

# —17—

## A luz e a cor das estrelas

A óptica e a  
cosmologia: a cor e a  
luz das estrelas.



Quando olhamos para o céu estrelado podemos perceber que as estrelas não são todas iguais.

À primeira vista elas diferem no tamanho e na cor: umas são pequenas e brilhantes, outras maiores e avermelhadas, outras azuladas.

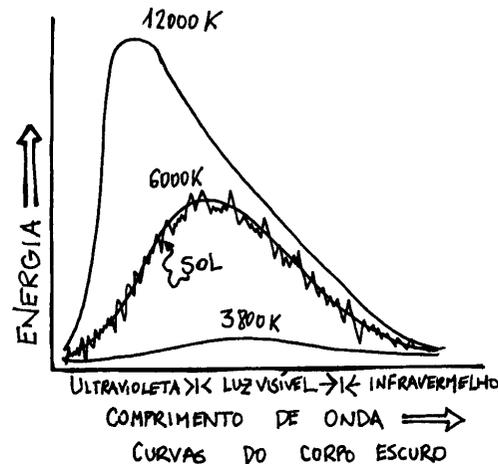
O que a cor de uma estrela pode nos oferecer como informação?

## Que informações podemos tirar da cor de uma estrela?

O exame da luz emitida por uma estrela a centenas de milhões de quilômetros da Terra fornece informações a respeito de sua temperatura, dos elementos que compõem sua atmosfera, sobre seu movimento, se está ou não se afastando de nós.

Em primeiro lugar vamos ver como a cor de uma estrela pode nos revelar informações sobre a sua temperatura. Para isso precisamos obter a curva de distribuição de energia emitida pela superfície de uma estrela e compará-la com as curvas de distribuição de energia de um corpo negro em diferentes temperaturas.

Essas curvas são bastante semelhantes, como podemos observar na figura, onde reproduzimos as curvas, em linhas cheias, de um corpo negro em três temperaturas distintas e a curva de energia emitida pelo Sol superposta à curva de 6.000 kelvin do corpo negro.



O Sol, como muitas estrelas que vemos no céu, possui, em sua superfície, temperaturas próximas dos 6000K. No gráfico vemos que o pico da curva situa-se no meio do espectro da luz visível, próximo do verde-amarelo. Entretanto, como o Sol emite frequências de todo o espectro visível, sua cor é branco-amarelada.

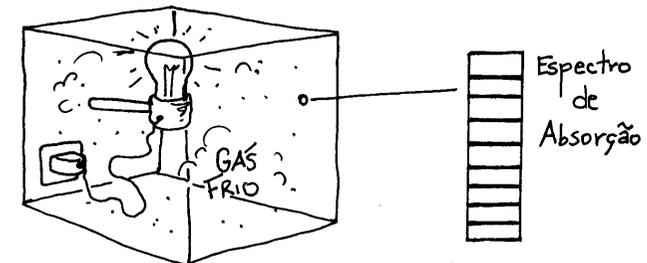
As estrelas vermelhas são mais frias do que as branco-amareladas como nosso Sol, e apresentam um pico na curva de distribuição de energia na região do vermelho, em correspondência a uma temperatura de 3000 kelvin.

As estrelas azuladas são as mais quentes, tendo na sua superfície temperaturas de 10.000 a 30.000 kelvin. Muitas delas podem ser vistas no céu com ajuda de um mapa celeste.

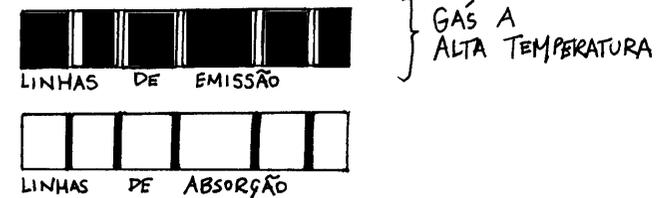
## Espectro de linhas

O espectro das estrelas oferece informações sobre os elementos que as compõem. Tais informações podem ser obtidas a partir da observação de fenômenos que podem ser reproduzidos aqui na Terra: por exemplo, a luz proveniente de um corpo incandescente, como a de uma lâmpada, ao passar através do gás mais frio que está a sua volta, pode ser registrada por um espectrógrafo.

O espectro dessa emissão é contínuo, característico de um corpo incandescente, mas é sulcado por linhas escuras. Essas linhas aparecem porque o gás mais frio absorve as radiações de frequências que também é capaz de emitir, permanecendo transparente para o resto do espectro contínuo. As linhas escuras que caracterizam a absorção do gás ocupam exatamente as posições onde deveriam estar as linhas luminosas relativas à emissão do gás.



O gás mais frio absorve exatamente as frequências que pode emitir, produzindo um espectro contínuo com linhas escuras.



Espectro de linhas de emissão e absorção

No espectro de emissão, as linhas luminosas têm origem na energia que o elétron emite quando retorna a um de seus estados permitidos. As linhas escuras correspondem à energia que o átomo absorve para saltar de seu nível de origem para um nível superior.

## Nossa estrela, o Sol. Seu espectro revela sua composição

A análise do espectro solar permite identificar os elementos químicos presentes na atmosfera do Sol, comparando seu espectro com o espectro dos elementos químicos conhecidos aqui na Terra.

Os elementos presentes na atmosfera solar absorvem radiações que também são capazes de emitir. Como cada elemento possui um espectro de linhas característico, que o identifica, é possível constatar, ou não, sua presença no Sol, conferindo se tais linhas estão presentes no espectro solar, uma vez que substâncias diferentes originam espectro de linhas diferentes.

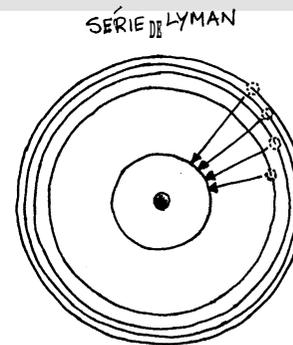
## O que é e como se obtém um espectro de linha

O hidrogênio é o elemento mais abundante no Sol e em todo o universo. Sua estrutura é a mais simples de todos os elementos conhecidos.

É formado por um único próton no núcleo e um elétron que pode ser encontrado em qualquer um de seus níveis energéticos, dependendo do estado de excitação do átomo.

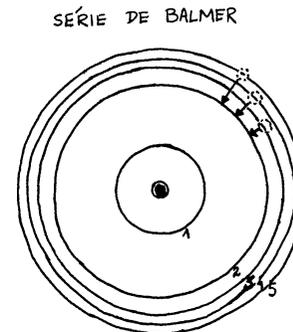
O elétron do átomo de hidrogênio pode realizar vários saltos do nível fundamental para níveis superiores e depois retornar desses níveis para o estado fundamental.

Nesse processo, teve de absorver e depois emitir radiação (energia) com frequências do ultravioleta. O espectro dessa radiação é constituído por uma série de linhas chamadas série de Lyman. Na figura a seguir estamos representando os possíveis saltos do elétron de um nível qualquer para o estado fundamental.



Se os saltos ocorrerem a partir do nível dois para níveis superiores, o que estará em jogo são as radiações cujas frequências estarão na faixa do visível.

As linhas espectrais obtidas assim constituem a série de Balmer. Na figura estamos representando as possíveis transições do elétron para o nível dois.



A intensidade dessas linhas depende do número de átomos que emite ou absorve naquela frequência.

Quanto maior o número de átomos que emite ou absorve na frequência selecionada, mais intensa é a luminosidade, ou a negritude, da linha.

Por isso uma maneira de verificar a quantidade de determinado elemento num corpo emissor é medir a intensidade das linhas espectrais.

Para o Sol, esse estudo revela que 75% são hidrogênio, 23% hélio e 2% os demais elementos.

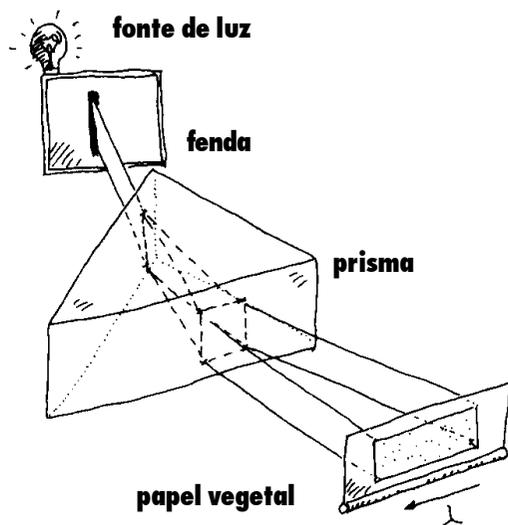
## Atividade: Construa seu espectroscópio sem fazer força

Espectroscópios são aparelhos que permitem obter espectros da radiação emitida por fontes de luz. Para isso são necessários lentes e um prisma, que dispersa a radiação e a projeta numa tela.

### Providencie com urgência as seguintes coisas:

- 1 prisma
- 1 fonte de luz
- 1 caixinha com uma fenda
- 1 material transparente [papel vegetal]

O desenho abaixo mostra como essas coisas estão combinadas na construção do espectroscópio.



## EXERCÍCIOS

1. O gás hidrogênio, além de ser o mais simples de todos, é também o mais abundante na natureza. Quando é excitado por uma descarga elétrica, por exemplo, emite radiações, algumas das quais visíveis. Use os dados da figura da página 59 sobre os níveis de energia do hidrogênio e os gráficos das páginas 42 e 43 e determine o tipo de radiação emitida pelo átomo de hidrogênio, quando seus elétrons decaem para o estado fundamental formando o espectro correspondente à série de Lyman e quando decaem para o nível dois formando o espectro da série de Balmer. Lembre-se de que:  $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}\text{ J}$ .

### Resolução:

a) Consideremos os saltos dos elétrons no átomo de hidrogênio que correspondem à série de Lyman. Nesses casos o elétron passa de um nível qualquer para o estado fundamental.

A seguir faremos o cálculo para a transição do elétron do nível dois para o nível um (que é o estado fundamental).

Na página 59 identificamos que a energia do nível dois é aproximadamente 10,3 eV, e a do nível um, zero. Portanto a diferença de energia entre esses dois níveis é:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 10,3\text{ eV}$$

Transformando esse valor de energia para unidade joules, temos:  $10,3\text{ eV} = 16,48 \times 10^{-19}\text{ J}$ . Usando a equação de Planck  $E = hf$ , temos:  $16,48 \times 10^{-19}\text{ J} = 6,6 \times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s} \times f$  ou  $f = 2,50 \times 10^{15}\text{ hertz}$ . Consultando o gráfico da página 43, esse valor de frequência é típico da radiação ultravioleta.

b) Determine agora a frequência associada a mais dois saltos quânticos ainda na série de Lyman, por exemplo saltos do nível três e do nível cinco para o estado fundamental.

c) Mostre que os saltos quânticos na série de Balmer para o átomo de hidrogênio irradiam na faixa do visível.

2. Nosso Sol, como muitas estrelas, apresenta um brilho amarelado. Qual a razão dessa luz branco-amarelada emitida pelo Sol? De que modo as informações contidas no gráfico da página 66 podem ajudar você a responder essa questão?