

1. Sobre o nosso Sol, responda:

- (a) **Quais as temperaturas típicas do seu núcleo, da fotosfera e da cromosfera?**  
núcleo: 15.000.000 C, fotosfera:  $\approx 5600$  C, cromosfera: 4000 a 20000 C e; coroa:  $\approx 5.000.000$  C.
- (b) **Quantas vezes em diâmetro ele é maior que a Terra? E em massa?**  
110 vezes o diâmetro da Terra; cerca de 333.000 a massa da Terra.
- (c) **Quais são os dois elementos químicos mais abundantes no Sol e suas respectivas abundâncias (aproximadas)?**  
Hidrogênio, cerca de 74 % e Hélio, cerca de 25 %
- (d) **O que é Sequência Principal na evolução de uma estrela? No caso do Sol, por quanto tempo se estima que ele ainda brilhe na Sequência Principal?**  
Uma estrela entra na sua Sequência Principal quando inicia suas reações nucleares e fica nela até que o hidrogênio acabe. Nosso Sol ainda ficará na Sequência Principal por mais cerca de 5 bilhões de anos.
- (e) **Qual o futuro do Sol, isto é, tipo estelar, ao sair da Sequência Principal?**  
Ele se transformará numa Gigante Vermelha, em seguida numa Nebulosa Planetária e por fim numa Anã Branca.

2. (a) **Como a curva de Planck, ou a lei de Wien, da radiação de corpo negro é usada na determinação da temperatura superficial de uma estrela?** (b) **Como se determina a composição química de uma estrela?**

O comprimento de onda onde ocorre o pico do fluxo de energia luminosa da estrela é dado por  $b/T$ , onde  $b$  é uma constante conhecida. Assim, basta medir onde ocorre esse máximo no gráfico fluxo versus comprimento de onda.

O espectro de cores de uma estrela contém linhas de emissão e a posição destas é uma característica do elemento químico que emitiu a luz (transições eletrônicas).

3. **Explique o aparecimento de grandes manchas na superfície solar, escuras relativas a sua vizinhança?**

Quando o plasma é erguido para além da superfície solar (ou devido à corrente de convecção e/ou por um campo magnético) sua temperatura diminui, para cerca de uns 3 a 4 mil graus, relativamente ao plasma vizinho, que está a cerca de 5600 graus. Portanto, ele brilha menos que sua vizinhança, dando a impressão que é escuro aos nossos olhos.

4. **Descreva, e faça um diagrama ou desenho ilustrando, a reação nuclear responsável pela produção de hélio no interior das estrelas. Qual a temperatura típica para uma reação dessa natureza ocorrer? Por que ela é uma reação exotérmica, isto é, qual é o fato básico que leva essa reação a liberar energia?**

Na cadeia próton-próton, dois núcleos de hidrogênio colidem produzindo um núcleo de deutério e espalhando um pósitron e um neutrino. Esse deutério ao colidir com um próton produz um núcleo de  $\text{He}^3$  (isto é, um núcleo com 2 prótons e um neutrão) e espalha um fóton gama. A colisão de dois  $\text{He}^3$  finalmente produz dois  $\text{He}^4$  (núcleo com 2 prótons e 2 neutrons) e libera 2 prótons.

Essa reação libera energia porque a massa dos constituintes finais é menor que a inicial; a diferença  $\Delta m$  é convertida em energia ( $E = \Delta mc^2$ ). Para ela ocorrer precisa de uns 15.000.000 de graus.

5. **Ilustre no diagrama H-R (luminosidade  $\times$  temperatura) a evolução de uma estrela com massa próxima a do nosso Sol, desde seu nascimento numa nebulosa. Escreva o nome de cada fase evolutiva. Oriente os eixos, ou seja, indique em que sentido as grandezas crescem ou decrescem.**

Após a fragmentação da nuvem interestelar, um dos fragmentos, cujo tamanho pode alcançar centenas de raios solares, se contrai e após milhões de anos passa a brilhar devido ao atrito entre suas partes; é o estágio de protoestrela. Quando a pressão e a temperatura no núcleo da protoestrela alcançam níveis altíssimos, ocorrem reações termonucleares e dizemos que nasce uma estrela. Ela se encontra na Sequência Principal de sua evolução e permanece aí enquanto houver hidrogênio para *queimar*. Ao sair da Sequência Principal ela evolui para o ramo das Gigantes Vermelhas, com alta luminosidade mas baixa temperatura superficial, podendo ficar aí por centenas de milhões de anos. O estágio final é o de Anã Branca, uma estrela pequena, pouco luminosa, mas com uma temperatura superficial elevada. Pode passar bilhões de anos nessa fase até finalmente se transformar em Anã Marrom, um objeto frio e sem luminosidade.