



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

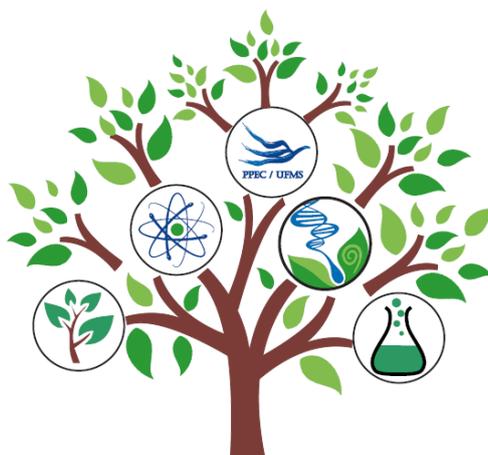


Instituto de Física – ufms
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

Proposta para o Ensino de Ciências Naturais e Física

Volume Número Ano

ISSN 0000-0000



CONJUNTO TEMÁTICO DE ATIVIDADES: ESTUDO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA POR MEIO DE INVESTIGAÇÃO SOBRE AS ESTRELAS

**TAIRINE LEMES DIAS MACHADO
HAMILTON PEREZ SOAREZ CORRÊA**

**MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
INSTITUTO DE FÍSICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**



APRESENTAÇÃO

Este material apresenta um conjunto de atividades com base na temática “Luz das Estrelas”, desenvolvido para abordar especialmente os conceitos de Espectroscopia e Radiação de Corpo Negro. O conjunto é um produto educacional gerado a partir da dissertação de mestrado: “Integração de Tópicos de Física Moderna e Astronomia: Uma Abordagem na Perspectiva da Teoria Da Aprendizagem Significativa”.

É composto por 09 (nove) atividades, construídas a partir da teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que exploram o diálogo, interações aluno-aluno e aluno-professor, por meio de discussões orientadas, dinâmicas e experimentações. Além de textos complementares, orientações para o desenvolvimento de experimentações, e imagens, que dão suporte as abordagens dos conhecimentos estudados nas atividades. Traz ainda, sugestões ao professor com relação aos procedimentos de aplicação das atividades, oferecendo a possibilidade do uso parcialmente ou total do material.

Campo Grande, Abril de 2016

Tairine L. D. Machado

Hamilton P. S. Correa

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	4
MARCO TEORICO	5
Atividade 01 - Montagem de um Espectroscópio de baixo custo	7
Atividade 02 - Exploração de possibilidades de uso do Espectroscópio	9
Atividade 03 - Experimentação com Espectroscópio	11
Atividade 04 - Leitura e discussão do Texto "Espectros e a Espectroscopia"	20
Atividade 05 - Roda de discussões sobre o tema "Conhecendo melhor a Natureza da Luz"	27
Atividade 06 - Aplicação de técnicas de Espectroscopia	30
Atividade 07 - Experimentação com Simulador Radiação de Corpo Negro	33
Atividade 08 - Leitura e discussão do texto "Radiação de Corpo Negro"	39
Atividade 09 - Simulador Virtual da Radiação do Corpo Negro	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
APÊNDICE A - Modelo de folha para registros da hipótese de uso do Espectroscópio	48
APÊNDICE B - Modelo de folha para registros para experimentação com Espectroscópio	49
APÊNDICE C - Modelo de atividades e avaliações sobre Espectroscopia	52
APÊNDICE D - Modelo de Folhas para Registros da Experimentação com Simulador de RCN	53
ANEXO A - Modelo de gabarito para construção do Espectroscópio	55
ANEXO B - Galeria de Imagens para discussão de tópicos de espectroscopia	56
ANEXO C - Tiras do Espectro de Absorção do Sol e Espectro de Linhas de Emissão de Sete Elementos Químicos	59

INTRODUÇÃO

Dentro da perspectiva ausubeliana, na qual se embasa este material, o professor assume uma postura diferente da habitual do ensino tradicional, onde o mesmo é visto como aquele que "transmite o conhecimento", e sendo assim, o aluno seria aquele que "recebe o conhecimento", ou seja, se o professor "ensina" então o aluno deve "aprender".

No processo que leva a Aprendizagem Significativa, o professor não apenas "dará sua aula", mas deve assumir um papel de facilitador da Aprendizagem, está que não é "recebida" e sim construída, como fruto da interação entre ambas as partes e com os materiais adotados. Desta forma, cabe ao professor empregar estratégias de mecanismos pedagógicos, que tragam o aluno para uma posição ativa dentro do processo de ensino e aprendizagem, de forma que o mesmo seja significativo para ele, despertando o interesse em aprender.

Tendo em vista que a pré disposição para aprender, é um fator crucial e indispensável para que ocorra a Aprendizagem Significativa, e de igual forma, a necessidade de que os mecanismos pedagógicos adotados, e os materiais utilizados sejam potencialmente significativos. As atividades que serão apresentadas na sequência, levam em consideração estes fatores, elas trazem sugestões de estratégias que podem auxiliar na construção de um processo, no qual o professor assume a postura de um facilitador da aprendizagem, concernente aos conceitos Físicos ligados a Espectroscopia e a Radiação do Corpo Negro.

MARCO TEÓRICO

Ao se ensinar um novo conceito em sala de aula, devemos nos lembrar de que os alunos não são tabulas rasas, mas que possuem uma bagagem de concepções e modelos mentais que são frutos de suas experiências com o mundo que os rodeia. Com essa visão, apoiamos-nos na teoria de aprendizagem de David Ausubel, que enfatiza a importância de se considerar os pré-conhecimentos dos alunos. Para Ausubel, o novo conceito só será assimilado se tiver significado real para o indivíduo, ou seja, se puder ser ancorado em outros conceitos existentes em sua estrutura cognitiva, os chamados subsunçores.

O trabalho de Ausubel é centrado na **Aprendizagem Significativa**, onde diz que só há aprendizagem significativa de certo conceito, quando este se relaciona de maneira substantiva e não arbitrária com outros conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Ao se introduzir um novo conteúdo, nem sempre o aluno possui os subsunçores necessários para ancorá-lo, diante dessa situação cabe ao educador buscar uma ponte entre a estrutura cognitiva que o aluno possui e a estrutura necessária para assimilar o novo conceito, é nesse sentido que se insere o conceito de Organizador Prévio.

De acordo com a teoria Ausubeliana, os Organizadores Prévios são ferramentas, que promovem uma ponte necessária entre a estrutura cognitiva atual e a estrutura do material instrucional que se está querendo ensinar, podendo ser de duas naturezas: Organizadores Expositivos e Organizadores Comparativos. O primeiro tipo é sugerido para uma situação em que a estrutura cognitiva do sujeito não apresenta subsunçores capazes de interagir e ancorar o novo conhecimento. No segundo, o sujeito possui subsunçores capazes de interagir com o novo conhecimento, mas estes apresentam instabilidades que geraram conflitos ideológicos, de forma que, impossibilitam a discriminação entre o novo conhecimento e os demais subsunçores da estrutura cognitiva.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David, P. Aquisição e Retenção do Conhecimento: Uma Perspectiva Cognitiva. Trad. Lígia Teopisto. Lisboa: Edição 1, 2003. 266p.

MACHADO, T. L. D. Inserção de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física Uberlândia, 2015. **Atlas...** Minas Gerais: SBF, 2015.

MOREIRA, Antônio, M. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**, 1 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011. 179p.

PELLIZZARI, A; et. al. Teoria de aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista Psicologia Educação Cultura**, Curitiba, 2001- 2002.V 2, n.1, p. 37-42. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/50115736/TEORIA-DAAPRENDIZAGEM-SIGNIFICATIVA-SEGUNDO-AUSUBEL-Psicologia-EscolarPEPA> > Acessado: 13 abr.2016.

Atividades de Espectroscopia

As seis primeiras atividades do conjunto estão relacionadas com ideias e informações ligadas a Espectroscopia. Tratam-se conceitos gerais da óptica como Reflexão e Dispersão da Luz até as características Ondulatórias, como Frequência e Comprimento de Onda, que definem as faixas de cores da Luz visível e conceitos como os Espectros, Contínuo, de Emissão e de Absorção. As abordagens são feitas por meio de experimentações, textos para leituras compartilhadas, além de propostas de discussões e sondagens ao longo de todo o processo de desenvolvimento, sendo esta última ação voltada a verificação dos conhecimentos prévios dos alunos, com relação aos novos conhecimentos abordados, tendo em vista a necessidade de que o mesmo tenha significado real para o indivíduo. Assim como, a verificação da presença de indícios de uma Aprendizagem Significativa.

Atividade 01: Montagem de um Espectroscópio de baixo custo

**Sugestão de tempo
para aplicação:**

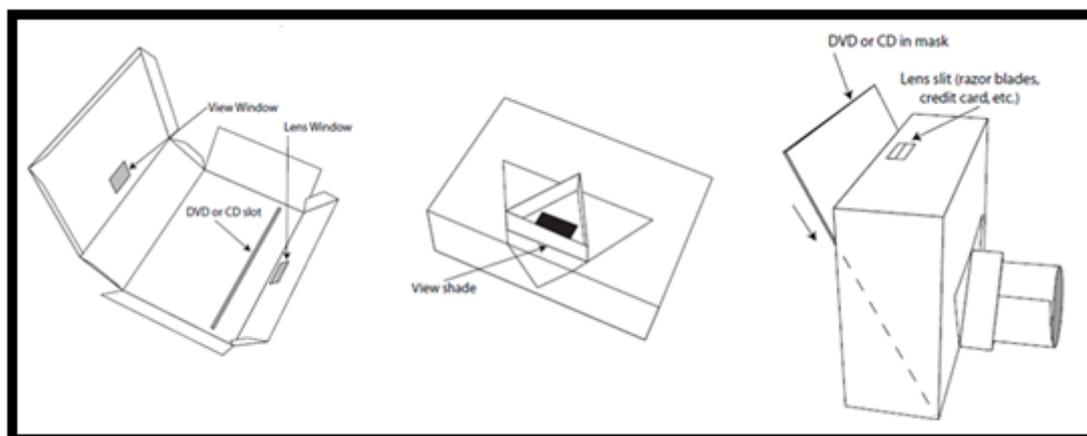
De 1 a 2 aulas de 50 min.

O Espectroscópio é um dispositivo que permite visualizar a decomposição da Luz proveniente de diferentes tipos de fontes. O primeiro modelo foi construído por Robert Bunsen e Gustav Kirchhoff em 1859, e revolucionou os estudos da química e da Física. Ao longo do tempo, este dispositivo sofreu várias modificações em sua estrutura, atualmente os Espectroscópios são extremamente sofisticados e são utilizados em grandes observatórios astronômicos, acoplados à telescópios de longo alcance, para o estudo do espectro da Luz de diversas Estrelas e outros astros do espaço.

Na internet podemos encontrar diversos modelos de Espectroscópios que podem ser construídos usando materiais de baixíssimo custo. Para o desenvolvimento desta atividade, propomos o uso de um destes modelos,

confeccionado a partir de um gabarito em papel cartão (disponível no anexo A) e de um DVD. A figura 01 mostra o esquema de montagem deste tipo de espectroscópio em tamanho reduzido, o original está disponível no endereço indicado na fonte da mesma.

Figura 01- *Esquema de montagem do espectroscópio*



Fonte: <https://sites.google.com/site/proflanghi/espectroscopio>

Acessado em: 26/04/16

Sugestões ao professor

Recomenda-se fazer a montagem do Espectroscópio como os alunos em sala de aula, para aperfeiçoar a atividade o professor de Física pode buscar estabelecer uma parceria com outros professores, como por exemplo, professor de arte. É interessante não enunciar de imediato aos alunos o nome do dispositivo construído. Desta forma, poderá ser instigada a curiosidade e criatividade dos mesmos, com relação ao nome e uso do dispositivo confeccionado, abrindo caminho para discussões posteriores.

Durante as interações iniciais dos alunos com o objeto construído, o professor poderá sondar o comportamento destes, observando as atribuições que dão ao objeto, comentário sobre sua aparência, ideias sobre o uso do mesmo, dentre outros que apontam, mesmo que de forma singela, os conhecimentos prévios que possuem e relacionam a tal. A ideia é que eles sejam estimulados a posicionarem-se de forma ativa no processo, não apenas no ato de construir o Espectroscópio, mas principalmente na manipulação e

reflexão sobre as possibilidades de uso, e assim este objeto tenha um significado real para o aluno.

Nada impede que o professor leve os Espectroscópios já montados para a sala de aula, caso não disponha de tempo para desenvolver esse processo com os alunos. Neste caso, a recomendação é que sejam adotadas estratégias que promovam a interação dos alunos com o objeto, sendo possível seguir direto para a atividade 2.

No caso da montagem em sala, a atividade pode ser feita tanto de forma individual quanto de forma coletiva, para tal, sugere-se que sejam formados grupos com aproximadamente três alunos, dispondo um conjunto de materiais por grupo: gabarito do Espectroscópio, papel cartão (pode ser só um pedaço, no qual será colado o gabarito), tesoura e cola.

Contudo, fica a critério do professor fazer as adaptações necessárias, tendo em vista, o público de alunos com o qual se irá trabalhar e os materiais disponíveis para o desenvolvimento da atividade, tendo em vista a realidade de cada escola e do próprio docente.

Atividade 02: Exploração de possibilidades de uso do Espectroscópio

Sugestão de tempo para aplicação:

De 1 a 2 aulas de 50 min.

A temática Astronômica adotada para o conjunto de atividade foi "Luz das Estrelas". A ideia de construir o Espectroscópio é conectá-lo a este tema, dando margem para uma série de discussões sobre como utilizá-lo para o estudo da Luz. Para introduzir questões sobre a natureza das Estrelas, pode-se apresentar as seguintes perguntas aos alunos:

- Como você explicaria para um colega o que é uma Estrela?

- Quando olhamos para uma estrela, qual é a informação mais expressiva que podemos perceber?

A primeira pergunta possibilita sondar as concepções que os alunos têm sobre o conceito de Estrela, e a segunda, pode-se esperar como resposta citações sobre: cor, brilho e/ou Luz. Isso permite trazer para discussão o Espectroscópio construído, estabelecendo sua relação com o estudo da Luz.

Além das discussões iniciais, a proposta desta atividade é explorar a criatividade dos alunos, com relação às possibilidades de uso do objeto construído na atividade 01, a partir de suas concepções e ideias. Para isso, deve-se incentivá-los a manipular, explorar, e observar o Espectroscópio e seus componentes. E a partir das interações, apresentarem suas ideias na forma de hipóteses, tendo liberdade para efetuar testes, conforme julguem necessário, e assim, possam construir uma proposta de uso para o mesmo.

Os alunos devem receber uma folha impressa com uma descrição sucinta da proposta da atividade, como a disponibilizada no apêndice A, contendo um campo em branco para registrarem as hipóteses levantadas, assim como, desenhos, representações, descrições, explicações, informações, resultados e tudo mais que julguem necessário.

Sugestões ao Professor

Na atuação como professor facilitador, deve-se evitar ao máximo dar respostas prontas aos alunos, pelo contrário, deve-se incentivá-los a buscar respostas, de forma a despertar a curiosidade dos mesmos, e no caso especial das atividades de experimentação, incentivá-los a assumir um espírito investigativo. Levando-os assim a começar a entender, e aos poucos assumir, a responsabilidade que lhes cabe dentro do processo de ensino e aprendizagem.

Contudo, o professor facilitador também deve fornecer algumas orientações, que auxiliem os alunos a desenvolverem a atividade com maior facilidade, como por exemplo, a não se preocuparem com questões do tipo “certo ou errado”, “pode ou não pode”, entre outras, mas exporem suas ideias, explorarem o dispositivo, fazendo até mesmo mudanças e ajustes que julguem

necessários. Busquem fundamentar seus escritos com base em suas próprias opiniões, conhecimentos e informações.

Recomenda-se que sejam montados grupos contendo de 3 à 4 alunos, para o desenvolvimento desta atividade, a fim de propiciar um momento de troca de informações e significados entre eles, além de facilitar a organização da sala de aula e o atendimento do professor aos alunos.

Esta atividade permite fazer uma avaliação diagnóstica, por meio da sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos, tanto com relação à temática “Luz das Estrelas” quanto à ideias, informações e conceitos ligados a Luz. Assim sendo, permite investigar a existência de subsunções na estrutura cognitiva dos alunos, que possam dar suporte aos novos conhecimentos que se pretende introduzir. No caso particular da Espectroscopia, os subsunções são informações e ideias ligadas aos seguintes conceitos Físicos: Ondas, Ondas Eletromagnéticas, Frequência, Comprimento de Onda.

Após a finalização da construção e teste das hipóteses, pode-se fazer uma roda com os alunos, para socializarem suas propostas. Desta forma, cada grupo tem a oportunidade de apresentar suas ideias e discuti-las com os demais colegas e com o professor. Nas falas orais dos alunos, podem emergir informações que não foram apontadas no registro escrito, portanto, o professor deve estar atento, pois esta ação pode auxiliar muito na conclusão do levantamento dos subsunções apresentados por eles.

Atividade 03: Experimentação com Espectroscópio

**Sugestão de tempo
para aplicação:**

De 4 a 5 aulas de 50 min.

Para avançar na discussão sobre as possibilidades de uso do Espectroscópio, a proposta é a leitura e discussão do texto: "A Luz dos Elementos Químicos", disponível no material de apoio ao final da proposta

desta atividade. O texto faz uma abordagem histórica das principais descobertas e contribuições dos cientistas Robert Wilhelm Busen e Gustav Kirchhoff, entre 1857 e 1859, para o avanço dos estudos da Química, Física e Astronomia. Discute o teste das chamas e a construção do primeiro Espectroscópio (veja imagens de apoio no anexo B). Relata sobre a evolução deste instrumento e sua relação com a Astronomia, ressaltando que atualmente é possível construir modelos mais simplificados utilizando materiais de baixo custo, que permitem desenvolver estudos simplificados sobre a Luz.

Como estratégia para promover a interação dos alunos com o material, e com o professor sugere-se que a leitura do texto seja feita em roda, de forma compartilhada, ou seja, os alunos devem ser convidados a participar da leitura, bem como, incentivados a fazerem comentários e questionamentos, em relação as ideias e as informações contidas no material. Como apoio, algumas imagens podem ser mostradas, como as figuras 1 e 2 dispostas no anexo B, permitindo que as tomem em mãos, afim de, observarem detalhes. Para discussões sobre pontos relevantes do texto podem-se propor as seguintes perguntas:

- Quais relações podem ser estabelecidas entre as informações contidas no texto e o dispositivo construído?
- É apresentado algum nome científico para o dispositivo? Qual?
- O texto ajuda a pensar em possibilidades de uso para o dispositivo, além das que já foram apresentadas? Quais?

A ideia é integrar as informações trazidas pelo texto com o Espectroscópio confeccionado, aproveitando a oportunidade para apresentar o nome oficial do mesmo e o contexto no qual foi projetado. Se anunciado nas atividades anteriores poderia comprometer o andamento da atividade, tendo em vistas que, uma vez conhecido o nome do dispositivo, os alunos poderiam fazer pesquisas sobre o uso do mesmo, inibindo o desenvolvimento de suas criatividade e induzindo respostas. O que não seria coerente com as metas das atividades anteriores.

Após a leitura e discussão do texto, a proposta é iniciar um processo de experimentação com o Espectroscópio, no qual quatro fontes de Luz distintas serão observadas e estudadas, sendo elas: a Lâmpada Incandescente, a Lâmpada Fluorescente, a Lâmpada de LED RGB e o Sol, representadas de forma ilustrativa, respectivamente, na figura 02.

Figura 02 - Fontes de luz a serem observadas



Fonte: <http://oneco.eco.br/?p=89> (modificado)
Acessado em 26/03/16

Recomenda-se que os alunos sejam separados em grupos de 3 à 4 integrantes, para desenvolverem a atividade, podendo ser o mesmo montado na atividade 02. A ideia é que os alunos usem seus Espectroscópios para estudar a Luz de cada uma das fontes, com base nas ideias discutidas por meio do texto. Eles deverão ficar livres para escolher o procedimento de observação, conforme julgarem mais adequado para desenvolver o estudo proposto, e serem orientados a registrar suas impressões acerca dos fenômenos visualizados.

Esta atividade permite que os alunos visualizem os Espectros gerados por diferentes fontes de Luz, sendo eles: Espectro Contínuo (Lâmpada Incandescente), Espectros de Linhas Emissão (Lâmpada Fluorescente e de LED) e Espectro de Absorção (Sol), a figura 03 traz uma representação destes tipos de Espectros.

É de se esperar que eles já conheçam o Espectro Contínuo, por ser este o famoso "arco-íris", um fenômeno natural mais conhecido, ao passo que os outros dois tipos de Espectros possam ser desconhecidos até então, e desta forma o contexto de experimentação investigativa possa contribuir para a construção de um ambiente de Aprendizagem Significativa por descoberta. E

assim, a partir daquilo que os alunos já sabem e conhecem, buscarão atribuir significado ao que é novo, e mesmo que inicialmente haja um desequilíbrio cognitivo, ou seja, eles não tenham subsuções suficientes para interagir com as novas informações com as quais se deparam, as ações que virão sequência irão auxiliar.

Figura 03 - Tipos de Espectros



Fonte: <http://brasilecola.uol.com.br/quimica/espectros-emissao-absorcao-leis-kirchhoff.htm>
Acessado em 26/03/16

O processo de experimentação com o Espectroscópio pode ser dividido em três partes (considerando uma média de 1 aula de 50 min. para cada parte), sendo a primeira, a observação das Lâmpadas Incandescente e Fluorescente, e a segunda, a observação da Lâmpada de LED e do Sol.

Para cada uma das fontes observadas, os alunos deverão repetir o procedimento experimental adotado e fazerem anotações, desenhos, esquemas e tudo mais que considerarem importante para registrar suas observações. Para tanto, sugere-se que seja disponibilizado para cada grupo, um kit com uma folha para registros, lápis de cor, canetinhas, régua, e outros materiais que auxiliem em suas anotações e representações.

Sugestões ao Professor

O procedimento para a observação para qualquer que seja a fonte de Luz é bastante simples, basta posicionar o Espectroscópio um pouco abaixo da fonte, de forma que os raios de Luz incidam sobre a fenda superior, como mostra a figura 04. A Luz será refletida e espalhada pelo DVD no interior do objeto, gerando uma dispersão. Desta forma ao olhar pela janela frontal, o observador visualizará o Espectro gerado pela fonte. Caso não seja visualizado de imediato, deve-se fazer movimento leves, observando atentamente até encontrar uma posição que permita a visualização de forma nítida.

Figura 04 - Espectroscópio posicionado para observação



Fonte: A autora.

Sugere-se que o professor incentive os alunos a explorar a melhor forma de observar a fonte, e assim, adotarem livremente um procedimento. Caso seja necessário, pode-se orientar que leiam novamente o texto “A Luz dos Elementos Químicos”. Os alunos provavelmente irão descobrir sozinhos, uma forma igual ou semelhante à descrita acima para fazerem suas observações. Cabe ao professor instigá-los e orientá-los a ter paciência e serem cuidadosos para obterem um bom desempenho na atividade, visualizando os Espectros e suas características com calma. Contudo, caso apresentem dificuldades acentuadas para visualizarem o Espectro da primeira fonte de Luz, o professor deverá fornecer outras orientações que facilitem o andamento da experimentação.

Um modelo de folha para o registro das percepções e descrições dos alunos, com relação ao fenômeno visualizado para cada uma das fontes de Luz, está disponível no apêndice B. É interessante que os alunos sejam orientados a usar o aparelho celular, caso julguem necessário, com ferramenta de auxílio para fotografar os espectros visualizados.

Durante o desenvolvimento da atividade, o professor deve observar o comportamento dos alunos, suas interações com os materiais, suas falas, expressões, discussões entre os integrantes de cada grupo. É importante que o professor investigue os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos conhecimentos científicos que explicam o fenômeno observado, a fim de dar continuidade a sondagem da existência dos subsunçores, citados anteriormente. Analisando posteriormente, de forma cuidadosa, os materiais escritos pelos alunos no qual expressão suas impressões, sobre os fenômenos visualizados, para consolidar a investigação.

De forma semelhante à atividade 02, após a finalização da experimentação, pode-se propor uma roda de discussão, na qual os alunos possam apresentar seus resultados e suas conclusões das análises realizadas, propiciando interação e troca de ideias entre os grupos.

Comentários Extras

A Lâmpada de LED RGB, geralmente, vem com um controle remoto que permite explorar além da Luz branca, várias cores de Luz derivadas de combinações das cores Vermelha, Verde e Azul, ou apenas duas delas, ou até mesmo a Luz de cada LED de forma individual. Propiciando a oportunidade de visualizar diferentes Espectros de Linhas de Emissão, dependendo das combinações e intensidades dos LEDs.

Material de apoio:**A luz e os elementos químicos**

Os químicos há muito tempo, sabiam que várias substâncias emitiam cores diferentes quando salpicadas em uma chama. Tais experiências, chamadas de "testes de chama", como podem ser visto na figura 05, eram muito comuns nos laboratórios da época. Elas eram realizadas com o objetivo de identificar os chamados elementos químicos, ou seja, as substâncias fundamentais que não podem ser divididas em produtos químicos mais básicos.

Figura 05 - Teste da Chama



Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=51000>

Acessado em 26/03/16

No entanto, havia um problema com este tipo de experiência. A chama necessária para queimar a substância também emitia cor que se misturava com a própria cor do elemento que estava sendo analisado. Como se diz em ciência experimental, o resultado era contaminado pelo equipamento.

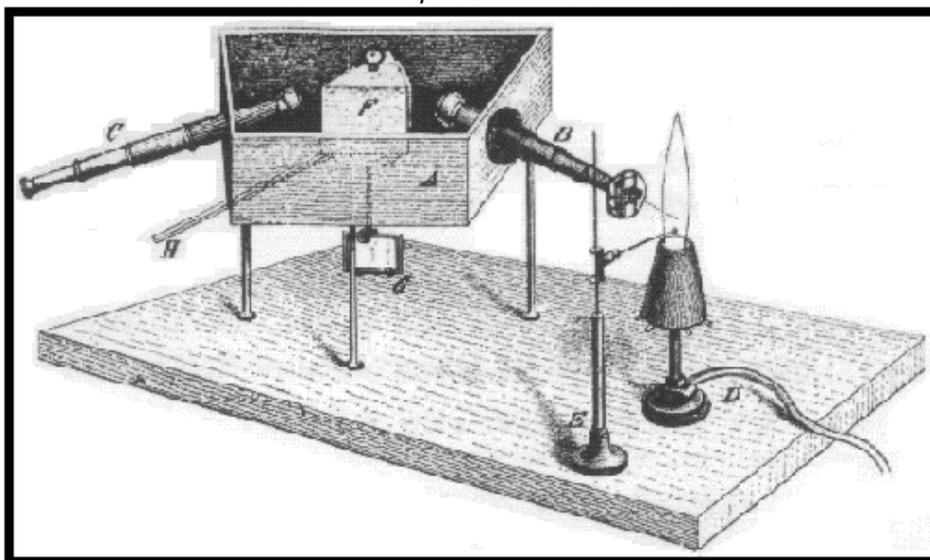
Por volta de 1857 o químico alemão Robert Wilhelm Bunsen conseguiu contornar este problema. Ele inventou um queimador a gás, conhecido como "bico de Bunsen", que não emitia cor própria. O equipamento inventado por

Bunsen melhorou consideravelmente o estudo dos elementos químicos naquela época e se tornou amplamente usado em "testes de chama".

Nesta mesma época o físico alemão Gustav Robert Kirchhoff sugeriu que a luz proveniente das chamas coloridas poderia ser mais bem estudada se ela fosse conduzida a passar através de um prisma.

Em 1859, Robert Bunsen e Gustav Kirchhoff desenharam e construíram um aparelho que iria revolucionar o estudo da astrofísica. Este equipamento, chamado "espectroscópio" (figura 06), era formado por um prisma e várias lentes que ajudavam a ampliar e colocar em foco, a luz obtida a partir da queima de vários elementos químicos, permitindo assim estudar algumas de suas propriedades.

Figura 06 - Aparelhos espectroscópio
Construído por Bunsen Kirchhoff



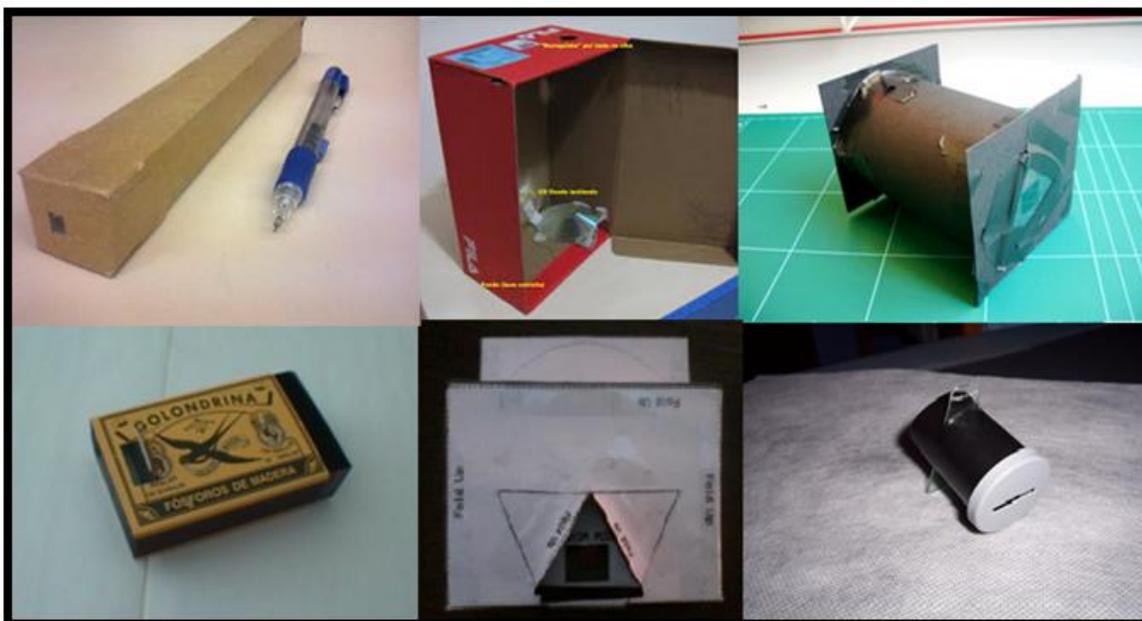
Fonte: http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap11-espectro/historia.htm

Acessado em 26/03/16

Ao longo do tempo este aparelho sofreu várias modificações em sua estrutura, espectroscópios extremamente sofisticados são utilizados em grandes observatórios astronômicos acoplados a telescópios de longo alcance, para estudar a luz de estrelas e outros astros.

Na internet podemos encontrar diversos tipos de espectroscópios de natureza simplificada, que podem ser construídos usando materiais de baixíssimo custo, alguns modelos são mostrados na figura 07 abaixo.

Figura 07 - Modelos de espectroscópio de baixo custo



Fonte: El rincón de la ciencia¹ (modificado)

Fontes do Texto: Este material foi retirado e adaptado do curso a distancia de Astrofísica Geral do Observatório Nacional, 2013, disponível: em: http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap11-espectro/historia.htm

¹ <http://rincondelaciencia.educa.madrid.org/Practica/PR-14/PR-14.html>

Atividade 04: Leitura e discussão do Texto "Espectros e a Espectroscopia".

**Sugestão de tempo
para aplicação:**

1 aula de 50 min.

O texto "Espectros e Espectroscopia", disponível no material de apoio desta atividade, é um recurso que oferece mais informações, com relação aos fenômenos visualizados durante a experimentação com o Espectroscópio. A leitura deste material pode ajudar os alunos a compreender melhor os fenômenos, auxiliando no processo de assimilação de novas informações em suas estruturas cognitivas, trazendo novos significados as descobertas feitas durante a experimentação, e até mesmo modificando os subsunçores apresentados inicialmente por eles.

Nele é abordado uma visão panorâmica do experimento de decomposição da Luz do Sol por meio de um prisma, realizado por Newton em 1665-1666, modificado e refeito por Joseph von Fraunhofer em 1814. São apresentados aspectos das Leis da Espectroscopia formuladas por Gustav Kirchhoff em 1859, relacionadas ao conceito dos espectros de Emissão, Absorção e Contínuo. Integra também uma breve discussão sobre Técnicas de Espectroscopia voltadas a identificação de elementos químicos presentes na atmosfera das Estrelas, além de informações apresentadas por meio de imagens para ilustrar os fenômenos.

Sugestões ao Professor

A leitura pode ser feita de forma compartilhada, seguindo as mesmas orientações do texto anterior, de forma que a atividade se torne mais dinâmica. É possível que o material traga algumas palavras ou termos desconhecidos pelos alunos, por esta razão, pode-se pedir para que façam uma leitura individual antes da compartilhada, pedindo para que destaquem e façam uma lista com os vocabulários desconhecidos. Se as palavras listadas indicarem desconhecimento de conceitos ou ideias ligadas ao modelo Ondulatório da Luz,

sugere-se que seja realizada a atividade 05, na qual a listagem pode ser mais bem trabalhada. Caso contrário, o professor pode discutir as palavras durante a própria leitura compartilhada.

A atividade 05 trata-se da proposta de um Organizador Prévio, conforme citado no marco teórico, este recurso deve ser usado no caso do aluno não possuir em sua estrutura cognitiva os subsunçores necessários para ancorar um novo conhecimento. Com base na sondagem feita durante as atividades anteriores, e no comportamento dos alunos durante a leitura do texto, o professor terá condições de averiguar a necessidade do mesmo, para a continuidade das atividades e discussões.

É interessante fazer pausa durante a leitura compartilhada, dando ênfase ao pontos mais relevantes do textos, assim como, para discutir e explorar as imagens do mesmo. Recomenda-se que o professor disponibilize as imagens em tamanho ampliado, chamando a atenção para os detalhes e características de cada uma delas. No anexo B, são disponibilizadas as imagens em tamanho ampliado para impressão.

Material de Apoio:

Os Espectros e a Espectroscopia

Isaac Newton demonstrou em 1665/1666 que a luz branca, como a luz do Sol, ao passar por um prisma se decompõe em luz de diferentes cores, formando um **espectro** como o arco-íris, como representado na figura 08.

Figura 08 - Ilustração da experiência de decomposição da luz realizada por Newton



Fonte: http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap11-espectro/historia.htm

Acessado em 26/04/16

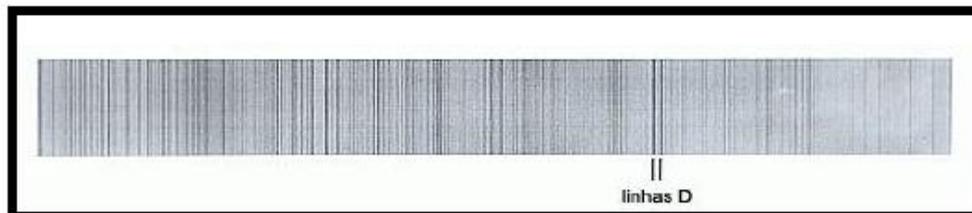
Em 1814, o alemão **Joseph von Fraunhofer** repetiu a experiência clássica feita no final dos anos 1600 por Isaac Newton, permitindo que um feixe de luz solar atravessasse um prisma. A diferença na experiência de Fraunhofer estava no fato de que, o espectro resultante aparecia com as cores do arco-íris de forma ampliada.

Uma surpresa aguardava Fraunhofer. Ao ampliar a imagem obtida, ele descobriu que o espectro solar mostrava centenas de linhas escuras e finas. Fraunhofer contou mais de 600 linhas no espectro. Hoje, com equipamentos mais sofisticados, sabemos que o número de linhas presentes no espectro da luz solar chega a mais de um milhão. A estas linhas escuras e finas damos o nome de **linhas espectrais**.

O espectro da luz solar obtido por Joseph von Fraunhofer é mostrado na figura 09. Note o incrível número de linhas escuras que o riscam. Em particular,

Fraunhofer ficou impressionado com duas linhas, bastante fortes, que apareciam no espectro da luz solar, batizando-as de "**linhas D**".

Figura 09 - Espectro obtido por Fraunhofer



Fonte: http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap11-espectro/historia.htm

Acessado em 26/04/16

Mas, qual a origem de todas essas linhas?

Naquela época, ainda não havia conhecimento físico suficiente para compreender por que essas linhas escuras apareciam no espectro da luz solar. Ainda levaria quase meio século até que os químicos verificassem que essas linhas espectrais também podiam ser produzidas nos laboratórios.

Técnica de Análise Espectral

Em 1859, Robert Bunsen e Gustav Kirchhoff desenharam e construíram o primeiro espectroscópio, utilizado para aprimorar os estudos sobre as chamas dos elementos químicos. Os dois cientistas prontamente descobriram que os espectros obtidos a partir das chamas mostravam conjuntos de finas linhas espectrais brilhantes traçadas contra um fundo escuro.

Mais tarde, eles encontraram que cada elemento químico produz um "desenho" único de linhas espectrais. Assim nasceu, em 1859, a técnica da análise espectral: a identificação de substâncias químicas por meio do desenho característico das linhas espectrais a partir da decomposição de sua luz própria.

Com esta técnica, usando o espectroscópio mostrado acima, eles realizaram uma importantíssima descoberta:

"Cada elemento químico mostra um espectro com um arranjo único de linhas brilhantes".

Com a divulgação das descobertas de Bunsen e Kirchhoff muitos pesquisadores se lançaram à procura de novos elementos químicos. Bunsen e Kirchhoff continuaram suas pesquisas registrando as linhas espectrais provenientes de todos os elementos então conhecidos. Após isso, eles começaram a procurar novos elementos químicos por meio da análise espectral. Logo descobriram outras linhas espectrais pertencentes aos espectros de amostras minerais.

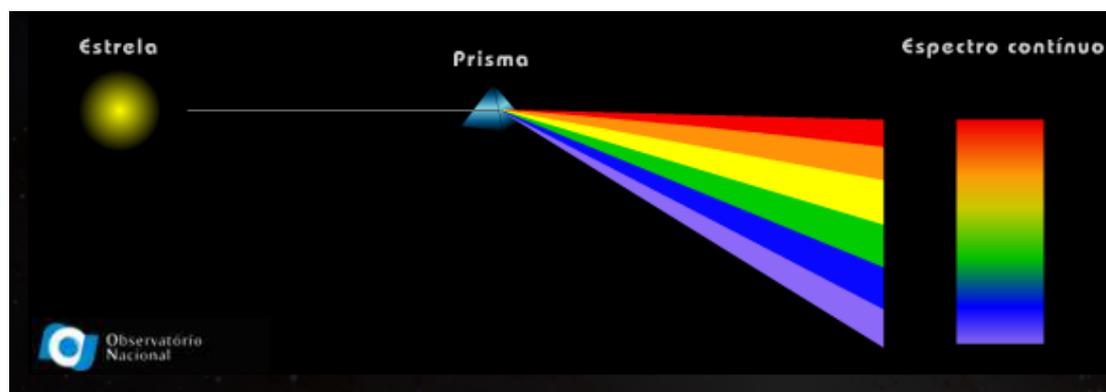
As Leis da Espectroscopia

Por volta dos anos de 1860, Kirchhoff e Bunsen já haviam realizado um número suficientemente grande de análises espectrais. O conhecimento acumulado sobre as linhas espectrais já era suficiente a ponto de permitir que Kirchhoff formulasse três importantes enunciados sobre espectros que hoje são chamados de leis de Kirchhoff.

Primeira Lei

- Um corpo opaco e quente produz um **espectro contínuo** (figura 10).
- O corpo opaco e quente pode ser um sólido, um líquido ou um gás altamente comprimido, portanto denso.
- O espectro contínuo é um verdadeiro "arco-íris", um conjunto completo de cores sem qualquer linha espectral traçada sobre ele.

Figura 10 - Espectro Contínuo da Luz



Fonte: http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap11-espectro/historia.htm

Acessado em 26/04/16

Segunda Lei

- Um gás transparente e quente produz um espectro onde linhas espectrais brilhantes estão traçadas contra o fundo escuro.
- A este espectro damos o nome de **espectro de linhas de emissão** (figura 11).
- O número e as cores destas linhas dependem de quais elementos estão presentes no gás.

Figura 11 - Espectro de Emissão



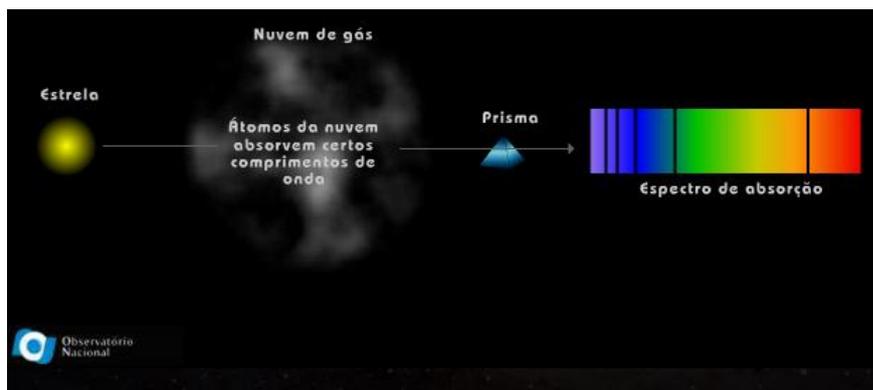
Fonte: http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap11-espectro/historia.htm

Acessado em 26/04/16

Terceira Lei

- Ao colocarmos um gás transparente e frio na frente de uma fonte de espectro contínuo, o gás mais frio provoca o aparecimento de uma série de linhas escuras riscadas entre as cores do espectro contínuo.
- A este espectro damos o nome de **espectro de linhas de absorção** (figura 12).
- As cores e o número de linhas de absorção dependem dos elementos presentes no gás frio.

Figura 12 - Espectro de Absorção



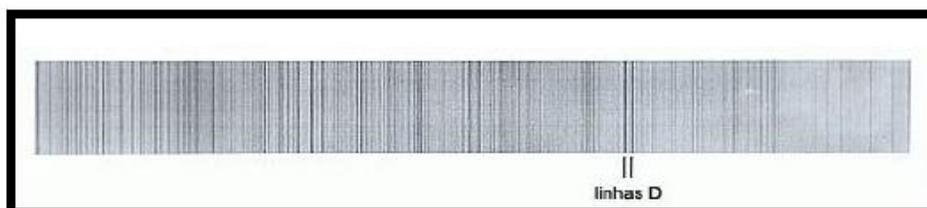
Fonte: http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap11-espectro/historia.htm

Acessado em 26/04/16

É muito importante notar que as linhas brilhantes que aparecem em um espectro de emissão ocorrem exatamente nos mesmos comprimentos de onda que as linhas escuras no seu espectro de absorção. Reformulando:

As linhas absorvidas por um gás a partir de um espectro contínuo são as mesmas linhas emitidas por este mesmo gás quando fornecemos energia a ele.

Agora podemos voltar ao espectro da luz solar, obtido inicialmente por Fraunhofer. Kirchhoff mostrou que as duas linhas fortes que chamaram a atenção de Fraunhofer e que ele chamou de linhas D, na verdade eram linhas produzidas pelo sódio na região espectral com comprimento de onda correspondente à cor amarela.



Fonte: http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap11-espectro/historia.htm

Acessado em 26/04/16

Fontes: Este material foi retirado e adaptado do curso a distancia de Astrofísica Geral do Observatório Nacional, 2013, disponível em: http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap11-espectro/historia.htm

Atividade 05: Roda de discussões sobre o tema "Conhecendo melhor a Natureza da Luz".

Sugestão de tempo para aplicação:

De 1 a 2 aula de 50 min.

Esta atividade é indicada apenas para o caso em que os alunos não possuem, ou possuem de forma confusa em suas estruturas cognitivas, os subsunçores listados na atividade 02. Ou seja, para o caso de não possuírem, ou possuírem de forma confusa ideias e/ou informações relacionadas ao conceito Físicos de Ondas, Ondas Eletromagnéticas, Frequência e Comprimento de Onda. Neste caso, pode ser usada como estratégia de Organizador Prévio Expositivo ou Comparativo, dependendo da orientação dada.

O professor pode propor uma roda de discussão direcionada sobre Ondas e suas características, na qual deve introduzir questões diretas sobre os conceitos, estimulando os alunos a responderem de acordo com suas opiniões pessoais, estudos anteriores e experiências vivenciadas. São listadas abaixo algumas questões para orientar a discussão:

- Quando se fala em "Onda", o que vem a sua mente?
- Quais tipos de "Onda" você conhece ou já ouviu falar?
- Afinal, o que é uma "Onda"?
- Você já estudou sobre "Ondas" em suas aulas de física?
- O que você estudou sobre "Ondas"?
- Você já ouviu falar em "Frequência"?
- O que podemos entender como "Frequência de uma Onda"?
- Você já ouviu falar em "Comprimento de Onda"?
- O que é um "Comprimento de Onda"?

- Ondas possuem “Velocidade”?
- O que podemos entender como sendo a “Luz”?
- Existe alguma relação entre “Luz” e “Ondas”?

A discussão deve ser direcionada de acordo com as respostas dos alunos, abordando os conceitos relacionados a partir das ideias apresentadas, mesmo que inicialmente sejam bem divergentes dos conhecimentos científicos. Devem-se evitar atitudes do tipo “ideia certa e ideia errada” ou “conceito certo e conceito errado”. Estrategicamente, por meio de ganchos das próprias falas dos alunos, ou apresentando as ideias científicas como possíveis respostas, vai se introduzindo tópicos da teoria ondulatória, tais como:

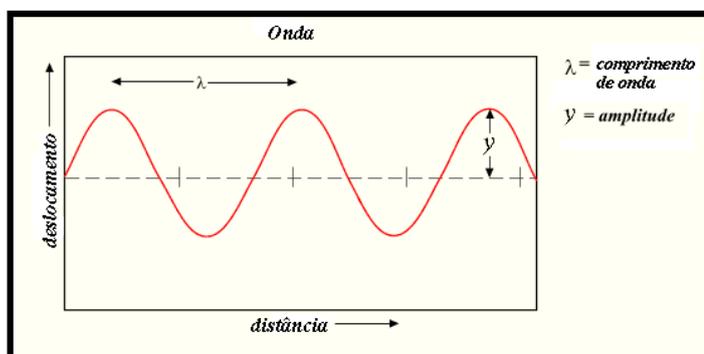
Onda: uma perturbação que se propaga no espaço ou em um meio qualquer, sem mudança na frequência. Ex: Onda do mar, Onda na corda e Ondas de Rádio (sugere-se usar como exemplos ondas citadas pelos alunos).

Frequência: Quantidade de oscilações, ou vibrações, efetuadas por uma onda em uma unidade de tempo, por exemplo, segundo.

Comprimento de onda: Distância entre duas cristas ou dois vales de uma dada onda.

Algumas representações podem ser usadas para auxiliar neste processo: a representação senoidal de uma onda (figura 13), as letras do alfabeto latino (romano) e grego, ligadas aos conceitos de frequência e comprimento de onda, entre outras.

Figura 13 - Representação Senoidal de uma onda



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Amplitude>

Acessado em 26/04/16

A relação entre frequência e comprimento de onda, pode-se ser discutida a partir da seguinte analogia:

Imagine a seguinte situação: Uma mãe e sua filhinha saem para um passeio, veja a ilustração da figura 14.

Figura 14 - Mãe caminhando com sua filha



Fonte: <http://br.freepik.com/fotos-vetores-gratis/familia>

Acessado em 26/04/16

Para que a mãe e filha possam caminhar a mesma velocidade, quem dará mais passos?

Se você respondeu a filha, acertou. Isso acontece porque as pernas da filha são menores do que as pernas da mãe, logo, precisarão dar mais passos para caminhar a mesma velocidade.

De forma similar, podemos compreender a relação entre frequência e comprimento de onda, partindo do princípio de que todas as cores de luz caminham juntas a mesma velocidade. Digamos que ondas com pequenos comprimentos de onda são análogas às pernas da filha, as ondas com grande comprimentos de onda são análogas às pernas da mãe, e a frequência segue analogamente à quantidade de passos.

Desta forma temos que:

Ondas de luz de comprimentos de ondas pequenos possuem altas frequências, ondas de luz de comprimentos de ondas grandes possuem frequências mais baixas.

Por fim, discutir de uma forma bem geral a ideia do comportamento da Luz como uma Onda de natureza eletromagnética, que assim como as demais, possui Frequências e Comprimentos de onda específicos, que a caracteriza.

Atividade 06: Aplicação de técnicas de Espectroscopia

**Sugestão de tempo
para aplicação:**

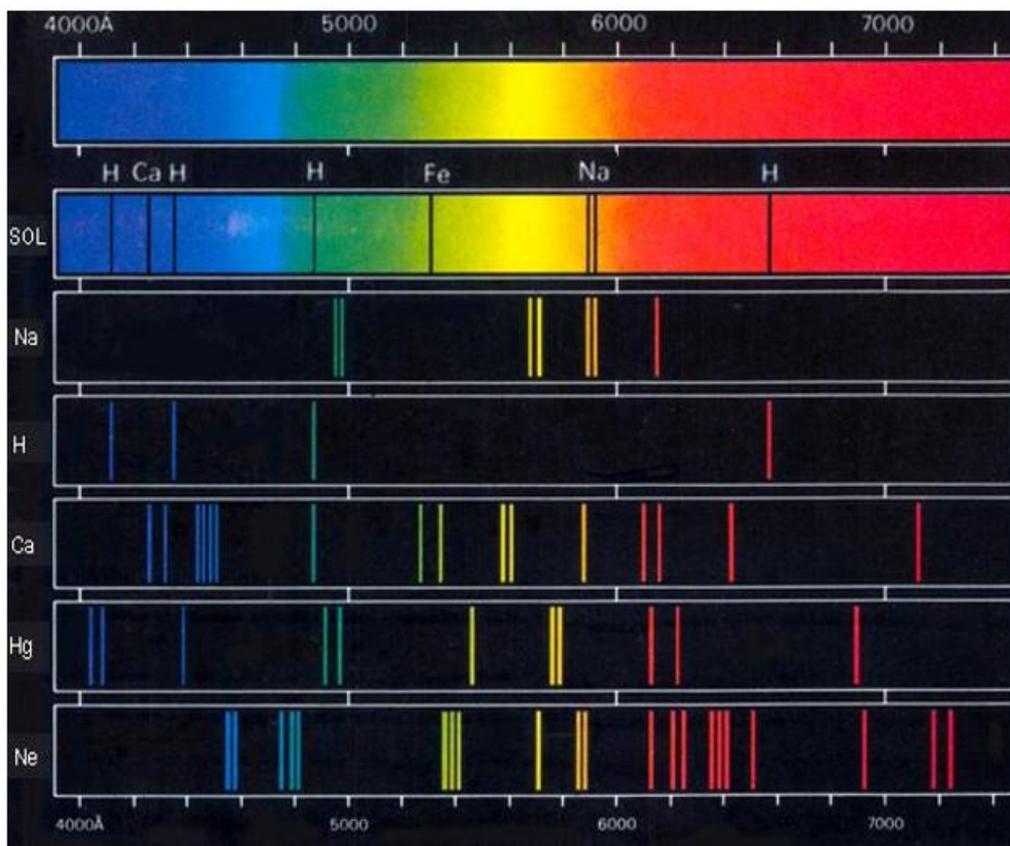
1 aula de 50 min.

O foco desta atividade é propiciar uma experiência de aplicação da técnica de análise espectral, discutida anteriormente no texto “Espectros e Espectroscopia”, aplicada ao estudo da Luz das Estrelas. A proposta é comparar e alinhar os espectros de emissão e absorção, para determinar os elementos químicos presentes no interior de uma estrela.

Cada elemento químico é caracterizado por um espectro de emissão único, uma espécie de identidade do elemento. Sabendo que as linhas escuras que aparecem no espectro do Sol são provenientes da absorção feita por elementos químicos, presentes em suas camadas mais frias, e que as frequências absorvidas são iguais às emitidas, o alinhamento perfeito entre as linhas emitidas e as absorvidas em um espectro, indica o elemento químico correspondente.

Sugere-se que o professor entregue aos alunos, individualmente, um conjunto de tiras já recortadas, contendo a representação do espectro de absorção do Sol e o espectro de emissão de alguns elementos químicos, como mostra a figura 15. No anexo C são dispostas as tiras em um tamanho adequado para cópia.

Figura 15 - Tiras com representação dos espectros



Fonte: http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap11-espectro/historia.htm (modificado)

Acessado em 26/04/16

Junto com o conjunto de tiras deve ser entregar uma folha separada com a questão a seguir, e oferecer orientações aos alunos para o desenvolvimento da atividade. Chamando a atenção para cada um dos espectros, suas características individuais, a relação entre o espectro de absorção do Sol e os de emissão de cada elemento.

Identificando as linhas de Absorção do espectro Solar

Usando o conjunto de tiras que contém o espectro de absorção do Sol e os espectros de emissão de alguns elementos químicos, tais como Neônio (Ne), Cálcio (Ca), Hidrogênio (H) e Mercúrio (Hg), indique o nome de cada um dos elementos responsáveis pela formação das linha escuras representadas na imagem abaixo.



Após o término da atividade, o professor pode propor uma roda de discussão com os alunos, para explorar no coletivo os resultados obtidos individualmente. Vale ressaltar a idéia que apenas uma parte muito pequena do espectro solar foi analisada, pois o mesmo possui cerca de milhões de linhas de absorção.

Apesar de atualmente usarem-se recursos computacionais para fazer análises espectral, durante muito tempo para se estudar as características de Luzes Estelares era comum as atividades de comparações de espectros, como a desenvolvida nesta atividade, porém em uma escala de maior precisão.

Sugestões ao Professor

Ao término destas atividades o professor pode fazer uma avaliação, a fim de sondar o desenvolvimento da Aprendizagem de seus alunos, conforme melhor considerar, no apêndice C é disponibilizado um modelo de questionário para exercício em sala e de uma avaliação formativa. Fica a critério do professor adotá-los ou construir outras, de acordo com a demanda de seu público.

Atividades de Radiação Corpo Negro

As três atividades finais deste conjunto estão relacionadas com a abordagem de um importante conceito da Física, o Corpo Negro e as características da Radiação por ele emitida. Os estudos a ele ligados lançaram as bases da Mecânica Quântica, ou seja, saímos das discussões de informações do campo da Física Clássica e entramos no campo da Física Moderna e Contemporânea. Buscando neste processo mostrar as dependências hierárquicas entre os conceitos de Espectroscopia, estudados nas atividades anteriores, e o conceito de Radiação de Corpo Negro. As ideias e informações ligadas a este conceito permitem compreender melhor, o comportamento apresentado pela Luz emitida pelas Estrelas, de acordo com seu ciclo de vida.

Atividade 07- Experimentação com Simulador Radiação de Corpo Negro

**Sugestão de tempo
para aplicação:**

De 4 a 5 aula de 50 min.

Um dos desafios no ensino de Física, em especial de Física Moderna de Contemporânea (FMC) em nível médio, é a construção de experimentos de baixo custo que possam ser replicados com certa facilidade. Partindo desta premissa, a proposta é explorar o conceito de Radiação de Corpo Negro, por meio de um experimento de produção própria, construído a partir de materiais de fácil acesso e baixo custo. Na sequência será abordado um pouco mais sobre a construção do experimento e a escolha dos materiais.

A lâmpada halogênea, mostrada da figura 16, possui um cone de vidro, revestida por uma película que a torna espelhada em suas laterais, mas a frente do cone é totalmente transparente, e em seu interior há um bulbo contendo um filamento metálico de tungstênio. Quando submetida a uma tensão, uma corrente elétrica passa por este filamento, gerando um grande

aumento de temperatura, podendo chegar a 3000 °C, fazendo com que o mesmo incandesça e emita luz de cor branco amarelada. Desta forma, este tipo de lâmpada pode ser considerado um exemplo de corpo que possui um comportamento semelhante a um Corpo Negro de Emissão.

Figura 16 - Lâmpada halogênea



Fonte: <https://tijolosetecidos.wordpress.com>

Acessado em 26/04/16

Por este motivo, neste experimento faremos uso de uma lâmpada desta natureza para estudar e discutir algumas propriedades características da Radiação de Corpo Negro (RCN), tais como, a relação entre Corrente Elétrica e Frequência de Luz, Temperatura e cor de Luz.

Materiais utilizados para confecção do experimento e procedimentos de montagem.

- ✓ Uma caixa de papelão grande, como base para montagem, para facilitar a manipulação e transporte.

Figura 17 - Caixa suporte do experimento



Fonte: A autora.

- ✓ Uma caixa de madeira, usada como suporte da lâmpada halogênea, afim de, isolar o aquecimento da mesma, evitando que alguém se machuque ao manipulá-la, e colimar a Luz emitida.

A face da caixa localizada a frente da lâmpada, possui um furo, que é a única saída de luz. Desta forma, ao invés de trabalhar com um cone de luz, convencionalmente gerado pelo tipo de lâmpada escolhido, teremos apenas um feixe de luz. O que facilita o alinhamento com os demais instrumentos ópticos utilizados.

Figura 18 - Lâmpada halogênea acoplada à caixa de madeira

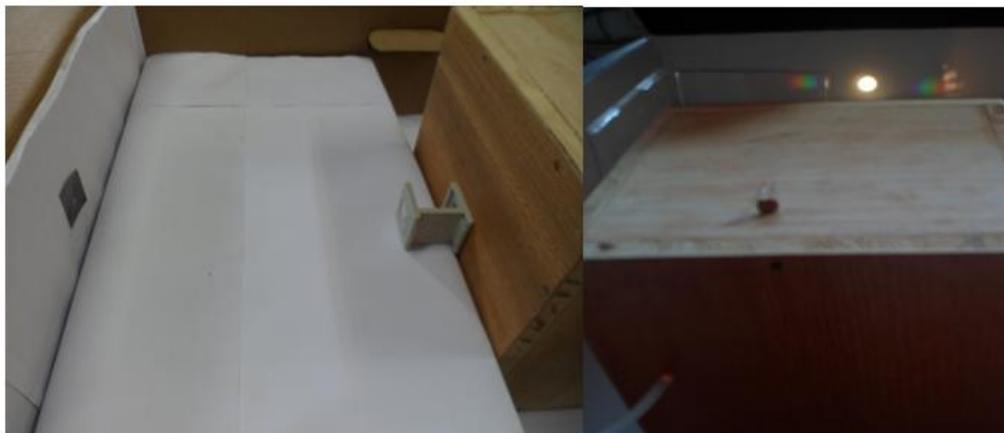


Fonte: A autora.

- ✓ Lente convergente.
- ✓ DVD (com a película retirada), usado como rede de difração.
- ✓ Aparelho dimer, para controlar a intensidade de luz.
- ✓ Sensor, do tipo foto resistor (disponível nas eletrônicas).
- ✓ Multímetro, para medir a corrente elétrica.

A figura 19 a seguir mostra a posição de cada um dos materiais listados, e a montagem final do Simulador de Radiação do Corpo Negro (RCN).

Figura 19 - Montagem do Simulador de Radiação do Corpo Negro



Fonte: A autora.

Além da acessibilidade, este experimento permite discutir de uma forma prática o conceito de RCN, pois o aluno pode manipular a fonte de luz, a rede de difração, observar e estudar o Espectro emitido pela fonte e suas características, pode mover o sensor sobre cada uma das faixas de cores de luz e medir a corrente elétrica em cada ponto.

Este tipo de ação é de suma importância no processo de ensino aprendizagem, uma vez que auxilia no processo de abstração dos conhecimentos discutidos, traz os alunos para uma posição mais ativa dentro do processo de ensino, além de inspirar o espírito investigativo e a curiosidade dos alunos, conforme dito anteriormente, favorecendo a Aprendizagem Significativa, um vez que desperta o desejo por aprender.

Antes de iniciar o processo de experimentação, sugere-se que se faça uma discussão inicial com os alunos, com o foco de sondar suas concepções prévias sobre o conceito de Corpo Negro. Pois é partir destas concepções que as discussões sobre o novo conceito devem ser direcionadas. Para tal, podem-se introduzir questões do tipo:

- O que você entende com sendo um Corpo Negro?
- Quais são as características de um Corpo Negro?
- Cite exemplos de corpos que podem ser ditos como exemplo de um Corpos Negro?

A experimentação com o Simulador de RCN pode ser dividida em duas partes, a primeira voltada a observação e estudo do comportamento *spot* de Luz branca, e a segunda voltada a observação e estudo do comportamento do Espectro Contínuo emitido pela fonte. Inicialmente, sugere-se que o professor apresente aos alunos cada um dos componentes do Simulador, explorando com eles suas respectivas funções.

A ideia da atividade é que, após os alunos terem conhecimento dos componentes e suas funções, possam manipular livremente os mesmos, e desenvolvam em grupo, uma proposta de procedimento, que permita a eles obterem informações sobre a Luz da fonte, ou seja, a parte visível da radiação do Simulador de Corpo Negro. Assim como, uma proposta de explicação para os resultados obtidos, com base em suas ideias, informações e conhecimentos.

Na segunda parte da atividade, o DVD deve ser introduzido na montagem do Simulador. O professor pode apenas entregar o objeto para os alunos, para que eles introduzam o mesmo, da forma que considerar mais adequada. Espera-se que tenham facilidade em perceber a posição que este deve ser posta, e assim todos possam visualizar o Espectro projetado. No entanto, caso apresentem dificuldades, orientações devem ser introduzidas, a fim de facilitar o desenvolvimento da atividade.

Para encerrar a atividade o professor pode propor uma discussão, onde os alunos devem expor os resultados obtidos, nas duas etapas das atividades, e as conclusões que chegaram, com base em suas interpretações acerca dos fenômenos observados e os dados coletados.

Sugestões ao Professor

A experimentação com o Simulador de RCN é um pouco mais complexa do que a experimentação com Espectroscópio, tendo em vista a especificidade do mesmo. Por isso, faz-se necessário que o professor facilitador incentive os alunos a manipularem e explorarem os componentes do Simulador, de forma que possam compreender efetivamente suas funções. Desta forma, espera-se que tenham mais facilidade para montar suas propostas de procedimentos.

Diante das dificuldades apresentadas por eles, devem ser introduzidas orientações, ou ideias sucintas, que os auxiliem em suas ações.

À medida que as discussões iniciais se desenrolam, o professor pode introduzir informações que coloquem em cheque as concepções equivocadas apresentadas pelos alunos, assim como, consolide as concepções em consonância com o conceito de Corpo Negro, formalizando aos poucos e explicitando as diferenças entre um Corpo Negro de Emissão e um Corpo Negro de Absorção.

Os alunos devem receber uma folha com a proposta da atividade, contendo um campo para suas anotações, representações, esquemas e demais registros de dados que julgarem necessário. No apêndice D é disponibilizado um exemplo de folha de registro, para esta atividade.

Tendo em vista o elevado número de alunos comumente encontrados nas salas de aula, sugere-se que sejam construídos de quatro a cinco Simuladores, apesar de o modelo apresentado ter um tamanho considerável é possível construir um numa versão menor, o que facilita no caso da necessidade da produção em maior escala. O professor pode fazer as alterações que julgar conveniente para melhor atender seus alunos.

Atividade 08: Leitura e discussão do texto "Radiação de Corpo Negro"

**Sugestão de tempo
para aplicação:**

1 aula de 50 min.

O texto "Radiação de Corpo Negro", disponível no material de apoio, traz algumas informações sucintas relacionadas ao desenvolvimento histórico dos estudos sobre o Corpo Negro, enfatizando a importância deste para as bases da Mecânica Quântica. Além de abordar exemplos de corpos que possuem comportamento similar ao de um Corpo Negro de Emissão, tais como, carvão e ferro em brasa, lâmpadas de filamento e Estrelas.

Sugestões ao Professor

A leitura do texto deve ser feita de forma compartilhada seguindo o molde das demais, já orientadas, com pausas estratégicas para comentários, tanto do professor, quanto dos alunos, explorando as imagens, e introduzindo outras informações relevantes, que possam somar com as ideias apresentadas no texto. E buscando estabelecer ligações com a atividade de experimentação vivenciada, assim como, com informações e conceitos de Espectroscopia já estudados, respeitando a hierarquia existente entre eles, facilitando assim o processo de assimilação das novas informações estudadas.

Cabe ressaltar que o processo de assimilação de um novo conceito ou informação, exige a interação destes com os subsunçores existentes na estrutura cognitiva do aluno, que poderão lhe fornecer ancoragem, nesse processo o próprio subsunçor pode ser modificado. Portanto trata-se de um processo complexo e que possui natureza progressiva, assim sendo, o professor facilitado deve ter isso em mente a medida que interage no processo de ensino aprendizagem, e considerar este fato na hora de avaliar e sondar indício de uma Aprendizagem Significativa.

Material de Apoio

Radiação de Corpo Negro

Um dos resultados experimentais que mais chamou a atenção dos cientistas no final do século XIX foi o estudo da luz emitida por corpos, quando se encontram muito quentes (figura 20, mostra imagens de corpos incandescentes), como o ferro “em brasa” ou mesmo um carvão em brasa. Os ferreiros da época já sabiam que quando o ferro ficava rubro, a sua temperatura estava por volta dos 1.000 K, podendo ser mais facilmente trabalhado.

Figura 20 - Objetos incandescentes



Fonte: <http://www.becodospoetas.com.br> (modificado)

Acessado em 26/04/16

Com a finalidade de estudar a luz emitida pelos corpos quentes, foi proposto um modelo no qual a ideia era realizar os cálculos apenas da radiação produzida pela agitação térmica do corpo. Tal corpo deveria absorver toda a radiação que chegava até ele, não podendo refleti-la. Dessa forma, o corpo teria de ser totalmente negro, daí o nome do modelo: **Radiação do Corpo Negro**.

Ao olharmos para o passado, levando em conta o que conhecemos hoje, podemos afirmar que o estudo da Radiação do Corpo Negro marca o surgimento da **Mecânica Quântica**.

Em primeiro lugar, temos que entender de fato o que é Radiação de Corpo Negro. Ao aquecermos um corpo, ele passa a emitir radiação eletromagnética. Dessa maneira, podemos dizer que o espectro dessa radiação depende da temperatura do corpo. Por exemplo, o forno de uma indústria siderúrgica ou o Sol produz radiação através da agitação térmica. Se observarmos o carvão em brasa, na verdade veremos uma radiação que se aproxima muito à radiação de corpo negro, no caso, de um corpo à temperatura alta.

Lâmpada de filamento

Um exemplo de radiação de corpo negro que temos no cotidiano é a lâmpada de filamento (veja a figura 21). Quando passa corrente elétrica através do filamento da lâmpada, este se aquece pelo efeito Joule e se comporta praticamente como um corpo negro. Quando a temperatura chega próxima de 2.000 K, parte da energia é emitida como luz visível, que é utilizada para iluminação. No entanto, uma boa parte da energia térmica é emitida no espectro do infravermelho e não é aproveitada na iluminação.

Figura 21- Lâmpada halogênea é um exemplo de lâmpada por incandescência



Fonte: <https://tijolosetecidos.wordpress.com>

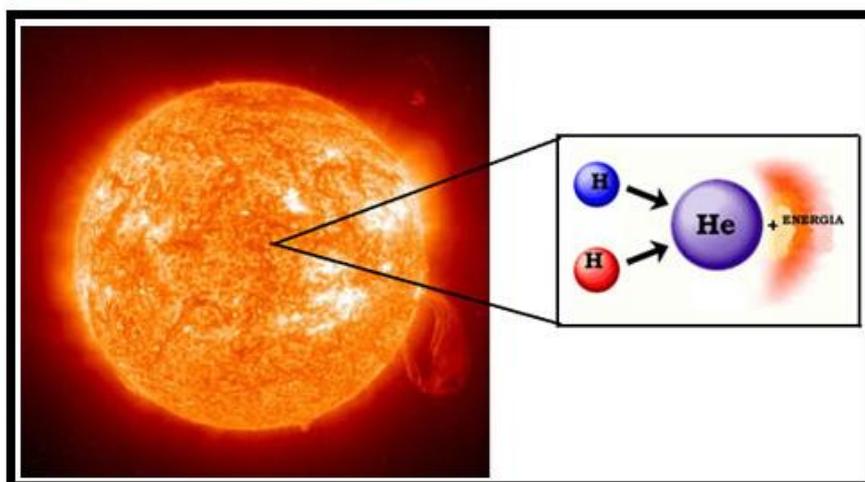
Acessado em 26/04/16

Estrelas

O Sol, assim como as demais estrelas se comporta como um Corpo Negro de Emissão. Durante o processo de fusão no núcleo estelar (representado de forma simplificada na figura 22) são produzidos todos os tipos de Ondas do Espectro Eletromagnético, que caminham pelo espaço e chegam até a Terra, parte desta radiação interage com o campo magnético e com a atmosfera, mas uma parte chega a superfície da Terra.

Ao estudar a parte visível desta radiação, a luz visível, percebe-se que apresenta um espectro característico de um corpo negro, o espectro contínuo, variando conforme a temperatura da fonte, ou seja, conforme a temperatura da estrela.

Figura 22 - Representação da estrela Sol



Fonte: <http://www.brasilecola.com/fisica/radiacao-corpo-negro.htm>

Acessado em 27/04/16

Fonte: Retirado e adaptado do site da Escola Brasil, disponível em:
<http://www.brasilecola.com/fisica/radiacao-corpo-negro.htm>

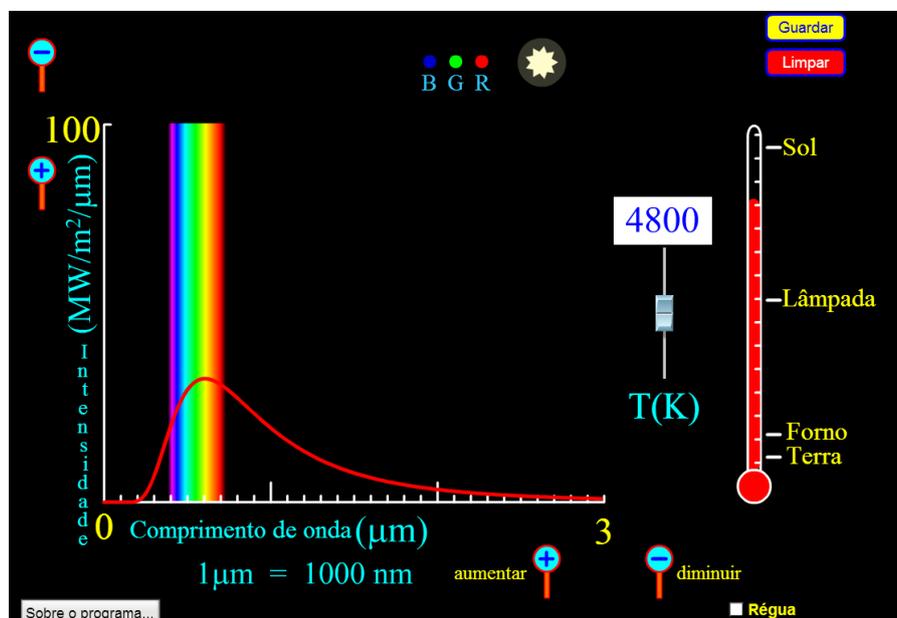
Atividade 09: Simulador Virtual da Radiação do Corpo Negro

**Sugestão de tempo
para aplicação:**

De 1 á 2 aula de 50 min.

Trata-se de uma continuidade das discussões iniciadas na atividade 08, utilizando como recurso um simulador virtual do banco da Universidade do Colorado, disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. O Simulador virtual da Radiação do Corpo Negro permite analisar o gráfico construído a partir dos parâmetros Comprimento de onda e Intensidade da Luz, para diferentes temperaturas, traz uma representação de um Espectro contínuo, permitindo visualizar com mais facilidade a relação entre o Comprimento de Onda máximo emitido e a cor de Luz correspondente, como pode ser visto na imagem 23.

Figura 23 - Visão geral do Simulador de Corpo Negro



Fonte: <http://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>

Acessado em 27/04/16

O valor da Temperatura pode ser alterado de duas formas, por meio de um botão com a indicação T(K), referente ao valor da temperatura em graus Kelvin, variando de 300° K até 9255°K, ou clicando no visor acima do botão, no qual é mostrado o valor de Temperatura, e digitar o valor desejado.

Além do visor, o valor da Temperatura também é indicado em uma representação de termômetro, localizado próximo à extremidade direita do simulador, nele existem marcações que indicam a os valores correspondentes a temperatura da Terra, de um Forno, de uma Lâmpada e da atmosfera do Sol. Na parte superior do simulador encontra-se um símbolo representacional de Estrela, à medida que são introduzidas temperaturas próximas das atmosferas Estelares, o símbolo representa a cor provável da estrela que possui tal Temperatura, como é demonstrado na figura 24. A cor do símbolo de estrela é formada a partir de um sistema de combinação das cores Red, Green e Blue - RGB (Vermelho, Verde e Azul), as intensidades de cada cor também são representadas pelo simulador, como também pode ser visto na referida figura.

Figura 24- *Símbolo de estrela em diferentes temperaturas*



Fonte: <http://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum> (modificada)

27/04/16

Sugere-se que esta atividade seja desenvolvida em uma Sala de Tecnologia (STE). De forma que, cada aluno tenha acesso ao Simulador virtual, podendo manipula-lo e explora-lo livremente. O professor, pode usa um projetor para fazer uma discussão inicial, apresentando a eles os botões do Simulador e suas respectivas funções, propondo então, que os alunos variem o

valor da Temperatura do Corpo Negro e observem as variações apresentadas pelo gráfico gerado, solicitando que anotam suas percepções para discussões futuras. Após um determinado período de tempo, pode ser feita uma socialização geral das ideias, chamando atenção para eventuais pontos que não venham a surgir de forma natural por parte deles.

Sugestões ao Professor

A medida que a Temperatura é variada pode-se observar o aparecimento da curva que caracteriza a emissão de um Corpo Negro, e as modificações que ocorrem conforme a Temperatura se eleva, com isso pode-se chamar a atenção para o Espectro Contínuo representado ao fundo do plano da curva (figura 23), dando possibilidade para, abordar questões ligadas a relação entre a Temperatura de um corpo e o Comprimento de Onda máximo emitido ou Frequência máxima, a relação Temperatura e cor de Luz, e as contribuições de Max Planck para a compreensão do comportamento de um Corpo Negro.

Pode-se também discutir com os alunos, a relação entre intensidade da Luz emitida e Corrente elétrica, buscando traçar um paralelo com a atividade de Experimentação com o Simulador real de RCN, e os resultados obtidos anteriormente pelos alunos, retomando pontos importantes. Esse processo de reconciliação durante as atividades, é importante para a construção de um ambiente que propicie o desenvolvimento da Aprendizagem Significativa, por isso o professor facilitador deve buscar estratégias que contemple esta ação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste material foram apresentadas as propostas de nove atividades, sendo as seis primeiras voltadas ao estudo de conhecimentos voltados a Espectroscopia, e três atividades ligadas ao estudo da Radiação de Corpo Negro. Dentre estas últimas, foi apresentado um experimento de construção própria dos autores deste material, sendo este um Simulador de Radiação do Corpo Negro, confeccionado a partir de materiais de baixo custo, e desta forma, acessível a qualquer professor que o deseje reproduzir, tendo este a liberdade para fazer as alterações que lhe for conveniente, tendo em vista as especificidades de sua realidade escolar.

As atividades têm como base teórica, elementos da teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel, e por isso, durante todas as atividades são apresentadas estratégias de sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos, e a construção de discussões e introdução de novos conhecimentos a partir dos mesmos, segundo a teoria é partir daquilo que o aluno sabe, que o mesmo deve ser ensinado. A Aprendizagem Significativa só poderá acontecer em um ambiente de ensino, em que os mecanismos pedagógicos adotados, e os materiais de estudo são potencialmente significativos para os alunos, daí a necessidade da sondagem dos conhecimentos prévios.

Outro fator crucial para a construção deste tipo de Aprendizagem, é a pré disposição do aluno para aprender, frente isso, cabe ao professor facilitador instigar ao aluno, afim de que este assuma uma posição mais ativa dentro do processo de ensino e aprendizagem. Por esta razão, como já dito no decorrer das atividades, são apresentadas várias possibilidades de estratégias, para que o professor facilitador desperte motivação, curiosidade, e o espírito investigativo dos alunos, chamando estes para um compromisso maior dentro do processo ao qual estão imersos.

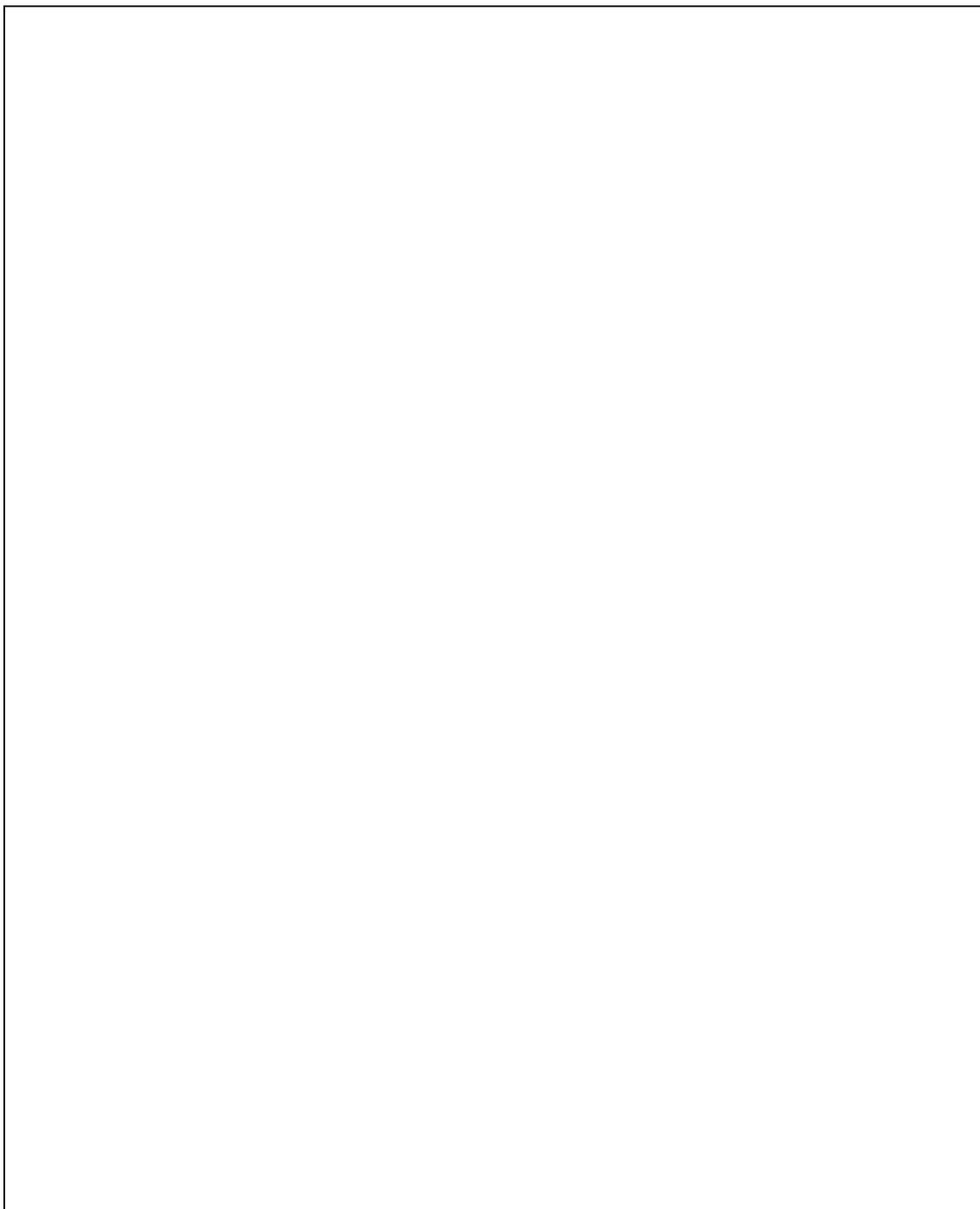
Do ponto de vista do ensino de Física, as atividades propostas permitem construir um caminho de transição da Física Clássica para a Física Moderna, via Espectroscopia e Radiação do Corpo Negro. O que é bastante

interessando, uma vez que quando esta última é abordada por vezes é feita de forma totalmente desconectada da primeira, deixando assim uma enorme lacuna entre elas. De acordo com a teoria adotada, é fundamental que os conceitos e informações sejam apresentados ao alunos, de forma hierárquica facilitando assim o processo de assimilação dos mesmos.

Por fim, cabe ressaltar que são propostas de atividades, e assim sendo, o professor tem total liberdade para usa-las como melhor lhe convir, tanto de forma individual quanto o conjunto todo. A questão do tempo sugerido para aplicação de cada uma das atividades, é apenas para o professor poder fazer seu planejamento de aula, contudo ele é totalmente flexível pois as interações com cada grupo terá suas especificidades, que dever ser respeitada, assim, o tempo de aplicação poderá varia para mais e para menos. Em geral, podem e devem ser feitas as adaptações que forem necessárias, afim de que as atividades e os mecanismos pedagógicos, sejam significativos para o grupo de alunos, com o qual se estiver trabalhando.

APÊNDICE A - Modelo de folha para registros da hipótese de uso do Espectroscópio

Na aula anterior construímos um instrumento utilizando, um gabarito impresso em folha sulfite, papel cartão, cola, tesoura, fita e DVD. Manipule, observe e analise instrumento construído, discuta com seus colegas e apresente uma proposta de uso para o mesmo.



APÊNDICE B – Modelo de folha para registros para experimentação com Espectroscópio

Atividade de Observação com Espectroscópio

Nesta atividade poderemos usar o espectroscópio para visualizar diferentes tipos de fontes luminosas, para melhor analisar e discutir os resultados obtidos faremos algumas anotações, com relação a cada uma das fontes observadas.

Fonte1: _____

Representação e descrição do que foi visualizado.



Fonte2: _____

Representação e descrição do que foi visualizado.



Fonte3: _____

Representação e descrição do que foi visualizado.



Fonte4: _____

Representação e descrição do que foi visualizado.



Atividade de Observação com Espectroscópio – Conclusões Prévias

Elabore um texto apresentando uma possível explicação para o fenômeno visualizado ao apontar o espectroscópio para as fontes de luz. Caso julgue necessário, pode incluir desenhos ilustrativos e diagramas em seu texto.

APÊNDICE C - Modelo de atividades e avaliações sobre Espectroscopia

Questionário para exercício em sala

Com base na leitura do texto de apoio e nas discussões feitas durante o desenvolvimento das atividades responda as perguntas a seguir.

01) O nome do primeiro cientista a realizar uma experiência que permitiu visualizar a dispersão da luz do sol através de um prisma, e que denominou a decomposição da luz branca de espectro, é:

- a) Fraunhofer
- b) Newton
- c) Busen
- d) Kirchhoff

02) Repetiu a experiência de decompor a luz do sol por meio de um prisma e submeteu o espectro obtido a uma ampliação, de forma que pode verificar que o espectro solar mostrava centenas de linhas escuras e finas. Este cientista foi:

- a) Fraunhofer
- b) Newton
- c) Busen
- d) Kirchhoff

03) Em 1859, Robert Bunsen e Gustav Kirchhoff desenharam e construíram um aparelho que revolucionou o estudo da astrofísica, era formado por um

prisma e várias lentes que ajudavam a ampliar e colocar em foco os espectros obtidos a partir da queima de vários elementos químicos. Este aparelho é denominado-se:

- a) Espectral
- b) Espectrômetro
- c) Espectroscópio
- d) Espectrosfilde

04) Usando a técnica de espectroscopia, nascida em 1859, Busen e Kirchhoff fizeram uma importante descoberta:

- a) Cada elemento químico mostra um espectro com um arranjo único contínuo e brilhantes.
- b) Cada família de elementos químicos mostra um espectro com um arranjo único de linhas brilhantes.
- c) Cada período de elementos químicos mostra um espectro como um arranjo único de linhas brilhantes.
- d) Cada elemento químico mostra um espectro com um arranjo único de linhas brilhantes.

Avaliação Formativa

01) De acordo com as leis da Espectroscopia propostas por Kirchhoff em 1860, três tipos de espectros são definidos e caracterizados, quais são eles?

02) Faça uma descrição dos tipos de espectros estudados.

03) Como são produzidas as linhas escuras que aparecem no espectro do solar.

04) Explique como podemos identificar os elementos que constituem uma estrela usando técnicas de espectroscopia.

**APÊNDICE D - Modelo de folhas para registros da experimentação
com Simulador de RCN**

No encontro de hoje daremos inicio a experimentação conjunta do Simulador de Radiação de Corpo Negro. Escolham um procedimento e usem o campo abaixo para registrar os resultados obtidos.

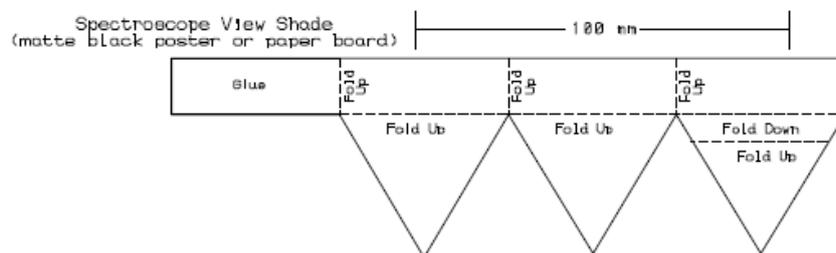
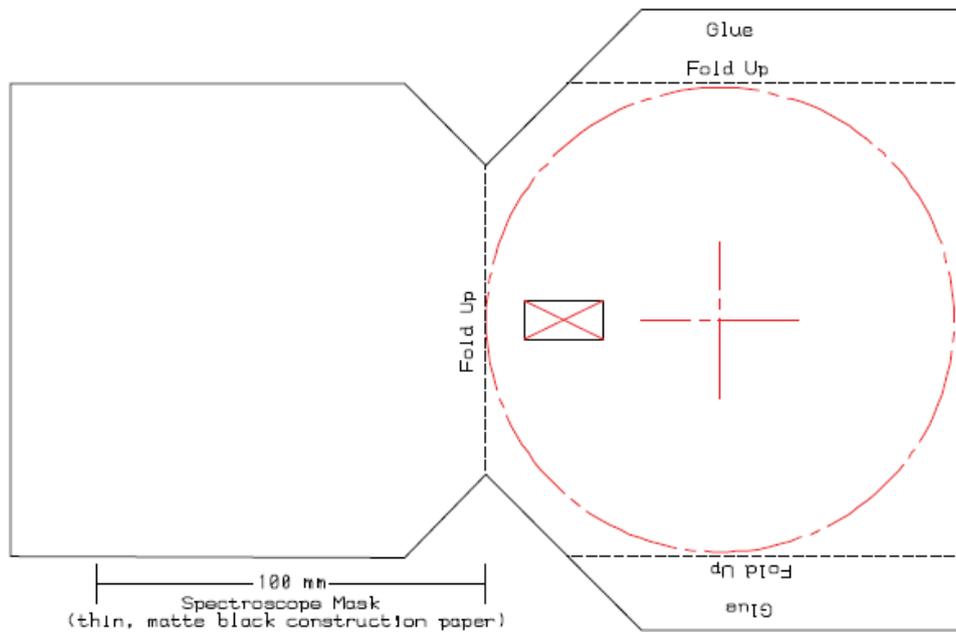
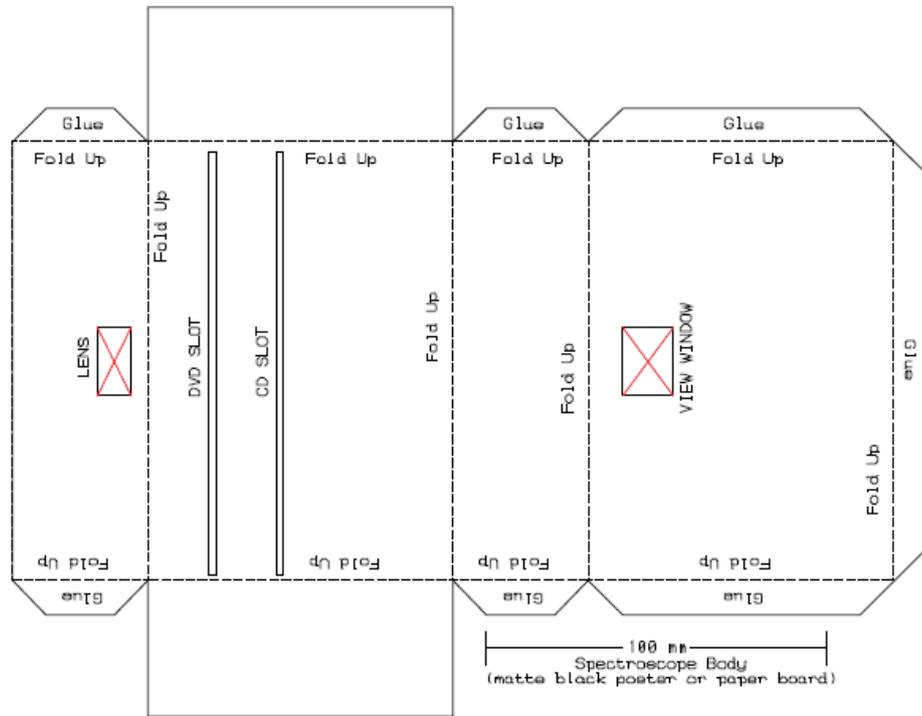
Resultados

Proposta de explicação para os resultados obtidos

Aprofundando os estudos sobre a Luz

No encontro de hoje daremos continuidade a experimentação conjunta iniciada no encontro anterior. Como já conhecemos os materiais utilizados neste experimento, manipule, observe, analise e apresente uma proposta de uma possível montagem para estudarmos a luz proveniente da fonte. Usaremos o campo abaixo para registrar a proposta e os resultados obtidos.

ANEXO A - Modelo de gabarito para construção do Espectroscópio



ANEXO B - Galeria de Imagens para discussão de tópicos de espectroscopia

Figura 01: Espectroscópio construído por Busen e Kirchhoff

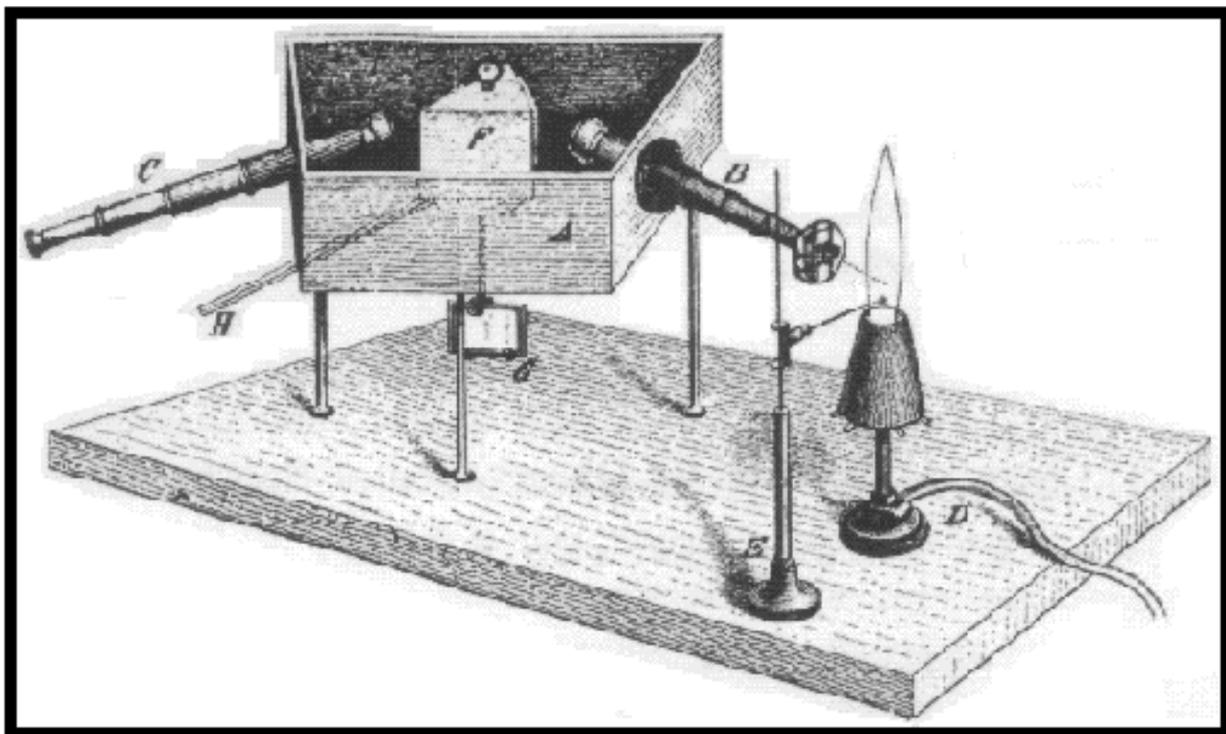


Figura 02: Teste da Chama



Figura 03: Espectro de Fraunhofer

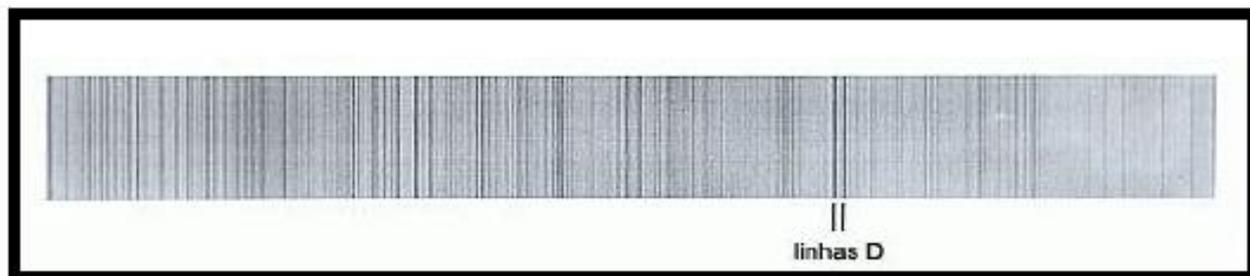


Figura 04: Esquema de produção de um Espectro Contínuo

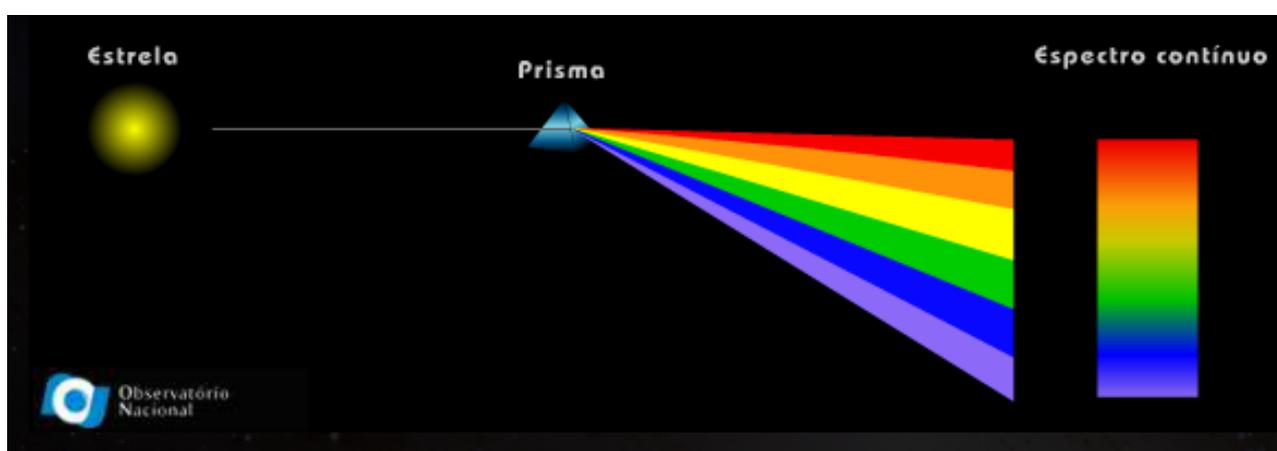


Figura 05: Esquema de produção de um espectro de emissão



Figura 06: Esquema de produção de um espectro de absorção



As figuras foram retiradas do texto, Espectros e a Espectroscopia, exceto a figura 02, retirada do endereço: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=51000>

ANEXO C - Tiras do espectro de absorção do Sol e espectro de linhas de emissão de sete elementos químicos

