

## *Guia do Professor*

### *Módulo: Espectroscopia*

Este módulo é uma adaptação da unidade *Espectroscopia – Bloco VIII* extraído do projeto “*Atualização dos currículos de Física no Ensino Médio de Escolas Estaduais: a transposição das teorias modernas e contemporâneas para a sala de aula - (Fapesp 03/00146-3)*”, proposta que é desenvolvida desde 2003 sob a coordenação de um docente da Faculdade de Educação e dois alunos de mestrado do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, com a colaboração de professores da rede pública de ensino do Estado de São Paulo e de alunos de iniciação científica. Desde o início da proposta as atividades foram implementadas com sucesso e eventuais revisões e alterações foram feitas após cada ano letivo.

Este projeto foi desenvolvido a partir da dissertação de mestrado de BROCKINGTON, Guilherme “*A realidade escondida: a dualidade onda partícula para estudantes do ensino médio* (São Paulo, 2005, (IFUSP/FEUSP)”, orientada por PIETROCOLA, Mauricio.

Todas as unidades do projeto de transposição das teorias modernas para sala de aula podem ser encontrados no site <http://www.lapef.fe.usp.br> e na dissertação de mestrado apresentada acima.

#### **Introdução**

O estudo da luz no ensino médio está, tradicionalmente, restrito ao estudo da ótica geométrica, negligenciando assim discussões sobre fontes luminosas a partir das teorias modernas. Neste módulo propomos o estudo dos espectros luminosos com a finalidade de sensibilizar os alunos para uma nova fenomenologia: a existência de espectros discretos, que não tem explicação tomando como base os conhecimentos da física clássica.

Iniciaremos com a construção de um espectroscópio simples, seguida da observação de espectros de fontes variadas, para que os alunos possam investigar a existência de dois tipos diferentes de espectro: contínuo e discreto. Na sequência haverá a leitura e discussão de texto e questões, sobre o assunto do módulo, e interação com um site sobre espectros e absorção, para sistematização do conteúdo. Finalizamos este

módulo com a atividade *Astrônomo Mirim*, na qual os alunos compreenderão que a análise do espectro de uma fonte nos indica os elementos de que ela é constituída.

## Objetivos

Observar, investigar e compreender os espectros contínuo e discreto de diferentes fontes de luz, assim como compreender a relação entre o espectro e os elementos de uma fonte espectral.

## Pré-requisitos

Este módulo pode ser utilizado no 2º ou 3º ano do Ensino Médio. Sugerimos como pré-requisito para esta atividade uma discussão sobre luz, cores e visão. O professor pode consultar a unidade *Luz, Cor e Visão – Bloco VII*, parte integrante do projeto “*Atualização dos currículos de Física no Ensino Médio de Escolas Estaduais: a transposição das teorias modernas e contemporâneas para a sala de aula - (Fapesp 03/00146-3)*”, no site <http://www.lapef.fe.usp.br> ou na dissertação de mestrado de BROCKINGTON, Guilherme “*A realidade escondida: a dualidade onda partícula para estudantes do ensino médio* (São Paulo, 2005, (IFUSP/FEUSP)”, orientada por PIETROCOLA, Mauricio.

## Tempo previsto para desenvolvimento do Módulo

São previstas 6 atividades de 45 minutos e 1 atividade de 90 minutos, totalizando 360 horas de atividade ou 07 aulas.

A seguir, é apresentado um quadro sintético das atividades do módulo.

ATIVIDADE	MOMENTOS	TEMPO
1 - Construindo um espectroscópio	Proposição do problema	1 aula
	Construção do espectroscópio	
	Observação da luz solar e das lâmpadas do ambiente	
	Orientação sobre observações de campo	
2 - Observando lâmpadas e percebendo	Observação de espectros de uma série de lâmpadas.	1 aula
	Diferenciação entre o espectro contínuo e discreto	
	Preenchimento de relatório de observação	

diferenças entre os espectros	Discussão das observações	1 aula
3 - Entendendo o funcionamento básico de um espectroscópio e das lâmpadas	Discussão sobre o funcionamento do espectroscópio	1 aula
	Discussão sobre o funcionamento das diferentes lâmpadas e explicação sobre seus espectros	
4 - Avaliação	Resolução das questões propostas	1 aula
	Discussão das questões propostas	
5 - Espectros de Absorção e Emissão dos Elementos	Observação dos espectros da queima de sais	1 aula
	Compreensão do espectro de emissão e absorção	
6 - Astrônomo Mirim	Atividade <i>Astrônomo Mirim</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividade na sala de aula</li> <li>• Interação com o objeto de aprendizagem.</li> </ul>	1 aula
Total de Aulas		7 aulas

Tabela 1: Quadro Sintético das Atividades do Módulo

### Descrição das Atividades

#### Atividade 1 – Construindo um espectroscópio

**Objetivo:** Construir um espectroscópio simples para a visualização de espectros.

**Conteúdos:** Montagem, descrição e funcionamento do espectroscópio.

**Recursos de Ensino:** *Roteiro para Construção de um Espectroscópio Simples* e os materiais listados (**Recursos de Ensino 1**), *Roteiro de Observação com o Espectroscópio Simples* (**Recursos de Ensino 2**) e luz solar, lâmpadas da classe acesas.

#### Dinâmica da Atividade:

- Proposição de um problema pelo professor: "Podemos notar que diferentes lâmpadas emitem luz branca, mas que o 'branco' não é igual entre elas, nem igual à luz do sol. Por que?". É interessante que os alunos percebam que as diferenças na cor branca estão relacionadas aos espectros (ou às cores emitidas pela fonte). Se a percepção não for espontânea o professor deverá orientar os alunos na observação desse ponto.

- Construção pelos alunos de um aparelhinho simples que permite a visualização das cores que compõem o espectro das diferentes lâmpadas. Distribuição dos roteiros e do material. Ver *Roteiro para Construção de um Espectroscópio Simples (Recursos de Ensino 1)*. (Parte desta aula pode ser suprimida, se o professor levar os espectroscópios prontos).
- Juntamente com o professor, os alunos devem conferir se o espectroscópio que construíram está funcionando. Para isso podem direcionar o aparelho para a luz ambiente ou para reflexos do Sol (apontar para a janela num dia claro em geral é suficiente).
- O professor explica aos alunos como visualizar o espectro e como ter certeza de que o espectro visualizado pertence à fonte escolhida. Ver *Roteiro de Observação com o Espectroscópio Simples (Recursos de Ensino 2)*
- O professor orienta os alunos à observarem diferentes lâmpadas no bairro e em casa. Se desejar, o professor pode fornecer o *Roteiro de Observação com o Espectroscópio Simples (Recursos de Ensino 2)* nesta aula para que os alunos realizarem a pesquisa de campo.

## Atividade 2 – Observando lâmpadas e percebendo diferenças entre os espectros

**Objetivos:** Observar várias fontes luminosas e diferenciar o espectro contínuo do discreto. Discutir a observação das lâmpadas e anotações sobre a pesquisa de campo.

**Conteúdos:** Difração e interferência da luz, linhas espectrais.

**Recursos de Ensino:** *Roteiro de Observação com o Espectroscópio Simples* e os materiais listados (**Recursos de Ensino 2**), giz e lousa

**Dinâmica da Atividade:**

- O professor fornece o roteiro de observação, se ainda não o fez, e instrui os alunos sobre o seu preenchimento. Em seguida, os alunos devem observar os espectros de uma série de lâmpadas. Deve ser acesa apenas uma lâmpada por vez e durante a observação e é importante que o professor oriente os alunos a perceber as cores de cada espectro. Também é importante que o tempo para o registro pelos alunos seja adequado.
- O professor também deve orientar os alunos a distinguirem os espectros contínuos dos discretos.

- A ficha de observação deve ser preenchida pelos alunos, inclusive com uma pesquisa de campo (em casa, na rua etc), se ainda não tiver sido feita.

*Observação: Normalmente os momentos descritos acima preenchem uma aula.*

*Nesse caso, os momentos abaixo acontecem na aula seguinte.*

- Caso a aula anterior não tenha sido finalizada, realizar com os alunos as observações restantes.
- Analisar com os alunos o preenchimento da tabela no roteiro, procurando perceber estabelecer coincidências nas observações: as lâmpadas de gás (fluorescente, mercúrio, luz negra etc) emitem espectro discreto e as lâmpadas por aquecimento (incandescente, dicróica, etc) emitem espectro contínuo.

### Atividade 3 – Entendendo o funcionamento básico de um espectroscópio e das lâmpadas

**Objetivos:** Esclarecer sobre o funcionamento das diferentes lâmpadas e do espectroscópio. Sistematizar tudo que foi discutido durante as observações.

**Conteúdos:** Interferência da luz, emissão das lâmpadas de gás e emissão por aquecimento.

**Recursos de Ensino:** Texto de apoio *Espectroscópio (Recursos de Ensino 3)*, giz, lousa.

#### **Dinâmica da Atividade:**

- Comentando como foi construído o espectroscópio, retomar, de forma dialogada, o que acontece com a luz ao atravessar a rede de difração do CD, a interferência. Retomar por que o interior do espectroscópio deve ser preto (para evitar reflexões indesejadas), o registro e interpretação dos espectros.
- Em seguida, o professor deve explicar como a lâmpada incandescente e as lâmpadas de gás emitem luz, para que percebam que num caso a emissão vem de um sólido aquecido e de outro de um gás excitado eletricamente. Espera-se que os alunos consigam associar que as lâmpadas de gás emitem espectros discretos e as de emissão por aquecimento de sólido emitem espectros contínuos.

### Atividade 4 – Avaliação

**Objetivo:** Verificar a compreensão dos fenômenos físicos presentes no funcionamento do espectroscópio e das lâmpadas, e a distinção entre os espectros contínuos e discretos.

**Conteúdos:** Interferência da luz, espectro contínuo e discreto, lâmpadas incandescentes e de gás.

**Recursos de Ensino:** *Questões* do texto *Espectroscópio* referentes à espectroscopia **(Recursos de Ensino 3)**.

**Dinâmica da Aula:**

- O professor propõe a resolução das questões que estão após o texto, em grupos de até 4 alunos;
- Discussão das respostas das questões.

### Atividade 5 – Espectros de absorção e emissão dos elementos

**Objetivos:** Observar as linhas espectrais de alguns elementos e compreender os espectros de emissão e absorção

**Conteúdo:** Espectros atômicos (absorção e emissão), espectroscopia das estrelas.

**Recursos de Ensino:** Sais diversos como cloreto de sódio, cloreto ou sulfato de cobre, sais de cálcio, sais de lítio ou estrôncio, sais de bário, maçarico para produzir chama ou bico de Bunsen. Sala de Informática e *Roteiro para Atividade sobre Linhas Espectrais na Sala de Informática* **(Recurso de Ensino 4)**.

**Dinâmica da Aula:**

- O professor realiza a queimar de diversos sais na sala de aula ou laboratório para mostrar aos alunos que eles emitem cores diferentes. Os alunos podem observar com o espectroscópio simples também.
- Levar a turma à sala de informática para que os alunos observem no site da UFRGS os espectros dos elementos químicos lá apresentados e diferenciem os espectros de emissão e absorção.

### Atividade 6 – Astrônomo Mirim

**Objetivos:** Discutir a idéia de que o espectro é o "RG" do átomo e que os astrônomos identificam os elementos químicos presentes na estrela à distância, através da espectroscopia.

**Conteúdo:** Espectros atômicos e espectroscopia das estrelas

**Recursos de Ensino:** Objeto de aprendizagem “*Astrônomo Mirim*” ou *Roteiro da Atividade “Astrônomo Mirim” (Recurso de Ensino 5)*

### Dinâmica da Aula:

- O Objeto de Aprendizagem é auto-explicativo, no entanto, sugerimos que o professor acompanhe os alunos para verificar como eles estão realizando as atividades propostas. O AO retorna aos alunos que estão desenvolvendo a atividade uma classificação referente às escolhas dos elementos que compõem as estrelas. Através desta o professor poderá avaliar o desempenho de sua turma e promover uma discussão comparativa sobre as escolhas de cada aluno.
- Sugerimos dois alunos por computador para propiciar discussões entre eles. O professor poderá escolher, previamente, um aluno com conhecimentos básicos de informática para ajudá-lo como monitor durante o desenvolvimento da atividade e caso a escola tenha estipulado regras para o uso da sala de informática, é conveniente que essas sejam esclarecidas para os alunos.
- Na impossibilidade do uso de recursos computacionais, o professor poderá optar pela utilização do *Roteiro da Atividade “Astrônomo Mirim” (Recurso de Ensino 5)*.

## Recurso de Ensino 1

### ROTEIRO PARA CONSTRUÇÃO DE UM ESPECTROSCÓPIO SIMPLES

#### Materiais

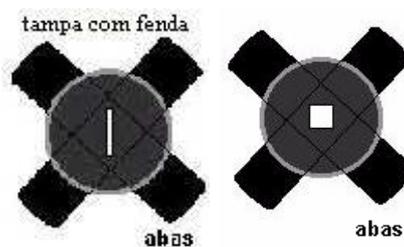
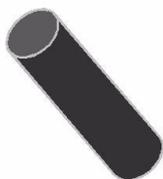
- fita isolante
- fita adesiva
- papel *color set* preto
- 1 CD\*
- cola
- régua
- estilete



- tesoura
- tubo papelão (ex.: tubo de papel higiênico)

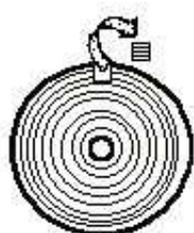
## Procedimentos

**1** - Com o papel *color set*, construa um cilindro com aproximadamente 4 cm de diâmetro e de 7 a 10 cm de comprimento. Use um tubo de papelão (tubo de papel higiênico ou papel toalha) como base. Se desejar, você pode substituir o tubo de papel por um tubo de PVC preto. Também é possível usar uma caixa de creme dental (o formato não é importante), mas tenha o cuidado de revesti-la internamente com papel preto.



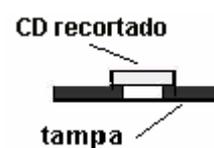
**2** - Faça duas tampas\*\* com abas para o cilindro utilizando o papel preto. Em uma delas, use um estilete para recortar uma fenda fina (mais ou menos 2cm x 1mm). Na outra tampa, faça uma abertura no centro (mais ou menos 1cm x 1cm). Observe as ilustrações ao lado.

**3** - Retire a película refletora do CD usando fita adesiva (grude-a na superfície e puxe-a, como numa depilação). Se necessário, faça um pequeno corte com a tesoura no CD para facilitar o início da remoção.



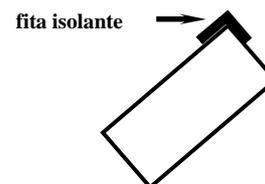
**4** - Depois de retirada a película, recorte um pedaço do CD (mais ou menos 2cm x 2cm). Utilize preferencialmente as bordas, pois as linhas de gravação (que não enxergamos) são mais paralelas, conseqüentemente a imagem será melhor. É importante fazer uma marcação no pedaço recortado do CD para não esquecer qual a orientação das linhas (em qual posição as linhas são paralelas).

**5** - Cole as tampas no cilindro, deixando a fenda alinhada com a abertura. Fixe o pedaço recortado do CD na tampa com a abertura,



usando a fita isolante apenas nas bordas. Preferencialmente, alinhe as linhas de gravação paralelamente à fenda do espectroscópio, assim as imagens que observaremos também estarão alinhadas com a fenda. Caso opte por usar cola, tenha cuidado para não sujar a superfície do CD. Nesse caso, fixe o pedaço de CD na parte interior do espectroscópio e aguarde o tempo necessário para a cola secar.

6 - Para evitar que a luz penetre no interior do tubo por eventuais frestas, utilize fita isolante para vedar os pontos de união entre o cilindro e as tampas.



\* Não utilizamos CDs promocionais (brinde), pois não conseguimos retirar a sua película.

\*\* Você pode utilizar os dois lados do espectroscópio com a abertura quadrada, ao invés de usar uma fenda. Nesse caso na imagem do espectro da lâmpada fluorescente compacta, por exemplo, é visualizado o contorno da lâmpada. Essa visualização permite a alguns alunos compreender com mais facilidade a origem da luz que ele vê.

## Recursos de Ensino 2

### ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO COM O ESPECTROSCÓPIO SIMPLES

Nome: \_\_\_\_\_ Nº: \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_

#### Materiais

- espectroscópio
- vela e lâmpadas de diversos tipos: incandescente, fluorescente compacta, vapor de mercúrio, mista, luz negra, etc
- Base com soquete para as lâmpadas.
- Base com soquete e reator específico para a lâmpada de mercúrio
- lápis de cor



## Procedimentos



**1** - Escolha uma fonte de luz da tabela abaixo e a observe através do espectroscópio. Olhe pela abertura em que está fixado o CD e direcione a fenda para a fonte de luz. Não precisa chegar muito perto! Procure por uma posição de observação em que você visualize “cores” no interior do tubo. Chamamos essas cores de **espectro**. Você verá dois espectros projetados em lados opostos da fenda. Eles são idênticos e invertidos.

**2** - Você deve sempre ter certeza de que as cores visualizadas são referentes à fonte que está observando. Para isso basta tampá-la com o dedo e verificar se o espectro desaparece. Procure evitar direcionar o espectroscópio para posições entre duas ou mais lâmpadas.



**3** - A cada observação, preencha a tabela abaixo, conforme o modelo. Use o lápis de cor para esboçar a imagem do espectro que vê (não se preocupe se estiver torta). As linhas em branco ao final da tabela são reservadas para você procurar e observar outras fontes de luz. Use sua imaginação e espírito científico!

Fonte de Luz	Espectro		Representação da Imagem Observada	Cores que se Destacam
	Junto (contínuo)	Separado (discreto)		
Vela	( X )	( )		Da esquerda para a direita: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta.
Lâmpada incandescente	( )	( )		
Lâmpada fluorescente compacta	( )	( )		
Lâmpada de vapor de mercúrio	( )	( )		
Lâmpada mista (logo ao ligá-la)	( )	( )		
Lâmpada mista (depois de aquecida)	( )	( )		

Luz negra	( )	( )		
Letreiros luminosos (lâmpadas de neon)	( )	( )		
Postes de iluminação pública	( )	( )		
Lanternas traseiras de automóveis	( )	( )		
Sol ( <b>CAUIDADO!</b> Não olhe para ele!)	( )	( )		
	( )	( )		
	( )	( )		

\* Pesquise e escreva que tipo de lâmpada você observou. Normalmente esses postes estão equipados com lâmpadas de vapor de mercúrio (brancas/levemente azuladas) ou vapor de sódio (amarelas).

### Recurso de Ensino 3

## ESPECTROSCÓPIO

Calma! O espectroscópio não é um aparelho que possibilita ver fantasmas, nem espectros de outro mundo. Na verdade, este não é um tema nada assustador, muito ao contrário: os fenômenos aqui envolvidos não só são muito bonitos, como também velhos conhecidos seus. Mas vamos por partes...

A esta altura, nós já sabemos que a luz branca emitida pelo sol é chamada de luz policromática (uma maneira complicada de dizer apenas que ela é formada pela junção de diversas cores as cores). Também sabemos que a cor dos objetos, na verdade, se deve à capacidade que têm de refletir esta ou aquela cor da luz que incide sobre eles. Como visto anteriormente, a maçã só aparenta ser vermelha porque está iluminada pela luz branca, certo? Mas, se a luz do sol é branca, como explicar então, que o céu nos aparenta ser azul? Ou a existência do arco-íris? Aliás, você certamente já se admirou com a beleza dos fogos de artifício multicoloridos das festas de reveillon ou de São João, mas alguma vez se perguntou de onde é que vem todas aquelas cores? Ao final desse capítulo, você saberá mais sobre os efeitos que já conhece e admira, embora ainda não saiba explicar...

Você se lembra da experiência das cores, feita por Sir Isaac Newton, com o uso de um prisma? Após estudar o texto anterior, fica fácil entender que o prisma, na verdade, apenas decompõe a luz branca nas várias cores que a formam, mas como será que isso acontece? E como é possível que a junção de todas as cores resulte na cor branca, se ao misturarmos todas as tintas de um estojo de guache, tudo que o iremos obter será uma meleca de cor indecifrável?

Calma, mais uma vez! Em primeiro lugar, é muito comum que as pessoas confundam “cor” com “tinta”, mas lembre-se que aqui iremos falar de luz (e não de guache!) e que a tinta de cor azul, na verdade, apenas reflete a luz dando a sensação da cor azul. Mas, como isso ocorre?

Já vimos que a luz é na verdade uma onda eletromagnética, e sabemos também que esse tipo de onda possui várias frequências ( $\nu$ ) e comprimentos de onda ( $\lambda$ ) a ela associados. Dizemos, então, que o espectro de luz visível corresponde a um pequeno trecho do espectro eletromagnético, aquele com frequência ( $\nu$ ) compreendida entre aproximadamente entre  $3,8 \times 10^{14}$  Hz e  $8,3 \times 10^{14}$  Hz: isso significa que há espectros com frequência ( $\nu$ ) fora deste intervalo, que nós não somos capazes de enxergar, como os raios X e o ultravioleta, ou o infravermelho (de quem você já deve ter ouvido falar em algum filme). No longa metragem “predador”, a criatura alienígena só é capaz de enxergar o espectro infravermelho, por exemplo. Assim, a luz branca é na verdade uma junção dos diferentes espectros monocromáticos (uma única cor) que a compõe. Uma vez dispersos, esses espectros se distribuem sempre da seguinte forma, com os comprimentos de onda ( $\lambda$ ) variando de 700 nm (vermelho) a 400 nm (violeta):

Cores	comprimento de onda ( $\lambda$ ): nm	frequência ( $\nu$ ): $10^4$ Hz
Vermelho	750 à 625	4,0 à 4,8
Alaranjado	625 à 600	4,8 à 5,0
Amarelo	600 à 566	5,0 à 5,3
Verde	566 à 526	5,3 à 5,7
Azul	526 à 500	5,7 à 6,0
Anil	500 à 448	6,0 à 6,7
Violeta	448 à 400	6,7 à 7,5

Para medir seus comprimentos de onda ( $\lambda$ ), utilizamos o “nanômetro” (nm), cuja unidade corresponde a  $1 \times 10^{-9}$  metros: um espaço muito, MUITO pequeno! Tão

pequeno, aliás, que só é possível decompor a luz branca nos espectros em que é formada com o uso do espectroscópio – um aparelho capaz de separar os diferentes espectros de ondas eletromagnéticas emitidos por uma fonte. Ou seja: um espectroscópio é um instrumento capaz de dispersar a luz branca emitida por uma fonte, decompondo-a nas várias cores possíveis, o que nos permite determinar os diferentes comprimentos de onda ( $\lambda$ ) que a compõem. Esse tipo de operação é possível por que o espectroscópio é construído a partir de um **prisma** ou de uma **rede de difração**.

Você se lembra de quando estudamos o conceito de difração, certo? Senão, dê uma olhadinha lá atrás no texto sobre luz e ondas, para dar uma refrescada. Pronto? Pois muito bem: a propriedade da difração é quem permite estudarmos os fenômenos associados ao desvio que a luz sofre em sua propagação ao ultrapassar um obstáculo, como uma fenda, que esteja à sua frente. Porém, como os efeitos da difração apenas são notados quando os obstáculos (fendas) possuem dimensões comparáveis ao comprimento de onda que desejamos estudar, para que seja possível verificarmos os efeitos da difração da luz visível nós vamos precisar de fendas muito, **MUITO** pequenas, já que o comprimento de onda ( $\lambda$ ) da luz é da ordem de 500nm (nem pense em medir isso com uma régua). É possível resolver este problema com o uso de uma **rede de difração**: um pedacinho de vidro com muitas fendas paralelas e próximas entre si. Desta forma, a luz atravessa o espaço ocupado pelas fendas e à frente delas formam-se umas listras (que chamaremos de *franjas*) claras e escuras. Estas franjas, na verdade, resultam das interferências construtivas e destrutivas, representando as diferenças de caminho percorrido pelas ondas que atravessaram cada uma das fendas que provocaram essas interferências.

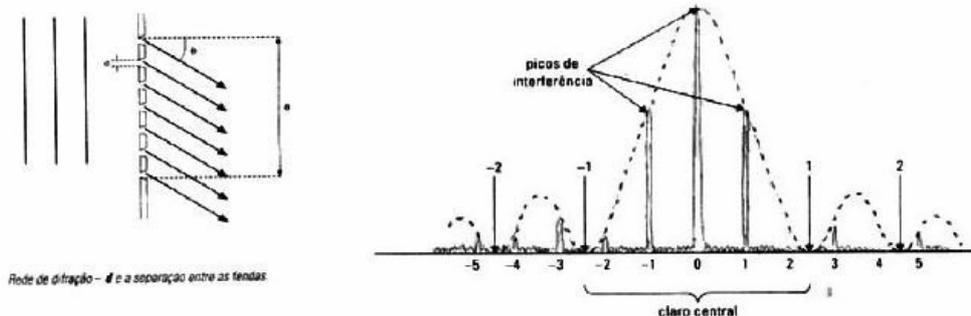


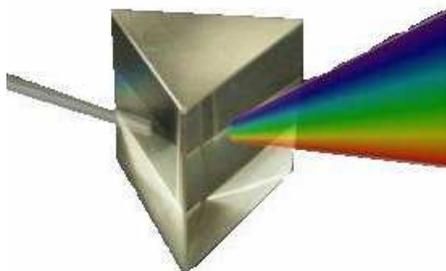
Gráfico da intensidade da luz ao atravessar uma rede de difração. A difração devida à largura total da fenda esta representada na linha pontilhada e a interferência devida às fendas intermediárias está representada nas linhas cheia.

Fonte: GASPAR, Alberto. Física V.2, pag. 248

O que essa tal “interferência construtiva” faz, na verdade, é apenas associar cada frequência ( $\nu$ ) (ou comprimento de onda ( $\lambda$ )) da luz que passa por uma fenda, com a mesma frequência ( $\nu$ ) ou comprimento de onda ( $\lambda$ ) da luz que passa pelas outras fendas, de forma que o espectro da cor *azul* que passa por uma fenda interfere construtivamente com o próprio *azul* que passa por outra fenda, o vermelho com o vermelho e assim por diante, destacando cada cor do espectro de forma separada.

Assim, temos a decomposição da luz branca em várias luzes coloridas, o que nos permite comparar os espectros de luz visível emitidos por tipos de fontes variadas, como os muitos tipos de lâmpadas, por exemplo: se você já foi a um baile ou discoteca, certamente conhece os efeitos da luz negra, mas já parou para pensar em como ela funciona? Ou na diferença que existe entre a luz emitida por diferentes tipos de lâmpada, como uma lâmpada incandescente (dessas que costumam ser vistas em escritório e estabelecimentos comerciais) e o farol de um carro?

Para responder a essas perguntas, você irá precisar de um espectroscópio, claro. Mas não se preocupe: embora sejam instrumentos sofisticados (e caros!), você já aprendeu a montar um espectroscópio utilizando apenas um pedaço de CD (desses utilizados para gravar dados de um computador) e cartolina. Neste caso, o CD é o responsável por difratar a luz, possibilitando a formação das franjas (interferências, lembra?). Isso é possível porque o CD contém uma série de minúsculas cavidades que possuem a mesma largura e profundidade, mas diferentes comprimentos e distâncias variadas entre si. Na verdade, o comprimento médio de uma dessas cavidades é medido em aproximadamente 0,4 micrôn, enquanto a distância média entre duas cavidades sucessivas é cerca de 1,6 micrôn: como 1 micrôn equivale a  $10^{-6}$ m, já deu para perceber por que, para nós, o CD aparenta ser tão lisinho, certo?



Dispersão em cores da luz branca (visível) com um prisma.

Fonte: Adaptação do site [www.ino.it/www\\_inoa/images/sit/prisma.jpg](http://www.ino.it/www_inoa/images/sit/prisma.jpg)

Agora que você sabe de tudo isso, vamos voltar um pouco no tempo e avaliar a experiência das cores de Sir Isaac Newton, que isolou um raio de luz que passava por entre as frestas de sua janela, fazendo-o incidir sobre um **prisma**: qualquer meio transparente pode ser considerado um prisma, desde que seja isótropo (isto é, que apresente as mesmas propriedades físicas em

todas as direções) e limitado por superfícies não-paralelas (por isso as figuras de primas que você vê em livros e revistas possuem sempre, aproximadamente, o mesmo formato). Um prisma também dispersa a luz, decompondo-a em suas respectivas cores de espectro eletromagnético de acordo com a frequência ( $\nu$ ) ou comprimento de onda ( $\lambda$ ) de cada cor (mas é claro que naquele tempo, Newton não fazia a menor idéia de que o motivo era qual?). Porém, aqui o fenômeno responsável pela decomposição da luz não é a difração, mas sim a **refração**.

Por estarmos lidando com ondas eletromagnéticas, sabemos que todos os espectros de cor componentes da luz branca se propagam no vácuo com a mesma velocidade ( $c$ ) e que ao mudarem de meio de propagação, cada componente passa a ter sua própria velocidade de propagação ( $v$ ), diferente uma da outra. Desta forma, ficou muito mais fácil entender o funcionamento de um prisma: antes de atravessá-lo, todas as cores componentes da luz se propagavam na mesma direção e com a mesma velocidade, formando o mesmo ângulo de incidência com a superfície ao penetrarem no interior do prisma. Durante sua travessia pelo interior do prisma, todos os componentes da luz sofrem os efeitos da refração (devido à mudança no meio de propagação), fazendo com que cada um deles siga por uma direção diferente, graças ao ângulo de refração de cada frequência, o que gera a dispersão da luz.

Vale lembrar que as ondas sofrerão ainda uma segunda refração ao sair do prisma para o ar, o que faz com que as cores se separem ainda mais.

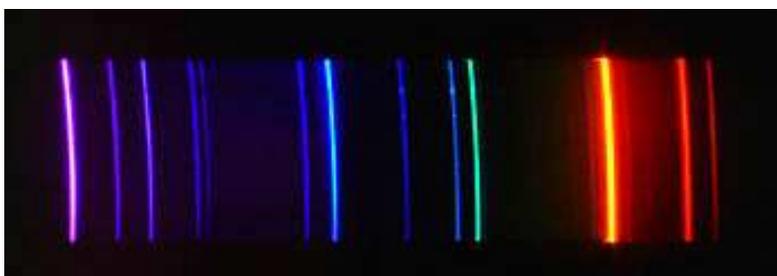
Este é um fenômeno muito comum na natureza: o arco-íris, por exemplo, surge quando gotas d'água são iluminadas pela luz do sol, desde que essa luz incida por trás do observador (é necessário estar de costas para o sol para poder ver o arco-íris). Neste caso, as gotículas d'água em suspensão na atmosfera é que desempenharão o papel de prisma, decompondo a luz branca do sol nos espectros de cor que formam o arco-íris.

Agora pense um pouco: você é capaz de responder por que o arco-íris apresenta suas cores sempre dispostas na mesma ordem? É porque ao atravessar um prisma, o espectro de cor que sofre o menor desvio de seu caminho é o vermelho, que possui a menor frequência ( $\nu$ ). O maior desvio, portanto, é sofrido pelo violeta, possuidor da maior frequência ( $\nu$ ): isto não é chique?

Portanto, assim como uma rede de difração, um prisma também pode ser utilizado como elemento dispersor em um espectroscópio. É mais apropriado, porém,

utilizarmos a rede de difração, devido à baixa resolução apresentada pelo prisma.

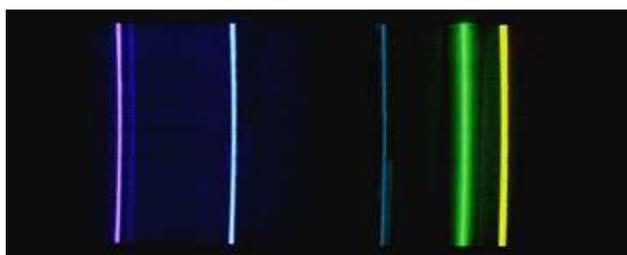
Independentemente de qual seja o elemento dispersor utilizado em um espectroscópio, é necessário projetar um raio de luz para podermos visualizar a decomposição da luz. No caso do nosso experimento, isso será feito através de um pequeno corte, estreito, na cartolina. Quando a luz de uma lâmpada incandescente passar por esta fenda estreita, você verá a formação de diferentes imagens da fenda, cada uma correspondendo a uma cor. Na verdade, essas imagens coloridas irão se superpor parcialmente, formando uma única faixa colorida que chamamos de **espectro contínuo**. Em um espectro contínuo, a passagem de uma cor para a outra não se faz bruscamente, mas de forma gradual, dando origem às tonalidades conhecidas como “sete cores do arco-íris”. Isso ocorre quando a luz que incide no espectroscópio é formada por todas as cores do espectro visível, iremos observar a formação de imagens de acordo com o número de cores que compõem essa luz, somente será observada a quantidade de cores presente na luz. Assim para algumas fontes pode acontecer de você observar cores separadas por regiões escuras formando o chamado **espectro de raias** (ou bandas).



Exemplo de um espectro de raias do Hélio.

Fonte: <http://www.ifi.unicamp.br/~accosta/f429-18.html>, 20/dez/2005)

As fontes emissoras de luz que emitem a maior parte de sua radiação em comprimentos de onda ( $\lambda$ ) discretos, são chamadas de **fontes de linhas espectrais**.



Exemplo de um espectro de raias do Mercúrio.

Fonte: <http://www.ifi.unicamp.br/~accosta/f429-18.html>, 20/dez/2005

As fontes de linhas espectrais podem ser usadas de várias maneiras, incluindo-se sua utilização como padrões de comprimentos de onda ( $\lambda$ ) para calibração de equipamentos ópticos. Através da análise de linhas espectrais, você facilmente será capaz de entender não apenas o funcionamento da luz negra e dos fogos de artifício, como dissemos lá atrás, mas também compreender as diferenças entre os diversos tipos de lâmpadas existentes hoje em dia, e o porquê de algumas delas iluminarem mais que outras.

Mas afinal, você já deve ter ouvido falar em vários tipos de lâmpadas, como incandescentes ou fluorescentes, por exemplo, mas o que há de diferente nelas? Lâmpadas desempenham um papel importante em nosso cotidiano, são responsáveis por grande parte de nossa segurança e conforto; antigamente eram chamadas de “luz elétrica” para serem diferenciadas da luz à gás, fornecida pelos lampiões (que ainda podem ser encontrados em locais afastados, onde não haja luz elétrica). Existe uma grande variedade de lâmpadas: são vários os tamanhos, formatos e cores em que podem ser encontradas, mas elas se dividem, basicamente, em dois tipos: as **lâmpadas de descarga elétrica em um gás** e as **lâmpadas incandescentes**. Vejamos suas diferenças:

**Lâmpadas incandescentes** são aquelas que possuem um filamento metálico em seu interior. Com a passagem de uma corrente elétrica, esse filamento se torna incandescente, emitindo luz. No interior desse tipo de lâmpada há sempre algum gás inerte, ou mesmo vácuo, para evitar a oxidação do filamento; quando o filamento se rompe, deixa de haver a passagem da corrente e dizemos que a lâmpada “queimou”.

Atualmente, essas lâmpadas utilizam filamentos de tungstênio, que chegam a atingir  $2500^{\circ}\text{C}$  com a passagem da corrente elétrica! Infelizmente, são lâmpadas que desperdiçam uma grande parcela da energia elétrica que recebem, com a produção de radiação no espectro infravermelho, que não auxilia na iluminação por não pertencer ao espectro de luz visível. Porém, o infravermelho interage fortemente com nossa pele, é ele o responsável pela sensação de calor que sentimos ao aproximar a mão de uma lâmpada acesa.

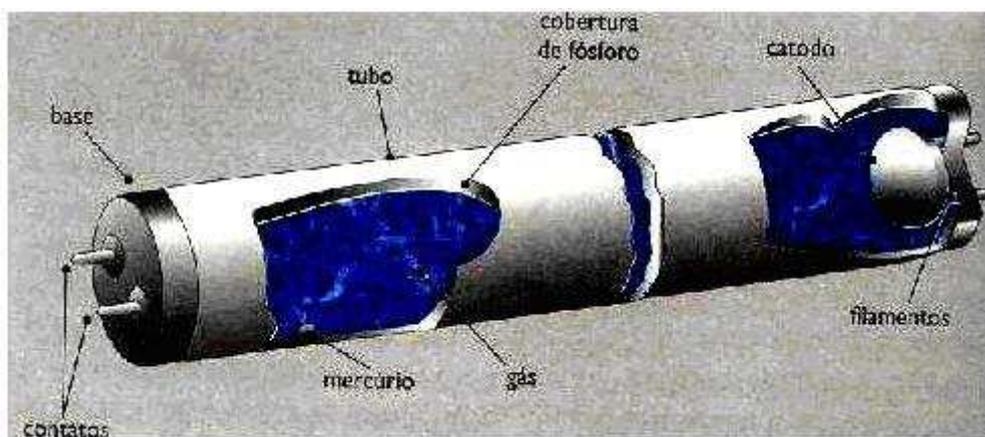
A pálida luz emitida por lâmpadas incandescentes modifica nossa percepção da cor dos objetos, mas seria possível conseguir que emitissem uma iluminação próxima a luz solar, se a temperatura do filamento pudesse ser maior – o que é difícil de se

conseguir, já que as ligas condutoras possuem o péssimo hábito de se romperem sob altas temperaturas. Além do que, mesmo que emitam várias radiações visíveis, o pico de intensidade de emissão está na região do infravermelho (como já dissemos), o que torna essas lâmpadas muito dispendiosas.

A 1ª lâmpada incandescente utilizável foi feita por Thomas Alva Edison em 1879 e as primeiras lâmpadas industriais foram fabricadas em 1881.

**Lâmpadas de descarga elétrica** são aquelas constituídas por um tubo contendo gases ou vapores, capazes de estabelecer um arco elétrico com a passagem de corrente. Os gases mais utilizados são o argônio, o neônio, o xenônio, o hélio ou o criptônio e os vapores de mercúrio e sódio. Esses gases ou vapores podem estar à baixa, média ou alta pressão. As de vapor de mercúrio e de xenônio são de alta pressão.

O tipo mais conhecido de lâmpada de descarga elétrica é a **Lâmpada fluorescente tubular**, um tipo de lâmpada em que a luz é produzida por cristais de fósforo (um pó fluorescente) que recobrem a superfície interna do tubo. Quando a corrente elétrica passa pelo gás ele emite ondas na faixa do ultravioleta, que são absorvidas pelo pó, que as remetem numa distribuição de radiações visíveis.

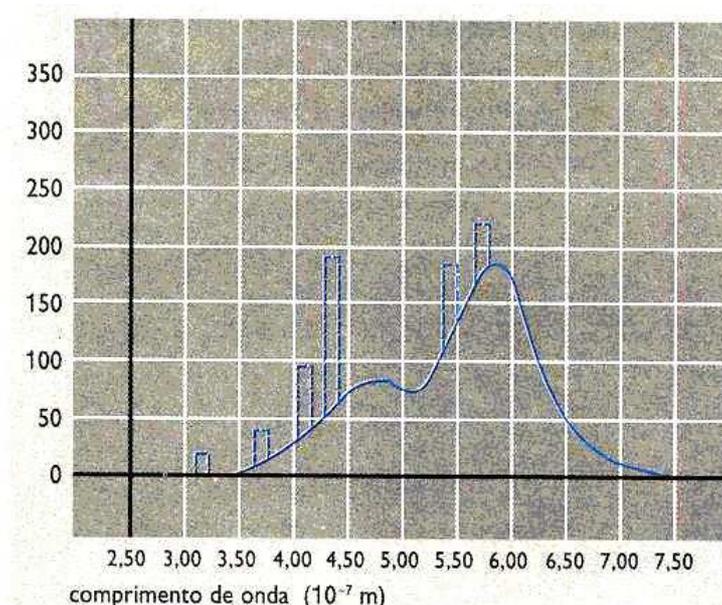


Lâmpada fluorescente

Fonte: FIGUEIREDO, A; PIETROCOLA, Maurício; Luz e Cores- Física um outro lado. Pág. 48

Geralmente, esse tipo de lâmpada possui a forma de um tubo, de comprimento variável, com um eletrodo de tungstênio em cada extremidade, contendo em seu interior o vapor de mercúrio ou argônio a baixa pressão. São lâmpadas que emitem pouca radiação fora da faixa visível, e que por isso apresentam alto rendimento e baixo consumo de energia elétrica.

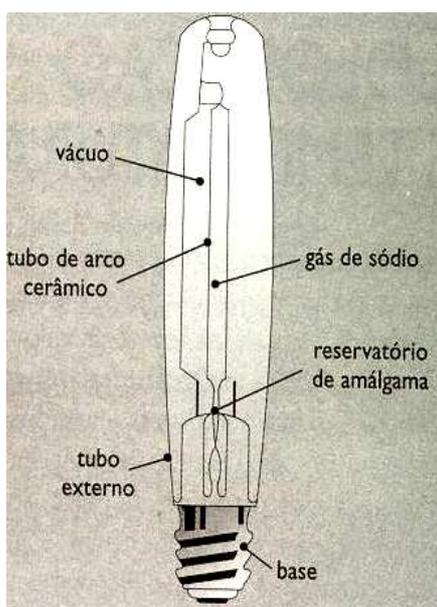
Abaixo, veja o gráfico do espectro das lâmpadas fluorescentes:



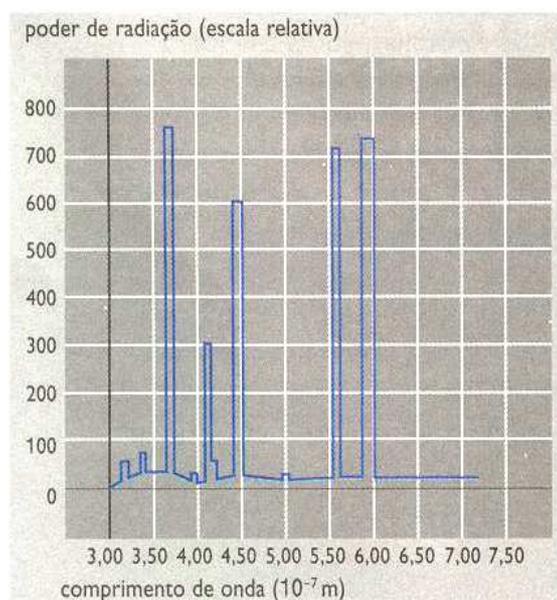
Fonte: FIGUEIREDO, A; PIETROCOLA, Maurício; Luz e Cores- Física um outro lado. Pág. 49.

Já as **lâmpadas de vapor de mercúrio** e as **lâmpadas de vapor de sódio** contêm um tubo de descarga feito de quartzo para suportar elevadas temperaturas. O gás está à baixa pressão. Aqui, a emissão de radiação ocorre porque, ao ligarmos a lâmpada, o gás é submetido a uma tensão elétrica, fazendo com que os íons acelerem e se choquem entre si, emitindo radiação.

Cada gás emite radiação em frequências diferentes, conforme os gráficos abaixo:



Espectro  
de lâmpada  
de mercúrio



Fonte: FIGUEIREDO, A; PIETROCOLA, Maurício; Luz e Cores- Física um outro lado. Pág. 45 e 46.

## QUESTÕES

- 1 - Que vantagem proporciona o revestimento de pó fosforescente na superfície interna de uma lâmpada à gás?
- 2 - Qual o principal fenômeno ondulatório presente no espectroscópio com prisma e no espectroscópio construído com pedaços de CD?
- 3 - Os dois tipos de espectroscópio, com prisma ou com pedaços de CD, conseguem a dispersão da luz destacando cada cor que a compõe separadamente. Qual deles é mais vantajoso e qual o motivo desta vantagem?
- 4 - Qual a diferença entre os espectros contínuos e os espectros de raias ou bandas? Represente com um desenho.

### Recurso de Ensino 4

## ROTEIRO PARA ATIVIDADE SOBRE LINHAS ESPECTRAIS NA SALA DE INFORMÁTICA

Na classe observamos diferentes lâmpadas com o espectroscópio e vimos que há espectros diferentes para as várias lâmpadas. Agora vamos investigar como é a emissão de luz pelos diferentes elementos químicos e o que são os espectros de emissão e absorção.

Abaixo estão as instruções para a atividade.

- 1 Acessar a página <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>. Ou então acessar <http://astro.if.ufrgs.br/index.htm> e na lista de links, do lado esquerdo da tela, clique em **Espectroscopia**.
- 2 - Ler os dois primeiros parágrafos depois do título **Espectroscopia**.
- 3 - Após o subtítulo **Histórico**, ler o 1º parágrafo e visualizar a simulação da decomposição da luz por um prisma. Em seguida pular para o parágrafo após as fotos de *Bunsen & Kirchhoff*, que começa com “*Em 1856, o químico Robert...*”, fazendo a leitura até “*Simulação de Linhas*”.
- 4 - Responda a questão abaixo em folha à parte:  
**O que é espectro de emissão e espectro de absorção?**

5 - Clicar no link **Simulação das Linhas**.

6 - Ler as instruções que aparecem acima da tabela periódica e observar os espectros de **emissão e absorção do Hidrogênio (H)** e depois do Hélio (He).

7 - Responda as questões abaixo na folha à parte:

*Vocês percebem alguma semelhança entre os dois tipos de espectros para um mesmo elemento, isto é os espectros de emissão e absorção do H têm alguma semelhança? E os do He?*

8 - Veja agora os espectros de emissão do:

- **Hidrogênio (H)**
- **Neônio (Ne)**
- **Xenônio (Xe)**
- **Sódio (Na)**
- **Mercúrio (Hg)**
- **Oxigênio (O)**

9 - Responda as questões abaixo na folha à parte:

*Qual desses espectros apresenta um número maior de linhas? Qual apresenta o menor número de linhas?*

10 – Clique no link **Espectroscopia** para voltar à página inicial e leia o 4º e 5º parágrafos após a *Simulação de Linhas*, que começa com “Em 1862, o astrônomo sueco...”.

11 - Responda as questões abaixo na folha à parte:

*Você já conhecia esse fato? O que achou de saber que se pode conhecer do que é feita uma estrela, estando a milhões de anos -luz de distância?*

## Recurso de Ensino 5

### ROTEIRO DA ATIVIDADE “ASTRÔNOMO MIRIM”

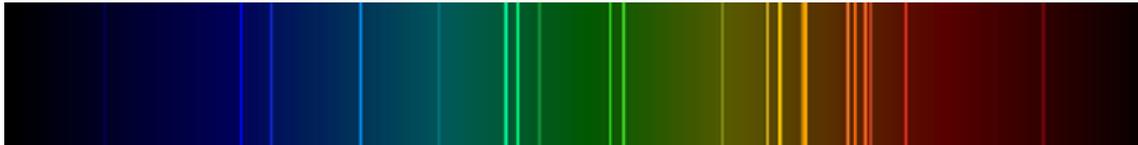
#### Vamos descobrir de que elementos químicos se compõe uma estrela?

Cada grupo receberá folhas de sulfite com os espectros de elementos químicos e transparências com espectros simplificados e numerados de algumas estrelas. Os alunos deverão comparar o espectro das estrelas com os espectros dos diferentes elementos. Se

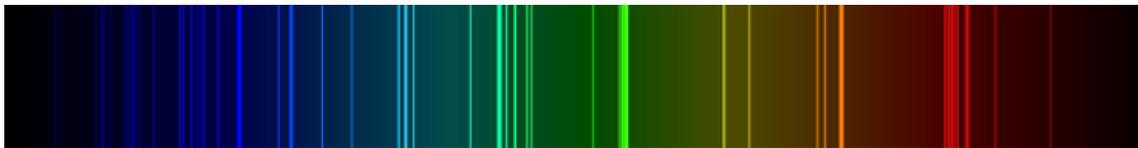
o espectro da estrela apresentar todas as linhas correspondentes ao elemento, é por que este é um dos constituintes da estrela.

Compare com cuidado, pois cada estrela tem pelo menos 3 elementos componentes.

### Espectro de Elementos Químicos



Al



Ca



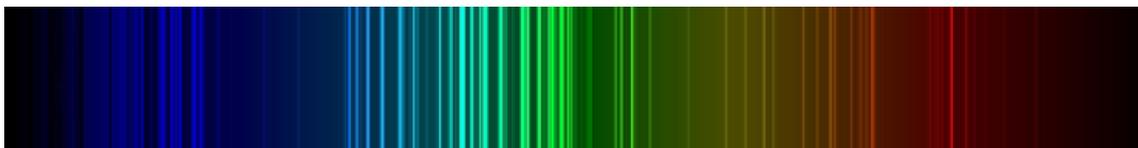
C



He



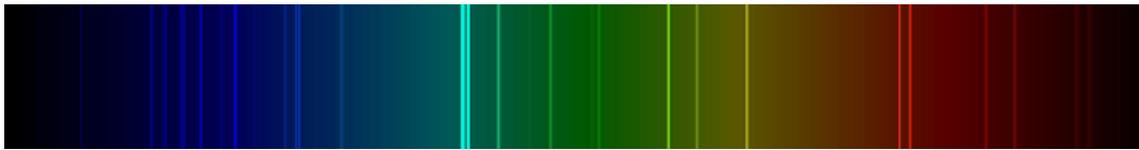
H



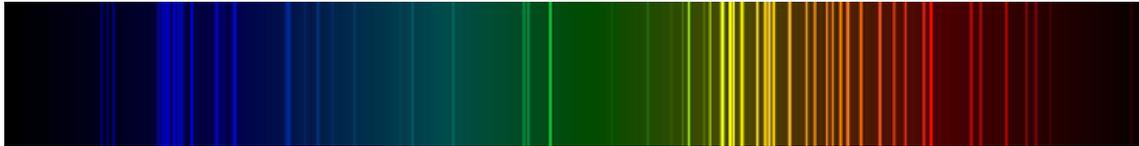
Fe



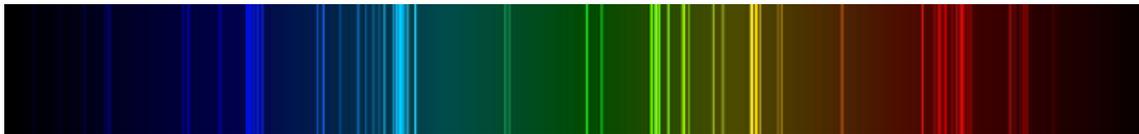
Li



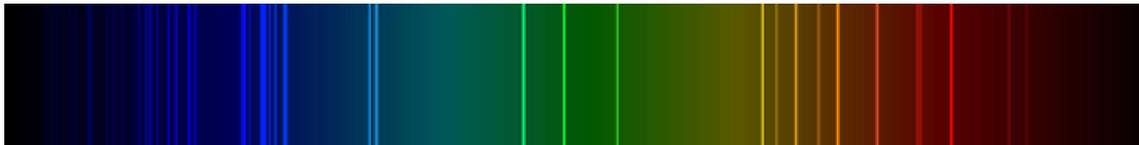
Mg



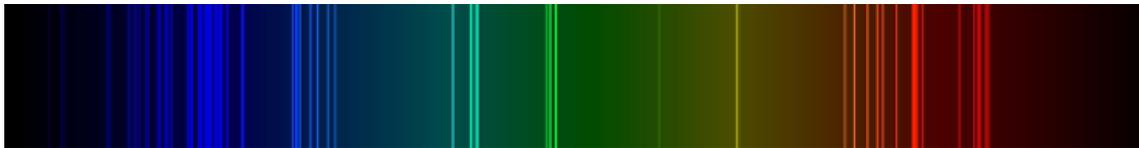
Ne



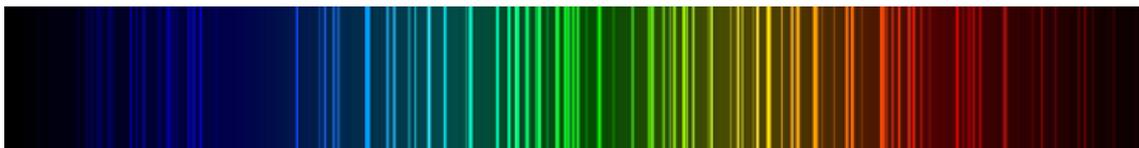
N



O

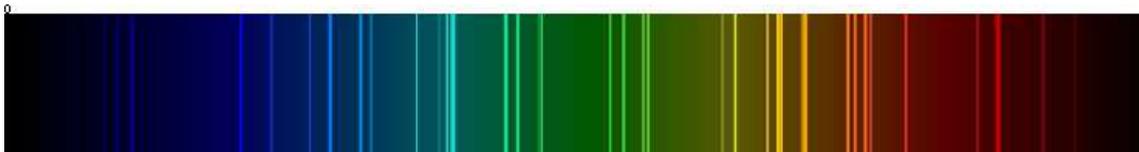


Na

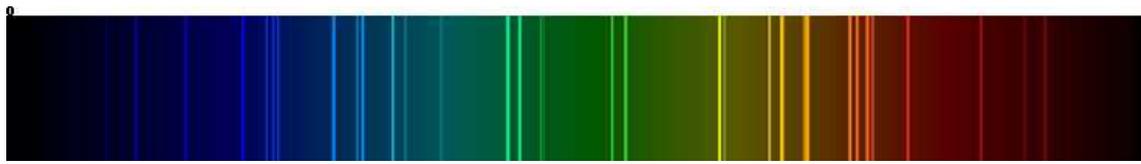


Xe

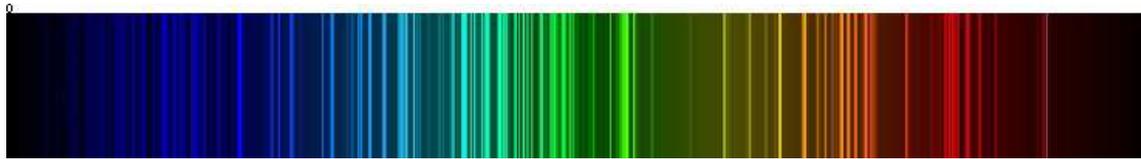
### Espectros das Estrelas



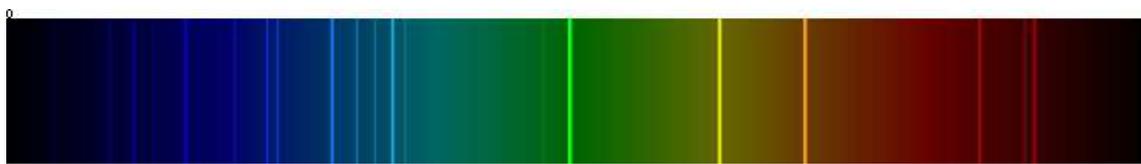
1



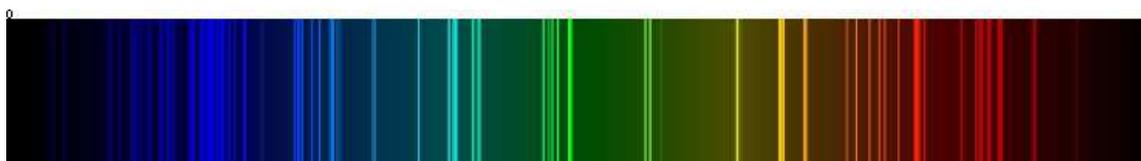
2



3



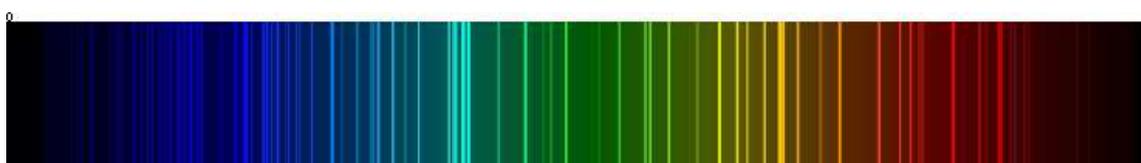
4



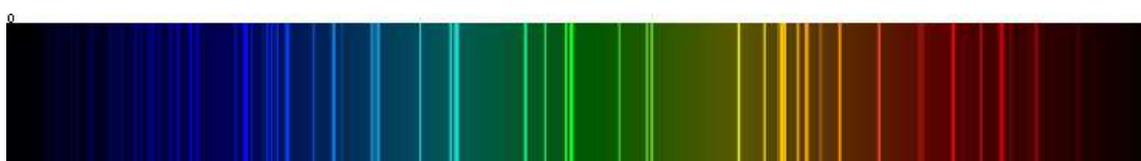
5



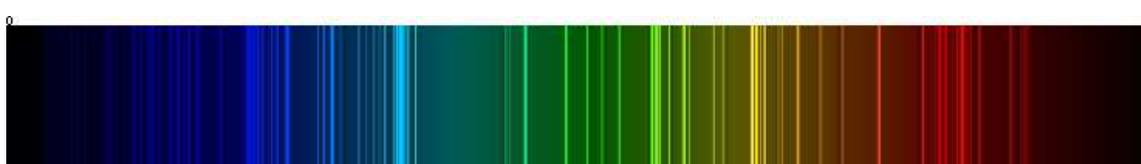
6



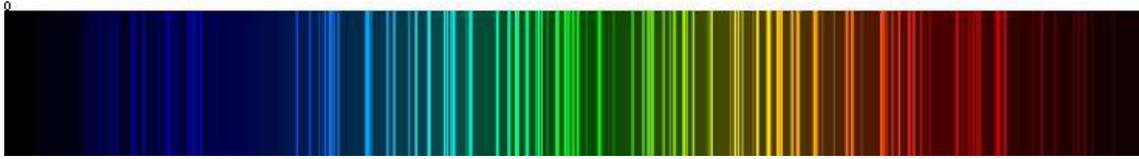
7



8



9



10

### GABARITO

1 – AlHC

2 – AlHeH

3 – FeHAlCa

4 – HeHLi

5 – NaHLiC

6 – NeHHeC

7 – OCHHeMg

8 – OCLiH

9 – OHN

10 – XeHC