

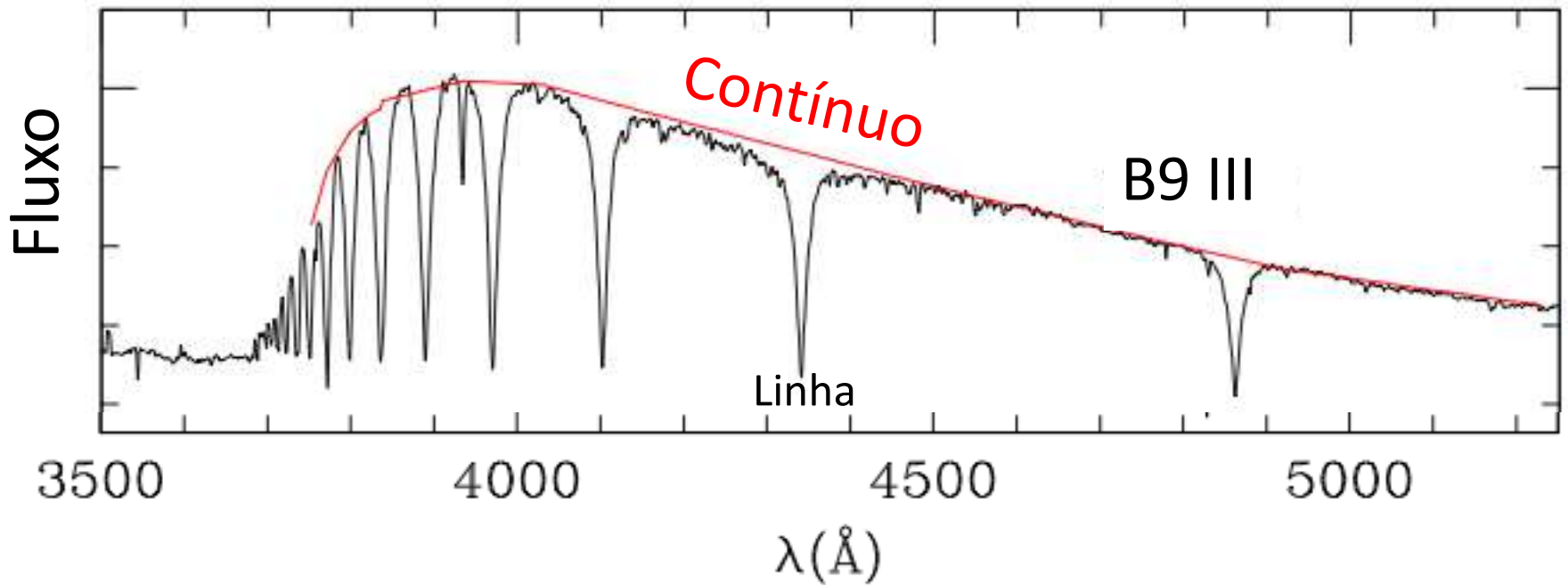
# Cap 9. Atmosferas Estelares

## 9.5 O perfil das linhas espectrais

Aga0293

Jorge Melendez

# Espectros estelares

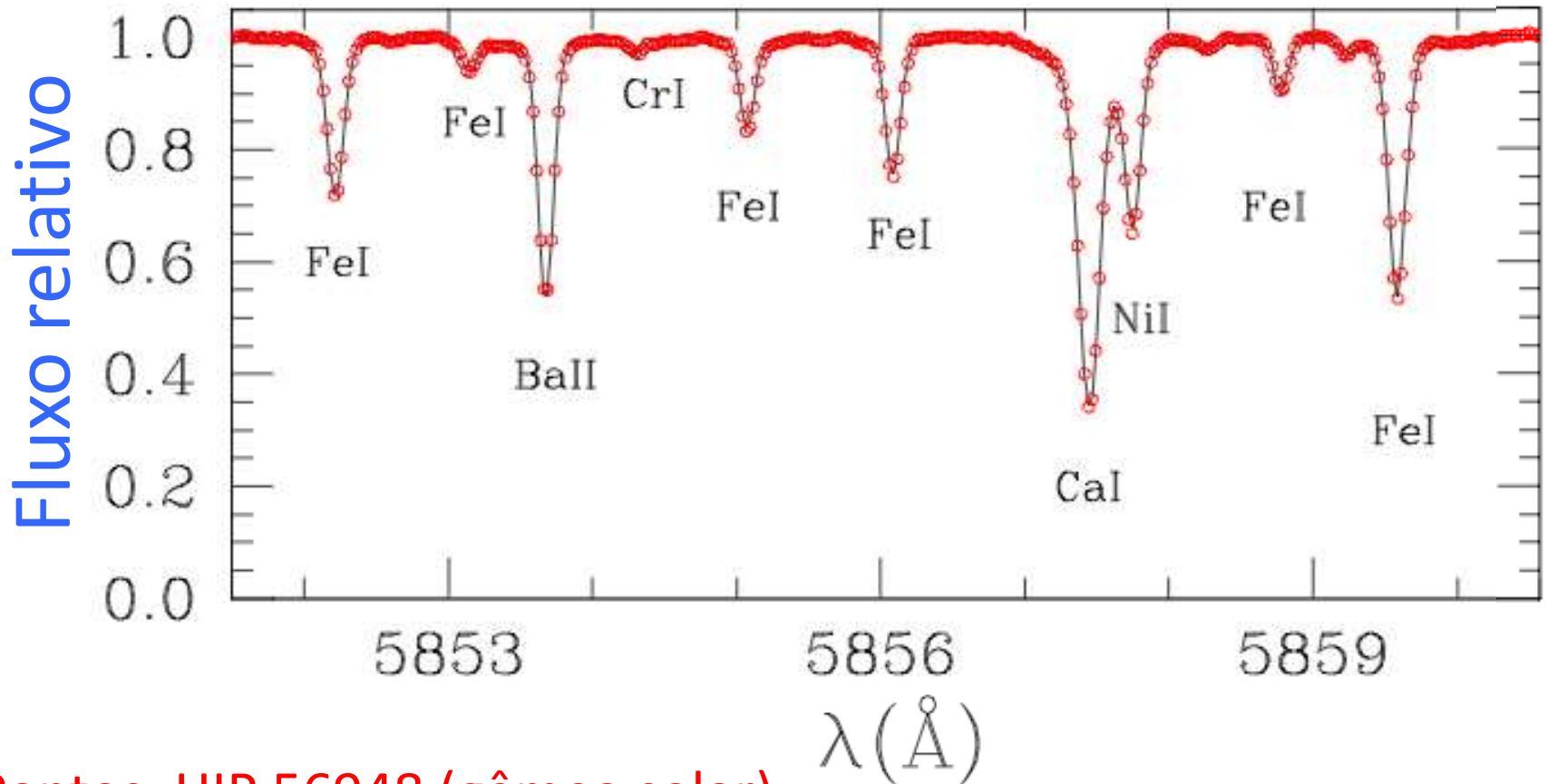


Linhas de absorção da serie de Balmer do hidrogênio em estrela B9 III  
(ou seja, aproximadamente A0 III)

# Espectro normalizado

Fluxo relativo =  $\text{fluxo} / \text{continuo}$

No contínuo,  
Fluxo relativo =  
 $\text{continuo}/\text{continuo} = 1$

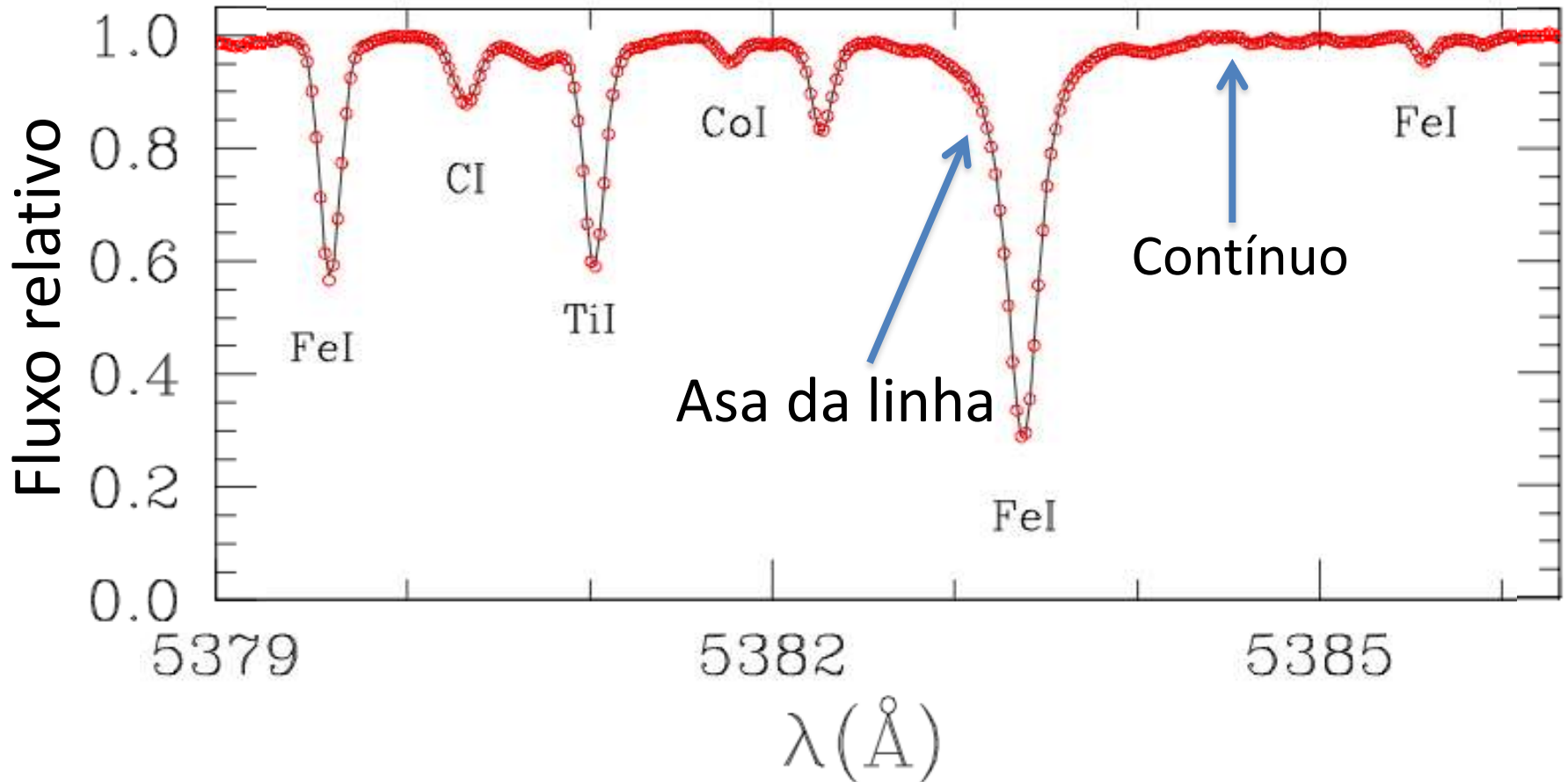


Pontos: HIP 56948 (gêmea solar)

Linha sólida: Sol

Meléndez et al. (2012, A&A 543, A29)

Todas as linhas apresentam “asas”, mas nas linhas mais fortes isso é mais visível



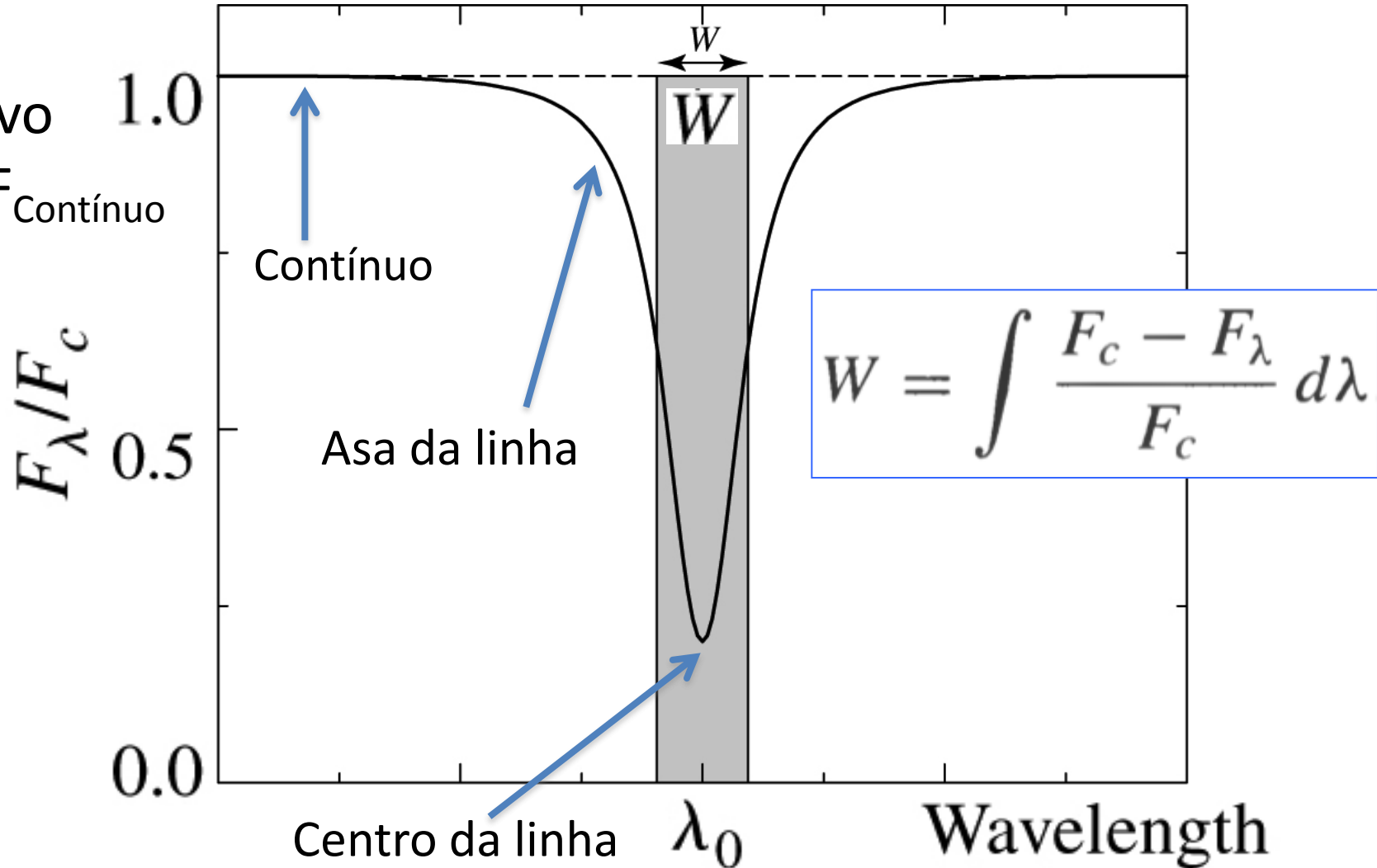
Pontos: HIP 56948 (gêmea solar)

Linha sólida: Sol

Meléndez et al. (2012, A&A 543, A29)

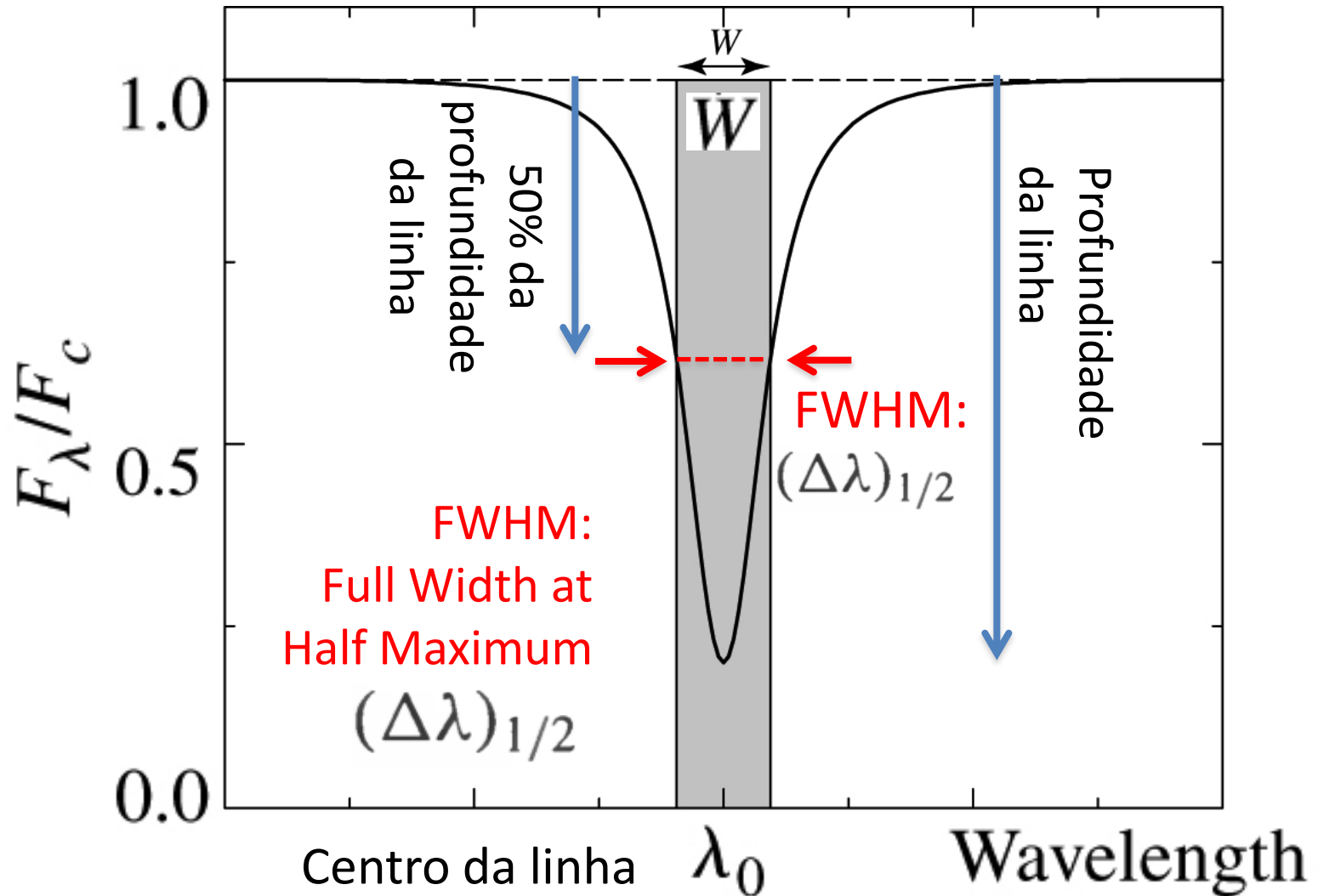
Intensidade da linha espectral é medida pela **largura equivalente ( $W$ )**

Fluxo relativo  
 $= F_\lambda / F_{\text{Contínuo}}$

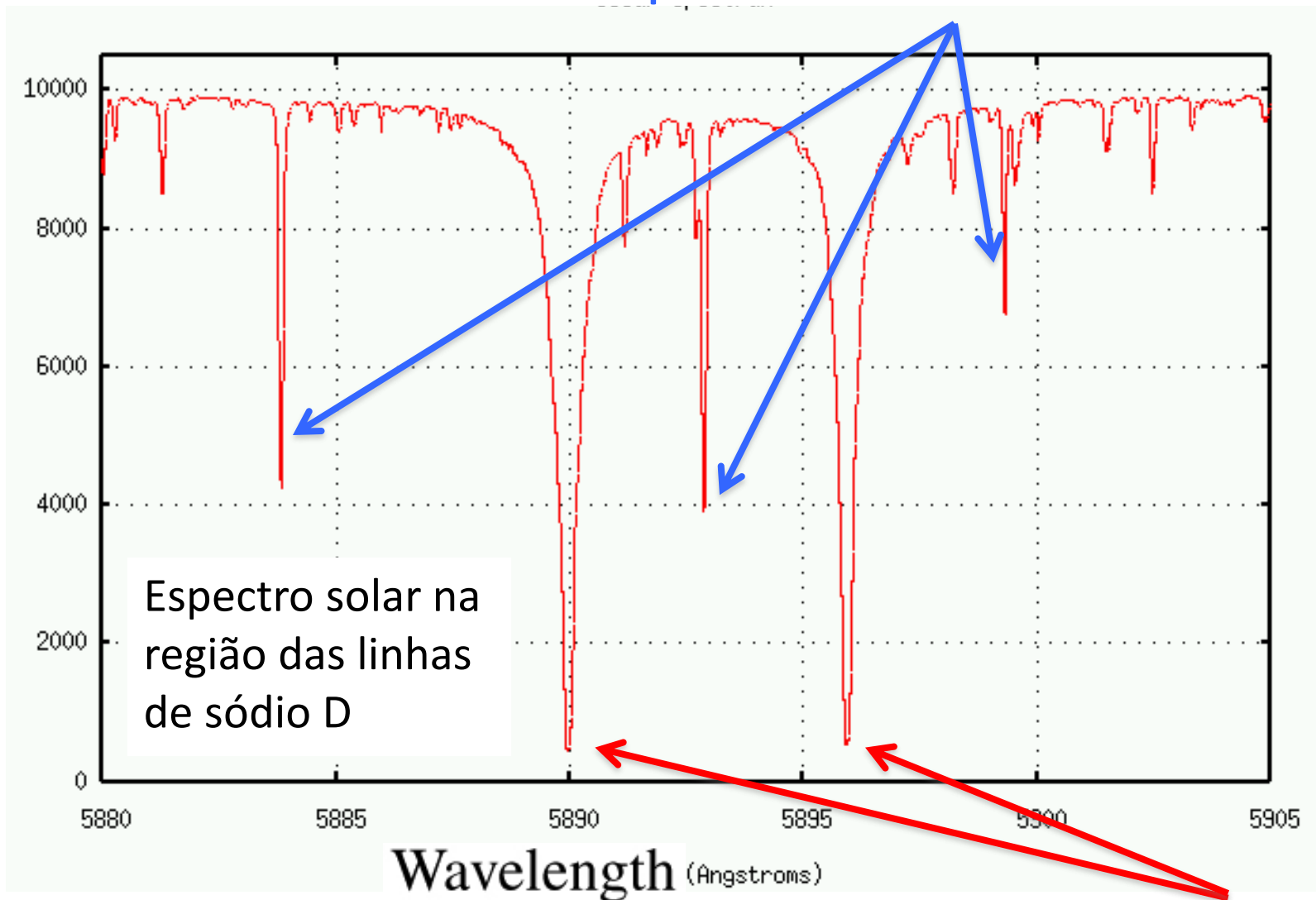


No óptico, valor típico  $W \sim 0.01$  nm. Linhas fracas,  $W \sim 10^{-3}$  nm

Intensidade da linha espectral é medida pela **largura equivalente (W)**

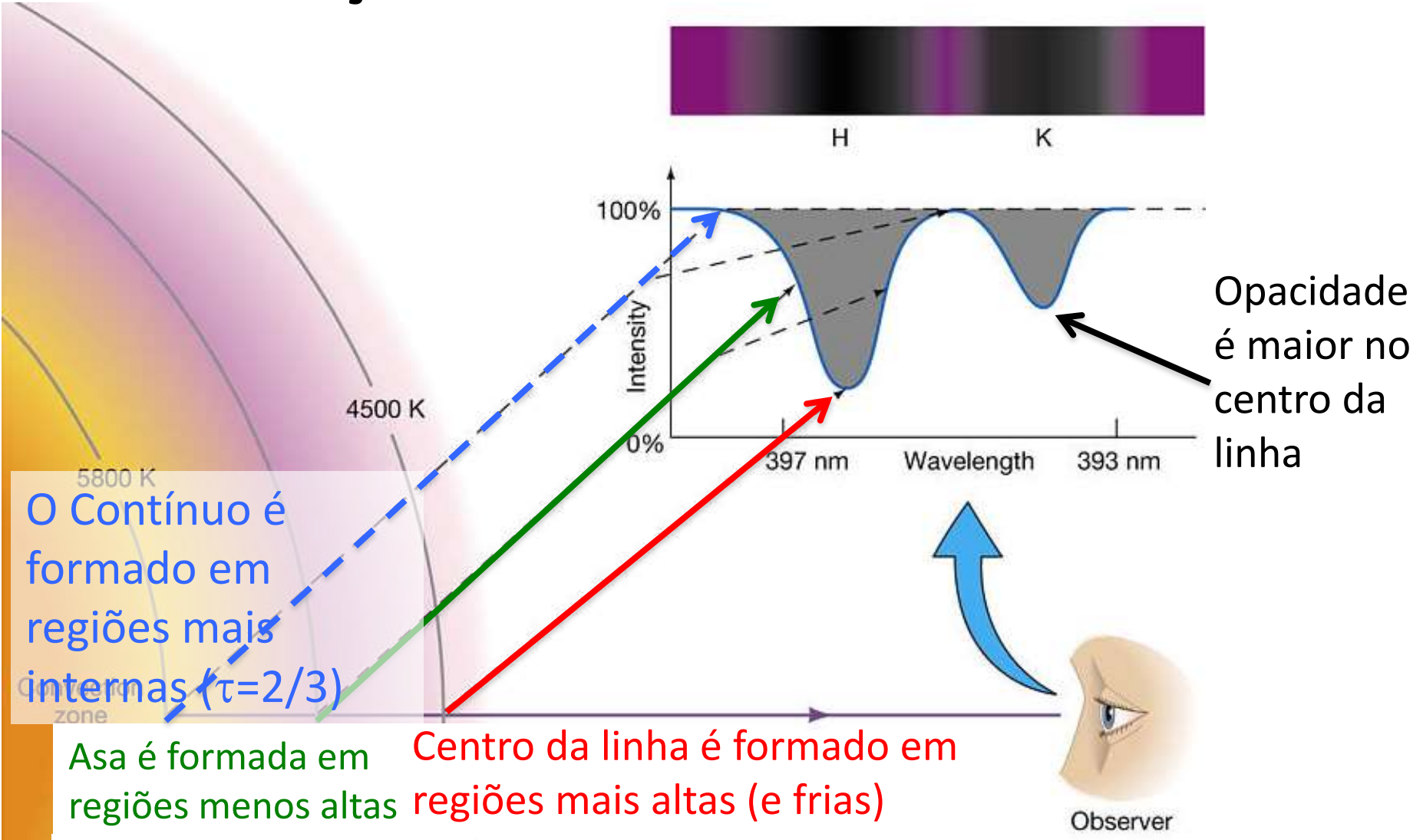


Linhas que não têm o fluxo completamente absorvido são **opticamente finas**



Se o fluxo for completamente absorvido a linha é **opticamente espessa**

# Formação de linhas

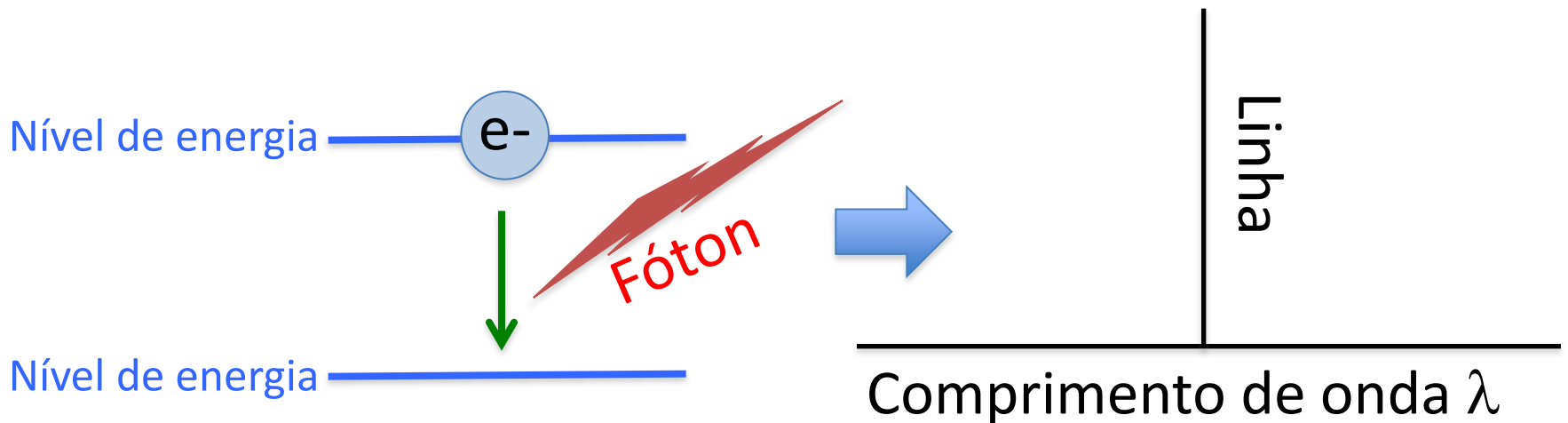


Fotosfera



# Processos de alargamento das linhas

- Se os níveis de energia fossem bem definidos  
→ teríamos uma linha monocromática bem definida



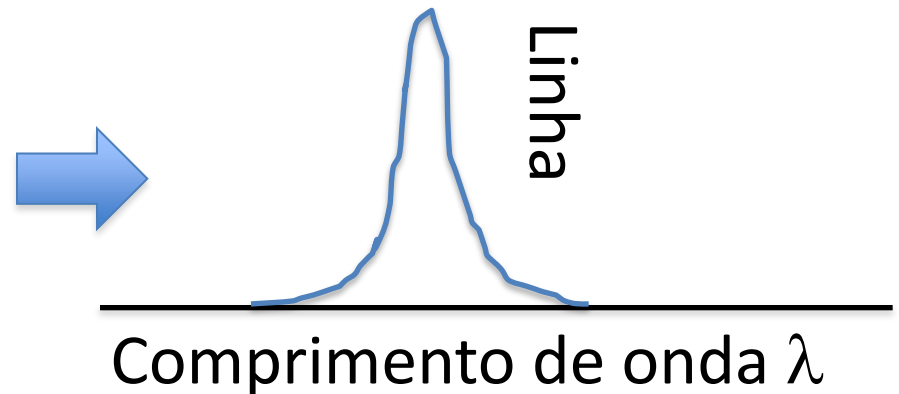
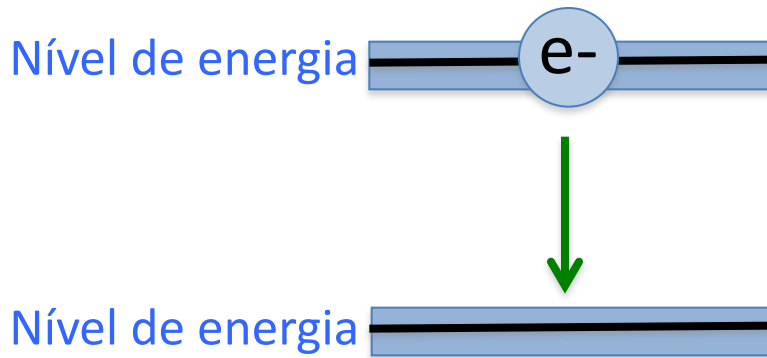
# 1. Alargamento Natural

Princípio de incerteza:

$$\Delta E \approx \frac{\hbar}{\Delta t}$$

$$E_{\text{photon}} = hc/\lambda$$

→  $\Delta \lambda \approx \frac{\lambda^2}{2\pi c} \left( \frac{1}{\Delta t_i} + \frac{1}{\Delta t_f} \right)$   $\Delta t_{i,f}$ : tempo de vida do e- no estado inicial e final



Exemplo 9.5.1: o tempo de vida do e- no 1o e 2o estados **excitados** de energia do átomo de hidrogênio, é  $\Delta t \sim 10^{-8}$  s. Estimar o alargamento da linha de H $\alpha$  (656,3 nm).


$$\Delta\lambda \approx \frac{\lambda^2}{2\pi c} \left( \frac{1}{\Delta t_i} + \frac{1}{\Delta t_f} \right)$$

$$\Delta\lambda \approx 4.57 \times 10^{-14} \text{ m} = 4.57 \times 10^{-5} \text{ nm.}$$

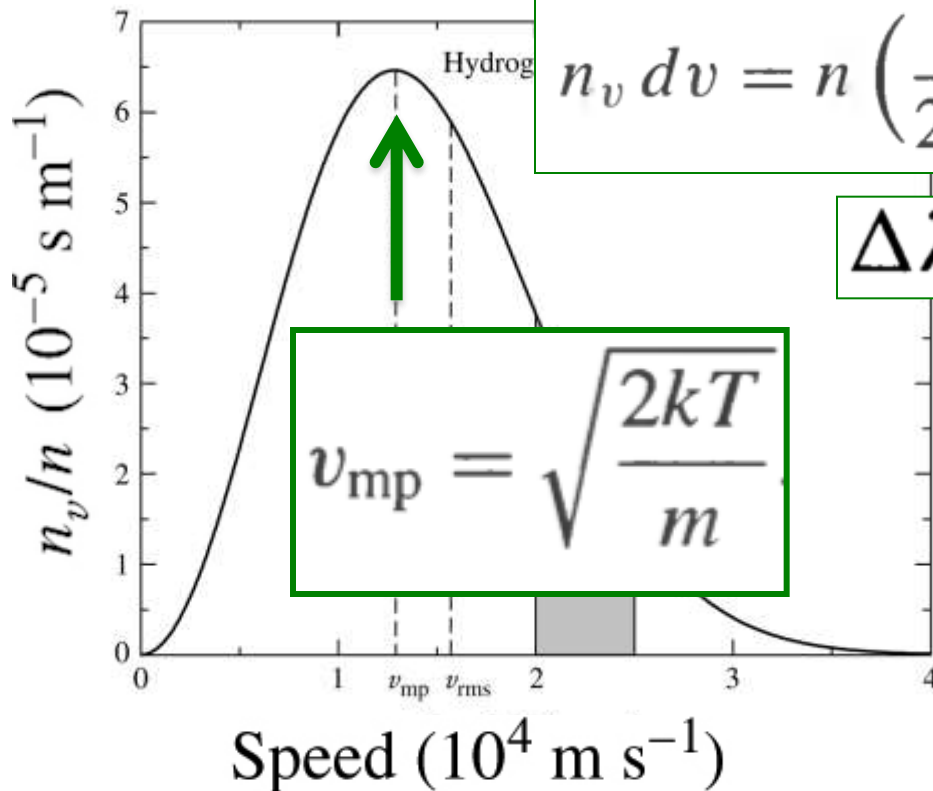
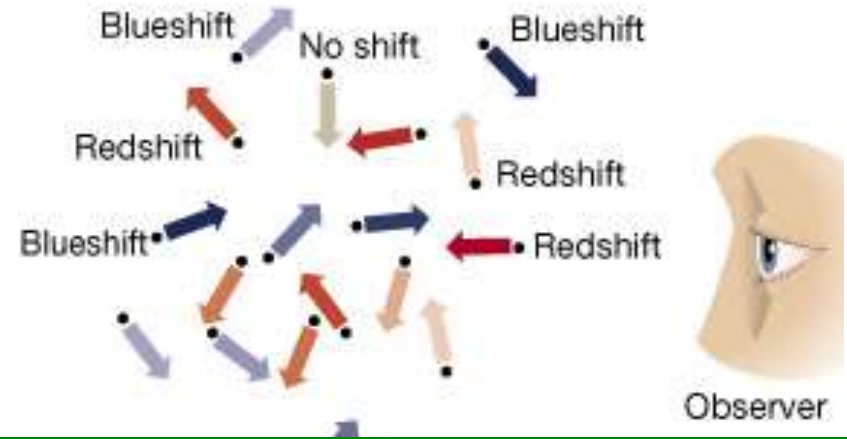
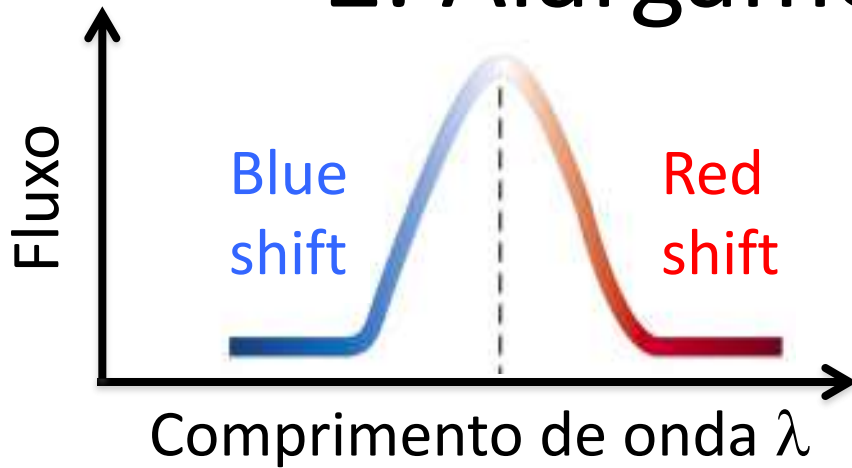
Melhor estimativa para a FWHM pode ser obtida:

$$(\Delta\lambda)_{1/2} = \frac{\lambda^2}{\pi c} \frac{1}{\Delta t_0}$$

$\Delta t_0$ : média do tempo de vida para a transição

  $(\Delta\lambda)_{1/2} \simeq 2.4 \times 10^{-5} \text{ nm}$

# 2. Alargamento Doppler

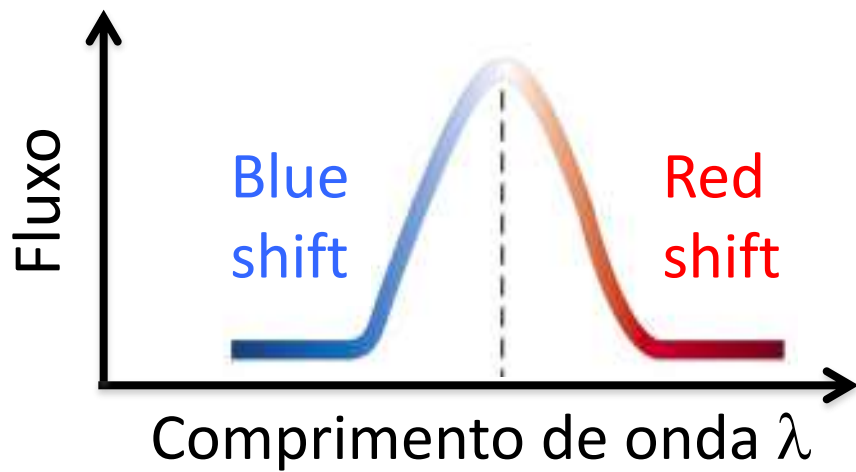


$$n_v dv = n \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-mv^2/2kT} 4\pi v^2 dv$$

$$\Delta\lambda/\lambda = \pm |v_r|/c$$

Largura  
Doppler:

$$\Delta\lambda \approx \frac{2\lambda}{c} \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$



Largura  
Doppler:

$$\Delta\lambda \approx \frac{2\lambda}{c} \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$

Exemplo 9.5.2. Qual o alargamento Doppler da linha de  $H\alpha$  (átomos de H) na fotosfera solar ( $T_e = 5777$  K).

$$\Delta\lambda \approx 0.0427 \text{ nm}$$

1000 vezes maior que o  
alargamento natural

Estudo mais detalhado considerando as diferentes direções do movimento dos átomos (entre eles e em relação ao observador):

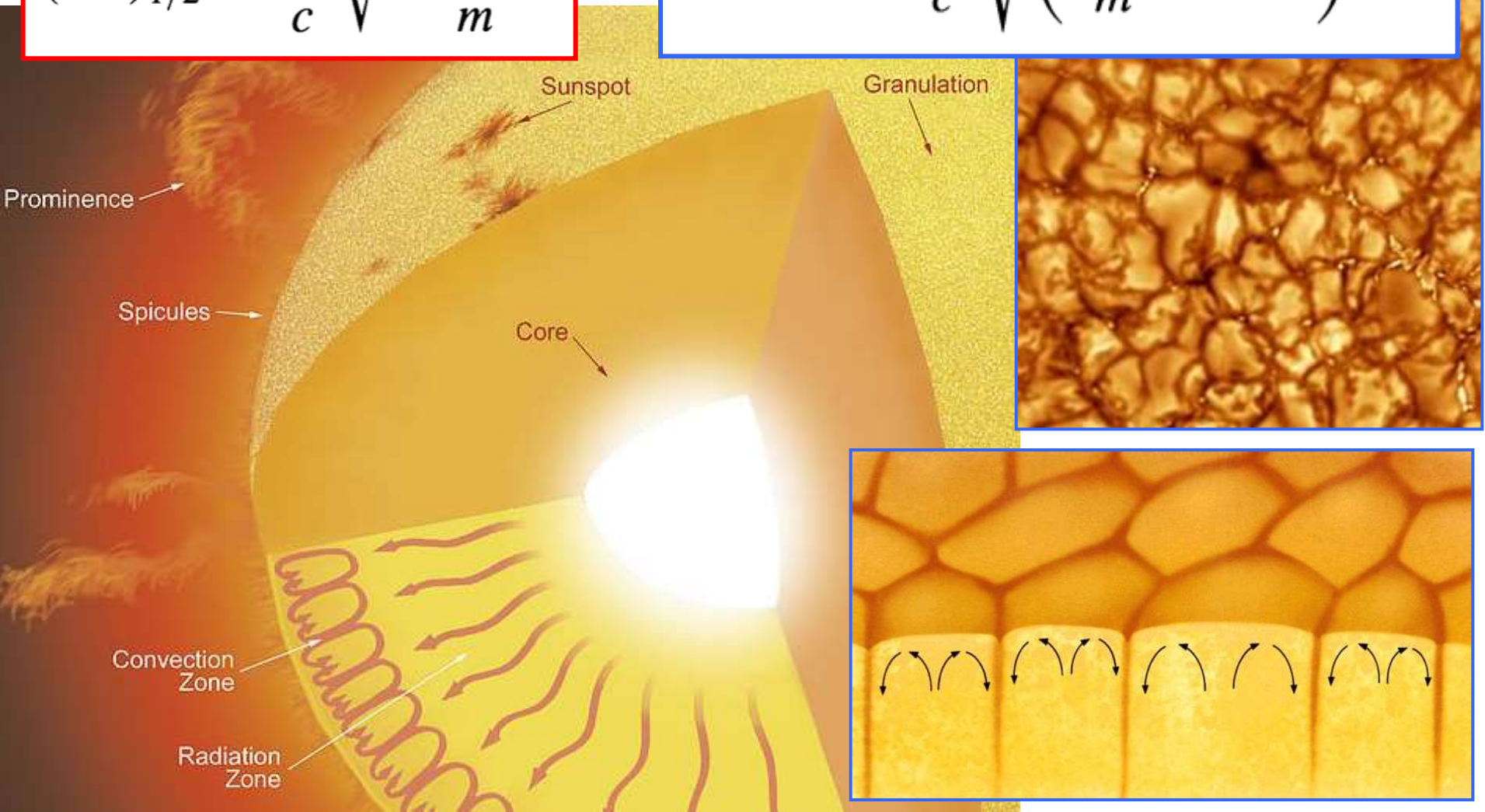
$$(\Delta\lambda)_{1/2} = \frac{2\lambda}{c} \sqrt{\frac{2kT \ln 2}{m}}$$

Doppler devido apenas a movimentos aleatórios associados à temperatura (Maxwell-Boltzmann):

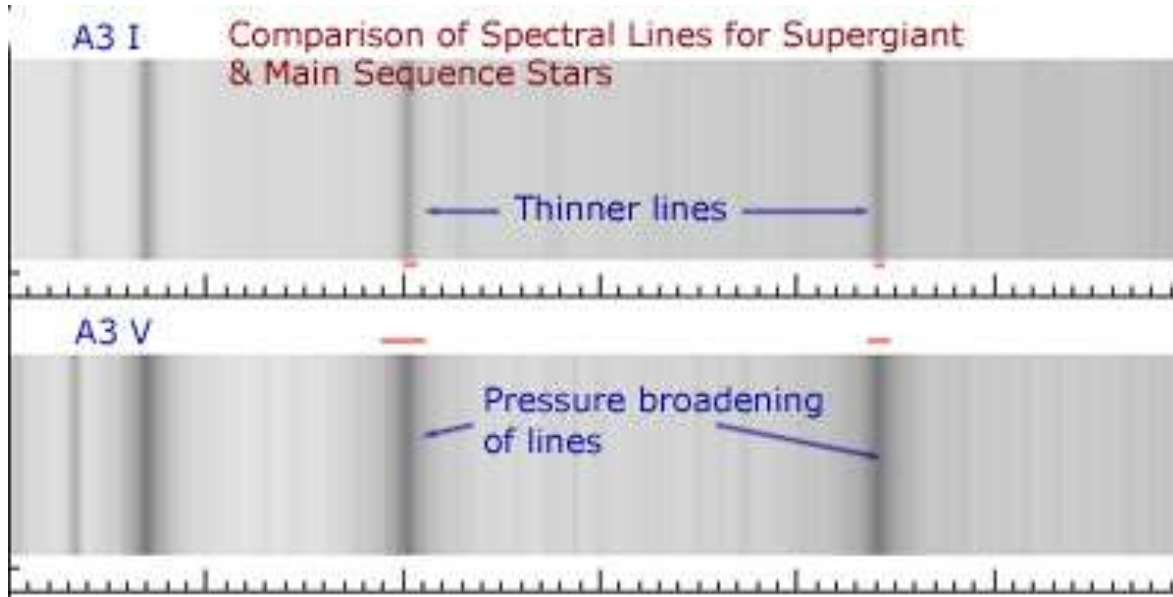
$$(\Delta\lambda)_{1/2} = \frac{2\lambda}{c} \sqrt{\frac{2kT \ln 2}{m}}$$

Incluindo movimentos turbulentos com velocidade  $v_{\text{turb}}$ :

$$(\Delta\lambda)_{1/2} = \frac{2\lambda}{c} \sqrt{\left(\frac{2kT}{m} + v_{\text{turb}}^2\right) \ln 2},$$



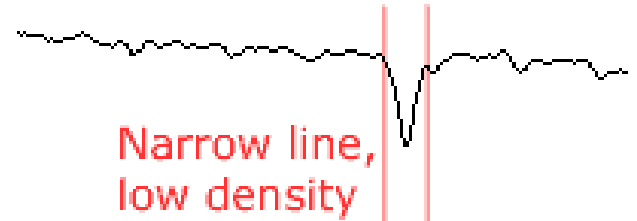
# 3. Alargamento Colisional ou de Pressão



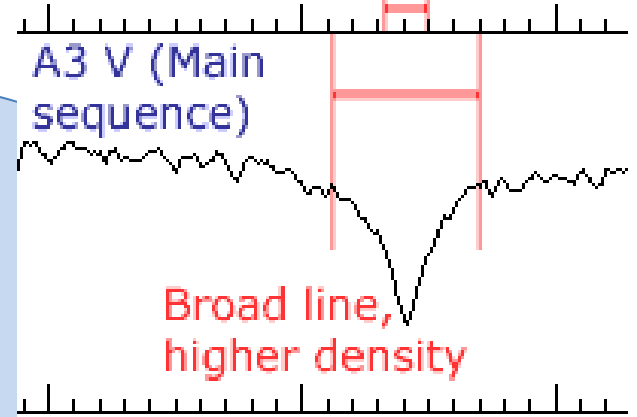
Wavelength  $\lambda$

Maior número de colisões em estrelas anãs  $\rightarrow$  maior alargamento colisional

A3 I (supergiant)



A3 V (Main sequence)



Wavelength  $\lambda$

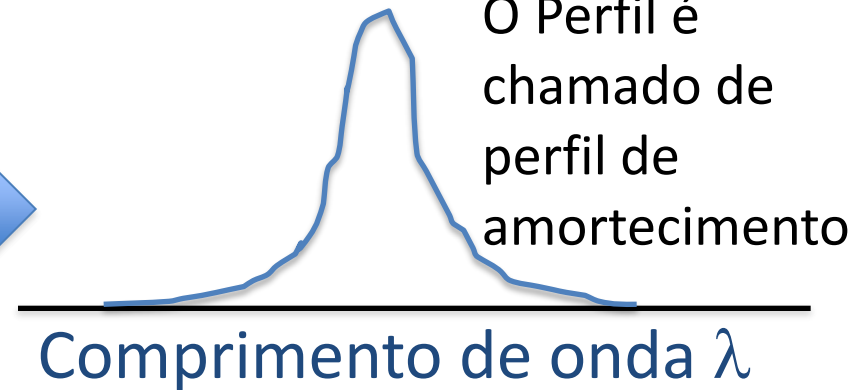
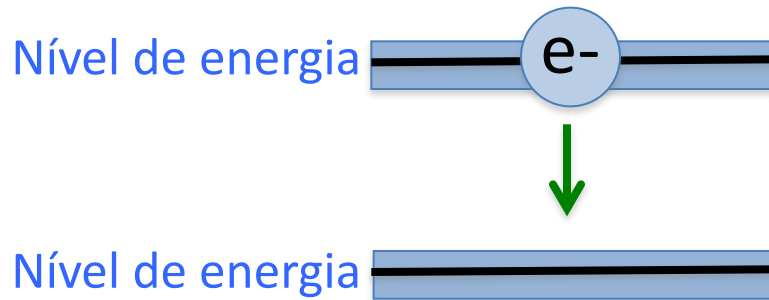
Dwarf star

Giant star

# 3. Alargamento Colisional ou de Pressão

Colisões perturbam os níveis de energia

→ linhas mais largas



$$\Delta t_0 \approx \frac{\ell}{v} = \frac{1}{n\sigma \sqrt{2kT/m}}$$

$n$ : densidade numérica de átomos (#átomos/volume)  
 $\sigma$ : seção de choque

Ordem de grandeza do alargamento:

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda^2}{c} \frac{1}{\pi \Delta t_0} \approx \frac{\lambda^2}{c} \frac{n\sigma}{\pi} \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$



**Example 9.5.3.** Again, consider the hydrogen atoms in the Sun's photosphere, where the temperature is 5777 K and the number density of hydrogen atoms is about  $1.5 \times 10^{23} \text{ m}^{-3}$ . Then the pressure broadening of the  $H\alpha$  line should be roughly

Alargamento de pressão  
(colisional) aproximado  
para a linha de  $H\alpha$ :

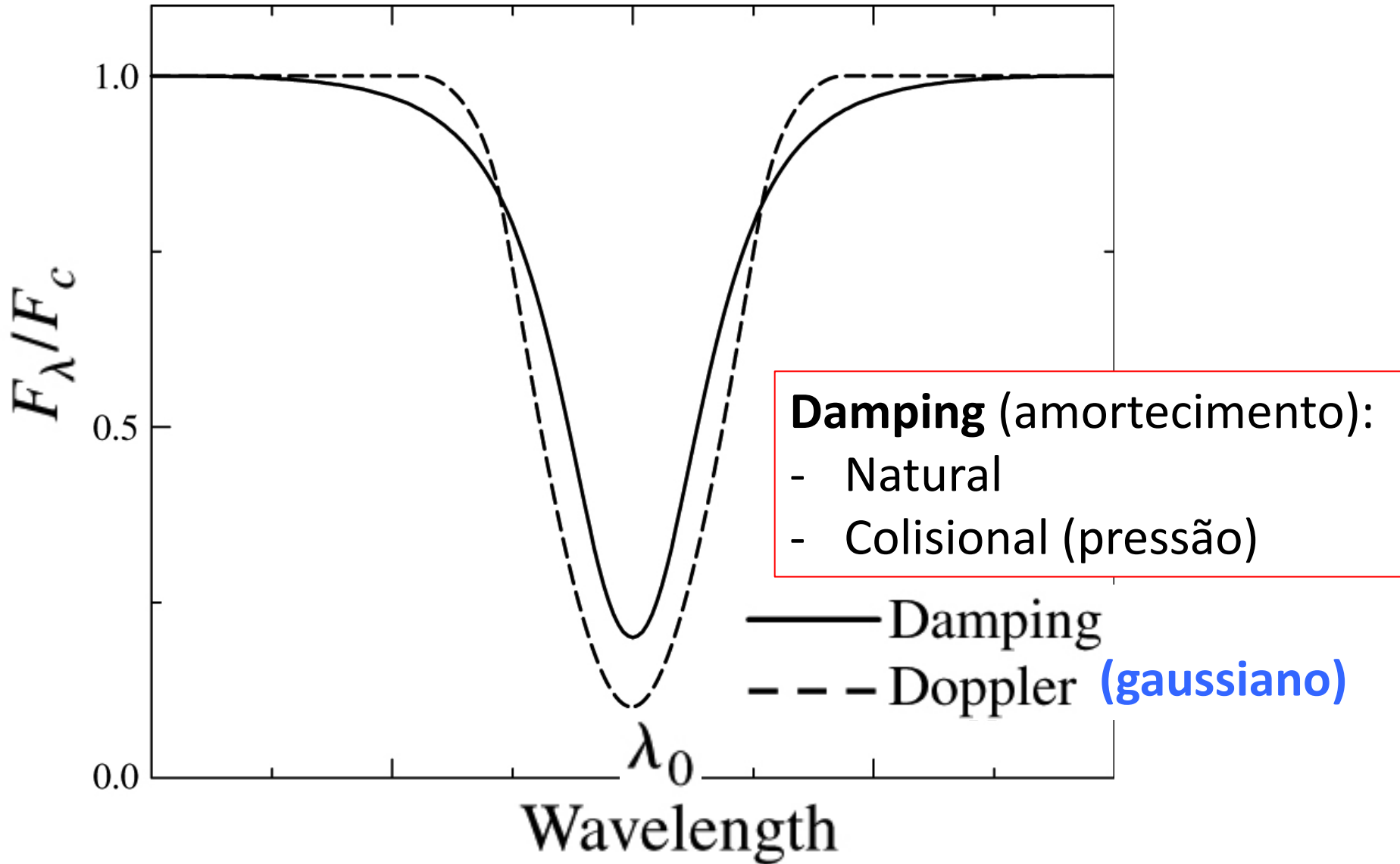
$$\Delta\lambda \approx 2.36 \times 10^{-5} \text{ nm},$$

which is comparable to the result for natural broadening found earlier. However, if the number density of the atoms in the atmosphere of a star is larger, the line width will be larger as well—more than an order of magnitude larger in some cases.

**NOTA:** a formula do livro é apenas uma primeira aproximação. O alargamento colisional pode ser muito maior

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{c} \frac{1}{\pi \Delta t_0} \approx \frac{\lambda^2}{c} \frac{n\sigma}{\pi} \sqrt{\frac{2kT}{m}}.$$

As linhas apresentam um **Perfil de Voigt**: convolução do perfil gaussiano (Doppler) e perfil *Damping* (natural + colis.)



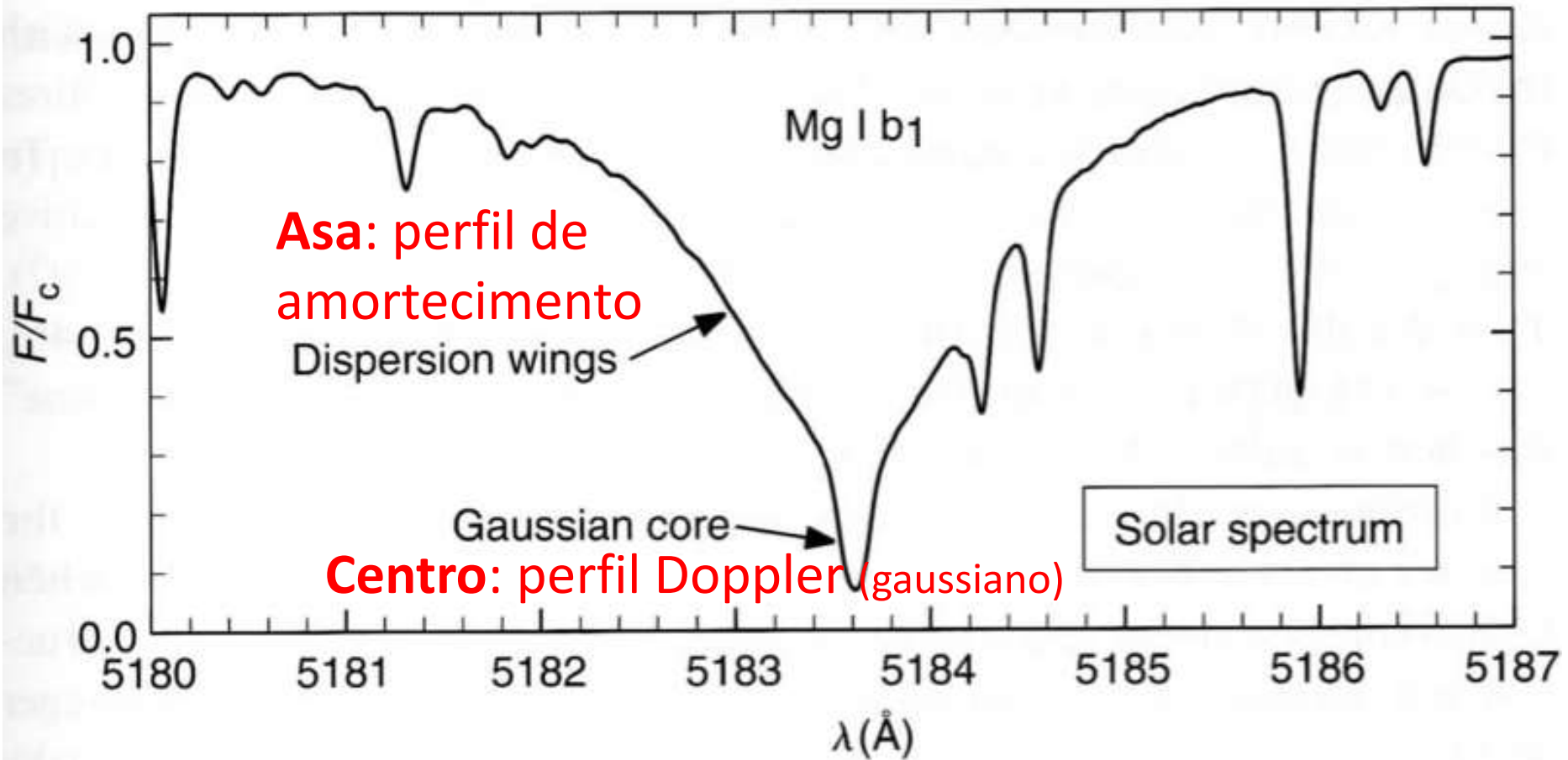
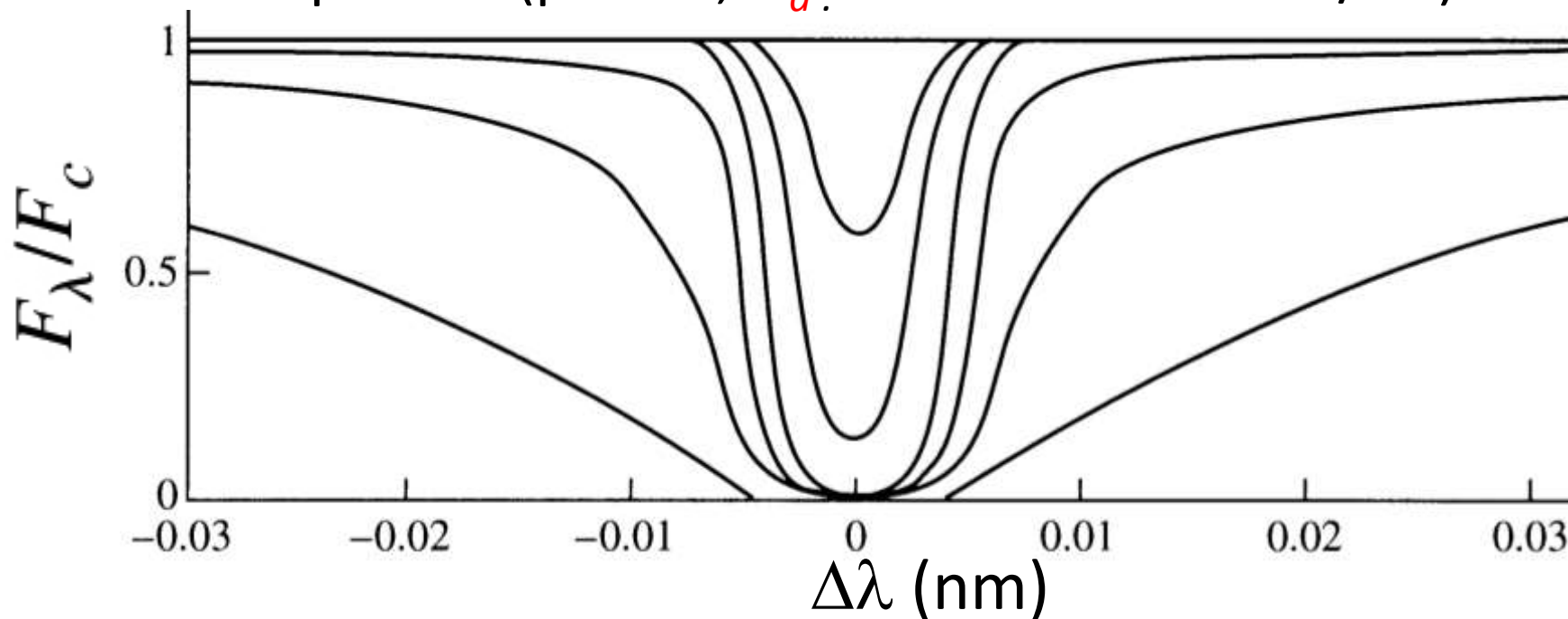


Fig. 11.11. In a few cases spectral lines, like this magnesium line in the solar spectrum, clearly show the Gaussian core and the dispersion wings with a relatively sharp transition between the two near  $F/F_c \approx 0.3$ .

**Temperatura e pressão** são importantes para:

- Equações de Boltzmann e Saha
- Perfil da linha (Doppler e Colisional).

Também precisamos a probabilidade de transição entre os níveis de energia (força de oscilador  $f$ ) e a abundância do elemento químico (por ex.,  $N_a$ : número de átomos/m<sup>2</sup>)



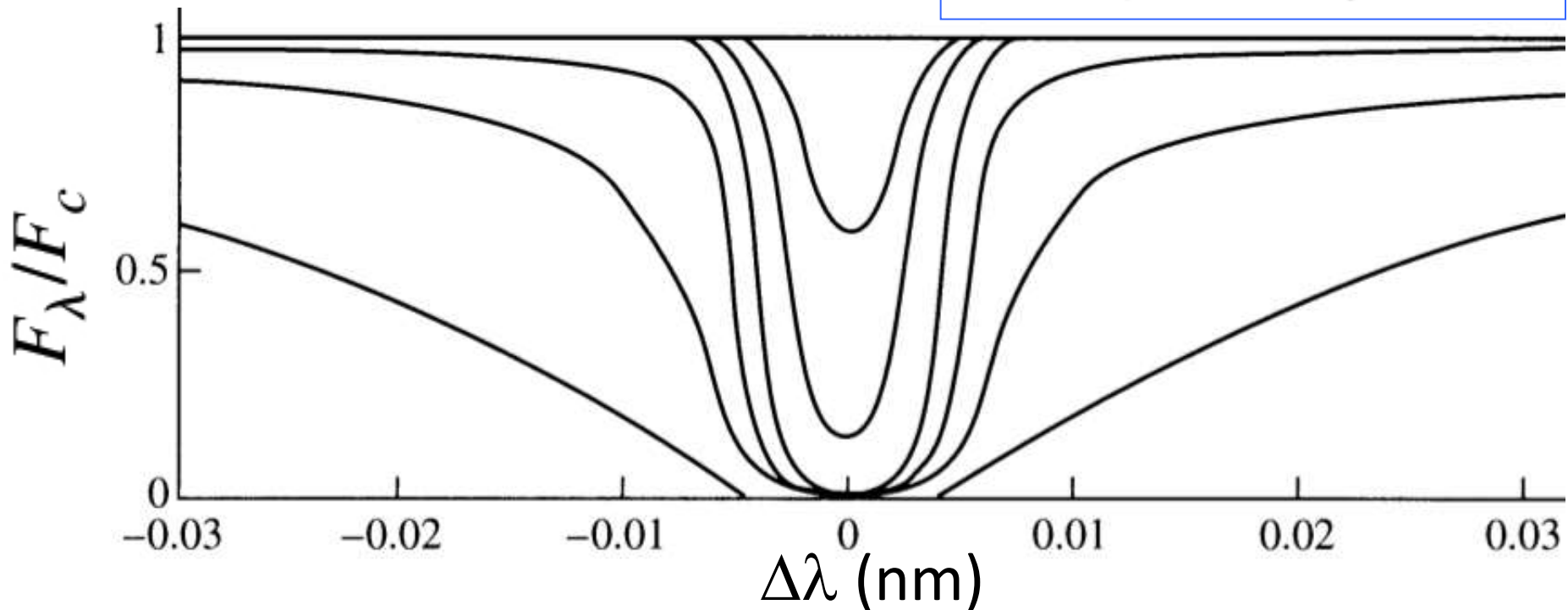
Perfil da linha K de CaII para diferentes abundâncias  $N_a$  de cálcio

**FIGURE 9.20** Voigt profiles of the K line of Ca II. The shallowest line is produced by  $N_a = 3.4 \times 10^{15}$  ions m<sup>-2</sup>, and the ions are ten times more abundant for each successively broader line.

# Curva de crescimento

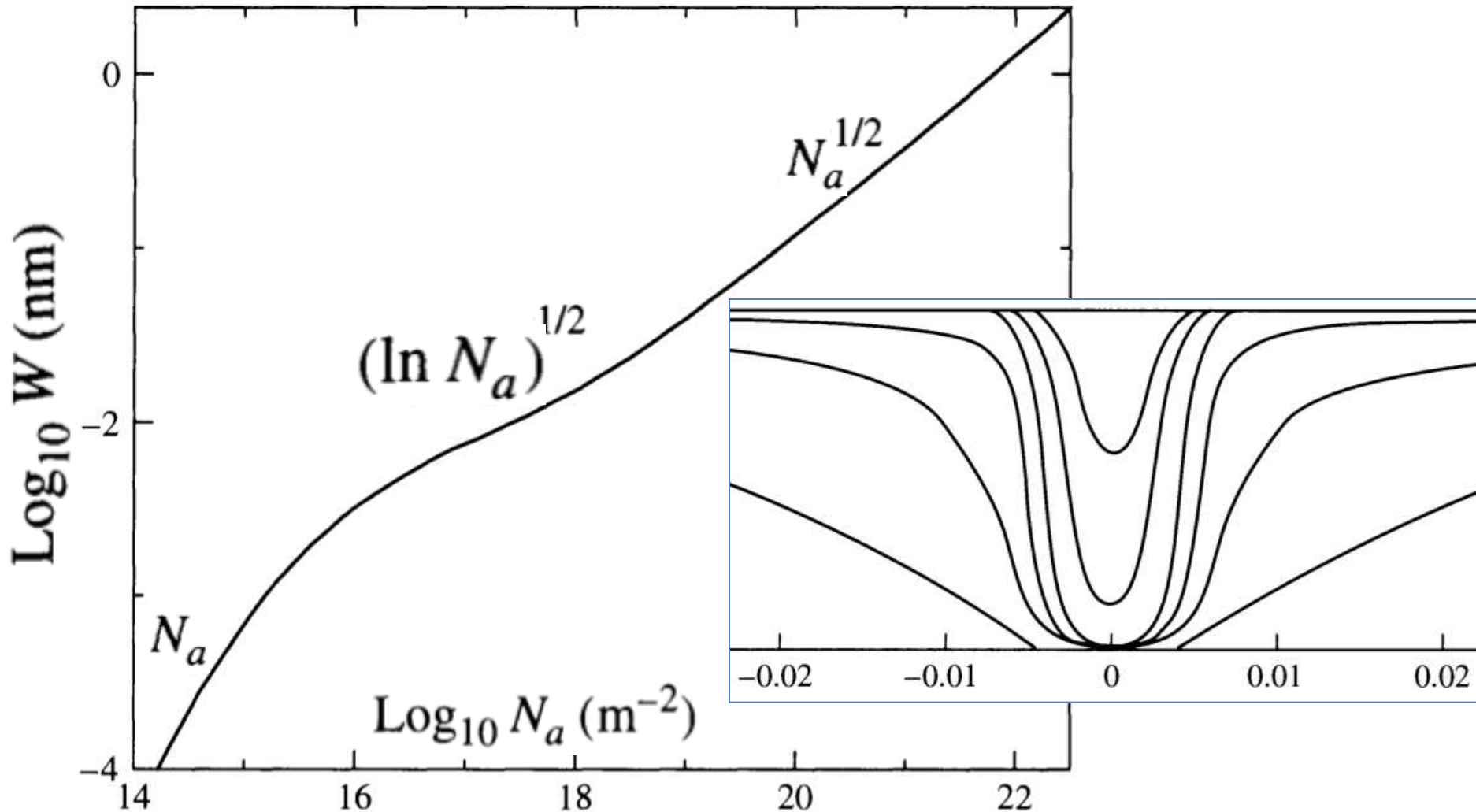
A largura equivalente  $W$  aumenta para abundâncias maiores

$$W = \int \frac{F_c - F_\lambda}{F_c} d\lambda$$



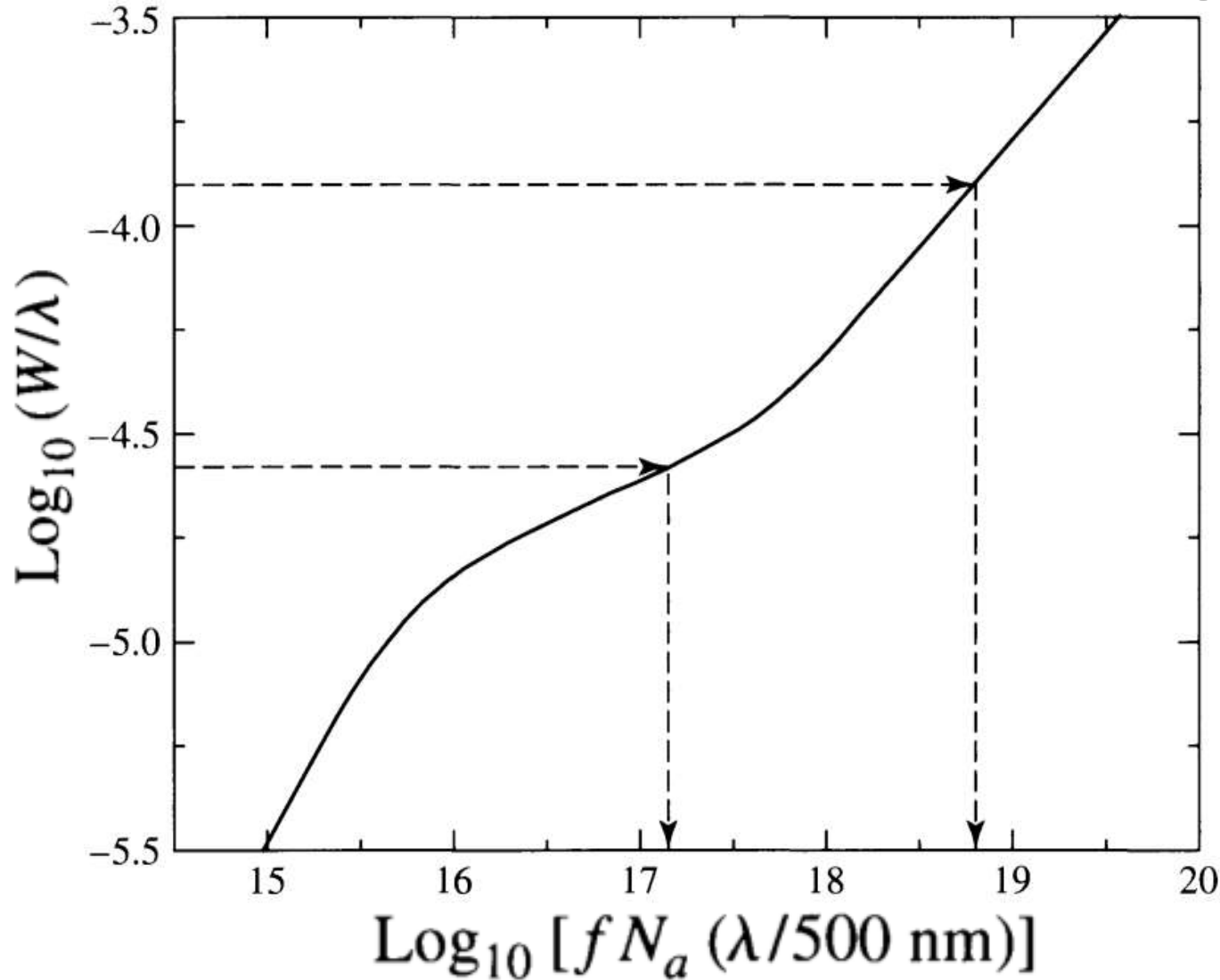
Linha K de CaII para diferentes abundâncias  $N_a$  de cálcio, variando em um fator de 10 para cada perfil

# Curva de crescimento



**FIGURE 9.21** The curve of growth for the K line of Ca II. As  $N_a$  increases, the functional dependence of the equivalent width ( $W$ ) changes. At various positions along the curve of growth,  $W$  is proportional to the functional forms indicated. (Figure adapted from Aller, *The Atmospheres of the Sun and Stars*, Ronald Press, New York, 1963.)

# Curva de crescimento geral



Para a curva de crescimento ser mais util, usar  $W/\lambda$  ao invés de  $W$ .

No eixo X, usar  $f N_a \lambda$  ao invés da abundância  $N_a$

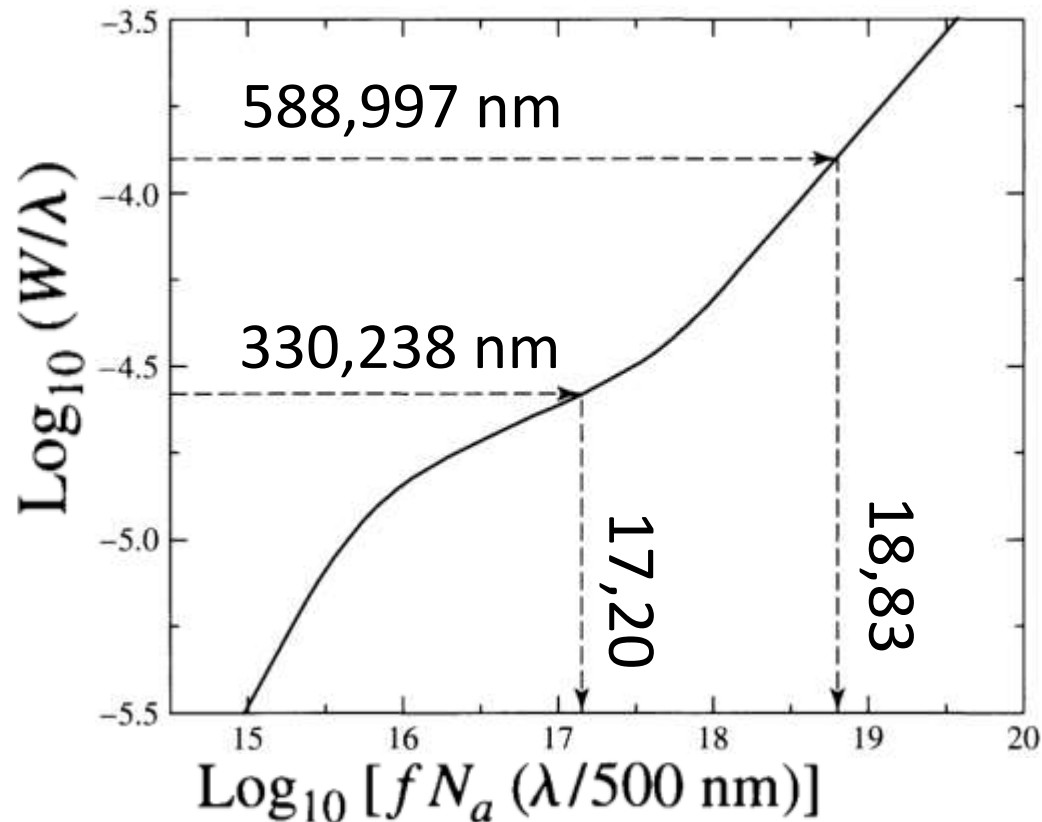
**FIGURE 9.22** A general curve of growth for the Sun. The arrows refer to the data used in Example 9.5.5. (Figure adapted from Aller, *Atoms, Stars, and Nebulae*, Revised Edition, Harvard University)

Ex. 9.5.5: Determinar a abundância  $N_a$  (*número de átomos/m<sup>2</sup>*) de sódio no Sol. Usar as linhas de absorção 330,238 e 588,997 nm. Adotar:  $T = 5800$  K e  $P_e = 1$  N m<sup>-2</sup>

Dados para as linhas de sódio

$\lambda$ (nm)	$W$ (nm)	$f$	$\log_{10}(W/\lambda)$	$\log_{10}[f(\lambda/500 \text{ nm})]$
330.238	0.0088	0.0214	-4.58	-1.85
588.997	0.0730	0.645	-3.90	-0.12

Ambas as linhas são produzidas a partir do estado base





$$\log_{10} \left( \frac{f N_a \lambda}{500 \text{ nm}} \right) = 17.20 \quad \text{Para a linha } 330,238 \text{ nm}$$

$$= 18.83 \quad \text{Para a linha } 588,997 \text{ nm}$$

Para obter a abundância  $N_a$  (*número de átomos/m<sup>2</sup>*) de sódio no Sol, subtrair  $\log_{10}[f(\lambda/500 \text{ nm})]$

$$\log_{10} N_a = \log_{10} \left( \frac{f N_a \lambda}{500 \text{ nm}} \right) - \log_{10} \left( \frac{f \lambda}{500 \text{ nm}} \right)$$

$$\text{Log}_{10} N_a = 17,20 - (-1,85) = 19,05 \rightarrow \text{média de } 19,0$$

$$\text{Log}_{10} N_a = 18,83 - (-0,12) = 18,95 \rightarrow 10^{19} \text{ átomos de NaI/m}^2$$

$\lambda$ (nm)	$W$ (nm)	$f$	$\log_{10}(W/\lambda)$	$\log_{10}[f(\lambda/500 \text{ nm})]$
330.238	0.0088	0.0214	-4.58	-1.85
588.997	0.0730	0.645	-3.90	-0.12

Para saber quantos átomos de Na existem, temos que usar as equações de Boltzmann e Saha

Número de átomos de NaI nos estados excitados :

**Boltzmann:**

$$e^{-(E_b - E_a)/kT} = e^{-hc/\lambda kT}$$

A diferença ( $E_b - E_a$ )  
é a energia do fóton  
 $E = h\nu = hc/\lambda$

$$= 5,45 \times 10^{-4} \text{ para a linha } 330,238 \text{ nm}$$

$$= 1,48 \times 10^{-2} \text{ para a linha } 588,997 \text{ nm}$$

→ Maioria dos átomos de NaI no estado base

Precisamos calcular agora o número de átomos de sódio em todos os estados de ionização.

Saha: 
$$\frac{N_{II}}{N_I} = \frac{2kT Z_{II}}{P_e Z_I} \left( \frac{2\pi m_e kT}{h^2} \right)^{3/2} e^{-\chi_I/kT}$$

Funções de partição  $Z_I = 2,4$  e  $Z_{II} = 1,0$ ;  $P_e = 1 \text{ N m}^{-2}$ ;  
energia de ionização  $\chi_I = 5,14 \text{ eV} \rightarrow N_{II}/N_I = 2,43 \times 10^3$ .

$N_I = 10^{19} \text{ átomos NaI/m}^2 \rightarrow N_{II} = 2,43 \times 10^{22} \text{ átomos NaI/m}^2$

Massa do átomo de Na =  $3,82 \times 10^{-26} \text{ kg}$

$\rightarrow$  a massa dos átomos de Na/m<sup>2</sup> é  $9,3 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$ .

Análise detalhada:  $5,4 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$ .

Comparação: massa átomos de H/m<sup>2</sup> é  $\sim 11 \text{ kg/m}^2$ .

Para cálculos mais detalhados da composição química é necessário usar modelos de atmosferas

Tabela dos elementos mais abundantes na fotosfera do Sol.

A abundância é:  
 $\log (N_{\text{elemento}}/N_{\text{H}}) + 12$

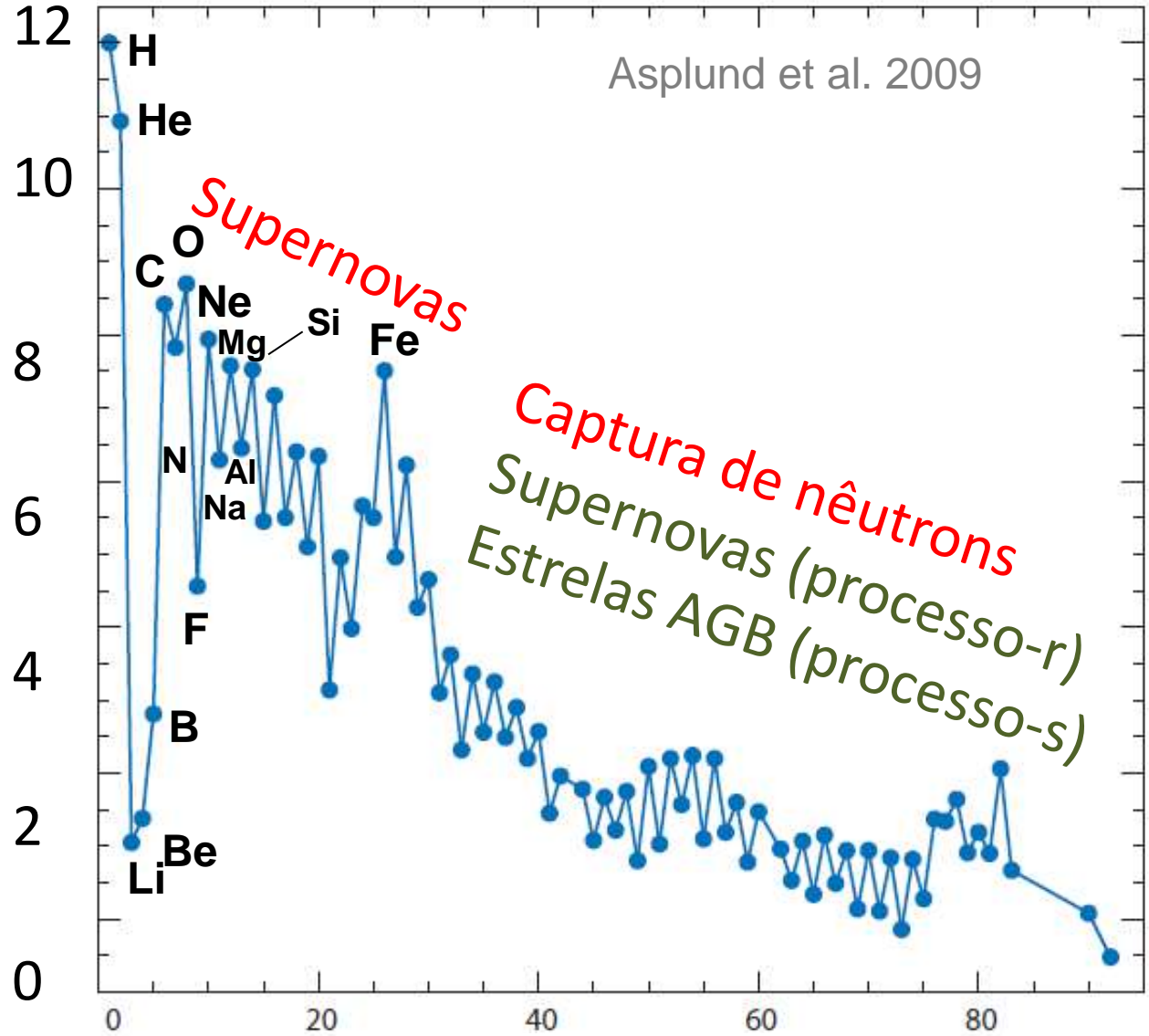
Element	Atomic Number	Log Relative Abundance
Hydrogen	1	12.00
Helium	2	10.93 ± 0.004
Oxygen	8	8.83 ± 0.06
Carbon	6	8.52 ± 0.06
Neon	10	8.08 ± 0.06
Nitrogen	7	7.92 ± 0.06
Magnesium	12	7.58 ± 0.05
Silicon	14	7.55 ± 0.05
Iron	26	7.50 ± 0.05
Sulfur	16	7.33 ± 0.11
Aluminum	13	6.47 ± 0.07
Argon	18	6.40 ± 0.06
Calcium	20	6.36 ± 0.02
Sodium	11	6.33 ± 0.03

**N: número de átomos por unidade de volume**

# Abundâncias químicas no Sol

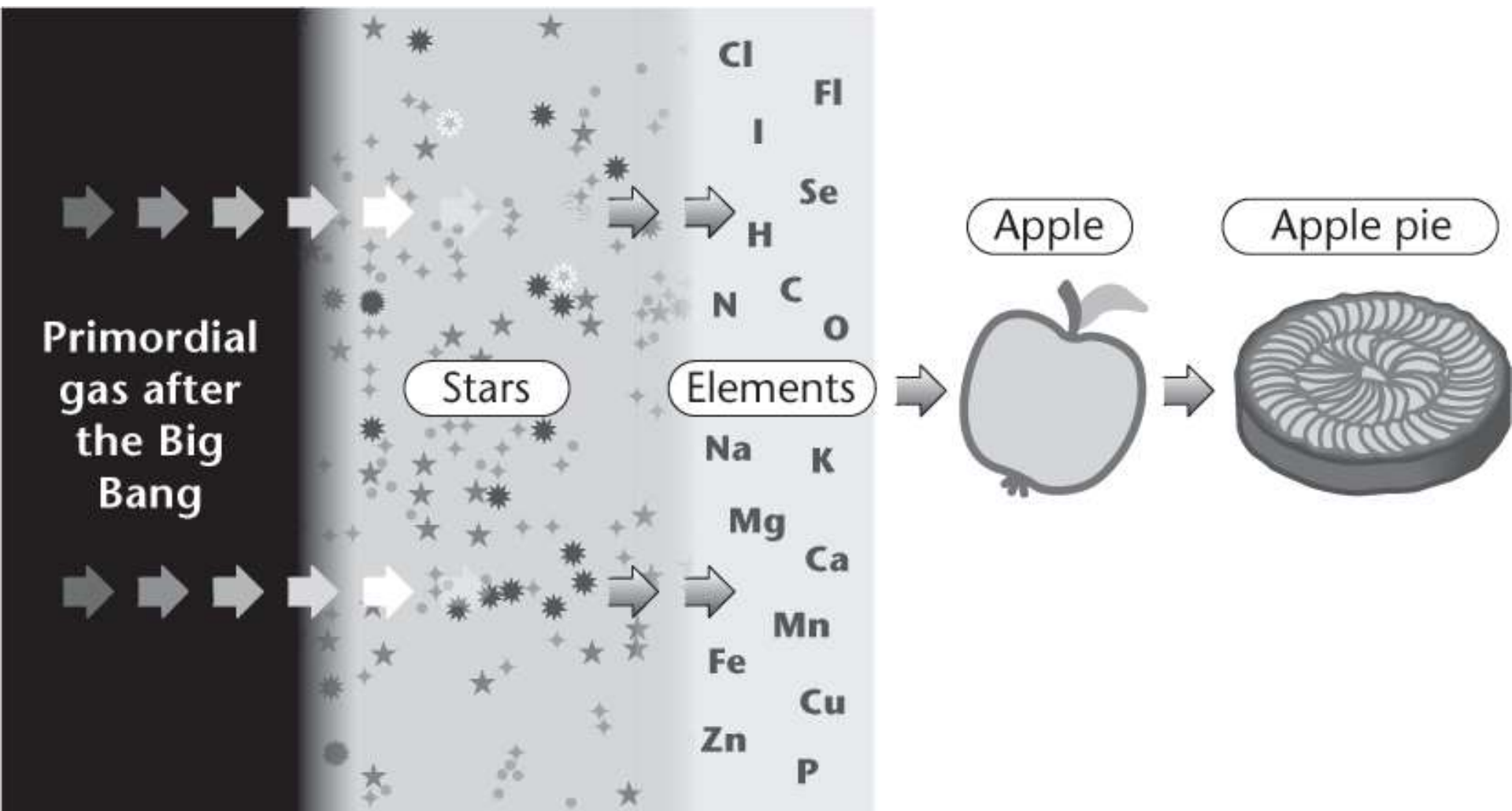
Abundâncias em  
logaritmo (dex)

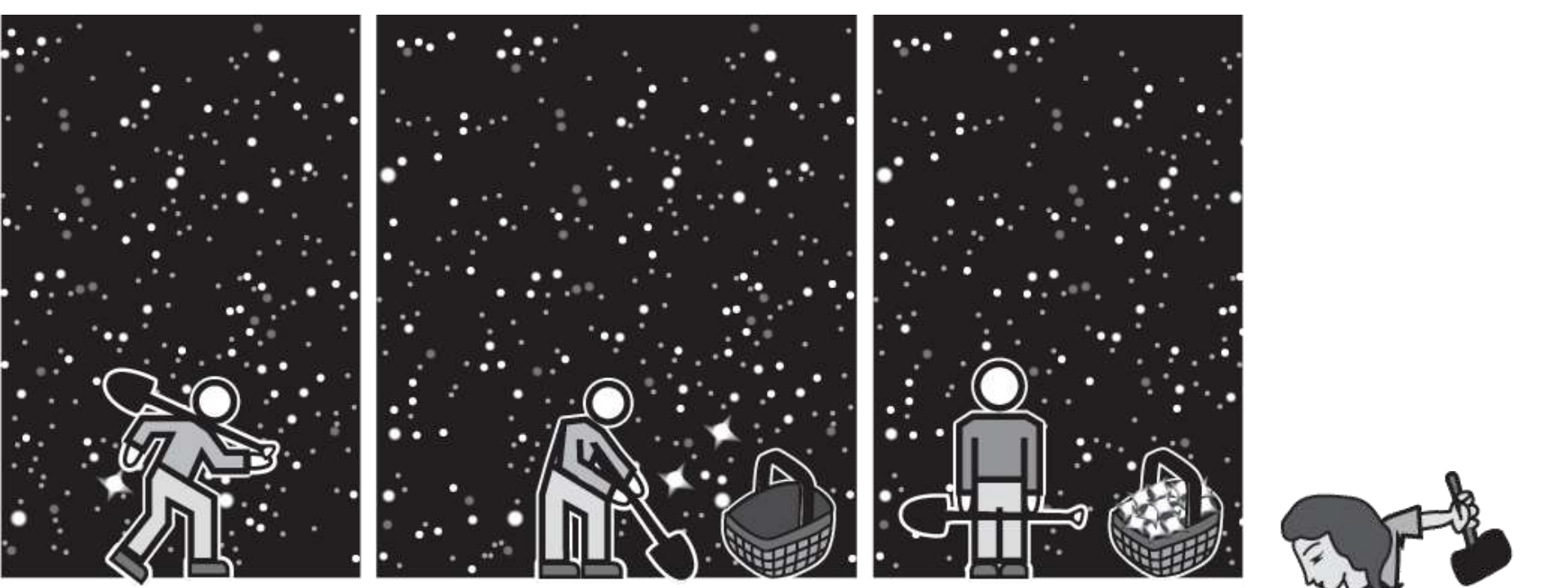
Big Bang



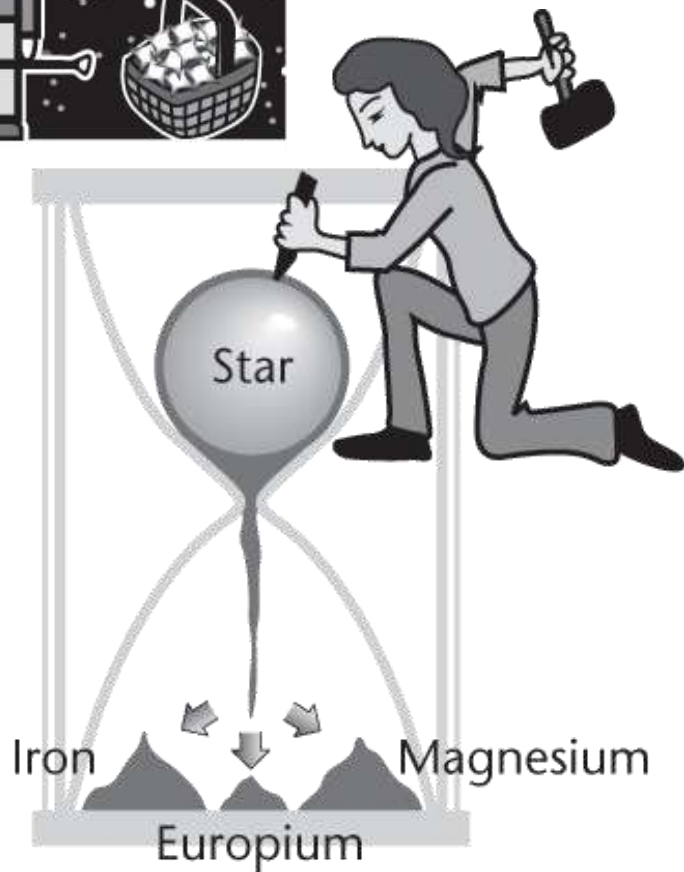
Número atômico

# Como fazer uma torta de maçã?

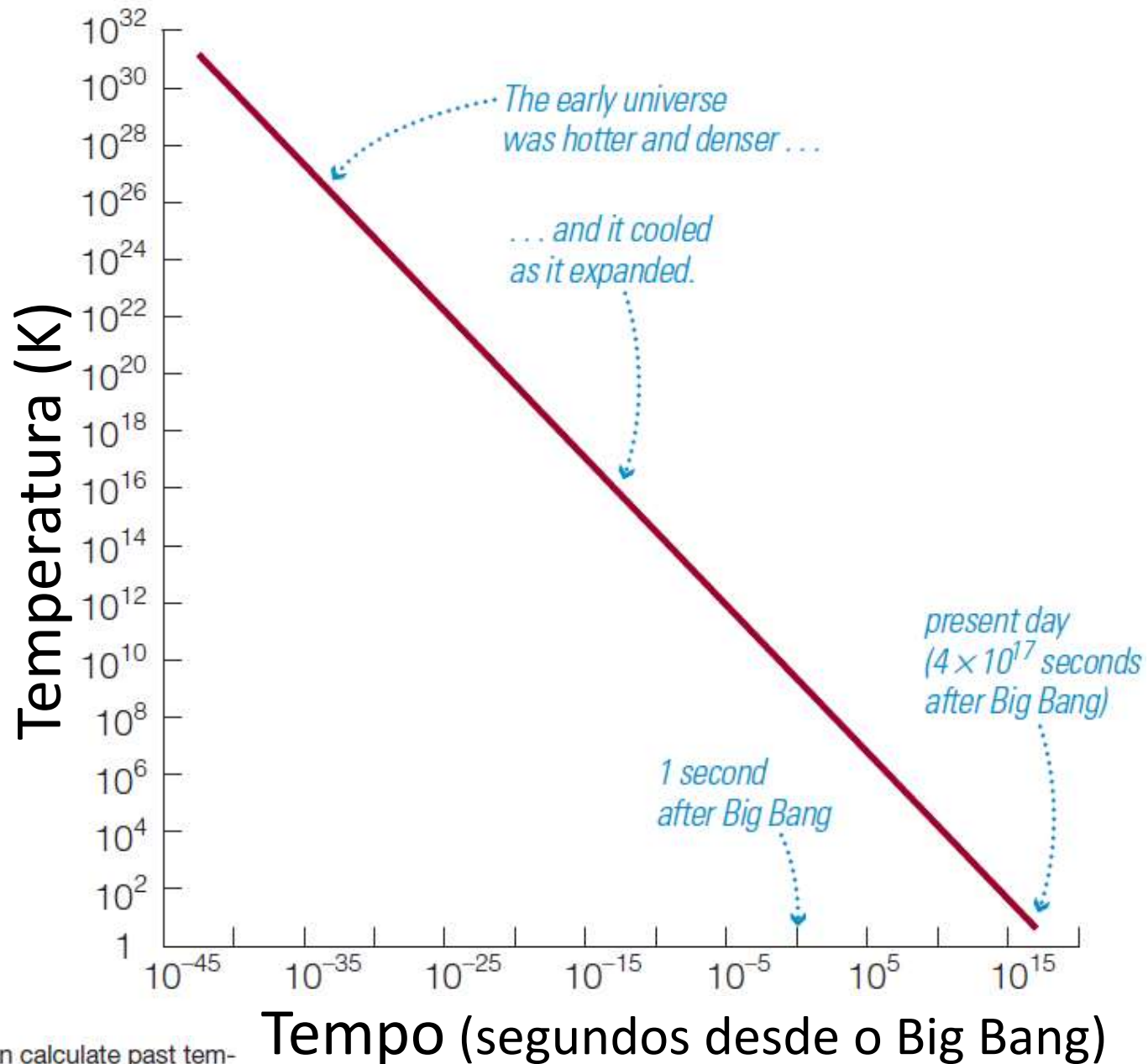




# Arqueologia Galáctica



Universo em  
expansão →  
resfriamento



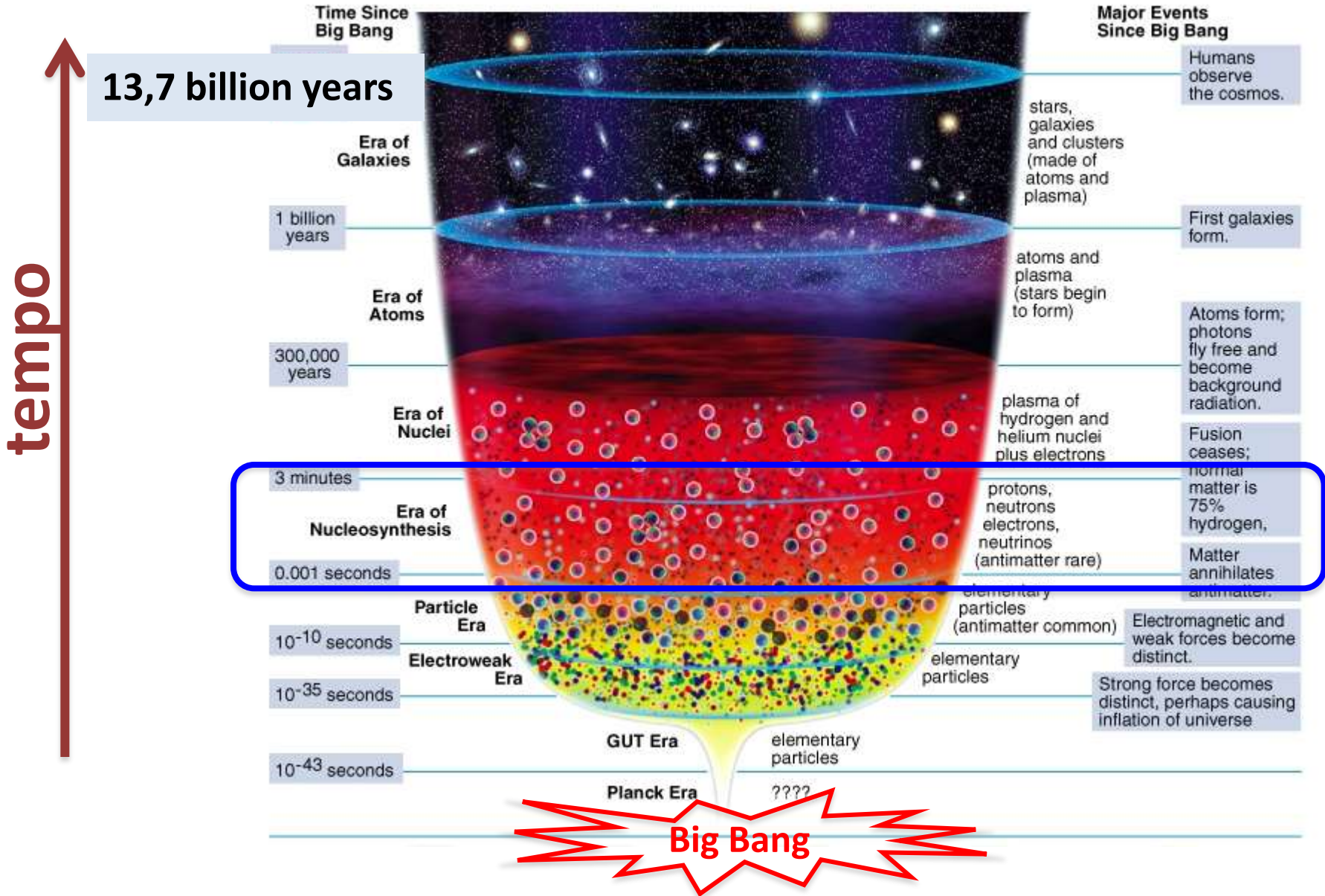
The universe cools as it expands. We can calculate past temperatures by using the laws of physics and the current temperature of the universe (about 3 K). This graph shows the results. Notice that both axis scales use powers of 10. (The graph extends to the present: 14 billion years  $\approx 4 \times 10^{17}$  seconds.)

Bennett et al. 2012

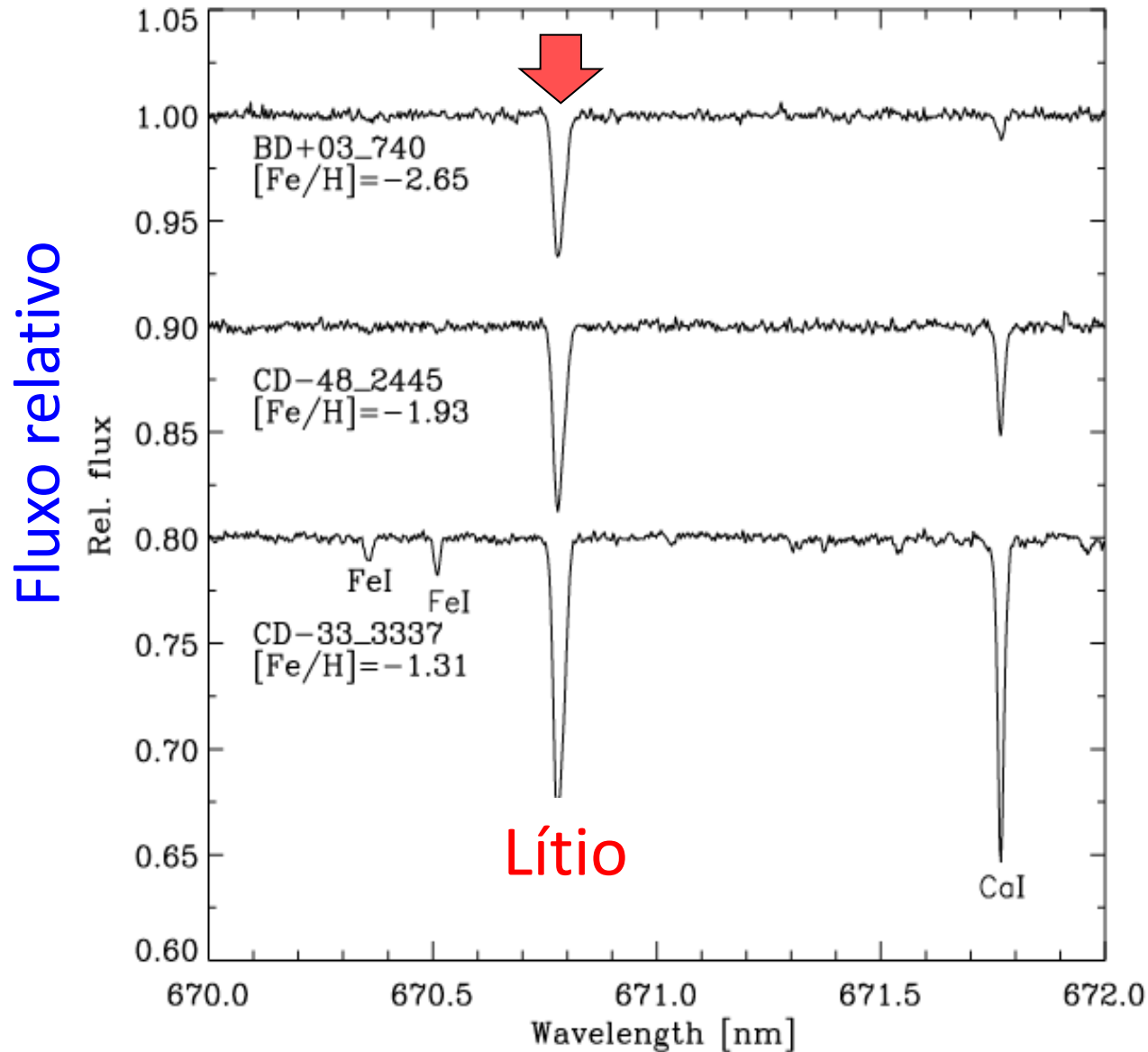


# Evolução de nosso universo

## Primeiros 3 minutos: H, He, Li



# Lítio primordial em estrelas pobres em metais



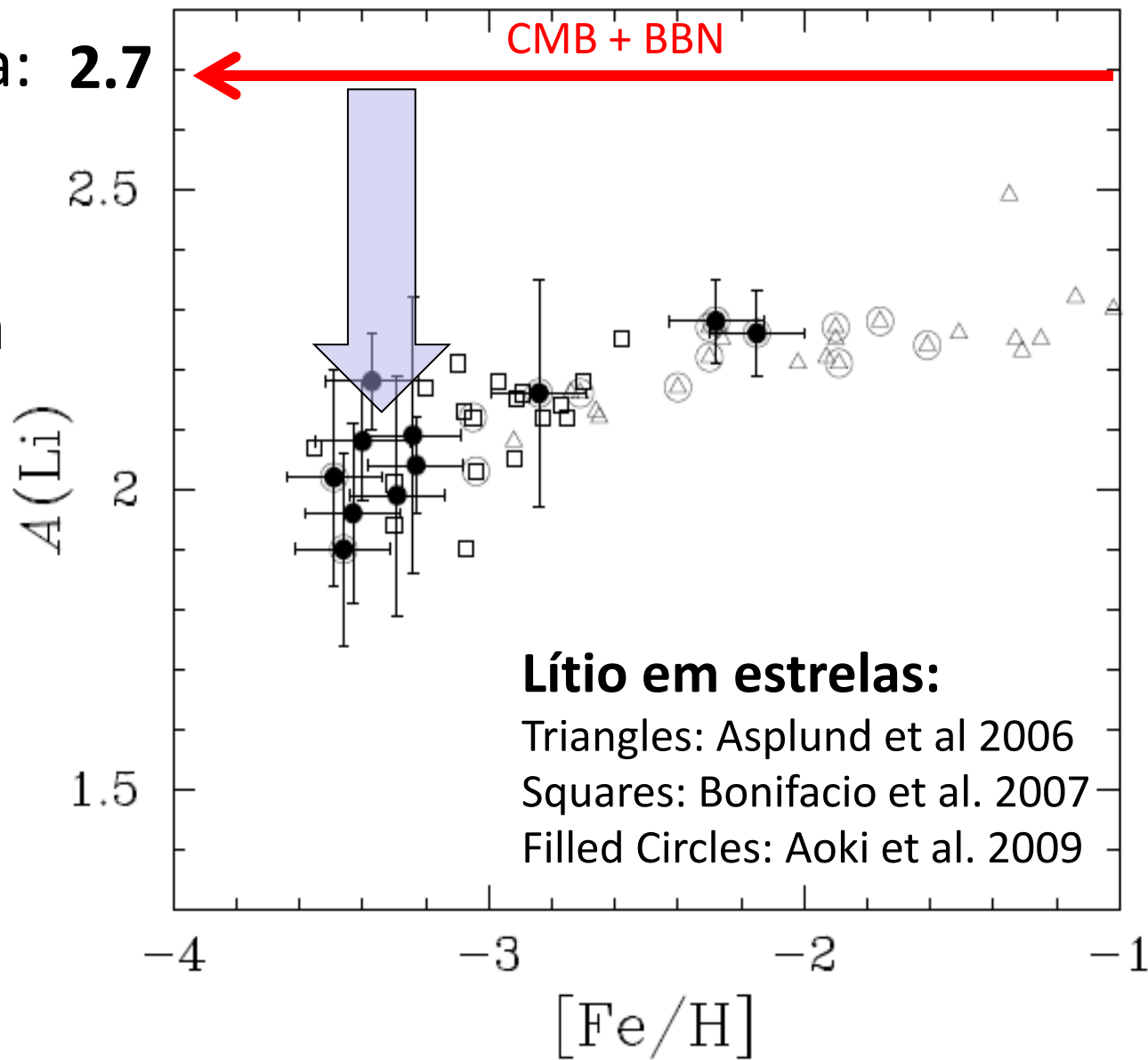
Asplund et al. (2006)

# Problema cosmológico do lítio

Previsão teórica: **2.7**

Lítio medido em  
estrelas:  
(Li = 2.0 – 2.25)

Large  
discrepancy!



*Aoki et al. (2009)*

# Pesquisa de lítio em estrelas pobres em metais usando o telescópio Keck de 10 metros (Havaí)



*Havaí, após a missão de observação*

A&A 554, A96 (2013)

DOI: [10.1051/0004-6361/201321406](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201321406)

© ESO 2013

# The lithium isotopic ratio in very metal-poor stars

K. Lind<sup>1,2</sup>, J. Melendez<sup>3</sup>, M. Asplund<sup>4</sup>, R. Collet<sup>4</sup>, and Z. Magic<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Max Plack Institute for Astrophysics, Karl-Schwarzschild-Strasse 1, 857 41 Garching bei München, Germany

<sup>2</sup> Institute of Astronomy, University of Cambridge, Madingley Road, Cambridge, CB3 0HA, UK  
e-mail: [klind@ast.cam.ac.uk](mailto:klind@ast.cam.ac.uk)

<sup>3</sup> Departamento de Astronomia do IAG/USP, Universidade de São Paulo, Rua do Matão 1226, Cidade Universitária, 05508-900 São Paulo, SP, Brazil

<sup>4</sup> Research School of Astronomy & Astrophysics, Australian National University, Cotter Road, Weston Creek, ACT 2611, Australia

Received 4 March 2013 / Accepted 24 May 2013

<http://www.aanda.org/articles/aa/abs/2013/06/aa21406-13/aa21406-13.html>

Press Release

Highlight

Free access

<b>Issue</b>	A&A <b>Volume</b> 554, June 2013
<b>Article Number</b>	A96
<b>Number of page(s)</b>	15
<b>Section</b>	Stellar atmospheres
<b>DOI</b>	<a href="http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/201321406">http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/201321406</a>
<b>Published online</b>	10 June 2013

Descoberta de estrela ultra-pobre em metais usando o telescópio NTT no Observatório La Silla (3,6 m) em Chile

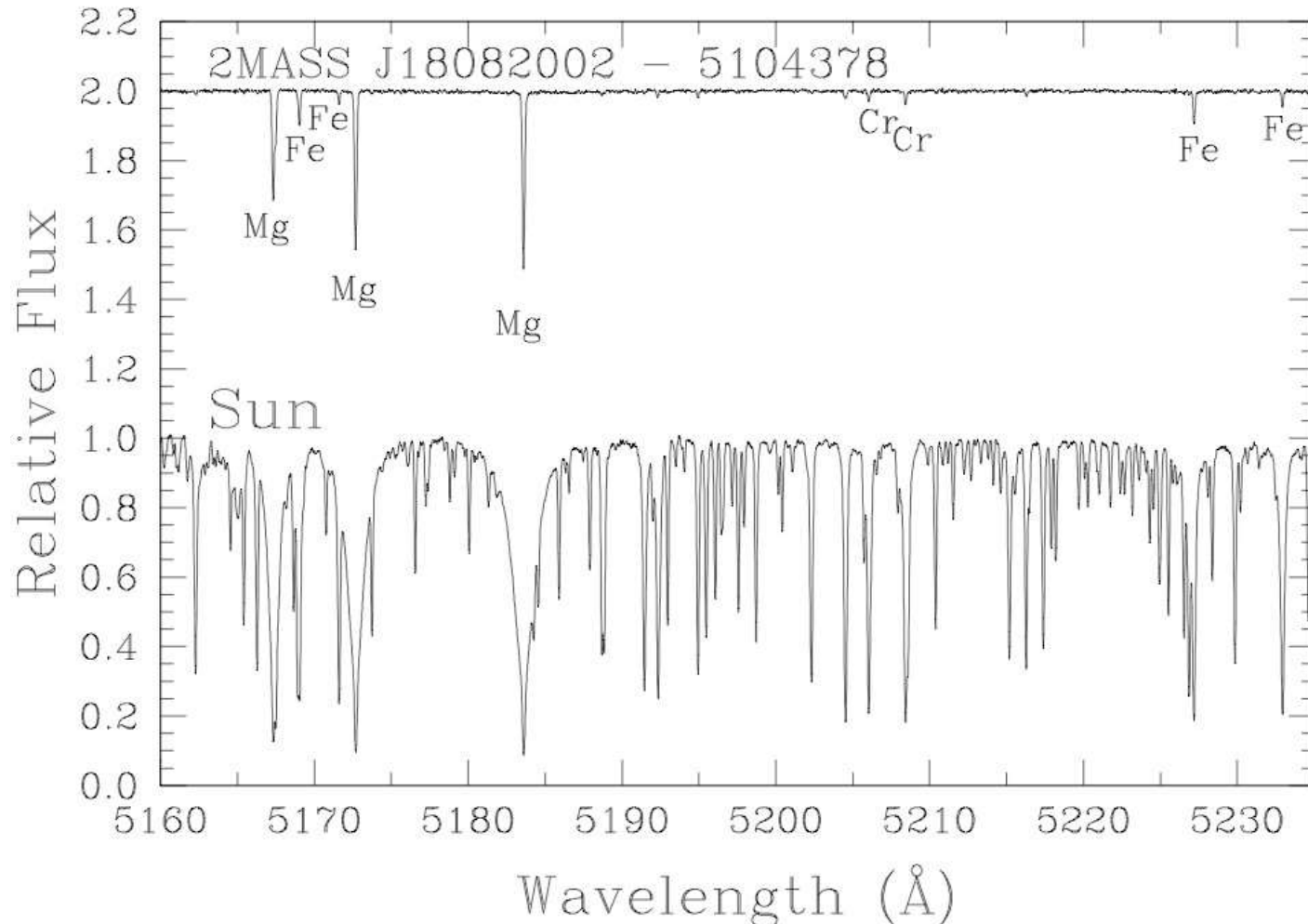


Melendez et al. (2016)

LETTER TO THE EDITOR

# 2MASS J18082002–5104378: The brightest ( $V = 11.9$ ) ultra metal-poor star<sup>★</sup>

Jorge Meléndez<sup>1</sup>, Vinicius M. Placco<sup>2</sup>, Marcelo Tucci-Maia<sup>1</sup>, Iván Ramírez<sup>3</sup>, Ting S. Li<sup>4</sup>, and Gabriel Perez<sup>5</sup>



# Tabela periódica de alguns astrônomos

## H & He → “metais”



**METAIS**



# Evolução química dos elementos

## H & He → “metais”

Periodic Table of the Elements © www.elementsdatabase.com

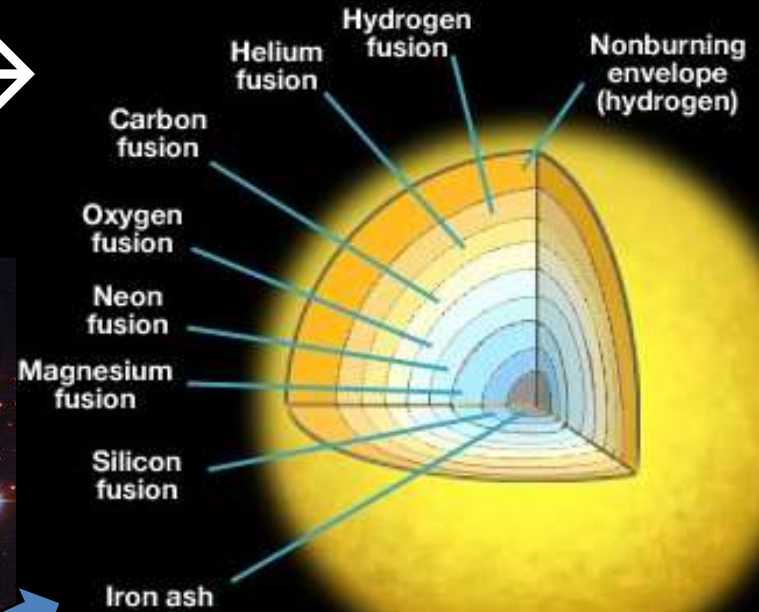
- hydrogen
- alkali metals
- alkali earth metals
- transition metals
- poor metals
- nonmetals
- noble gases
- rare earth metals

1 H																	2 He	
3 Li	4 Be																	10 Ne
11 Na	12 Mg																	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Unq	105 Unp	106 Unh	107 Uns	108 Uno	109 Une	110 Unn									

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

# Primeira geração de estrelas foi formada de H & He → metais

Nuvens  
primordiais  
de H, He



Estrelas massivas explodem como  
supernova, ejetando material rico  
em metais



# Evolução Estelar

Type II Supernova

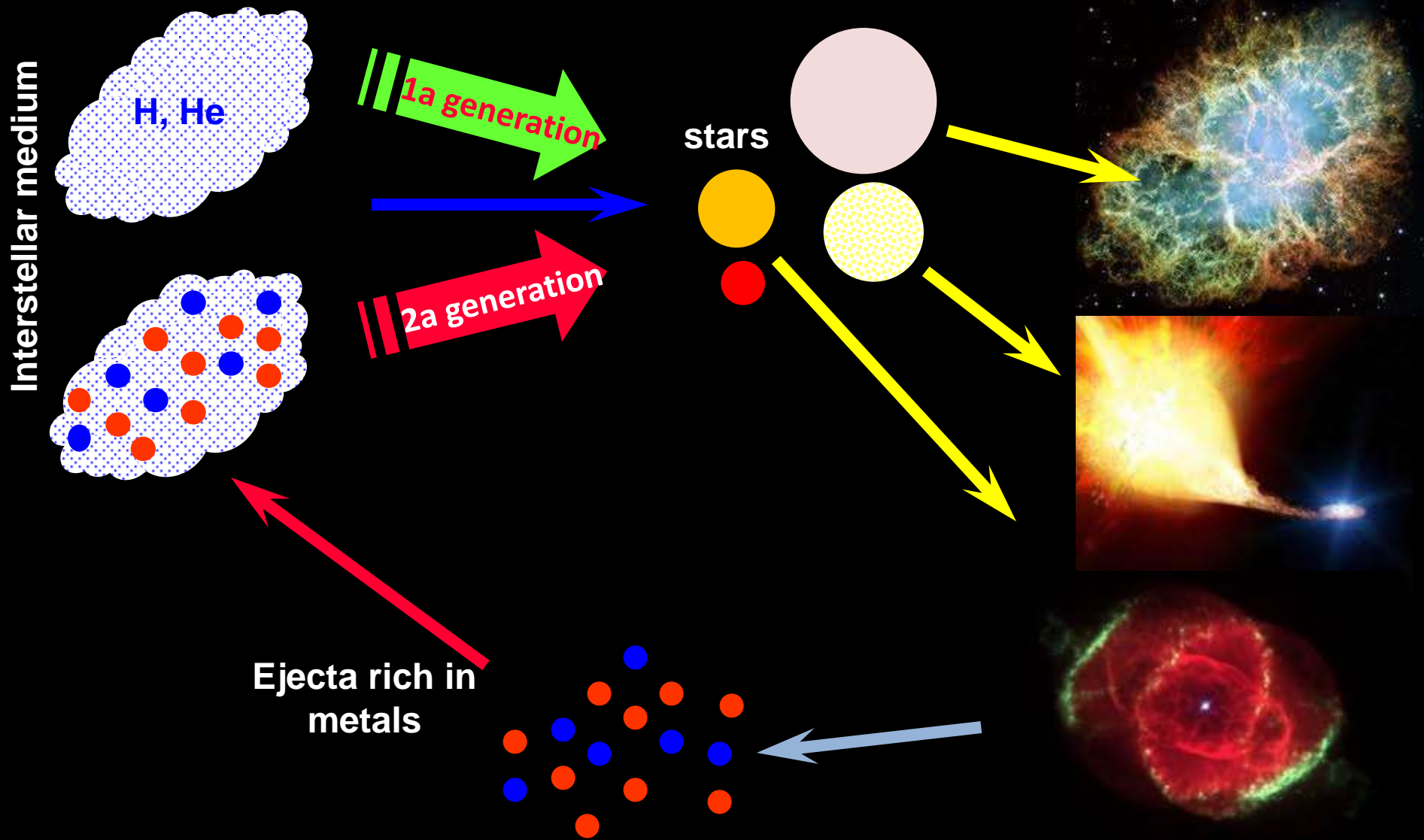


Planetary Nebula



Type Ia Supernova  
(artist's concept)

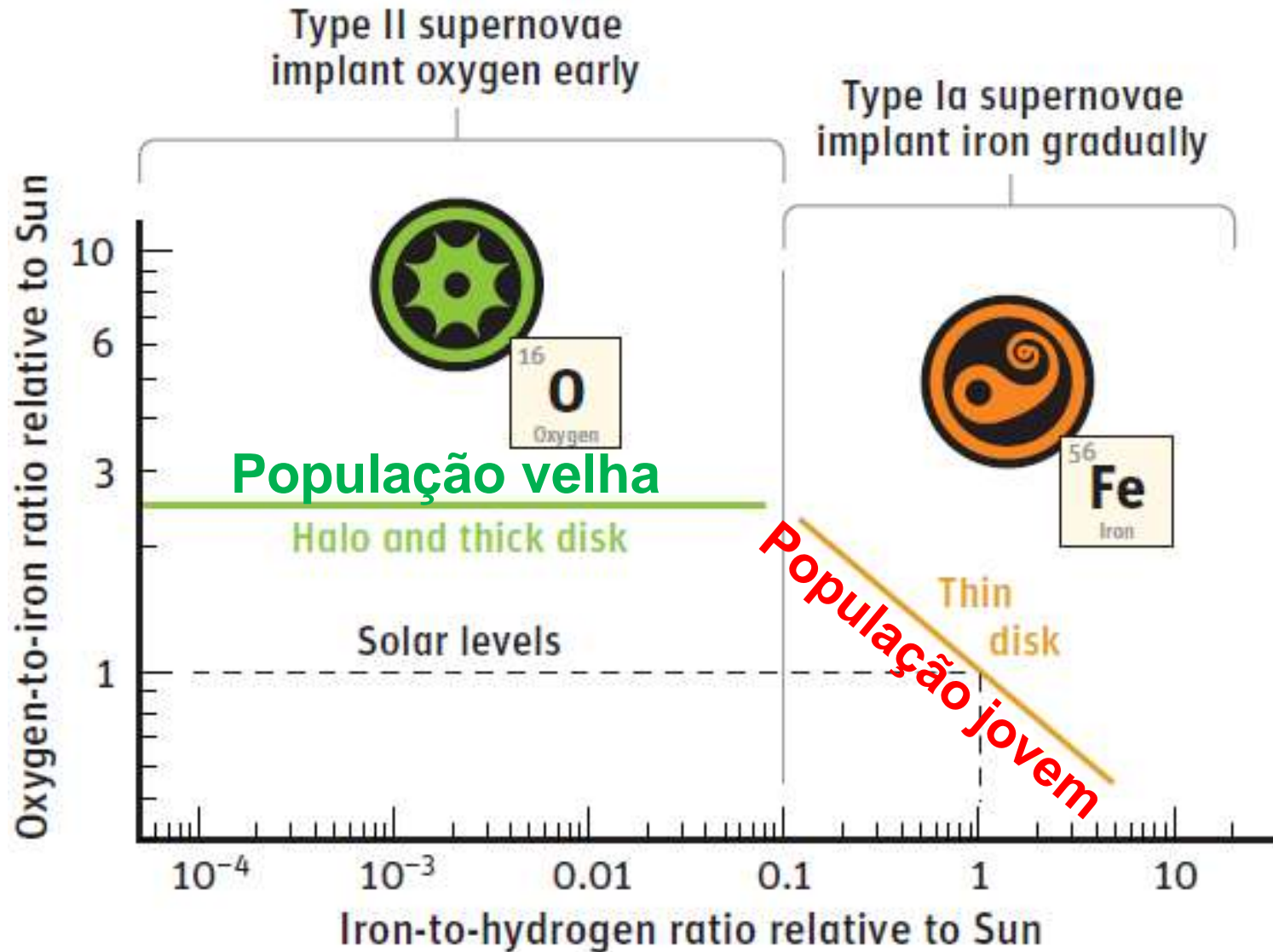
# Enriquecimento químico da Galáxia



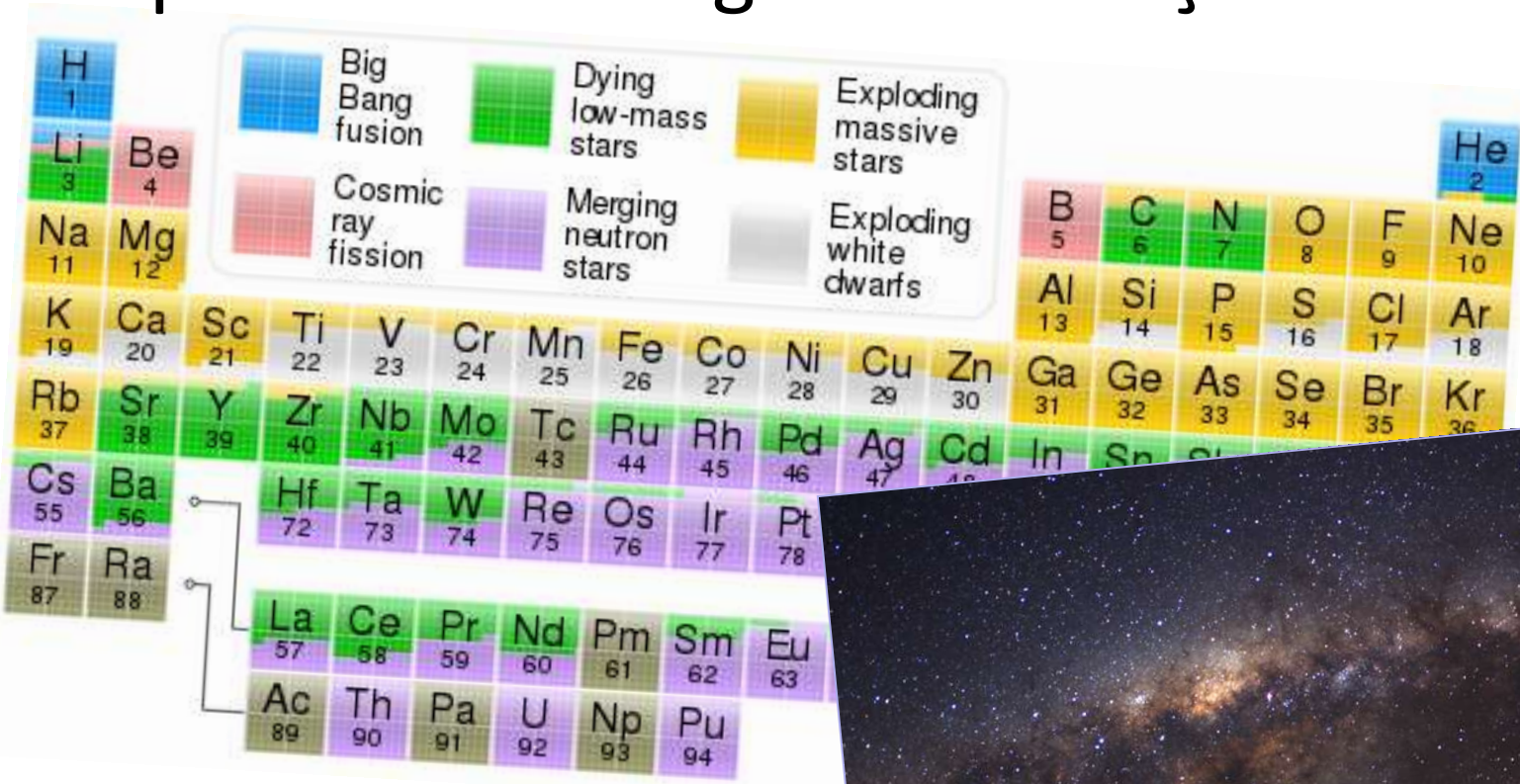
Após 12 bilhões de anos de evolução química da Galáxia, estrelas têm produzido somente 2% de “metais”, o resto (98%) é H & He



# Arqueologia galáctica



# Arqueologia galáctica: origem dos elementos químicos e a origem e evolução da Galáxia



# Evolução química da Galáxia @ IAG/USP

- Estrelas de campo e de aglomerados
- Procura de estrelas pobres em metais
- O disco galáctico
- O halo e bojo da Galáxia
- Idades das estrelas

Profa. Beatriz Barbuy,  
IAG/USP



Prof. Silvia Rossi,  
IAG/USP





# Meu grupo: SAMPA

## Stellar Atmospheres, Planets & Abundances

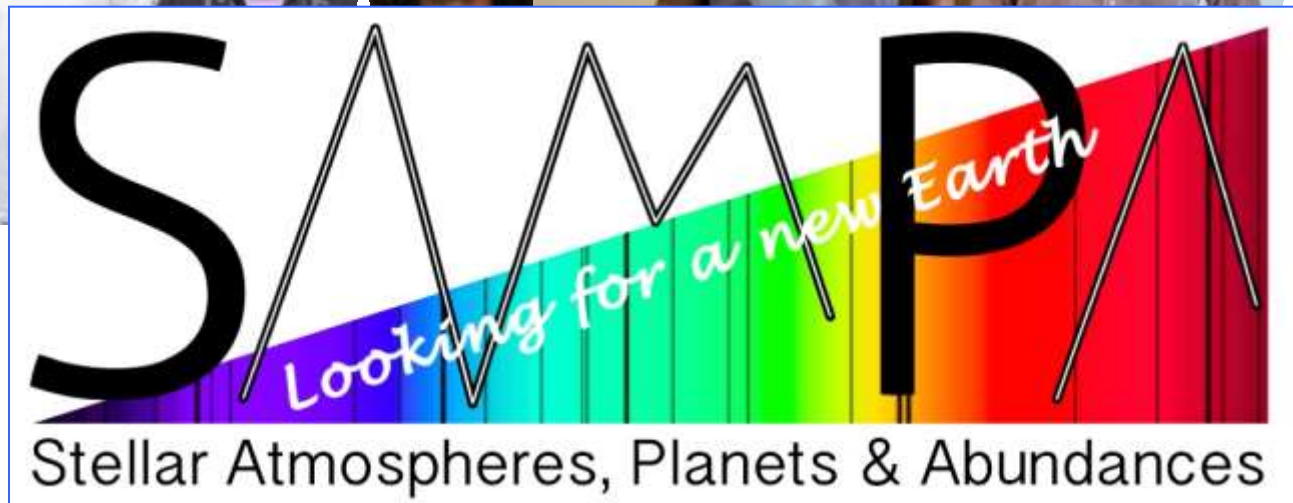
A white silhouette of a city skyline with various building shapes, including a prominent pyramid on the left. The background is a mosaic of blue and green squares.

Stellar Atmospheres, Planets & Abundances

The word 'SAMPA' is written in large, white, bold, sans-serif capital letters. The background behind the letters is a vertical gradient of colors: green at the top, yellow in the middle, and orange at the bottom, all composed of a mosaic of small squares.

SAMPA

# SAMPA @ IAG/USP



# 15 artigos publicados por SAMPA em revistas internacionais em 2016

**Astronomy  
&  
Astrophysics**

A&A 589, A65 (2016)  
DOI: [10.1051/0004-6361/201527477](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201527477)  
© ESO 2016

## Serendipitous discovery of the faint solar twin Inti 1<sup>★</sup>

Jhon Yana Galarza<sup>1</sup>, Jorge Meléndez<sup>1</sup>, and Judith G. Cohen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo, IAG, Departamento de Astronomia, São Paulo, Rua do Matão 1226, 05508-090 SP, Brasil

[10.1051/0004-6361/201527439](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201527439)  
© ESO 2016

Monthly Notices  
of the  
ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY  
MNRAS 457, 3934–3948 (2016)  
Advance Access publication 2016 January 29

## First high-precision differential metal

Henrique Reggiani<sup>1</sup>, Jorge Meléndez<sup>1</sup>, D

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Rua do Matão 1226, Cidade Universitária, 05508-900 São Paulo, Brasil

## The Hyades open cluster is chemically inhomogeneous

F. Liu,<sup>1★</sup> D. Yong,<sup>1</sup> M. Asplund,<sup>1</sup> I. Ramírez<sup>2</sup> and J. Meléndez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Research School of Astronomy and Astrophysics, Australian National University, Canberra, ACT 2611, Australia  
<sup>2</sup> McDonald Observatory and Department of Astronomy, University of Texas at Austin, 2515 Speedway, Austin, TX 78712-1205, USA  
<sup>3</sup> Departamento de Astronomia do IAG/USP, Universidade de São Paulo, Rua do Matão 1226, São Paulo 05508-900, SP, Brasil

<http://www.astro.iag.usp.br/~jorge/ps>

Home

Program

Registration

SOC / LOC

Participants

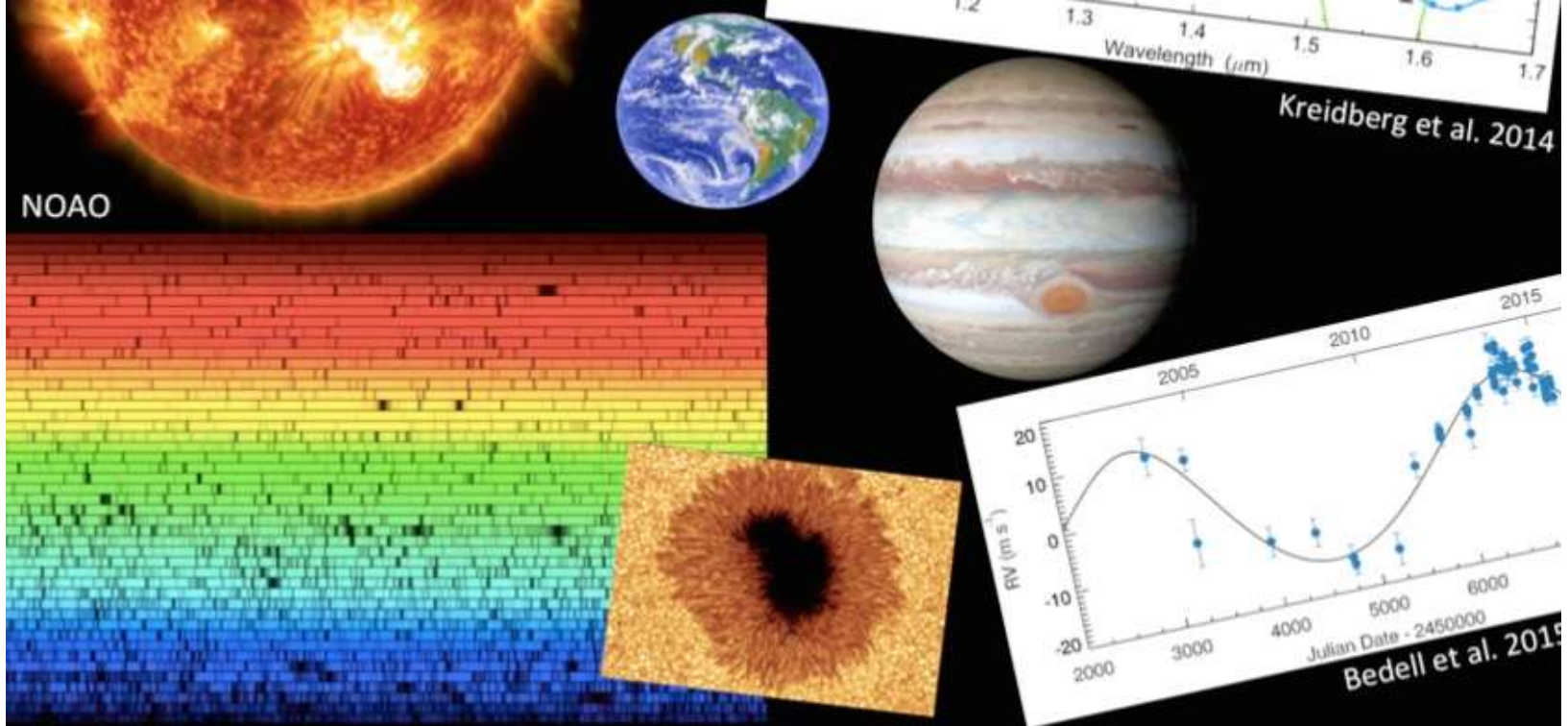
Local Info

# PRECISION SPECTROSCOPY 2016:

*Abundances, nucleosynthesis and chemical evolution*

19-21 September 2016, Porto Alegre, Brazil





# Precision Spectroscopy 2017

## Towards Earth 2.0

*São Paulo, 1-4 August 2017*

[www.astro.iag.usp.br/~sampa/ps2017/](http://www.astro.iag.usp.br/~sampa/ps2017/)

Exoplanet detection with radial velocities, stellar activity, chemical signatures of planets, exoplanet atmospheres with spectroscopy, planetary dynamics.

## Campanha 2016



Financie o grupo SAMPA na participação em reuniões científicas

102 %

SAMPA (Stellar Atmospheres, Planets and Abundances) é um grupo de pesquisa do Departamento de Astronomia da USP liderado pelo Prof. Jorge Melendez e composto por um pós-doutorando, três doutorandos, dois mestrandos e um aluno de iniciação científica.

**R\$ 8.000,00**

Objetivo

**R\$ 8.172,14**

Arrecadado

**R\$ 0,00**

Boletos Pendentes ?



## Ajude o grupo SAMPA na participação em reuniões científicas

**Campanha 2017: 19/abril – 10/junho**

**0.83 %**



Vakinha de  
**Marília Ga...**  
São Paulo/SP

Criada em  
19/04/2017

Encerra em  
10/06/2017



**contribua**

**R\$ 15.000,00**

Objetivo

**R\$ 125,00**

Arrecadado

**R\$ 151,00**

Boletos Pendentes ?

O grupo de pesquisa em Astronomia SAMPA está realizando uma nova campanha de arrecadação de fundos. O objetivo é financiar a participação de nossos estudantes em diversos congressos científicos pelo mundo. Sua doação contribuirá com o desenvolvimento da Astronomia no Brasil e você ainda poderá receber uma recompensa por isso.



## O GRUPO

Somos um grupo de estudo no Departamento de Astronomia da Universidade de São Paulo. Nosso grupo é composto por 8 pesquisadores, sendo 1 aluno de iniciação científica, 2 alunos de Mestrado, 3 alunos de Doutorado, 1 Pós-doutorando e liderados pelo Professor Jorge Meléndez. Nossas pesquisas estão concentradas no estudo de estrelas, planetas, aglomerados estelares e na evolução da via Láctea através de cuidadoso estudo de abundâncias químicas. O grupo tem feito contribuições fundamentais em suas áreas de pesquisa, com diversos destaques na mídia nacional e internacional.

## VIDEO



## ÚLTIMAS NOTÍCIAS



DESCOBERTA DE DOIS  
NOVOS PLANETAS -  
UM SUPER-NETUNO E  
UMA SUPER-TERRA

04 DE NOVEMBRO DE 2016

[LEIA MAIS](#)



<https://www.facebook.com/sampaig/>



SAMPA - IAG USP  
@sampaig

Home



SAMPA - IAG USP

November 4 at 5:44pm · 🌐



Matéria sobre a descoberta de super-Terra e super-Netuno pelo nosso grupo:

<http://g1.globo.com/.../cientistas-brasileiros-descobrem-dois...>

See Translation



SAMPA - IAG USP added 2 new photos.

November 23 at 3:37pm · 🌐

Hoje às 14h Prof. Jorge Meléndez ofereceu palestra no IAG-USP para alunos e professores sobre a procura de gêmeas solares e o Sistema Solar 2.0!

See Translation



https://twitter.com/AstroUSP



## AstronomiaUSP Brasil

@AstroUSP

Divulgação em Astronomia, IAG/USP, São Paulo, Brasil. Prof. Jorge Melendez. Astronomy outreach at Univ. São Paulo, Brazil.

📍 São Paulo, Brasil

**Resumo de 28 dia(s)** com alterações e

Tweets

**202** ↑ 66,9%

Impressões do Tweet

**224 mil**

TWEETS

**10,8 mil**

SEGUINDO

**191**

SEGUIDORES

**3.665**



AstronomiaUSP Brasil @AstroUSP · 21 h

Agradeça Júpiter

Ele evita que Netuno chegue perto demais e dê um chute letal nas nádegas terráqueas

[@revistagalileu](#)

[revistagalileu.globo.com/Ciencia/notici...](http://revistagalileu.globo.com/Ciencia/notici...)

# GALILEU

Buscar



## Astrônomos da USP descobrem dois novos planetas

E eles revelam a trágica história de um terceiro planeta engolido por sua estrela



<http://pertodouniverso.blogspot.com.br>

## Divulgação de Astronomia

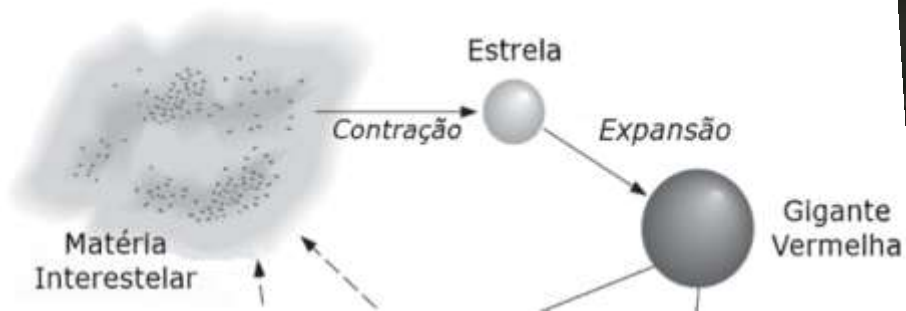


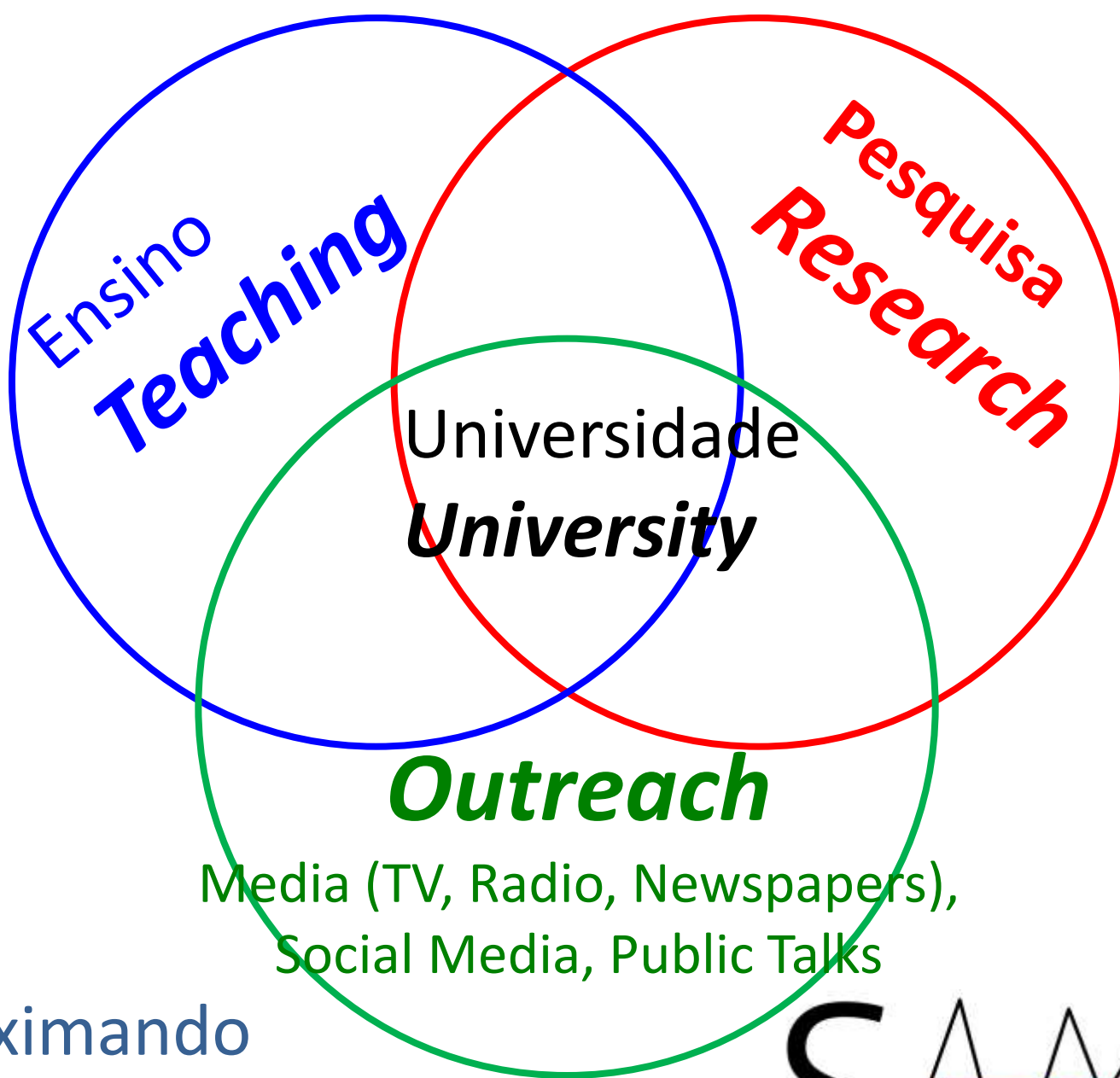
domingo, 20 de novembro de 2016

## O ciclo de matéria no Universo

Por Victoria Pardini, Giovani Vicentin e Rafael Ishida, alunos do Pro

**Cada um dos elementos da tabela periódica por evolução do nosso Universo.**





Aproximando  
cientistas e o público

# Divulgação do Júpiter gêmeo em torno de estrela gêmea solar

Jornal Nacional:  $67000 \times 3 \times 24$  pontos =  
4,8 mi grande São Paulo



# Divulgação de descoberta de Júpiter gêmeo

**FOLHA DE S. PAULO**

**Mensageiro Sideral**

De onde viemos, onde estamos e para onde vamos

## O primeiro exoplaneta brasileiro

POR SALVADOR NOGUEIRA

15/07/15 @ 15:23

[Compartilhar](#) [Twitter](#) [Google+](#) [LinkedIn](#) < 471

[OUVIR O TEXTO](#)

O ESO (Observatório Europeu do Sul) escolheu o dia seguinte à passagem da primeira espaçonave enviada da Terra por Plutão para anunciar a descoberta do primeiro exoplaneta brasileiro. Parabéns.



**O GLOBO**

## Descoberto planeta extrassolar 'gêmeo' de Júpiter

Na busca por uma 'Terra 2', equipe liderada por brasileiro identificou objeto na órbita de estrela parecida com nosso Sol

POR CESAR BAIMA

15/07/2015 11:00 / ATUALIZADO 15/07/2015 10:11

## Astrônomos brasileiros descobrem gêmeo de Júpiter orbitando gêmea do Sol

**GALILEU**

Busca por um Sistema Solar 2.0 acaba de ganhar um de seus mais promissores candidatos

16/07/2015 - 08H07 / ATUALIZADO 08H07 / POR ANDRÉ JORGE DE OLIVEIRA

[Facebook](#)

buscar

**ESTADÃO**  
**Ciência**

## 'Novo Júpiter' dá pista para Terra 2.0

GIOVANA GIRARDI - O ESTADO DE S. PAULO  
15 Julho 2015 | 12h 36

Gêmeo do gigante do Sistema Solar orbita estrela parecida com o Sol, o que sugere a existência de um planetinha como o nosso

# Divulgação do Júpiter gêmeo na imprensa internacional



## imprensa internacional

### Newly discovered Jupiter twin hints at new solar system similar to Earth's



By **Ben Brumfield**, CNN

🕒 Updated 1434 GMT (2134 HKT) July 16, 2015



## Jupiter's 'Twin' Found: Is This Solar System 2.0?



Encuentran gemelos de Júpiter y del Sol

by **Elizabeth Howell**, Space.com Contributor | July 16, 2015 08:35am ET

Las posibilidades de encontrar un sistema planetario como el nuestro parecen cada vez más cercanas.

## Scoperto un gemello di Giove che ruota attorno al sosia del sole

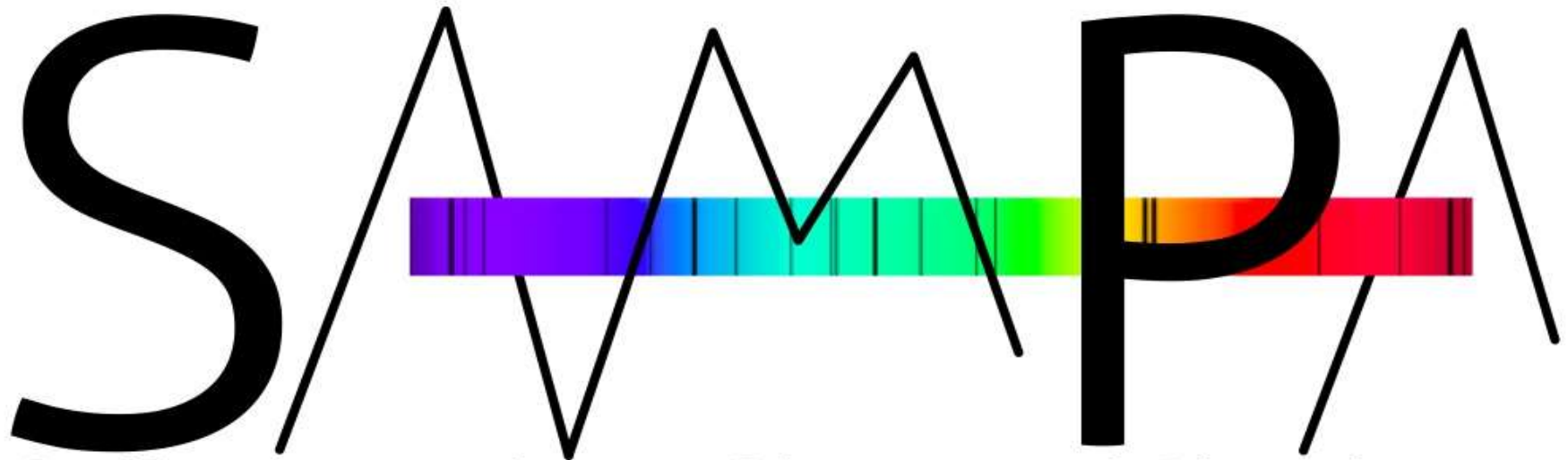
**16/07/2015 - 15:35** - Un gemello di Giove orbita attorno a una stella simile al nostro sole. A scoprirlo è stato un team internazionale di astronomi utilizzando il telescopio da 3,6 metri dell'Eso. L'esopianeta si trova a una distanza dalla sua stella (HIP 11915) simile a ...

Interesado em trabalhar ou colaborar  
com o grupo?



[jorge.melendez@iag.usp.br](mailto:jorge.melendez@iag.usp.br)

 [@DrJorgeMelendez](https://twitter.com/DrJorgeMelendez)



*Stellar Atmospheres, Planets and Abundances*