e do campo elétrico.

As ondas eletromagnéticas têm um amplo espectro que vai desde as ondas de rádio até a radiação cósmica.

Observe o esquema abaixo.



As ondas eletromagnéticas podem ser caracterizadas pela sua amplitude, polarização, velocidade de propagação, sua frequência e comprimento de onda.

A amplitude de uma onda é o valor máximo da perturbação e está relacionada à intensidade da onda.

Polarização é quando se define um único sentido de perturbação para a onda eletromagnética. Não conseguimos perceber a polarização da luz com nossos olhos.

Velocidade de propagação é a velocidade com que a onda se propaga em um meio. A propagação da luz no vácuo, por exemplo, vale 3×10^8 m/s, a maior velocidade possível.

Frequência é a medida em números de oscilações que a perturbação faz em cada unidade de tempo, e está relacionada à energia da onda.



Já o comprimento de onda é a distância entre dois pontos que se repete de uma onda. Podemos relacionar a cor de uma onda, no espectro do visível, pelo seu comprimento de onda.

4.2 A ORIGEM DAS LINHAS ESPECTRAIS: ÁTOMOS E LUZ

Espectro é uma representação das amplitudes ou intensidades - o que geralmente traduz-se por energia - dos componentes ondulatórios de um sistema quando discriminadas uma das outras em função de suas respectivas frequências (ou comprimentos de onda). Também podemos entender o espectro como a intensidade da luz em diferentes comprimentos de onda.

Podemos pegar como o exemplo as cores do arco-íris, que representam o espectro visível da luz. O físico inglês Isaac Newton (1643 - 1727) demonstrou, em 1665-66, que a luz branca, como a luz do Sol, se decompõe nas cores do arco-íris ao passar por um prisma.

Mais tarde, o médico, químico e físico inglês William Hyde Wollaston (1766 - 1828) interpretou de forma errada, em 1802, algumas linhas escuras que eram observadas quando a luz atravessava óleos e outras substâncias. Ele imaginou que fossem os limites das cores.

O alemão Joseph Ritter von Fraunhofer (1787 - 1826) era um fabricante de instrumentos de vidros como lentes e prismas, e até o ano de 1820 já havia contado 574 linhas escuras no espectro do sol. Essas linhas posteriormente foram chamadas de linhas de Fraunhofer.

Figura 16 - Linhas espectrais de Fraunhofer



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>.
Acesso em: 02 jul. 2018.

Em 1856, o químico alemão Robert Wilhelm Eberhard Bunsen (1811 - 1899) inventou o bico de gás (bico de Bunsen), cuja vantagem era a de ter a chama incolor. Bunsen e seu jovem ajudante, o físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824 - 1887), em 1856 observaram linhas claras quando colocavam alguns elementos químicos no fogo e observaram também a chama colorida através de um prisma; o contrário de Fraunhofer, que observou linhas escuras

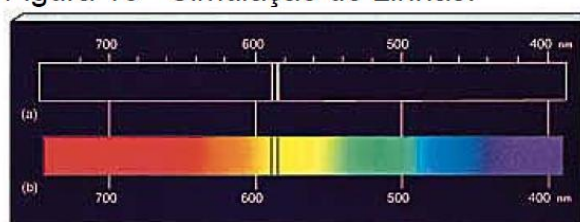
Figura 17 Busen e Kirchhoff



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>.
Acesso em: 02 jul. 2018.

Cada elemento gerava uma série de linhas diferentes. Por exemplo, o sódio apresentava linhas no amarelo, o mercúrio tinha linhas no amarelo e no verde, e o neônio tinha linhas no vermelho.

Figura 18 - Simulação de Linhas.



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>.
Acesso em: 02 jul. 2018.

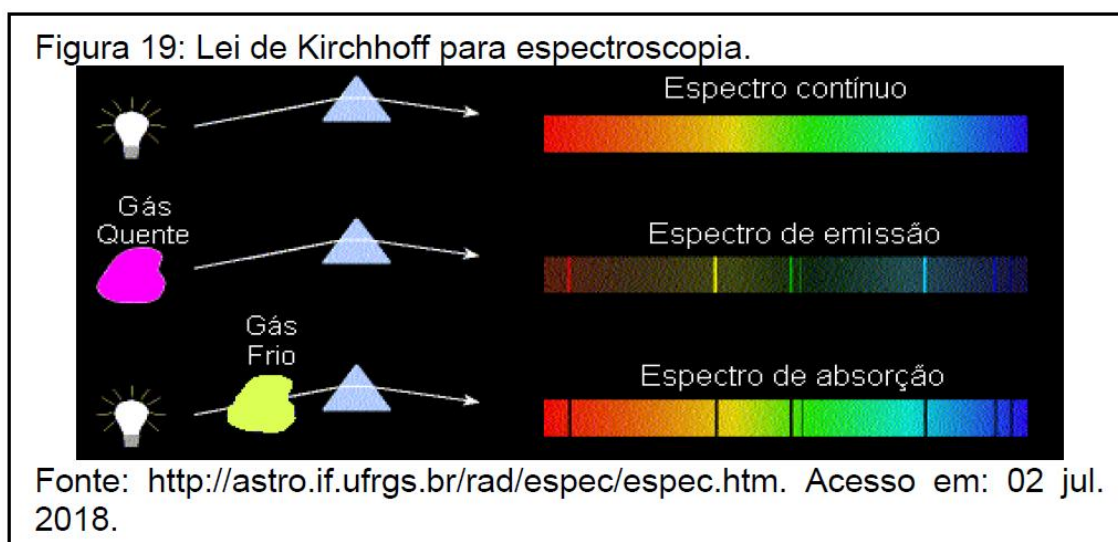
Kirchhoff, com o intuito de comparar as linhas escuras descobertas por Fraunhofer com as linhas claras descobertas por ele e por Bunsen, passou a luz

solar através de uma chama de sódio, porém as linhas claras se tornaram mais intensas. Sendo assim, percebeu que o sol era um gás ou um sólido quente e, posteriormente, descobriu outras linhas espectrais como a do Ca, Cr, Mg, Co, Ni, Zr e Ba no Sol.

Em 1860, Kirchhoff formulou as três leis empíricas da espectroscopia, para determinar a composição de uma mistura de elementos.

4.2.1 Leis de Kirchhoff

- 1) Um corpo opaco quente, sólido, líquido ou gasoso, emite um espectro contínuo.
- 2) Um gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes (de emissão). O número e a posição destas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.
- 3) Se um espectro contínuo passar por um gás à temperatura mais baixa, o gás frio causa a presença de linhas escuras (absorção). O número e a posição destas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.



Como existe espectro contínuo se os átomos emitem linhas discretas?

Átomos têm velocidades diferentes e os comprimentos de ondas se deslocam pelo efeito Doppler, sendo assim, quando átomos interagem com outros, as linhas espectrais são alargadas.

Quando um conjunto de átomos interage fortemente, como em um sólido, líquido ou gás opaco, todas as linhas são tão alargadas que produzem um contínuo térmico.

As linhas escuras são produzidas devido o gás frio, que absorve mais radiação do que emite.

Assista ao vídeo para relembrar os trabalhos dos cientistas
Vídeo 3: Fraunhofer, Bunsen e Kirchhoff e a espectroscopia.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=qOjq5xceyZU&t>.
Acesso em: 02 jul. 2018.

4.3 ESPECTROSCOPIA E A LUZ DAS ESTRELAS

No início do século XX, os cientistas começaram a aprender mais sobre a estrutura dos átomos e a natureza da luz e a compreender a formação dos espectros.

Fraunhofer, em 1823, observou que as estrelas tinham espectros de linhas escuras como o Sol. Porém, somente 40 anos depois, investigações mais completas dos espectros das estrelas notaram que os espectros das estrelas eram diferentes e só, ou seja, nem todos pareciam com o sol, somente alguns.

Essas observações foram feitas pelo astrônomo britânico Sir William Huggins (1824 - 1910), e pelo astrônomo italiano jesuíta Irmão Angelo Secchi (1818 - 1878), do observatório do Vaticano.

A primeira classificação dos espectros das estrelas, de acordo com as linhas escuras, foi feita por Secchi, em 1863.

Atualmente, a classificação espectral usada foi desenvolvida no observatório de Harvard, nos Estados Unidos, no início do século XX.

Mais do que a composição química, é a temperatura que determina o espectro das estrelas, pois a composição química das estrelas em geral é praticamente a mesma, cerca de 90% de hidrogênio e por volta de 9 de hélio; os outros elementos estão em torno de 1% a 2%.

As linhas escuras no espectro estelar estão associadas a um elemento químico na atmosfera da estrela. Porém, como elas possuem temperaturas diferentes, os espectros não são iguais. Isso se dá porque, para estrelas como

o sol, as temperaturas são muito mais baixas, o hidrogênio está no estado fundamental e poucas colisões que sejam energéticas o suficiente para excitar o hidrogênio podem acontecer.

Já em estrelas com temperaturas muito mais altas, o hidrogênio está quase todo ionizado, devido às frequentes colisões e, novamente, existem muito poucos átomos excitados.

4.3.1 Afinal, o que é uma estrela?

Estrelas nascem nas nebulosas, que são imensas nuvens de gás, compostas basicamente de Hidrogênio e de Hélio (os elementos mais comuns no Universo).

Pode haver regiões da nebulosa com maior concentração de gases. Nessas regiões a força gravitacional é maior, o que faz com que ela comece a se contrair.

Quando um gás se contrai, ele esquenta (note por exemplo que, ao encher um pneu de bicicleta, a bomba fica quente porque o ar foi comprimido). É por esse motivo que a temperatura desses gases vai aumentando.

A temperatura final vai depender do tamanho dessa região mais densa. Se houver muito gás, a temperatura aumentará o suficiente para "acender" o combustível nuclear e iniciar a queima do Hidrogênio (fusão nuclear); esse processo libera muita energia: nasce uma estrela!

Caso contrário, se não há massa suficiente, após a contração o objeto começa a se esfriar; é o que chamamos de Anãs Marrons.

Esse tipo de astro produz muito pouca energia e são mais parecidos com planetas como Júpiter do que com as estrelas.

A massa mínima para acender as reações nucleares e formar uma estrela é de 50 vezes a massa de Júpiter.

No início as estrelas produzem o Hélio a partir do Hidrogênio (H), depois o Hélio (He) é queimado produzindo Lítio (Li), e assim por diante.

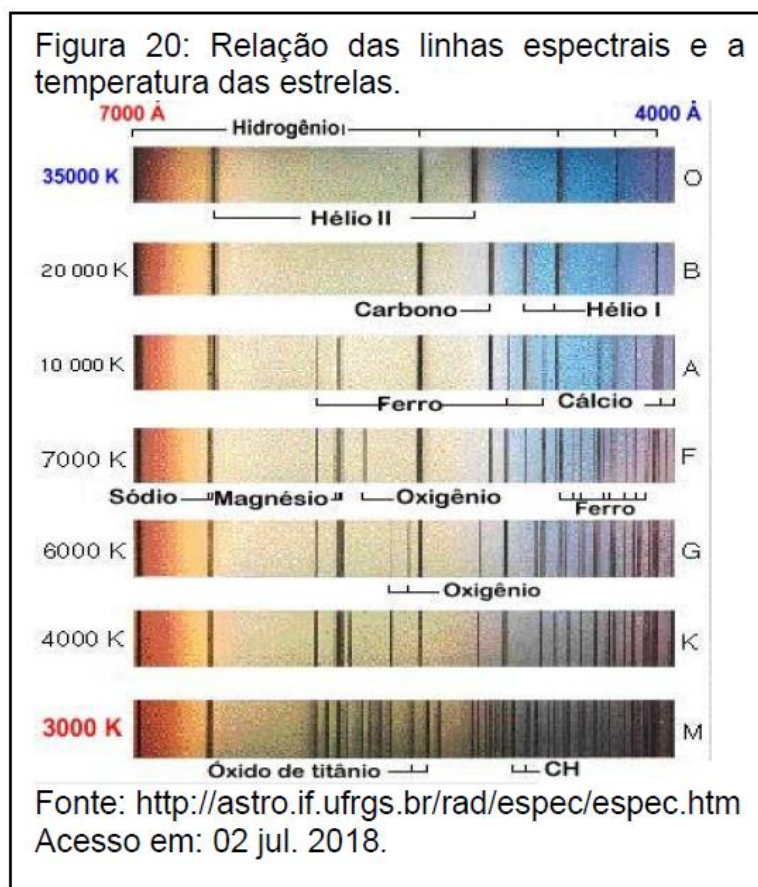
Dessa forma, elas vão criando elementos novos. Essas reações ocorrem na região mais central, denominada *núcleo*.

O que mantém as estrelas estáveis é um equilíbrio entre a força gravitacional (que tende a puxar todo o seu conteúdo para o centro) e a pressão (que faz com que os gases se expandam).

Quanto maior a temperatura, maior a pressão.

4.3.2 Espectro das estrelas

O astrônomo italiano Giovanni Battista Donati (1826 - 1873), em Florença, o advogado e astrônomo estadunidense Lewis Morris Rutherfurd (1816 - 1892), em Nova Iorque, o matemático e astrônomo britânico George Biddel Airy (1801 - 1891), em Greenwich, William Huggins, em Londres, e Pietro Angelo Secchi, em Roma, impulsionaram a observação dos espectros das estrelas no ano de 1860. O astrônomo sueco Anders Jonas Ångström (1814 - 1874), em 1862, aumentou a precisão de medida do comprimento de onda e identificou as linhas de hidrogênio no Sol.



O Hidrogênio (H) já era conhecido desde 1766, quando o físico e químico britânico Henry Cavendish (1731-1810) o descobriu.

Em 1868, o elemento químico Hélio (He) foi descoberto pelo astrônomo inglês Sir Joseph Norman Lockyer (1836-1920), ao descobrir uma linha inexplicável na parte amarela do espectro do Sol.

De forma independente, o astrônomo francês Pierre-Jules-César Janssen (1824-1907), no mesmo ano, também descobriu o mesmo elemento químico.

O químico escocês Sir William Ramsay (1852-1916) descobriu na Terra o Hélio (He), quando o espectro de um minério de urânio contendo Hélio (He) produziu uma linha na posição exata daquela encontrada por Lockyer no espectro do Sol.

Texto adaptado de: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm> e <http://www.cbpf.br/~martin/CAMS/Estrelas/vidaestrelas.html>. acesso em 21 jul. 2018.

4.3.3 O espectro das lâmpadas

Há uma interligação muito forte entre o ser humano e a natureza, na necessidade que ambos possuem, conscientemente ou não, de estar em contato com a luz solar para ter uma vida produtiva e saudável.

Durante milênios, após a descoberta do fogo, o ser humano dedicou esforços na intenção de desenvolver formas de iluminar que pudessem facilitar suas tarefas diárias, bem como seus momentos de lazer.

A busca por uma iluminação nas ruas e casas sempre foi uma necessidade da sociedade, que de início usava lamparinas a gás ou fluidos como querosene para acender uma tocha e iluminar seu caminho, passando por descobertas como a iluminação com gordura animal e vegetal em lucernas e a lâmpada de Argand.

Logo após, evoluíram para as lâmpadas elétricas incandescentes de Thomas Edison e suas várias derivações, como as lâmpadas halógenas, de

vapor e fluorescentes e, em seguida, chegamos à era do Light Emitting Diodo, em português, Diodo Emissor de Luz, mais comumente chamado de LED.

As lâmpadas são de grande utilidade no nosso cotidiano, tanto para as residências e ruas quanto para as empresas. Elas ajudam a iluminar os ambientes para leitura, estudos, conversas, trabalho, ilumina as ruas para segurança, entre outras utilidades.

Hoje temos no mercado vários tipos de lâmpadas como:

4.3.3.1 Lâmpada incandescente

Em 1874, os canadenses Henry Woodward e Matthew Evans patentearam a lâmpada incandescente, que foi inventada pelo britânico Warren de la Rue (1815 - 1889), em 1840.

Seu inventor foi o estadunidense Thomas Alva Edison (1847 - 1931), que na verdade comprou a patente em 1879 e a comercializou.



Essa lâmpada é chamada de incandescente, pois é composta por um filamento metálico envolto em um vidro com uma atmosfera rarefeita dentro do bulbo, comumente o tungstênio, Ao passar uma corrente elétrica este esquenta ao ponto de emitir luz e calor.

O rendimento desta lâmpada é mínimo, pois somente cerca de 5% da energia elétrica se transforma em energia luminosa, os outros 95% são transformados em calor.

Daí o nome *incandescente* - o que está ou se encontra em estado de brasa.

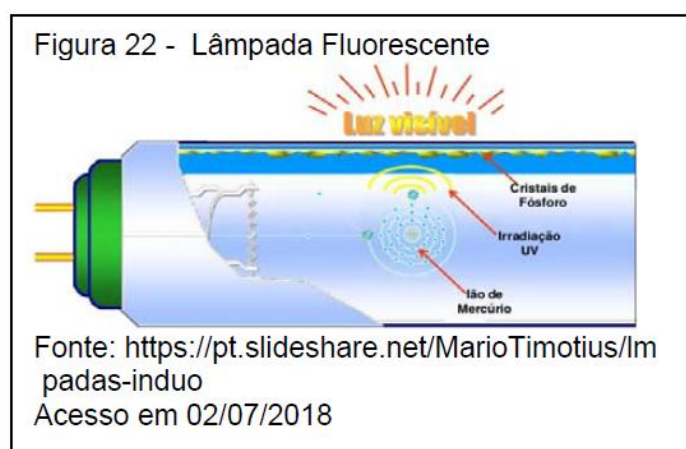
4.3.3.2 Lâmpada fluorescente

Um grande inventor contemporâneo a Thomas Edison e rival foi o austro-húngaro Nikola Tesla (1858-1943), que criou a lâmpada fluorescente, comercializada a partir de 1938.

Ao contrário das lâmpadas de filamento, ela possui grande eficiência por emitir mais energia luminosa que elétrica. Ela transforma 20% da energia elétrica em luz e 80 % em energia térmica.

As lâmpadas fluorescentes possuem quatro componentes básicos: um tubo de vidro transparente, dois eletrodos, uma mistura de gases e um material que reveste internamente o todo.

Ao se energizar esse tipo de lâmpada, os eletrodos geram uma corrente elétrica que, ao passar através da mistura gasosa, emite radiação ultravioleta.



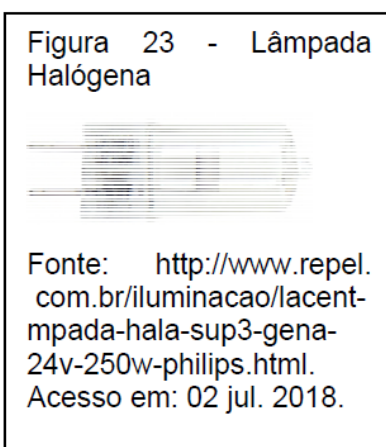
A luz UV é, então, transformada em luz pelo silicato de zinco ou fósforo, os materiais mais usados no revestimento interno do tubo.

Essas substâncias têm a propriedade de transformar a radiação UV em luz visível pelo processo de fluorescência.

4.3.3.3 Lâmpada halógena

Em 1958, foi introduzida a lâmpada halógena, inventada pela GE Lighting em 1957. São lâmpadas incandescentes com filamento de tungstênio.

Esse filamento fica encaixado em um invólucro de quartzo muito menor, pelo fato de o invólucro ficar tão próximo do filamento. Ele derreteria se fosse feito de vidro.



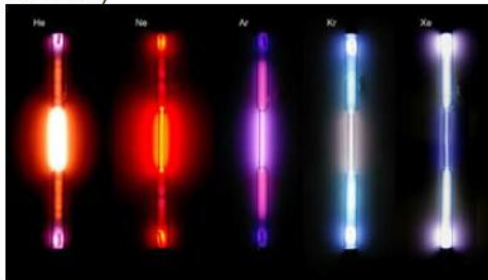
O gás dentro do invólucro também é diferente, consiste em um gás de um grupo halogênio. Esses gases reagem com o vapor de tungstênio.

A lâmpada halógena tem uma vida útil maior que as incandescentes comuns, porém essas emitem tanto calor quanto ela.

4.3.3.4 Lâmpada de neon

Foi criada pelo químico francês Georges Claude, em 1912. Os tubos de neon são de vidro e contêm um gás rarefeito (neon - neon com vapor de mercúrio, por exemplo), dentro da ampola, com dois eletrodos nas extremidades.

Figura 24 - Lâmpada de Neon (Gases Nobres)



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/G%C3%A1s_nobre#/media/File:Edelgase_in_Entladungsroehren.jpg. Acesso em: 02 jul. 2018.

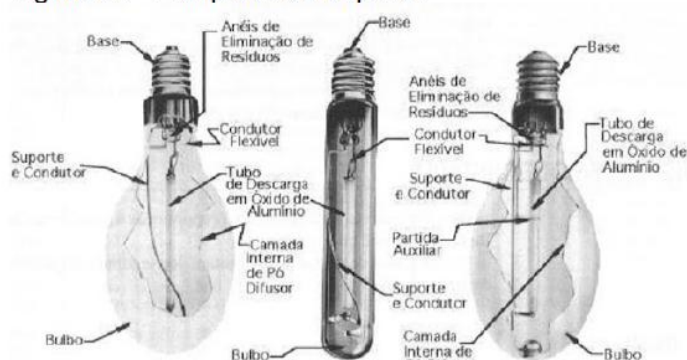
Ao aplicar aos eletrodos uma tensão suficientemente elevada, o tubo se ilumina com uma cor que depende do gás utilizado.

4.3.3.5 Lâmpada de vapores

Foi desenvolvida por volta de 1930. A lâmpada de vapor de sódio sob baixa pressão é constituída por uma ampola, dentro da qual existe um tubo de descarga com gás (neon ou argônio) e sódio depositado nas suas paredes.

A ionização do gás desta lâmpada tem de ser feita com uma tensão relativamente elevada (superior à da rede), por isso é utilizado para o seu arranque um transformador.

Figura 25 - Lâmpada de Vapores



Fonte: <https://cdpena5431.files.wordpress.com/2012/07/como-funciona-a-lampada-de-vapor-metc3a1lico.jpg>. Acesso em: 02 jul. 2018.

Em 1960, foi inventada a lâmpada de sódio de alta pressão. Essas lâmpadas diferem pela emissão de luz branca e dourada, indicada para iluminação de locais onde a reprodução de cor não é um fator importante. É amplamente utilizada na iluminação externa, em vias públicas etc.

Em 1931, foi inventada a lâmpada de vapor de mercúrio. Essa lâmpada tem dentro do tubo, descarga de vapor de mercúrio e argônio e quatro eletrodos, dois principais e dois auxiliares.

A luz dessa lâmpada é caracterizada pela falta de radiações vermelhas, tomando uma cor branco azulada (este inconveniente pode ser melhorado com a junção em série de um filamento de tungstênio, originando uma lâmpada mista).

Essa lâmpada tem grande aplicação na iluminação de estradas, aeroportos, grandes naves industriais e, geralmente, em grandes espaços exteriores.

As lâmpadas de iodetos metálicos são lâmpadas que combinam iodetos metálicos, apresentando altíssima eficiência energética e excelente índice de reprodução de cor.

Com uma luz extremamente branca e brilhante, realça e valoriza o espaço e ilumina com intensidade, além de apresentar longa durabilidade e baixa carga térmica.

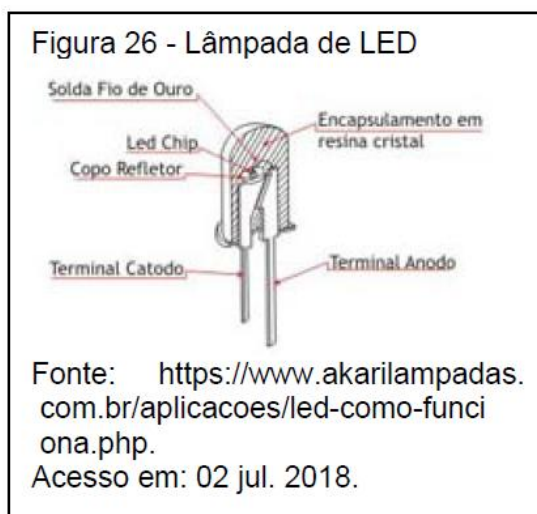
4.3.3.6 Lâmpada de led

O diodo semicondutor é um dispositivo ou componente eletrônico composto de cristal semicondutor de silício ou germânio numa película cristalina, cujas faces opostas são dotadas de diferentes gases durante a formação.

Em 1961, Robert Biard e Gary Pittman, pesquisadores da *Texas instruments*, descobriram que o Gás (arsenieto de Gálio, um dos compostos usados na fabricação de diodos retificadores de sinais) emitia radiação infravermelha quando percorrida por uma corrente elétrica.

A radiação infravermelha não é visível pelo ser humano a olho nu. Somente em 1962 Nick Holonyak Jr. da *General Electric*, conseguiu obter luz

visível (vermelha) a partir de um LED. Robert e Gary patentearam o LED, mas Holonyak é considerado o pai do diodo emissor de luz.



Em 1971, surgiu o LED azul, mas sua intensidade luminosa era muito baixa. Somente em 1989 é que surgiram os primeiros LEDs azuis comerciais, o que permitiu a criação dos diversos dispositivos visuais a LED (TV de Led, Painéis RGB etc.).

Apesar de terem sido inventados em 1961, os LED chegaram ao ramo de iluminação somente em 1999.

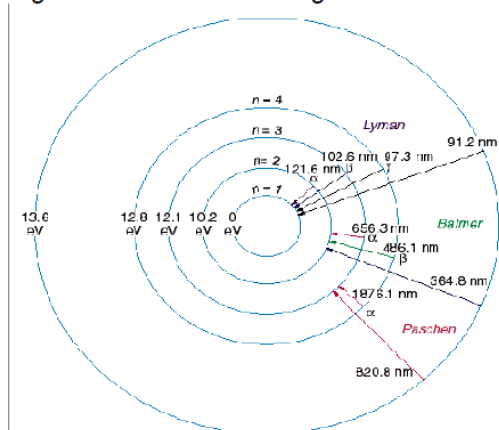
Cada uma dessas lâmpadas pode imitar uma luz de cor e características diferentes, cada gás emite um espectro único o que pode ser utilizado para diferenciar os tipos de lâmpadas que se tem.

Texto adaptado de: <https://www.ipog.edu.br/download-arquivosite.sp?arquivo=a-evolucao-das-lampadas-e-a-grande-revolucao-dos-leds-441963.pdf> e http://www.vilux.com.br/ver_noticias.asp?codigo=143.
Acesso em 05 jul. 2018

4.4 ÁTOMO DE BOHR E ESPECTRO DE EMISSÃO

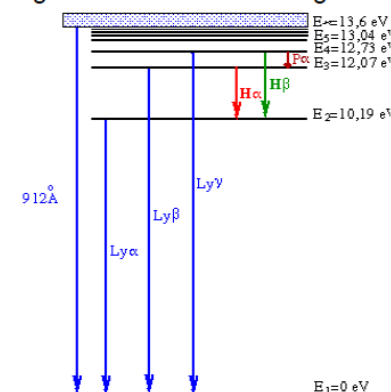
Entre 1913 e 1915, Niels Bohr, em Copenhague, estudando o problema da estabilidade do átomo de Rutherford, estabeleceu uma teoria na qual havia a aplicação da hipótese quântica de Bohr Planck ao estudo do movimento dos elétrons em órbita.

Figura 27 - Níveis de energia do átomo de Bohr



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>.
Acesso em: 02 jul. 2018.

Figura 28 - Níveis de energia



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>.
Acesso em: 02 jul. 2018.

O átomo de Bohr se mostrou perfeito no estudo do espectro do hidrogênio, sendo possível uma interpretação teórica da fórmula empírica de Balmer para o espectro visível.

De 1910 a 1920, os Físicos voltaram suas atenções para a dualidade onda corpúsculo. William Braggs chegava a dizer que na segunda, quarta e sexta, a luz era onda; terça, quinta e sábado, a luz era corpúsculo; no domingo, dia do Senhor, a luz poderia ser onda e corpúsculo.

Maurice de Broglie, levando este problema para seu irmão, Louis de Broglie, entusiasmou-o. Já em 1924, este apresentava seu célebre postulado, resolvendo a dualidade onda-corpúsculo: a toda onda está associada um corpúsculo e a todo corpúsculo está associada uma onda.

Baseando-se nos trabalhos de Max Planck, Bohr reformulou a teoria atômica através de alguns postulados, alguns incluindo hipóteses implícitas, não formuladas diretamente em seus artigos.

Veja quais são esses postulados:

- I. Os átomos produzem uma linha por vez
- II. Um único elétron é responsável por uma emissão.
- III. A estrutura do átomo reproduz o modelo de Rutherford.
- IV. A produção de espectros é um fenômeno “quântico” (ocorre por saltos).

V. Um átomo existe em diferentes estados que diferem por valores discretos do momento angular e energia. Este princípio havia sido estabelecido independentemente por Paul Ehrenfest (1913).

VI. O momento angular (L) é múltiplo inteiro de

$$L = n \cdot \hbar, \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}, \quad (5)$$

VII. Dois estados distintos estão envolvidos numa *transição*.

VIII. A Equação de Planck-Einstein $E = hf$ vale para emissão/absorção.

IX. É preciso renunciar a toda tentativa de visualizar ou explicar classicamente o comportamento do elétron ativo durante o processo de emissão de um átomo de um estado estacionário para outro.

O Físico Francês Louis-Victor Pierre Raymond, Príncipe de Broglie (1892-1987), mostrou que a quantidade de movimento de cada fóton, ou qualquer partícula em sua tese de doutorado em 1924, é dado por:

$$Q = \frac{h}{\lambda} = \frac{E}{c}, \quad (6)$$

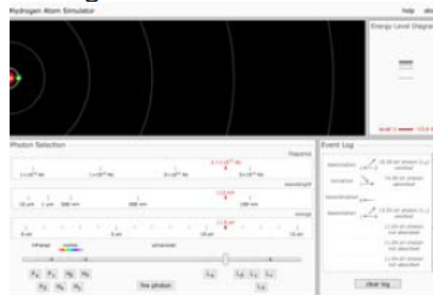
onde: Q = é a quantidade de movimento h = é a constante de Planck λ = comprimento d onda E = energia da onda c = velocidade da luz

De Broglie também propôs a quantização dos níveis de energia do átomo.

Em 1933, o austríaco Erwin Rudolf Josef Alexander Schroedinger (1887 - 1961) recebeu o Prêmio Nobel pela formulação da Mecânica Quântica em 1926, o que proporcionou um melhor entendimento sobre a quantização dos níveis de energia do átomo.

Para visualizar melhor os níveis de energia do átomo de Bohr, acesse o simulador e observe como o elétron muda seu nível de energia.

Figura 29 - Simulador do Átomo de Hidrogênio



Fonte: http://astro.unl.edu/naap/hydrogen/animations/hydrogen_atom.html.

Acesso em: 02 jul. 2018.

De Broglie, seguindo as ideias de Niels Bohr, Prêmio Nobel de Física em 1922, assumiu que a órbita do elétron deveria conter um número inteiro de comprimentos de onda:

$$2\pi r = n\lambda_e, \quad (7)$$

onde π = é o número pi. R = é o raio da órbita n = é um número natural λ_e = comprimento de onda do elétron Como n só assume números inteiros, as órbitas são quantizadas. Os elétrons não emitem radiação estando nessas órbitas.

Para o átomo de hidrogênio, essa teoria mais simples dá os resultados corretos. Para átomos mais complexos, se usa a mecânica quântica de Schroedinger.

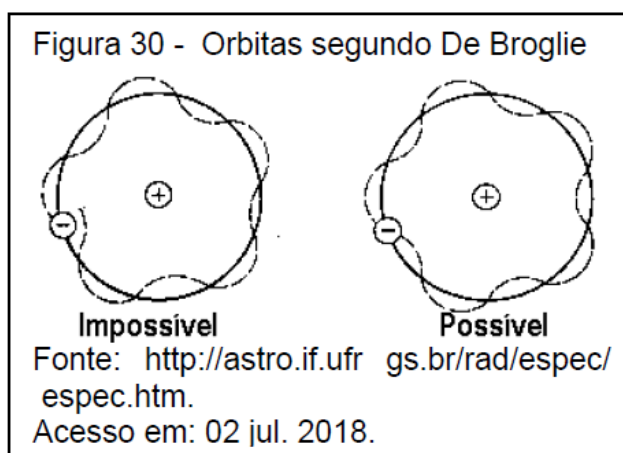
Portanto, quando um elétron salta de um nível de maior energia para um nível de

menor energia, ele emite um fóton com a energia exata da diferença entre os dois níveis, assim como para ele passar de um nível de menor energia para um de maior energia, deve absorver um fóton com a energia da diferença dos níveis.

Desta maneira, a detecção de uma linha espectral com este comprimento de onda, em emissão ou absorção, constitui a evidência da presença do hidrogênio. De Broglie recebeu o prêmio Nobel de Física em 1929.

Se o átomo receber um fóton com uma energia maior que as diferenças dos níveis de energia, ele será ejetado do átomo, o que chamamos de ionização, ou seja, o átomo estará ionizado.

Texto adaptado de: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>, acesso em 02 jul. 2018.



5. ATIVIDADE PRÁTICA - OBSERVAR O ESPECTRO DE EMISSÃO DE LÂMPADAS.

Em grupos e com o auxílio do professor, observe: a luz emitida pela lâmpada, o espectro de cada uma e anote as cores que você vê. Sem a rede de difração e com a rede de difração

Lâmpada 1 _____

Lâmpada 2 _____

Lâmpada 3 _____

Lâmpada 4 _____

Lâmpada 5 _____

Agora, anote o espectro observado quando temos combinações de lâmpadas. Não se esqueça de anotar quais são as lâmpadas que estão acesas.

Este espectro observado é de emissão ou de absorção?

Os espectros observados eram todos iguais, diferentes ou tinham alguma semelhança?

Todos os espectros eram discretos?

A partir dos espectros observados, determine o elemento químico do gás presente nas lâmpadas de vapor.

EXERCÍCIOS

- 1) O que é um espectro luminoso?
- 2) Quais as três leis de Kirchhoff para o estudo do espectro ?
- 3) Por que existe o espectro discreto e o contínuo?
- 4) Como foi possível explicar as linhas espectrais?
- 5) Para um elétron saltar para um orbital com energia maior, ele precisa

- a) emitir um fóton.
- b) emitir um elétron.
- c) absorver um fóton.
- d) absorver um elétron.

6) Qual destas partículas é responsável pela existência das linhas espectrais?

- a) foto.
- b) Próton.
- c) nêutron.
- d) elétron.

7) Elétrons que saltaram para um nível de energia mais alto ao absorver um fóton se chamam

- a) elétrons excitados.
- b) elétrons de Bohr.
- c) elétrons orbitais.
- d) elétrons de energia.

8) Qual era o problema no modelo do átomo de Rutherford? E qual foi a solução dado por Bohr?

9) (UFPI/1997) O modelo atômico de Bohr afirma que:

- a) átomos de um mesmo elemento possuem mesmo número de prótons.
- b) existem diversas espécies de átomos.
- c) o átomo é uma minúscula esfera maciça.
- d) os elétrons têm energia quantizada.
- e) o átomo possui uma região central, minúscula, de carga positiva.

- 10) (UFAL/2011) De acordo com o modelo atômico de Bohr, elétrons giram ao redor do núcleo em órbitas específicas, tais como os planetas giram em órbitas específicas ao redor do Sol. Diferentemente dos planetas, os elétrons saltam de uma órbita específica para outra, ganhando ou perdendo energia. Qual das afirmações abaixo está em discordância com o modelo proposto por Bohr?
- a) Ao saltar de uma órbita mais próxima do núcleo, para outra mais afastada, o elétron absorve energia.
 - b) Ao saltar de uma órbita mais afastada do núcleo para outra mais próxima, o elétron emite energia.
 - c) Dentro de uma mesma órbita, o elétron se movimenta sem ganho ou perda de energia.
 - d) O processo no qual o elétron absorve energia suficiente para escapar completamente do átomo é chamado *ionização*.
 - e) O modelo proposto é aplicado com êxito somente ao átomo de hidrogênio.
- 11) (UNIRG TO/2014) Os modelos atômicos foram desenvolvidos em teorias fundamentadas na experimentação por diferentes cientistas, incluindo John Dalton, J.J. Thomson, Ernest Rutherford e Niels Bohr. Em 2013, a teoria do modelo atômico de Niels Bohr completou 100 anos. Essa teoria descreve o átomo como
- a) uma minúscula esfera maciça, impenetrável, indestrutível, indivisível e sem carga.
 - b) um núcleo pequeno, carregado positivamente, cercado por elétrons em órbitas quantizadas.
 - c) uma esfera positiva contendo elétrons distribuídos uniformemente.
 - d) um modelo planetário, no qual os elétrons descrevem um movimento circular ao redor do núcleo.

- 12) (UFG GO/2011) Os modelos atômicos são elaborados no intuito de explicar a constituição da matéria e têm evoluído ao longo do desenvolvimento da Ciência, desde o modelo filosófico dos gregos, passando pelos modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, até o modelo atual. O modelo mais recente caracteriza-se pela
- a) quantização dos níveis de energia dos elétrons.
 - b) indivisibilidade do átomo em partículas menores.
 - c) distribuição dos elétrons em órbitas circulares em torno do núcleo.
 - d) forma esférica de tamanho microscópico.
 - e) distribuição dos elétrons de maneira uniforme na superfície do átomo.
- 13) (UNESP SP/2009) Na evolução dos modelos atômicos, a principal contribuição introduzida pelo modelo de Bohr foi:
- a) A indivisibilidade do átomo.
 - b) A existência de nêutrons.
 - c) A quantização de energia das órbitas eletrônicas.
 - d) A natureza elétrica da matéria.
 - e) A maior parte da massa do átomo está no núcleo.
- 

6 UNIDADE ESPECIAL - DIODO E LED

Na Língua Portuguesa, a palavra LED (abreviação do inglês de “*Light Emissor Diodo*”) significa diodo emissor de luz.

Trata-se de um componente eletrônico capaz de emitir luz visível, transformando energia elétrica em energia luminosa. Esse processo é chamado de eletroluminescência.

O primeiro LED foi criado em 1963, pelo engenheiro e inventor Nick Holonyak e era capaz de emitir apenas a cor vermelha. Com o passar dos anos e com o desenvolvimento da tecnologia, novas cores de LED foram desenvolvidas.

Diferentemente do LASER, o LED não emite luz monocromática, mas sim uma faixa pequena de determinadas cores.

Quando se estuda eletrodinâmica clássica, se classificam os materiais em condutores, aqueles que têm uma resistência baixa e permitem melhor fluxo da corrente elétrica, e os isolantes, que têm uma resistência alta e dificultam o fluxo da corrente elétrica. Mas ainda se tem uma terceira categoria, os semicondutores.

O diodo semicondutor é um componente que pode comportar-se como condutor ou isolante elétrico, dependendo da forma como a tensão é aplicada aos seus terminais.

Essa característica permite que o diodo semicondutor possa ser utilizado em diversas aplicações, como, por exemplo, na transformação de corrente alternada em corrente contínua.

Os LEDs são feitos de materiais semicondutores. Substituindo alguns dos seus átomos por outros em um processo chamado de dopagem, é possível controlar a cor emitida pelo dispositivo.

Os LEDs chegaram ao mercado de iluminação por volta de 1993, e desde então têm sido vistos como o futuro da iluminação. Tecnologia ainda em franca evolução tem como missão iluminar com eficiência, durabilidade, resistência a impactos e vibrações, ausência de raios ultravioleta e infravermelho, maior controle de temperatura de cor, melhor índice de

reprodução de cores, e o principal para os tempos de hoje, menor consumo de energia e consequentemente, preservação ambiental.

Os LEDs brancos, também conhecidos como RGB (do inglês, “*RED*”, “*GREEN*” e “*BLUE*”) são formados por três LEDs: um vermelho, um verde e um azul.

Atualmente, é comum encontrar televisores que utilizam a tecnologia LED em seus painéis. Essa popularização deve-se a alguns fatores, como o baixo consumo de energia elétrica, em relação às lâmpadas convencionais incandescentes e as lâmpadas fluorescentes.

Estudos relatam que 20% do consumo de energia no Brasil está relacionado à iluminação, e outros, que a capacidade de redução do consumo de energia das lâmpadas de LED chega à casa dos 80%, ou seja, é claramente perceptível os benefícios que o uso a longo prazo dos mesmos traz quando o assunto é economia de energia, alto rendimento, ou seja, baixa dissipação de energia.

Essa tecnologia é produzida com materiais semicondutores, como o silício, causando menos impactos na natureza do que as tradicionais lâmpadas de mercúrio.

Sua vida útil é mais longa, podendo ultrapassar facilmente 100 mil horas de uso.

Tendo em vista tais qualidades, é possível perceber que optar por lâmpadas de LED pode ser uma escolha interessante para a iluminação pública e residencial, pois elas são capazes de trazer mais economia e menos desgaste ambiental.

Um dos pontos negativos do LED ainda é o seu alto custo, porém se sabe que o investimento realizado nas instalações dos mesmos tem sido revertido em alta economia de energia, baixa manutenção, mantendo-se, ou, por inúmeras vezes, superando a qualidade de iluminação das lâmpadas convencionais, gerando uma economia que compensa, com o passar do tempo, o investimento realizado.

6.1 LED AZUL

A geração de luz “fria” em junções de semicondutores, já é conhecida (e reportada) há mais de 100 anos.

Entretanto, seu uso efetivo como dispositivo optoeletrônica - como diodo emissor de luz - só ocorreu na esteira da busca de lasers semicondutores, acompanhando a febre que havia de produzir efeito laser em qualquer material sólido, líquido e gasoso após a demonstração pioneira de Ted Maiman, em 1960, com o cristal de rubi, na Hughes; logo, em 1962, o laser semiconductor em GaAs, emitindo no IV próximo inaugurou a nova era da optoeletrônica, e não recebeu nenhum prêmio relevante.

No mesmo ano estava sendo também demonstrado o LED de heterojunção simples, emitindo no vermelho, nos laboratórios da GE por Nick Holonyak, e que encontrou grande aplicação em painéis de equipamentos apenas como sinalização, devido à sua baixa potência, a partir de meados dos anos 1960.

O grande advento dos lasers semicondutores que funcionavam à temperatura ambiente (1970) e sua fantástica aplicação em telecomunicações, em conjunto com fibras óticas, deram aos LEDs um grande impulso, pois eles partilhavam dos mesmos materiais e processos de fabricação.

No início dos anos 80, os LEDs tinham mais confiabilidade que os lasers, e começavam a ter potências que, se não permitiam iluminação, certamente já começavam a permitir efeitos ambientais e aplicações a distâncias de dezenas de metros.

Tinha-se nessa época LED IR (infravermelho), vermelho, laranja, amarelo, e começavam a aparecer os “verdes” - na verdade, citrino. Mas nada de azul, e sem azul não há como chegar à luz “branca”.

Na verdade, já existiam estudos experimentais com material GaN (basicamente o mesmo utilizado agora), mas não se tinham as combinações de materiais para obter a potência e a confiabilidade necessárias.

O grande salto tecnológico foi conseguir crescer as camadas confinantes e ativa - heteroestruturas em nitreto de gálio (GaN), nitreto de índio gálio (InGaN)

e nitreto de gálio alumínio (InAlN), sobre uma camada buffer de nitreto de alumínio (AlN), a qual está sobre o substrato de safira.

Essa combinação permitiu estabilidade termomecânica e ótima dissipação térmica, com baixo estresse devido a tensões de casamento cristalino com as camadas superiores.

Assim, foi possível superar os defeitos de interfaces e outros problemas que permaneciam considerados “insolúveis”.

O merecido prêmio Nobel veio porque fechou-se o ciclo completo de equacionamento teórico, análise das imperfeições a partir de conceitos fundamentais, protótipos experimentais bem-sucedidos, permitindo-se chegar à produção industrial (os primeiros LEDs azuis foram disponibilizados pela Nishia, em 1994).

O fato é que temos finalmente a luz branca de estado sólido (SSL) obtida de maneira relativamente simples, confiável, reprodutível e durável - um LED azul com uma cobertura vítrea de fósforo amarelo.

Concluindo, lançamos a ideia que o próximo Prêmio Nobel (nessa área) poderá ser pela descoberta dos materiais que preenchem o “Lemon-Gap”.

Algum candidato?

Texto adaptado de:

<https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-especial-n8-set-2014/avaliacao-psicologica-pericial-areas-e-instrumentos/>

<http://www.brilia.com.br/tecnologia-led>. Acesso em: 27 jun. 2018.

http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/15_iluminacao.pdf. Acesso em 28 jun. 2018.

EXERCÍCIOS

1) O que é um diodo? E o que é um LED?

2) Como é gerada a luz de um LED?

3) O que foi preciso conhecer para que fosse possível criar a lâmpada de LED?

4) Qual foi a grande descoberta que possibilitou a fabricação do LED branco e consequentemente os painéis de LED?



REFERÊNCIAS

BLEY, F. B. LEDs *versus* Lâmpadas Convencionais Viabilizando a troca. Curitiba: Especialize IPOG, **Revista On Line**, 2012.

BRILIA. **Produtos Advanced Lighting**. Disponível em: <http://www.brilia.com.br/tecnologia-led>. Acesso em: 27 jun. 2018.

DERZE, F. **História da Iluminação**: Do fogo ao LED. Goiânia: IPOG, 2009.

DONOSO, J. P. **Iluminação**. Disponível em: http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/15_iluminacao.pdf. Acesso em: 28 jun. 2018.

FREITAS, L. A era dos LEDs. **Revista Lumière**, v. 143, p. 72 - 79, março de 2010.

MARTINS, J. B. **A História do átomo**: de Demócrito ao primeiro reator. Disponível em: <http://www.sbmac.org.br/bol/bol-2/artigos/jader/jader.html>. Acesso em: 27 jun. 2018.

FILHO, K. S. O. e SARAIVA, M. F. O. **Espectroscopia**, 2018. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>. Acesso em: 27 jun. 2018.

FÍSICA MODERNA. **Física net**, 2018. Disponível em: <http://www.fisica.net/fisica-moderna/>. Acesso em: 10 jul. 2018.

FÍSICA NUCLEAR. **Física net**, 2018. Disponível em: <http://www.fisica.net/fisica-moderna/>. Acesso em: 10 jul. 2018.

FOGAÇA, J. R. V. **Evolução dos modelos atômicos**. Mundo Educação. Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/evolucao-dos-modelosatomicos.htm>. Acesso em: 27 jun. 2018.

MECÂNICA QUÂNTICA. **Física net**, **2018**. Disponível em: <http://www.fisica.net/fisica-moderna/>. Acesso em: 10 jul. 2018.

NASCE UMA ESTRELA. **O Clube de Astronomia Mário Schenberg**, 2000. Disponível em: <http://www.cbpf.br/~martin/CAMS/Estrelas/vidaestrelas.html>. Acesso em: 08 jul. 2018.

RELATIVIDADE. **Física net**, **2018**. Disponível em: <http://www.fisica.net/fisica-moderna/>. Acesso em: 10 jul. 2018.

SILVA, D. C. M. **"Efeito Compton"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/efeito-compton.htm>. Acesso em: 28 jun. 2018.

WANDERLEY, T. C. **A evolução das lâmpadas e a grande revolução dos LEDs**, **2014**. Disponível em : <https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=a-evolucao-das-lampadas-e-a-grande-revolucao-dos-leds-441963.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2018.

MANUAL DO PROFESSOR

Nesta proposta de Ensino sobre Física Moderna Contemporânea, trazemos uma unidade de Ensino sobre espectroscopia com o uso de lâmpadas.

Nesta proposta, trazemos como tema inicial algumas questões da evolução da tecnologia e o questionamento a respeito da relação entre a luz emitida por uma lâmpada e uma estrela, questionando os estudantes sobre a importância da compreensão da Mecânica Quântica para a evolução dos aparelhos tecnológicos e questionando sobre a relação da luz de uma estrela com uma lâmpada; e também o como a comunidade científica consegue determinar os gases que formam uma estrela, que está a anos-luz de distância.

Após a introdução, é importante lembrar os estudantes sobre a evolução do Modelo Atômico, podendo usar o vídeo proposto como base e discutir com eles sobre o conceito de Modelo Científico, Método Científico e como um conhecimento científico não se inicia do nada, mas sim é uma construção de conceitos por meio de conhecimentos de vários cientistas.

Neste momento, pode-se explicar a evolução da Física baseada em fatos científicos, como a metodologia implementada por Galileu Galilei e a atual divisão que temos entre Física Clássica e Física Moderna, e explicar o tema de estudo de cada área.

Fechando assim a unidade I, temos algumas perguntas.

Na unidade II, se necessário, fazer uma retomada sobre conceito de ondulatória, eletromagnetismo e espectro eletromagnético, no caso de os estudantes já terem visto; caso contrário, deverá explicar aos alunos os conceitos básicos de ondulatória, a definição de espectro e espectro visível, pois são conceitos necessários para a continuação dos próximos temas. Pode-se usar vídeos e ilustrações para auxiliar a explicação, como na sugestão dada na unidade.

Com esses conceitos já organizados, é hora de iniciar os conceitos de espectroscopia, buscando a história de Fraunhofer, de Bunsen e Kirchhoff, definindo as leis de Kirchhoff para a espectroscopia.

Neste momento, os estudantes devem ter em mente os conceitos de espectro contínuo e espectro discreto bem construídos.

Com esses conceitos já bem consolidados no cognitivo dos estudantes, pode-se iniciar a experimentação, a fim de que eles observem as linhas de emissão das lâmpadas e as relacionem com as teorias e as leis de Kirchhoff.

No momento posterior ao experimento, demonstrar a eles a relação do espectro da lâmpada e das leis de Kirchhoff, a explicação do fenômeno pelo modelo de Bohr e a quantização do modelo atômico, usando um simulador para visualizar as diferenças entre os níveis de energia e os saltos quânticos do elétron, no átomo de hidrogênio.

Para fechar o assunto, pode-se explicar o funcionamento do LED, como obter a luz através de um semicondutor a partir das teorias quânticas e a evolução e dificuldades para criação do LED de cor azul; posteriormente, pode-se explicar o LED de cor branca.

Para encerrar, aplicar o questionário, diagnosticando o aprendizado do conteúdo pelos estudantes.

Ao final da sequência didática, é interessante abrir uma discussão com eles sobre o Método Científico, a Mecânica Quântica e a pseudociência, para que analisem e questionem o uso de conceitos Quânticos em outras áreas. Uma sugestão é apresentar aos estudantes artigos e anúncios sobre cura quântica, massagem quântica, nutrição quântica, fazendo-os refletirem sobre a necessidade de um Método Científico; após isso, analisar os anúncios com um pensamento crítico-científico e desmistificar as interpretações contrárias ao método científico.

ROTEIRO DE AULA

Quadro 2 - Roteiro de aula simplificado

Aula 1	Física Moderna; Atomismo grego; a divisão da Física.
Aula 2	Divisão da Física Moderna.
Aula 3	Eletromagnetismo; A origem das linhas espectrais; Leis de Kirchhoff.
Aula 4	Espectroscopia e a luz das estrelas.

Aula 5	Experimento.
Aula 6	Espectro das lâmpadas; Diodo e LED.

Fonte: autor

MONTAGEM DO EXPERIMENTO - ROTEIRO PARA O PROFESSOR

Caro professor.

Trago aqui uma proposta de experimento para verificação das linhas de emissão de lâmpadas. Um experimento simples e de fácil manejo.

Materiais

1 Lâmpada de vapor de Mercúrio ou vapor Metálico.

1 Lâmpada de Vapor de Sódio.

1 Lâmpada Fluorescente compacta.

1 Lâmpada halógena ou incandescente.

1 Lâmpada de Luz Ultravioleta.

5 interruptores.

5 soquetes para lâmpada.

Fio elétrico de 1,5 mm.

Caixa de madeira.

Reator para lâmpada de Vapor de Sódio.

Reator para lâmpada de vapor de mercúrio.

5 plugs tomada.

5 potenciômetros.

Rede de Difração ou CD/DVD.

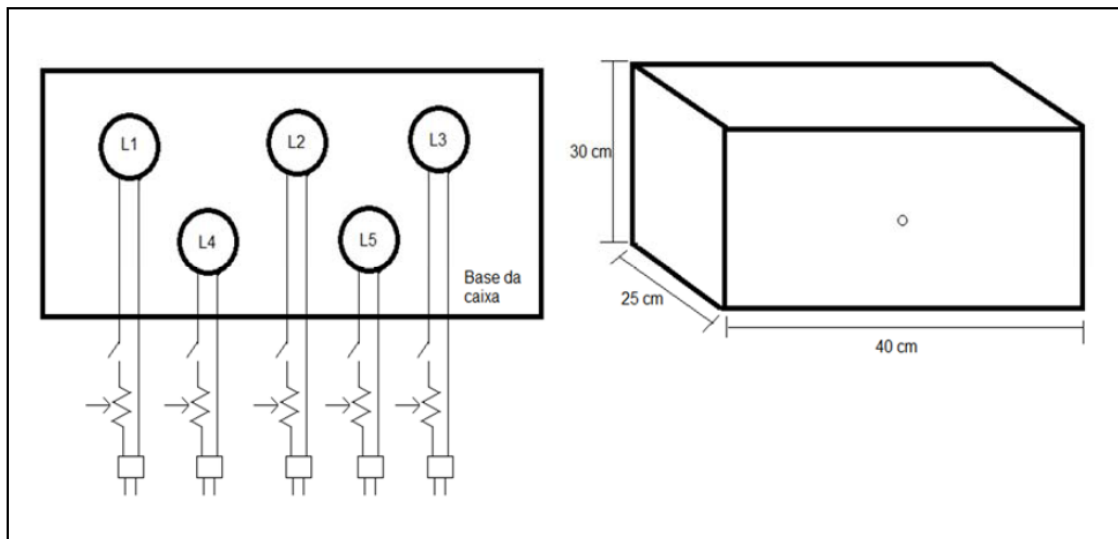
Montagem:

Pintar a parte interna da caixa de preto para diminuir a reflexão da luz.
Fazer um pequeno orifício na caixa de no máximo 1 mm.

Na base da caixa, montar os soquetes conforme a figura, ligar os fios, o potenciômetro e os plugs.

Caso não seja possível usar dois reatores, pode usar um para as duas lâmpadas de vapor, porém deverá ser usado uma chave liga/desliga com parada no meio, para acionar uma lâmpada de cada vez.

Pode-se também usar somente uma lâmpada de vapor, sendo que o mínimo necessário para um bom andamento da experiência é uma lâmpada de incandescente, uma lâmpada de vapor e uma lâmpada fluorescente.



Para o uso do CD/DVD como rede de refração, é necessário retirar a película metálica.

EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

Com as Lâmpadas montadas, acender uma de cada vez e pedir para os estudantes anotarem as cores observadas com a rede de difração e a cor da luz de cada lâmpada.

Após essa etapa acender duplas ou trio de lâmpadas e pedir novamente para que eles anotem as cores observadas com a rede de difração.

Após observarem o espectro discretos das lâmpadas, pedir para que respondam ao questionário.

O último item da atividade experimental está relacionado ao uso de lâmpadas de sódio ou de outro vapor.

Caso seja utilizado somente uma lâmpada, pedir para que os estudantes pesquisem qual elemento químico emite as linhas de emissão observadas.

ANEXO

Em grupos e com o auxílio do professor a luz emitida pela lâmpada e observe o espectro de cada uma e anote as cores que você vê. Sem a rede de difração e com a rede de difração

Lâmpada 1 _____

Lâmpada 2 _____

Lâmpada 3 _____

Lâmpada 4 _____

Lâmpada 5 _____

Agora anote o espectro observado quando temos combinações de lâmpadas. Não se esqueça de anotar quais as lâmpadas estão acesas.

Este espectro observado é de emissão ou de absorção?

Os espectros observados eram todos iguais, diferentes ou tinham alguma semelhança?

Todos os espectros eram discretos?

A partir dos espectros observados, determine o elemento químico do gás presente nas lâmpadas de vapor.

SÉRIE
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

VOLUME 1 – **Automatização de Experimentos de Física Moderna com o Kit Lego NXT Mindstorms**
Wanderley Marcílio Veronez, Gelson Biscaia de Souza, Luiz Américo Alves Pereira,

VOLUME 2 – **O Arduino na Programação de Experiências em Termodinâmica e em Física Moderna**
Marilene Probst Novacoski, Luiz Américo Alves Pereira, Gelson Biscaia de Souza

VOLUME 3 – **Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday** Marlon Labas, Fábio Augusto Meira Cássaro

VOLUME 4 – **Estudando Astronomia, Aprendendo Física: Atividades Práticas de Observação do Sol**
Ana Caroline Pscheidt, Marcelo Emílio

VOLUME 5 – **Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano**
Gustavo Trierveiler Anselmo, Júlio Flemming Neto, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 6 – **Ensino dos Conceitos de Movimento e Inércia na Mecânica, a partir de uma Concepção de Ciência que não Utiliza a Lógica Binária**
Luiz Alberto Clabonde, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 7 – **Uma Proposta de Utilização de Mídias Sociais no Ensino de Física com Ênfase à Dinâmica de Newton**
Heterson Luiz De Lara, Alexandre Camilo Junior, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 8 – **O Eletromagnetismo e a Física Moderna através de Atividades Experimentais**
Ademir Krepi Henisch, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 9 – **Física Nuclear e Sociedade**
Tomo I – **Caderno do Professor**
Tomo II – **Caderno do Aluno**
Josicarlos Peron, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 10 – **Conceituação e Simulação na Dinâmica do Movimento**
Tomo I – **Caderno do Professor**
Tomo II – **Caderno do Aluno**
Leandro Antonio dos Santos, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 11 – **Montagem de um Pannel Didático e Atividades Experimentais em Circuitos de Corrente Contínua**
Renato Dalzotto, Sérgio da Costa Saab, André Maurício Brinatti

VOLUME 12 – **Nas Cordas dos Instrumentos Musicais**
Luís Alexandre Rauch, André Maurício Brinatti, Luiz Fernando Pires

VOLUME 13 – **O Fóton em Foco: Relações entre Cor, Frequência e Energia de Radiações Eletromagnéticas**
Romeu Nunes de Freitas, André Maurício Brinatti, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 14 –
Tomo I – **Iniciação em Robótica e Programação com Algumas Aplicações em Física**
Tomo II – **Tutorial: Tela Interativa com Controle do Nintendo Wii**
Hernani Batista da Cruz, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 15 – **O Uso do Software Tracker no Ensino de Física dos Movimentos**
Edenilson Orkiel, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 16 – **Acústica: Uma Nova Melodia de Ensino**
Elano Gustavo Rein, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 17 – **Caderno de Orientação a Educadores para a Transformação da Horta como Eixo Norteador de Ensino e Aprendizagem**
Roberto Pereira Strapazzon Bastos, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 18 – **Proposta de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas para o Ensino de MRU e MRUV Utilizando Experimentos Visuais**
Gustavo Miguel Bittencourt Morski, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 19 – **Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea**
Marcos Damian Simão, André Maurício Brinatti

VOLUME 20 – **Aplicação do Experimento de Hertz Atualizado no Ensino de Ondas Eletromagnéticas**
Luís Carlos Menezes Almeida Júnior, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 21 – **Uma Proposta de Aplicação do Ensino de Termodinâmica no Ensino Fundamental I**
Cláudio Cordeiro Messias, Paulo César Facin

VOLUME 22 – **Uma Proposta de Ensino dos Conceitos Fundamentais da Mecânica Quântica no Ensino Médio: Espectroscopia com Lâmpadas**
Evandro Luiz De Queiroz, Antônio Sérgio Magalhães de Castro, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 23 – **Produção de um Aparato Experimental para Medição de Campo Magnético Usando Arduino**
Ivonei Almeida, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 24 – ***Um Pouco Sobre a Natureza das Coisas***

Robson Lima Oliveira, André Maurício Brinatti

VOLUME 25 – ***Equilibrium: Uma Abordagem Experimental e Contextualizada do Conceito de Equilíbrio dos Corpos***

Osni Daniel De Almeida, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 26 – ***Como Medir a Temperatura do Sol? Inserindo Conceitos de Física Moderna no Ensino Médio***

Vilson Finta, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 27 – ***Elaboração de um Produto Educacional para a Materialização de Conceitos no Aprendizado de Óptica Geométrica Aplicada às Anomalias da Visão***

Danilo Flügel Lucas, Gérson Kniphoff da Cruz

VOLUME 28 – ***Entendendo as Fases da Lua a Partir de um Material Instrucional Baseado no Método de Orientação Indireta***

Pâmela Sofia Krzysynski, Gérson Kniphoff da Cruz

VOLUME 29 – ***“PEPPER’S GHOST”: Como Ensinar/Aprender Conceitos de Física Através de uma Simples Ilusão de Óptica***

Tomo I - ***Caderno do Professor***

Tomo II - ***Caderno do Aluno***

Gilvan Chaves Filho, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 30 – ***O Movimento: do Clássico ao Relativístico***

Josué Duda, André Maurício Brinatti

VOLUME 31 – ***Uma Sequência Didática Abordando a Eficiência Energética: Economizando Energia na Cozinha.***

Tomo I - ***Caderno de Ensino***

Tomo II - ***Caderno de Aprendizagem***

Rosivete Dos Santos Romaniuk, Julio Flemming Neto

VOLUME 32 – ***Armazenamento e Produção de Energia Elétrica: Uma Abordagem para seu Estudo no Ensino Médio***

Jairo Rodrigo Corrêa

VOLUME 33 – ***Palestras de Astronomia para a Educação Básica***

Sergio Freitas, Silvio Luiz Rutz da Silva

Atribuição-NãoComercial-
Compartilhualgual 4.0 Internacional



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UEPG
Universidade Estadual
de Ponta Grossa

PPG  **F**
ensino de física

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROEX