

---

## JÁ LHE PERGUNTARAM... POR QUE NÃO EXISTEM ESTRELAS VERDES?<sup>+</sup>\*

---

*Paulo Henrique Dionisio*

Instituto de Física – UFRGS

*Guilherme Dionisio*

Colégio Estadual Florinda Tubino Sampaio

Colégio Estadual Francisco Antônio Vieira Caldas Júnior

Porto Alegre – RS

Contemplávamos o céu noturno em uma localidade do interior. Órion estava bem sobre nossas cabeças. Em um de seus vértices, Betelgeuse apresentava uma coloração alaranjada. No vértice oposto, Rigel brilhava vivamente com um certo tom azul. Um pouco a sudeste, Sirius dominava o panorama como um intenso farol branco. Já a noroeste, Aldebaran era alaranjada, quase vermelha. Alguém lembrou Antares, a rival vermelha de Marte, invisível àquela hora. E, de repente, a pergunta:

- Porque não existem estrelas verdes?

Gabi, oito anos, tinha a resposta na ponta da língua:

- Porque nunca ninguém viu uma, ora...

Resposta intrigante. Será que as coisas só existem porque as vemos? E se existem por si mesmas, serão elas como as percebemos, ou terão seu jeito próprio de ser? O que queremos de fato dizer, quando afirmamos a existência ou a inexistência de algo? Melhor reformular a questão: porque não **vemos** estrelas verdes? Esta nova pergunta admite uma resposta mais objetiva e prosaica, em termos de Física. Senão, vejamos.

A coloração das estrelas é um exemplo do fenômeno chamado de *radiação térmica*. Sabe-se, há muito tempo, que um objeto suficientemente aquecido irradia luz, torna-se incandescente (por exemplo, um ferro em brasa na forja do ferreiro ou o filamento de uma lâmpada incandescente). Sabe-se, também, que a cor da luminosidade irradiada depende da temperatura. À medida que o objeto

---

<sup>+</sup> Why aren't there green stars?

\* *Recebido: agosto de 2006.*

*Aceito: novembro de 2006.*

esquenta, inicialmente emite apenas calor, depois brilha de um vermelho fosco, do qual passa a um a um vermelho vivo, a um alaranjado, amarelo, branco e, finalmente, azulado (é possível que, a esta altura, já haja até mudado de estado físico...). Existe até um instrumento para medir a temperatura de objetos incandescentes, observando a sua coloração: o *pirômetro ótico*.

Em outubro de 1900, Max Planck encontrou uma fórmula empírica capaz de descrever a radiação térmica, isto é, uma fórmula capaz de reproduzir satisfatoriamente os dados experimentais. Uma maneira moderna de escrever a fórmula de Planck é<sup>i</sup>:

$$R_T(\lambda) = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

sendo  $h$  a constante de Planck,  $c$  a velocidade da luz e  $k$  a constante de Boltzmann.

A função  $R_T(\lambda)$ , chamada de *radiância espectral*, descreve como a radiação se distribui pelos vários comprimentos de onda do espectro eletromagnético:  $R_T(\lambda)$  representa a quantidade de energia emitida sob a forma de ondas eletromagnéticas de comprimento de onda  $\lambda$ , por unidade de tempo e de área, por um objeto à temperatura absoluta  $T$ . Na fórmula original de Planck, apareciam constantes arbitrárias, cujos valores eram obtidos por ajuste numérico, fazendo-se com que o gráfico da função matemática coincidissem com o gráfico experimental  $R_T(\lambda) \times \lambda$ . Foi no decorrer das buscas de explicação teórica do fenômeno que elas foram sendo identificadas com as constantes universais que agora lá estão. Aliás, foram justamente tais buscas que desencadearam o surgimento da Física Quântica<sup>ii</sup>.

A fórmula de Planck aplica-se, na verdade, a um irradiador ideal, também conhecido como corpo negro ou cavidade. O leitor interessado pode recorrer à bibliografia indicada para mais detalhes. No caso de objetos reais, ocorrem desvios e no caso específico das estrelas, existem peculiaridades que escapam a essa descrição matemática, mas que, tendo em vista apenas responder a questão proposta, podemos desconsiderar.

A Fig. 1 representa os gráficos da fórmula de Planck para irradiadores ideais a três temperaturas: 3000K, 5300K e 9000K. As escalas verticais foram ampliadas por fatores convenientes, de modo a facilitar a comparação entre as três curvas; na verdade a diferença de alturas é muito mais pronunciada. A escala horizontal foi escolhida de modo a evidenciar a região do espectro eletromagnético correspondente à luz visível, que se situa aproximadamente entre 420nm (limite violeta) e 680nm (limite vermelho), mostrada entre as duas linhas tracejadas verticais.

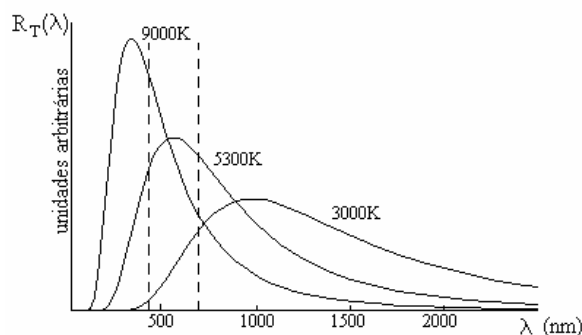


Fig. 1 – A função  $R_T(\lambda) \times \lambda$  para três temperaturas típicas. As escalas verticais foram ampliadas por fatores convenientes, de modo a facilitar a visualização. As linhas tracejadas verticais delimitam a parte visível do espectro eletromagnético.

Qualquer objeto, a qualquer temperatura, emite radiação de modo a abranger todo o espectro eletromagnético, isto é, de modo a varrer um *continuum* de comprimentos de onda entre zero e infinito. A função  $R_T(\lambda)$  assume um valor máximo para um certo comprimento de onda, que é tanto maior quanto mais elevada for a temperatura. Assim, para um objeto a 3000K, o máximo ocorre para um comprimento de onda maior do que o da luz vermelha, ou seja, está na região do infravermelho. Tal objeto irradia principalmente calor e, no que diz respeito à parte visível de seu espectro, existe uma clara predominância dos comprimentos de onda maiores, pois a curva é mais elevada no limite vermelho do que no limite violeta; o objeto apresentará, portanto, uma coloração avermelhada. Já para um objeto a 9000K, a situação é inversa: o pico de sua radiância espectral encontra-se na região do ultravioleta e, na luz que irradia, predomina o violeta; assim, ele se apresentará azulado. Para a temperatura intermediária, qual seja 5300K, o pico da radiância espectral encontra-se no meio do espectro visível, ou seja, corresponde à luz verde. Mas a predominância do verde sobre as outras cores não é tão acentuada como nos casos anteriores e, além disso, o vermelho e o violeta são igualmente aquinhoados, de modo que, agora, a luz irradiada distribui-se de maneira mais ou menos uniforme por todo o espectro visível, o que, aos nossos olhos, produz a sensação de luz branca. Quando decompomos luz branca fazendo-a passar por um prisma, obtemos um arco-íris, com as cores na seqüência usualmente descrita

como: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Mas, quando descrevemos a seqüência de cores em função da temperatura de objetos incandescentes, o verde “perde a vez”, sendo substituído pelo branco. Eis porque não vemos estrelas verdes...

---

<sup>i</sup> HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Física**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1984. v. 4, cap. 49, p. 276-277.

<sup>ii</sup> Ver, por exemplo, DIONISIO, P. H. Albert Einstein e a Física Quântica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 22, n. 2, p. 147-164, ago. 2005.