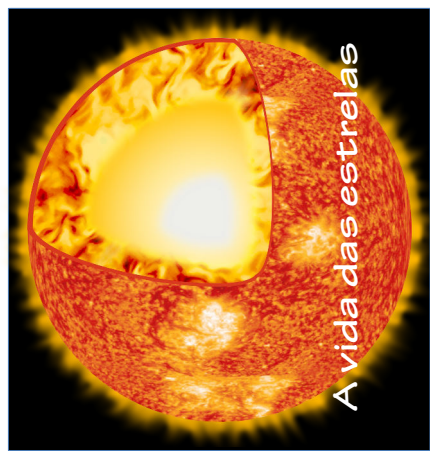


Sylvia Ekström
Universidade de
Genebra



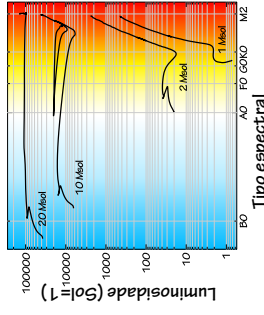
O Universo no meu bolso

A vida das estrelas

Sol	1	G2
Síntus A	25	A1
Canopus	13600	F0
Betelgeuse	105000	M2

- 1) Qual é a mais fria dessas estrelas? A mais quente?
- 2) Quais são as massas dessas estrelas?
- 3) Quais não terminaram de queimar todo o hidrogênio em seu núcleo?
- 4) Quais estrelas se tornarão supernovas?
- 5) Qual estrela viverá mais?

Este diagrama mostra a evolução de estrelas de 1, 2, 10 e 20 massas solares. Coloque as seguintes estrelas nele:



Quiz

Tudo acontece no núcleo

Observamos a superfície das estrelas, mas tudo o que determina sua evolução ocorre em seu núcleo. Este é aquecido a vários milhões de graus pela contração gravitacional, o que é quente o suficiente para desencadear reações nucleares. Essas reações sustentam a estrela porque a energia que geram produz uma pressão que contraria a gravidade. As reações nucleares que transformam hidrogênio em hélio (ver TUIMP 1.4)

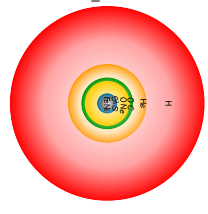
sustentam a estrela por 90% de sua vida. Estrelas de menor massa fundem prótons para formar hélio (cadeias próton-próton). Estrelas de maior massa usam os núcleos de carbono, nitrogênio e oxigênio como catalisadores (ciclo CNO), o que lhes permite gerar muito mais energia, mas com uma vida útil muito mais curta.



Como as intensidades de suas reações nucleares são muito diferentes, as estrelas de baixa massa têm núcleo radiativo e envelope convectivo, enquanto as de alta massa têm núcleo convectivo e envelope radiativo.

As estrelas: fábricas de elementos

Depois de queimar hidrogênio e hélio em seus núcleos, as estrelas mais massivas usam carbono, neônio, oxigênio e silício como combustível, formando elementos cada vez mais pesados e mais no centro de seus núcleos. A evolução acelera à medida que a estrela produz mais e mais neutrinos, que carregam a energia gerada no núcleo sem aquecer a estrela. O carbono se esgota em alguns milhares de anos, enquanto o silício pode sustentar a estrela por apenas alguns dias!



As reações nucleares de fases sucessivas ocorrem cada vez mais profundamente nos núcleos de estrelas massivas. No final de sua evolução, as estrelas têm uma estrutura em forma de cebola, com múltiplas camadas.

Big Bang																		Espalhamento																																																																																	
Elementos mais leves																		Elementos mais pesados																																																																																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba	-71	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	-92																										

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Lr	Cf	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
89	90	91	92											
Ac	Th	Pa	U											

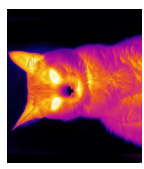
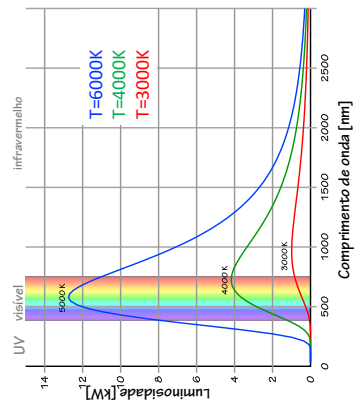


Foto de um gato tirada com uma câmera térmica, sensível no infravermelho. Como o nariz é mais frio, ele aparece menos luminoso.



Por que as estrelas brilham

Há muito tempo nos perguntamos o que faz o Sol brilhar. Ele queima carvão? Ele passa por reações químicas? Finalmente percebemos que o Sol brilha porque é feito de gás muito quente, que é luminoso na luz visível.

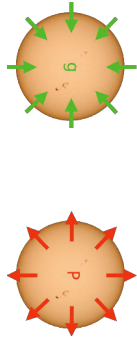
Dependendo de sua temperatura, os corpos atingem o pico de luminosidade em diferentes comprimentos de onda. O diagrama ao lado mostra a luminosidade em função do comprimento de onda. As estrelas brilham mais na luz visível.

Os seres vivos também são luminosos, mas no infravermelho. Se compararmos a energia que um gato emite por unidade de massa, ela é 5.000 vezes maior do que a emitida pelo Sol por unidade de massa, pois as reações químicas (nosso metabolismo) são mais eficientes na produção de calor.



A cor das estrelas indica a temperatura da sua superfície. As estrelas mais quentes são azuis, as mais frias são vermelhas.

A gravidade (g) faz com que a estrela se contraia. O gás aquece e gera uma pressão (P) que contraria a força gravitacional: esta é a fase de equilíbrio hidrostático.

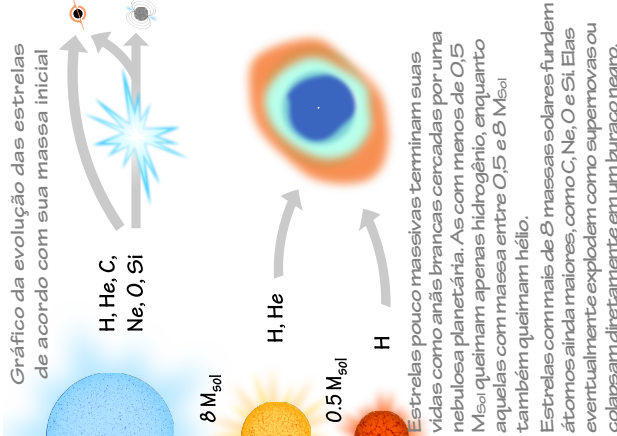
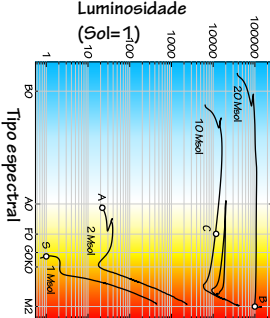


A sequência principal

Quando plotamos as estrelas em um diagrama de luminosidade versus temperatura, vemos que 90% delas estão em uma grande linha diagonal chamada Sequência Principal. Isso mostra que, para a maioria das estrelas, existe uma ligação entre luminosidade e temperatura: as estrelas mais luminosas também são as mais quentes. As estrelas são classificadas de acordo com seu tipo espectral, definido pela presença e intensidade de suas linhas espectrais (ver TUIMP 3O), que são uma função de sua temperatura superficial (t_s), portanto, sua cor: O, B, A, F, G, K, M, do mais quente ao mais frio. Cada classe vai de O a 9. As estrelas O e B são as mais raras. Na verdade, essas estrelas de mais de 8 massas solares representam apenas 0,18% de todas as estrelas. O Sol é da classe G2.

- Respostas às perguntas:
- 1) Betelgeuse, Sirius A.
 - 2) 1, 2, 10, 20 massas solares.
 - 3) O Sol e Sirius A.
 - 4) Betelgeuse e Canopus.
 - 5) O Sol.

No diagrama, as posições do Sol, Sirius A, Betelgeuse e Canopus são representadas pelas letras S, A, B e C.

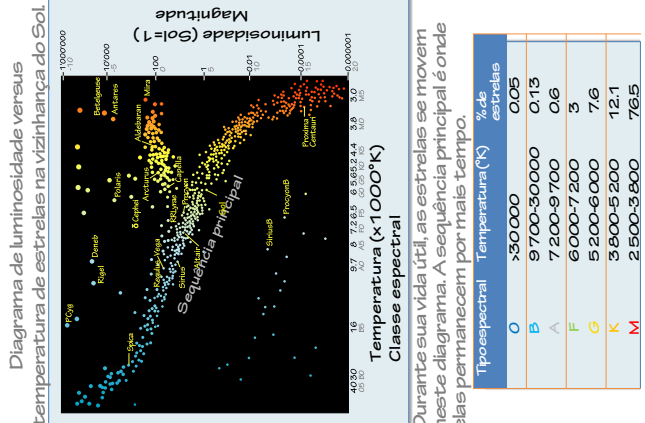


Como as estrelas evoluem

Quando o hidrogênio no núcleo se esgota, este se contrai, aumentando a temperatura até iniciar a fusão do hélio. Essa contração libera energia gravitacional, fazendo com que o envelope se expanda e a estrela se torne uma gigante vermelha. Quando o hélio acaba, o núcleo volta a contrair. Para estrelas com menos de 8 massas solares, este é o fim da evolução. Seu núcleo se torna uma anã branca e não evolui mais. Ele esfria lentamente, enquanto a atmosfera se torna uma nebulosa planetária (ver TUIMP 3G). Estrelas massivas, por outro lado, atingem temperaturas muito altas em seus núcleos e passam por uma série de fases de fusão, intercaladas com fases de contração. A evolução de estrelas massivas termina em explosões de supernova ou colapso direto em um buraco negro.

O que é uma estrela?

É uma grande bola de gás quente. Como é tão massiva, a gravidade faz com que ela se contraia sobre si mesma e essa compressão do gás a aquece: o gás reage agitando os átomos da estrela, produzindo uma pressão que contraria a gravidade. Quanto mais massiva a estrela, mais forte a gravidade e mais quente e brilhante a estrela. Visualmente, uma estrela mais quente é azulada, como a estrela Rigel na constelação de Orion, enquanto uma estrela mais fria é avermelhada, como Betelgeuse, também em Orion. Nessa estrela, o Sol, a quase 6000°K, é amarela.



Durante sua vida útil, as estrelas se movem neste diagrama. A sequência principal é onde elas permanecem por mais tempo.

Classe espectral	Temperatura (K)	% de estrelas
O	>30000	0.05
B	9700-30000	0.13
A	7200-9700	0.6
F	6000-7200	3
G	5200-6000	7.6
K	3900-5200	12.1
M	2500-3900	76.5

Tradução: Fabio Herpich
TUIMP Creative Commons

Para saber mais sobre esta série e os assuntos abordados neste livrinho, visite <http://www.tuimp.org>.

