

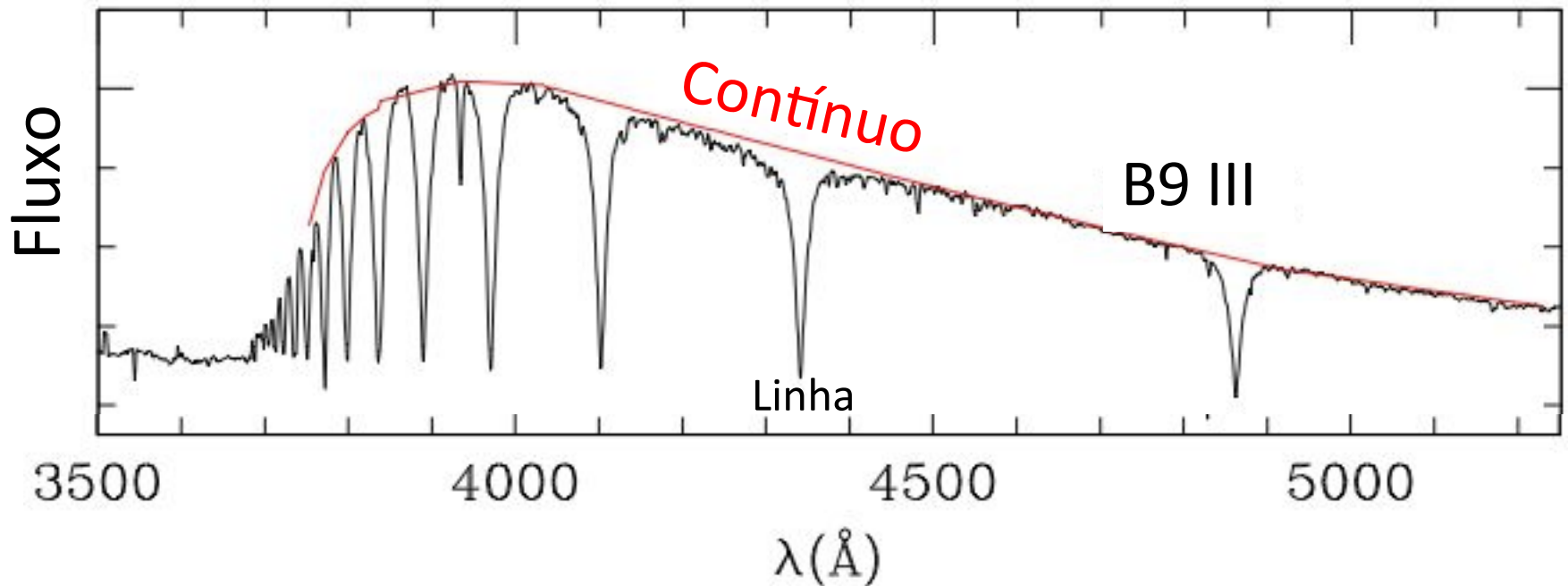
Cap 9. Atmosferas Estelares

9.5 O perfil das linhas espectrais

Aga0293

Jorge Melendez

Espectros estelares

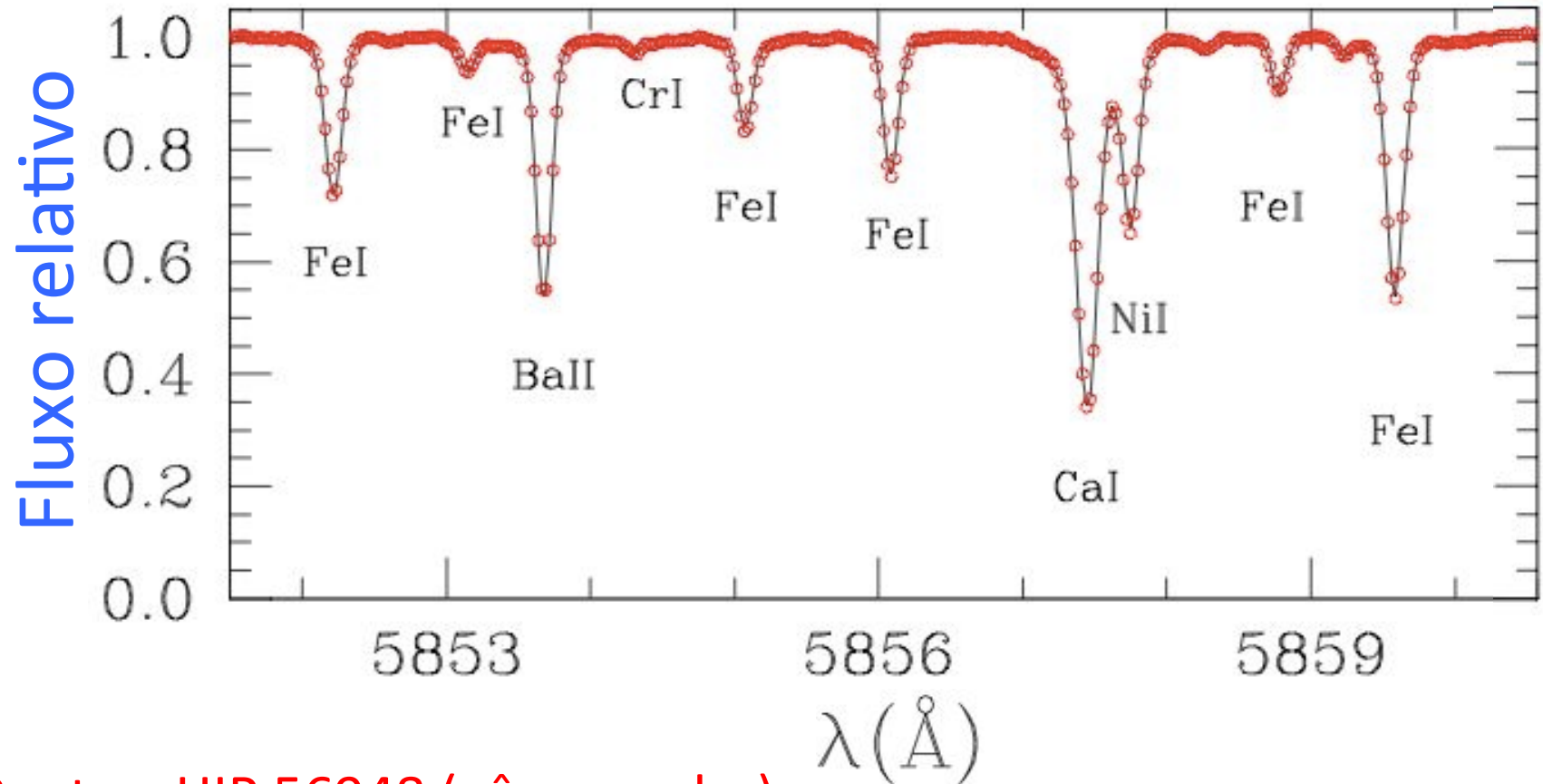


Linhas de absorção da serie de Balmer do hidrogênio em estrela B9 III
(ou seja, aproximadamente A0 III)

Espectro normalizado

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

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

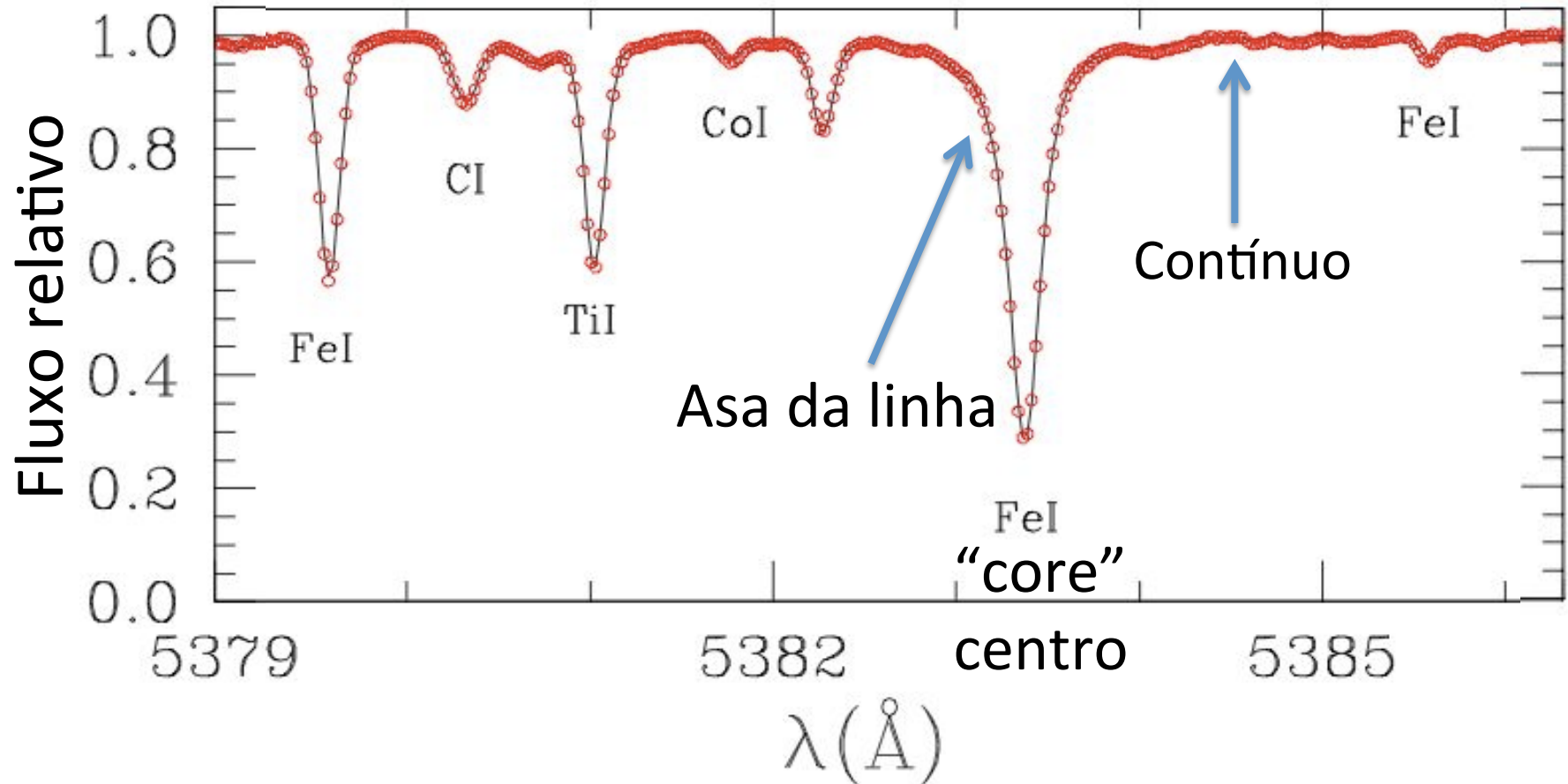


Pontos: HIP 56948 (gêmea solar)

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

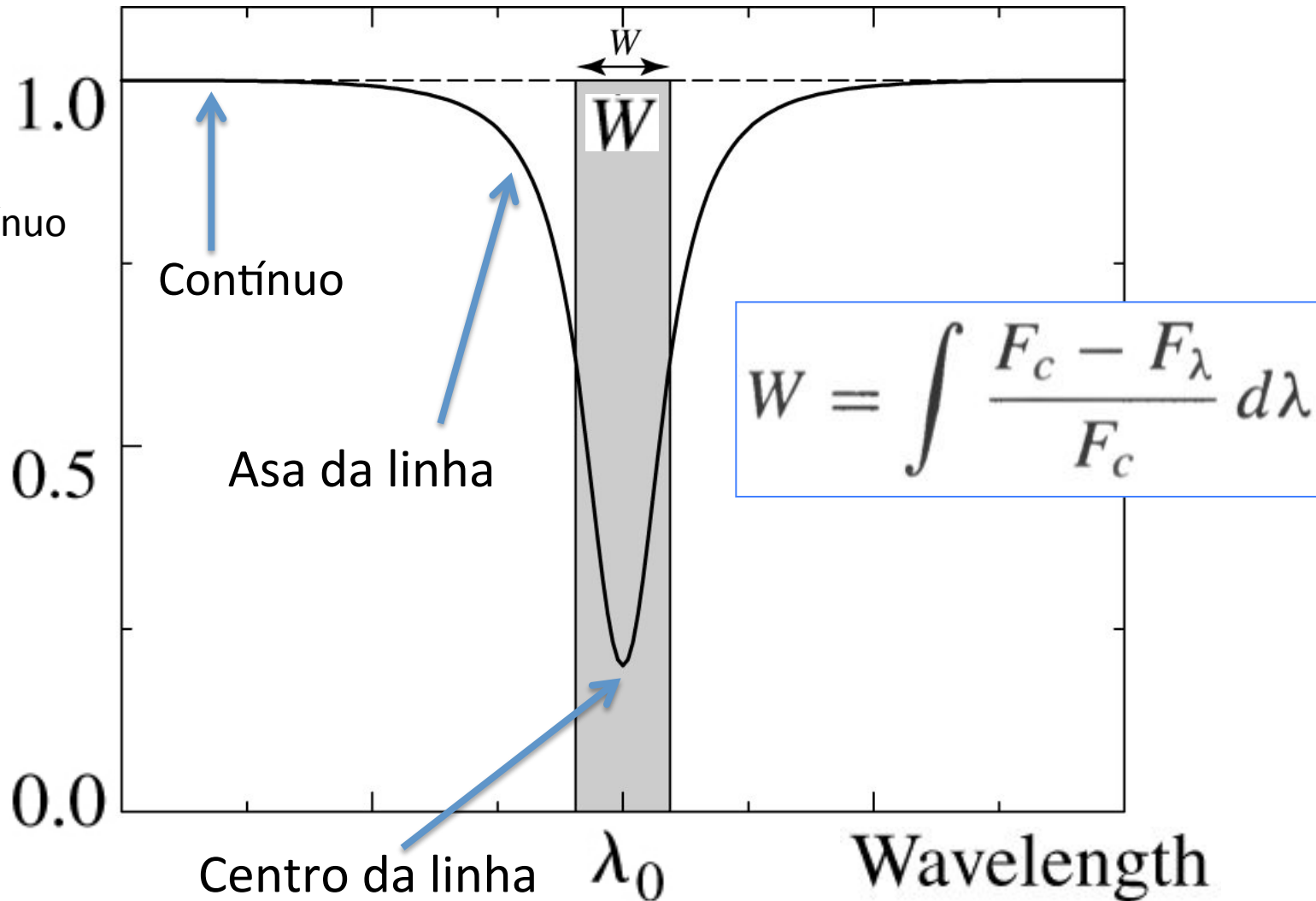
Meléndez et al. (2012, A&A 543, A29)

Fluxo da linha é medida pela **largura equivalente W**
(largura “equivalente” a uma linha completamente escura)

Fluxo
relativo

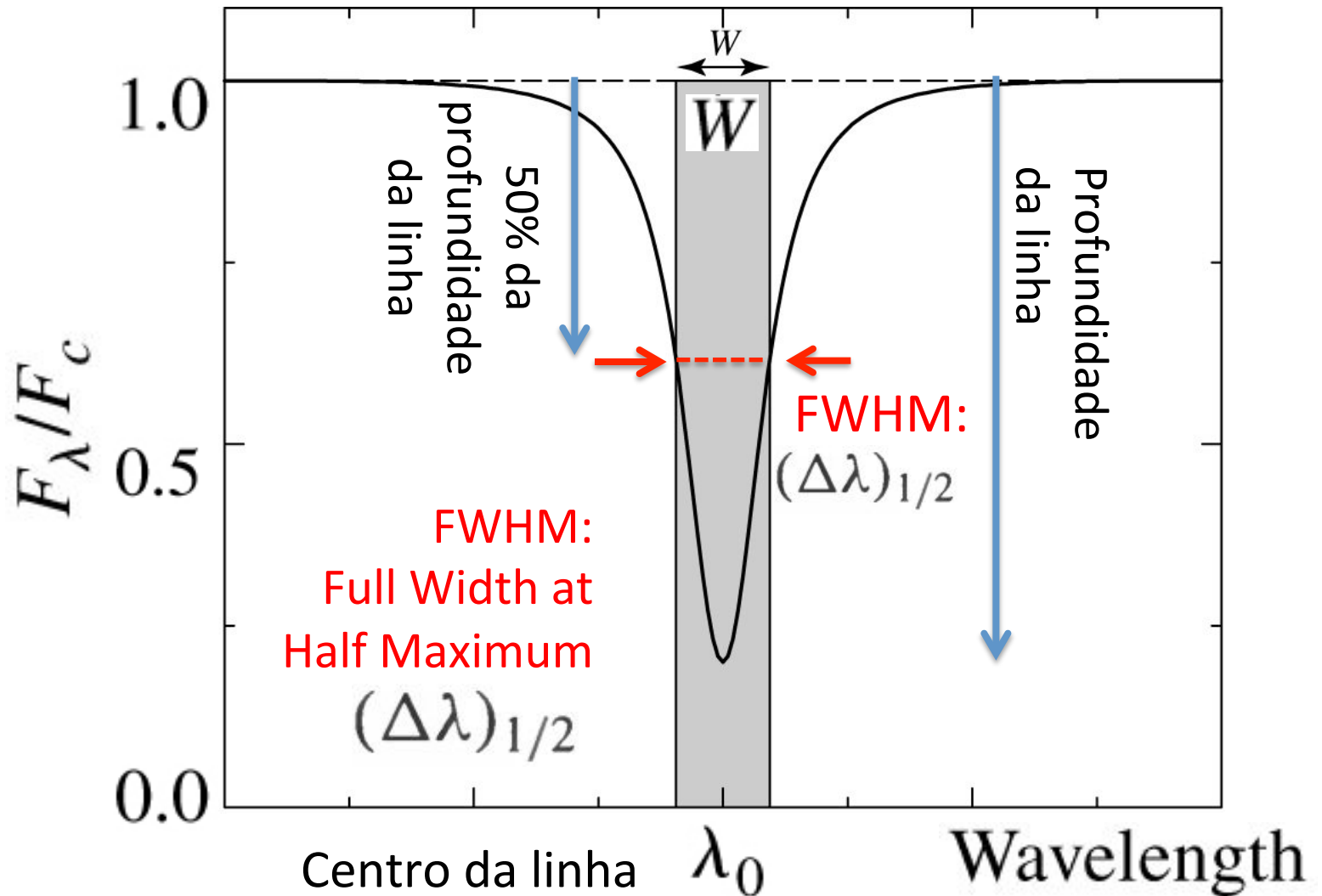
$$= F_{\lambda} / F_{\text{Contínuo}}$$

$$F_{\lambda} / F_c$$

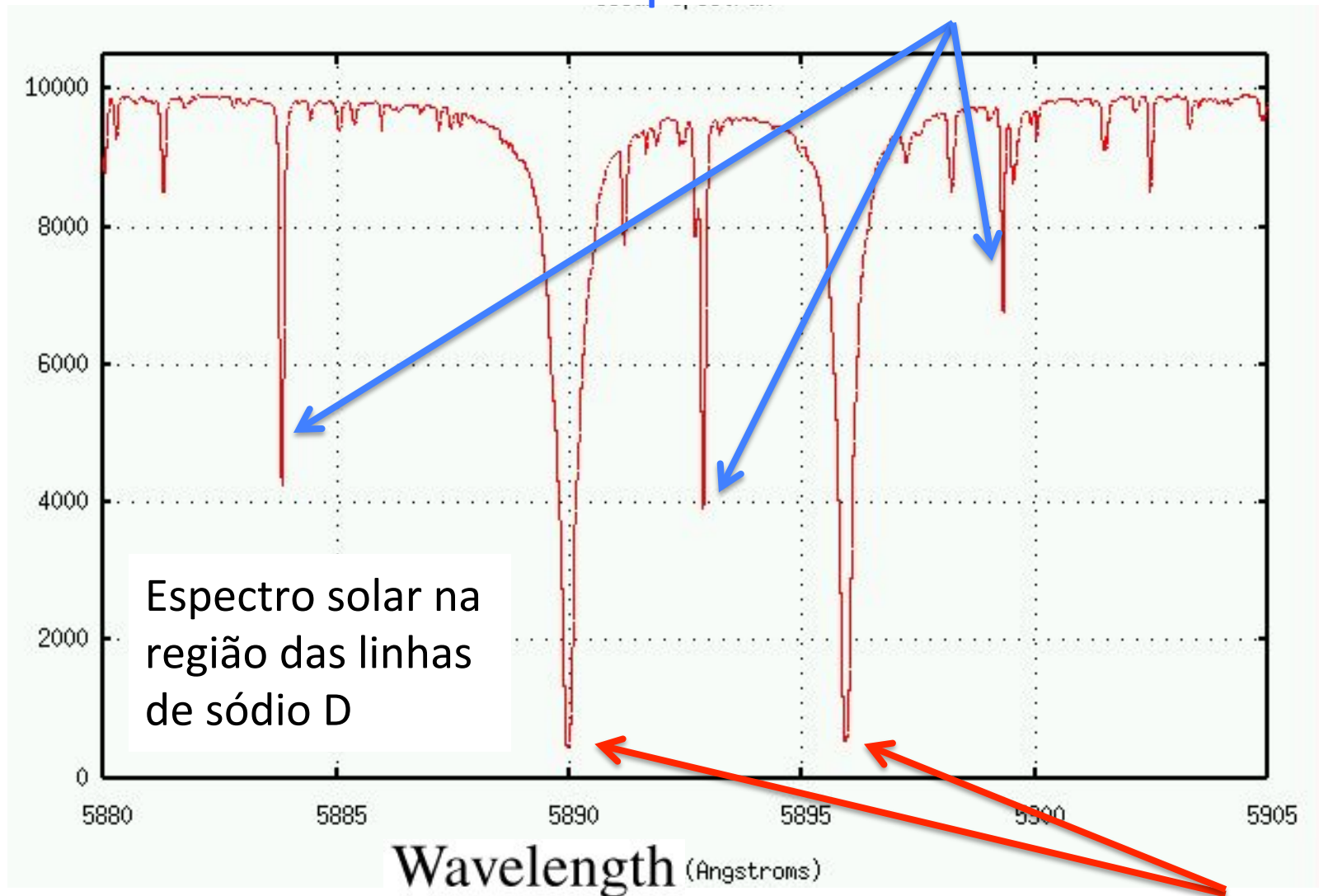


No óptico, valor típico $W \sim 0.01 \text{ nm}$. Linhas fracas, $W \sim 10^{-3} \text{ nm}$

FWHM: largura da linha à metade da profundidade

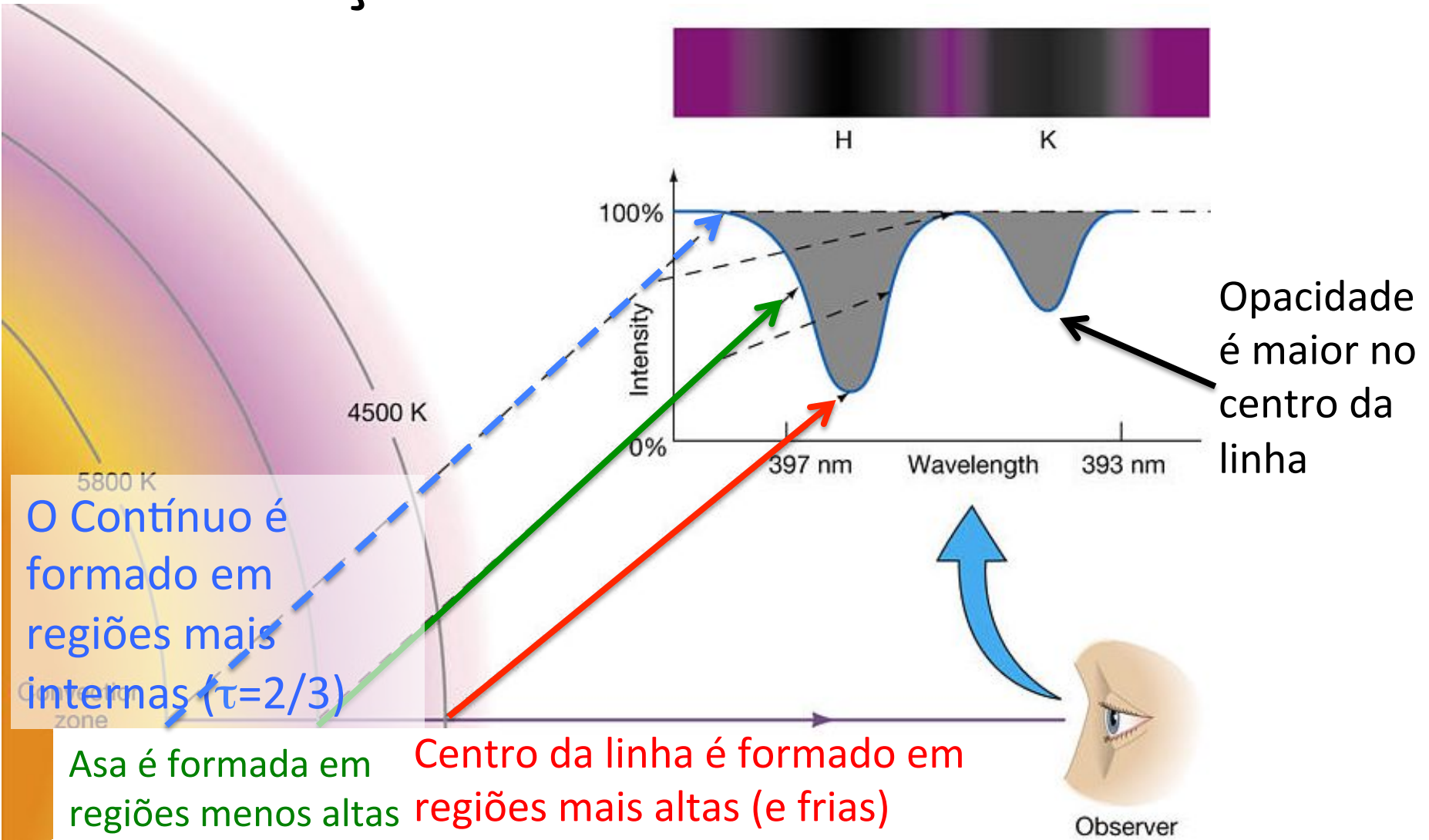


Linhas que não têm o fluxo completamente absorvido são **opticamente finas**



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

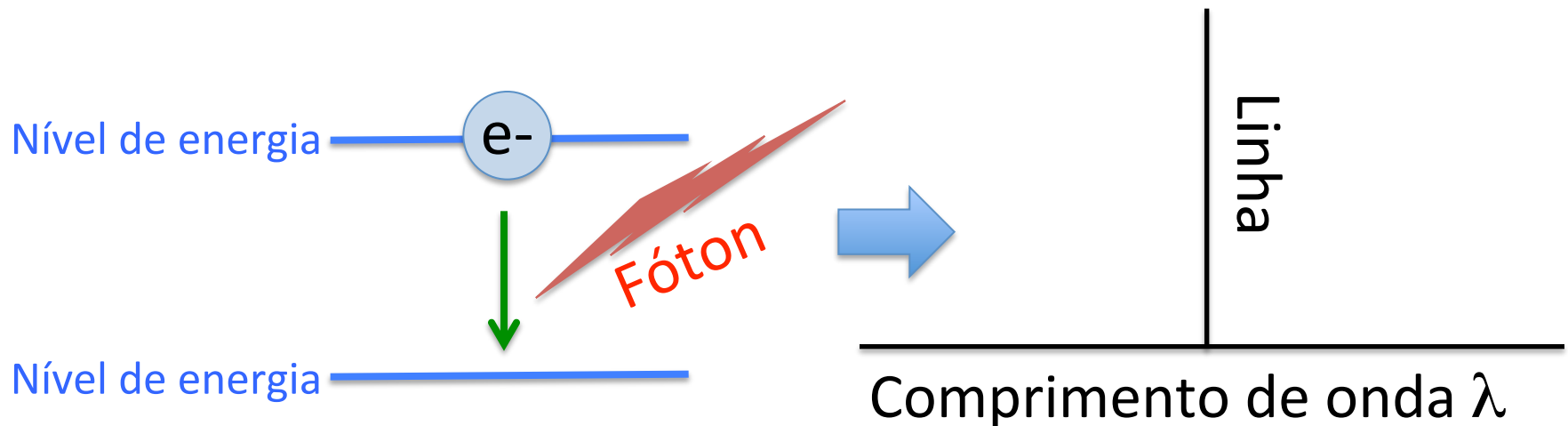
Formação de linhas



Fotosfera

Processos de alargamento das linhas

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



1. Alargamento Natural

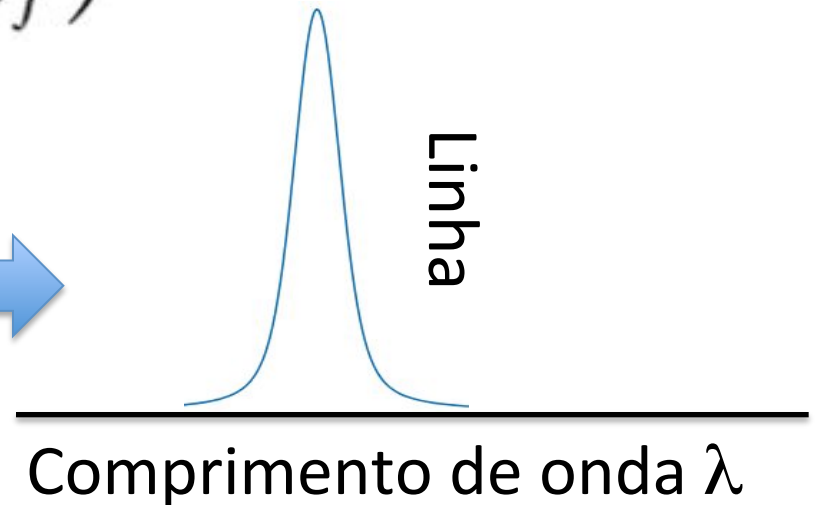
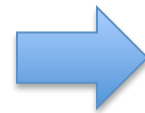
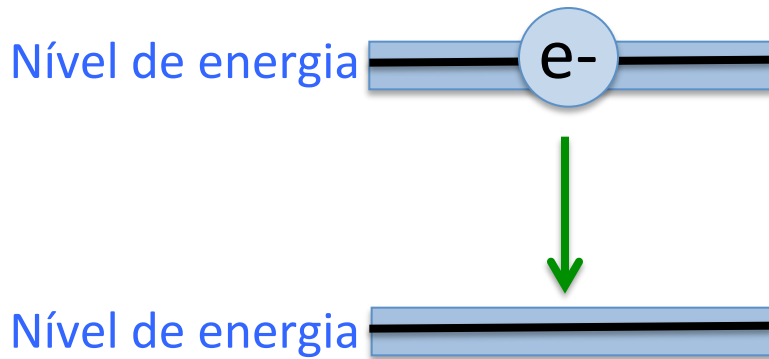
Princípio de incerteza:

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

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

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

$\Delta t_{i,f}$: 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 α (656,3 nm).

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

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

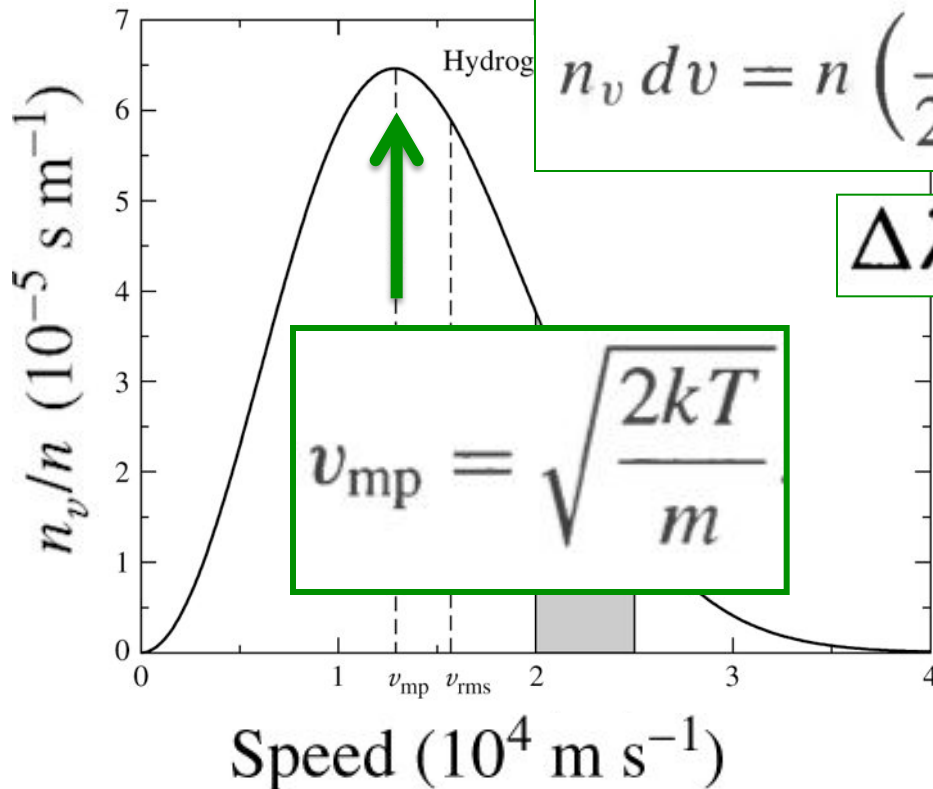
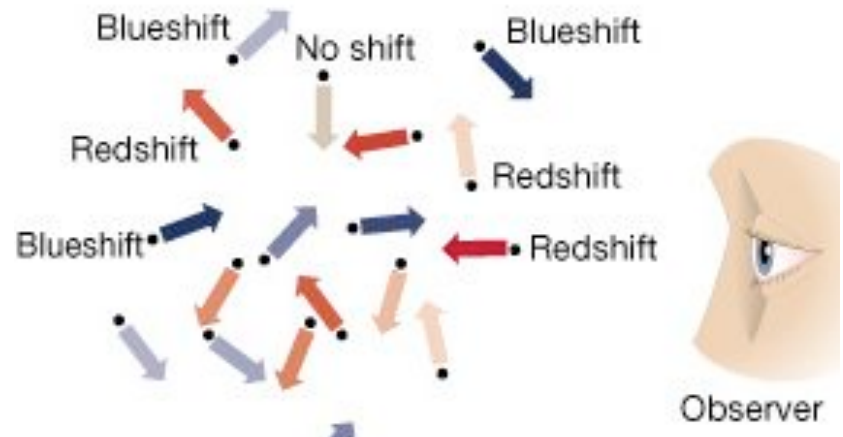
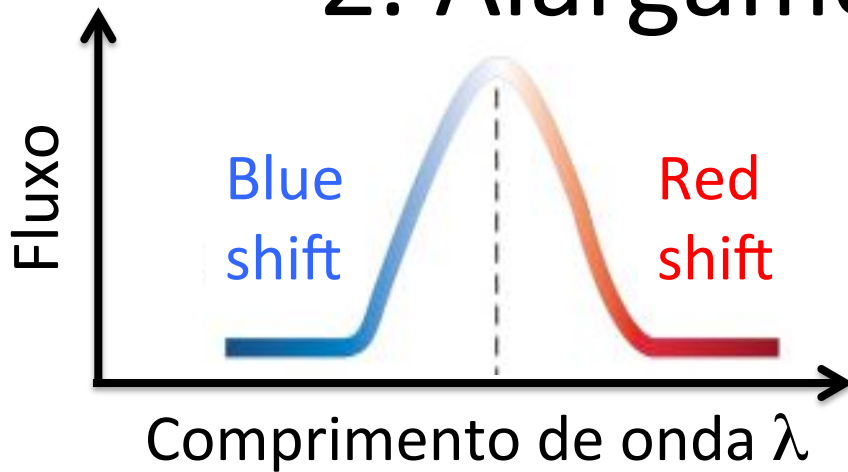
Cálculo mais
detalhado FWHM:

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

Δt_0 : média do
tempo de vida
para a transição

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

2. Alargamento Doppler

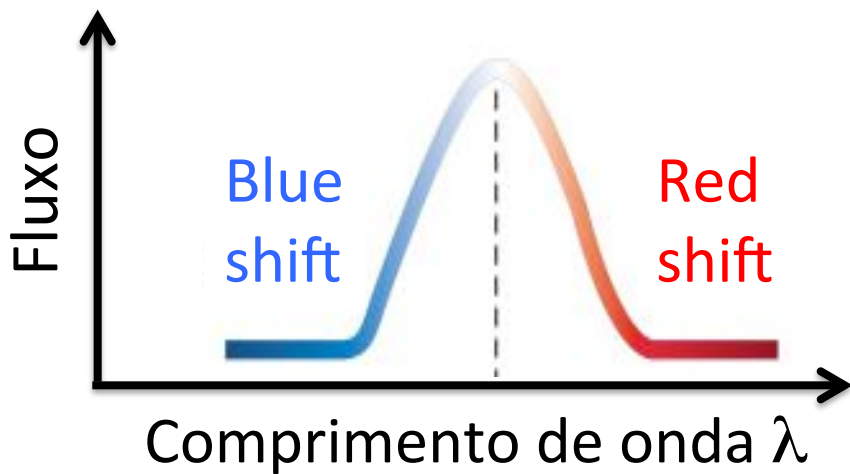


$$n_v dv = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-mv^2/2kT} 4\pi v^2 dv$$

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

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 α (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):

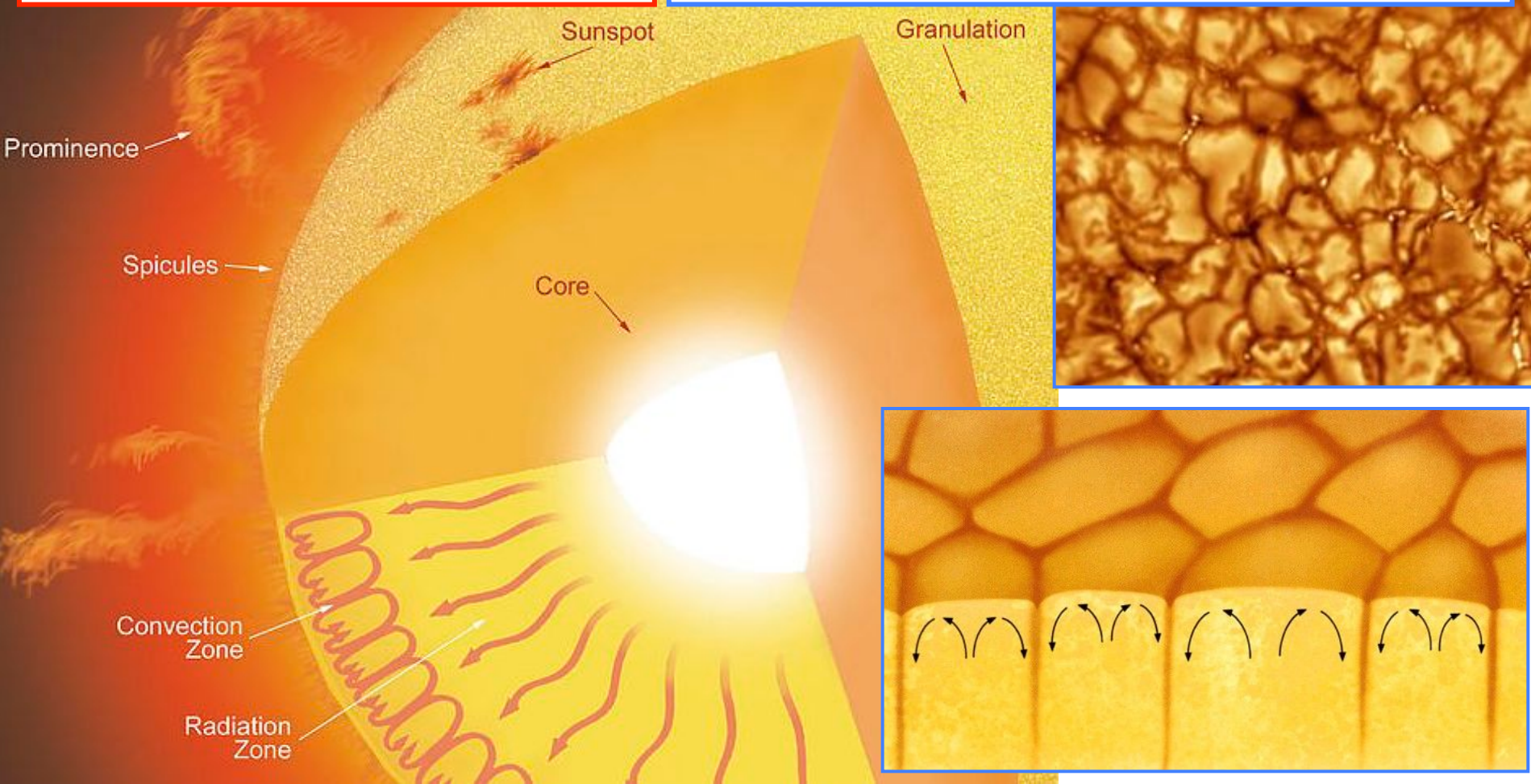
$$(\Delta\lambda)_{1/2} = \frac{2\lambda}{c} \sqrt{\frac{2kT \ln 2}{m}}$$

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

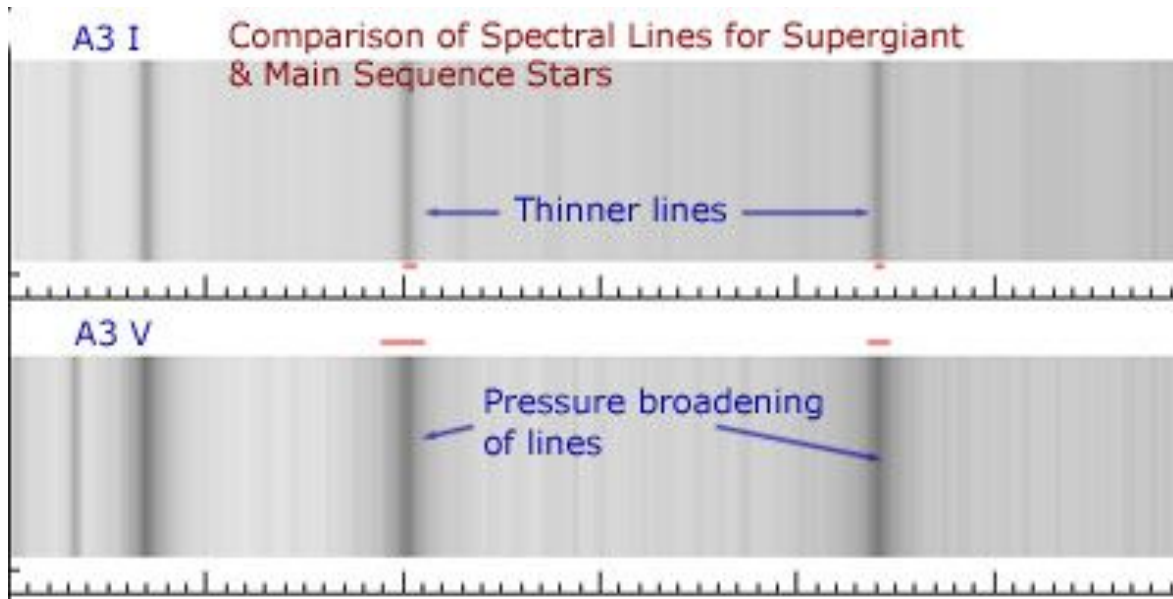
$$(\Delta\lambda)_{1/2} = \frac{2\lambda}{c} \sqrt{\frac{2kT \ln 2}{m}}$$

Incluindo movimentos turbulentos com velocidade v_{turb} :

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

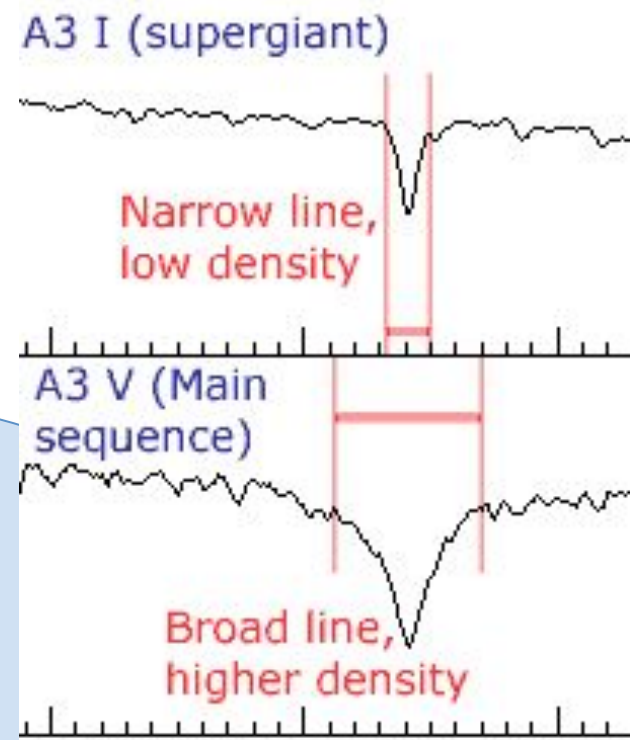


3. Alargamento Colisional ou de Pressão



Wavelength λ

Maior número de colisões
em estrelas anãs → maior
alargamento colisional



Wavelength λ

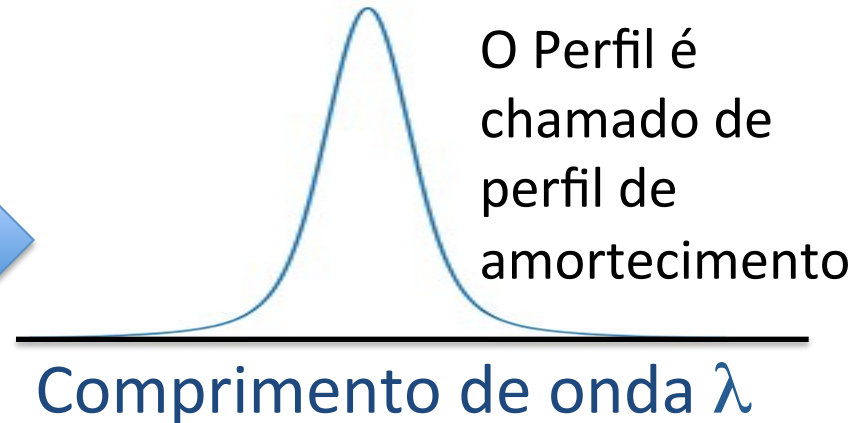
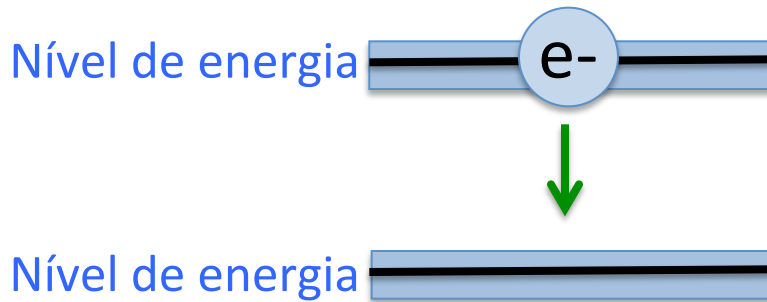
Dwarf star

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)
 σ : 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 $\text{H}\alpha$ line should be roughly

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

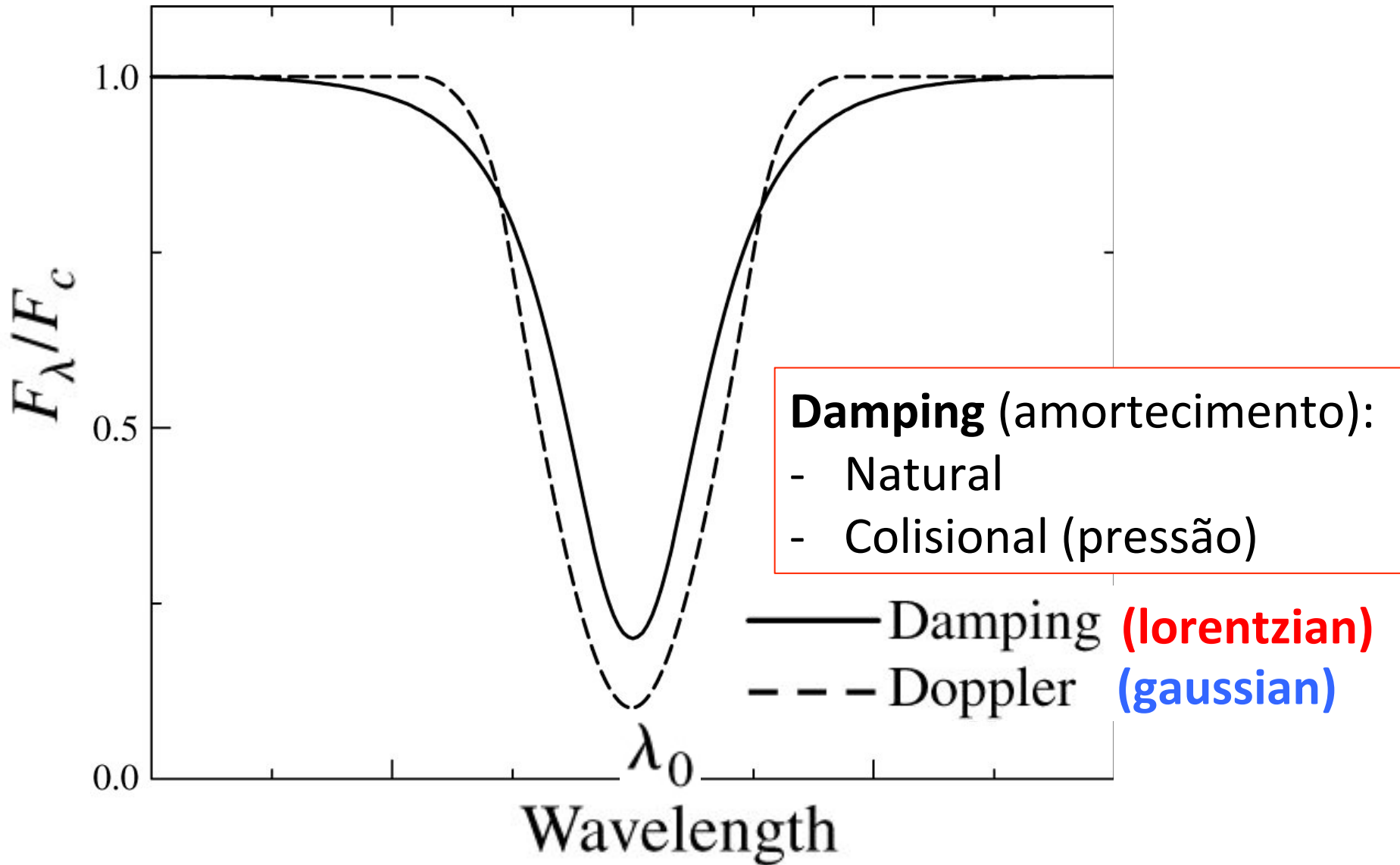
$$\Delta\lambda \approx 2.36 \times 10^{-5} \text{ nm},$$

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.)



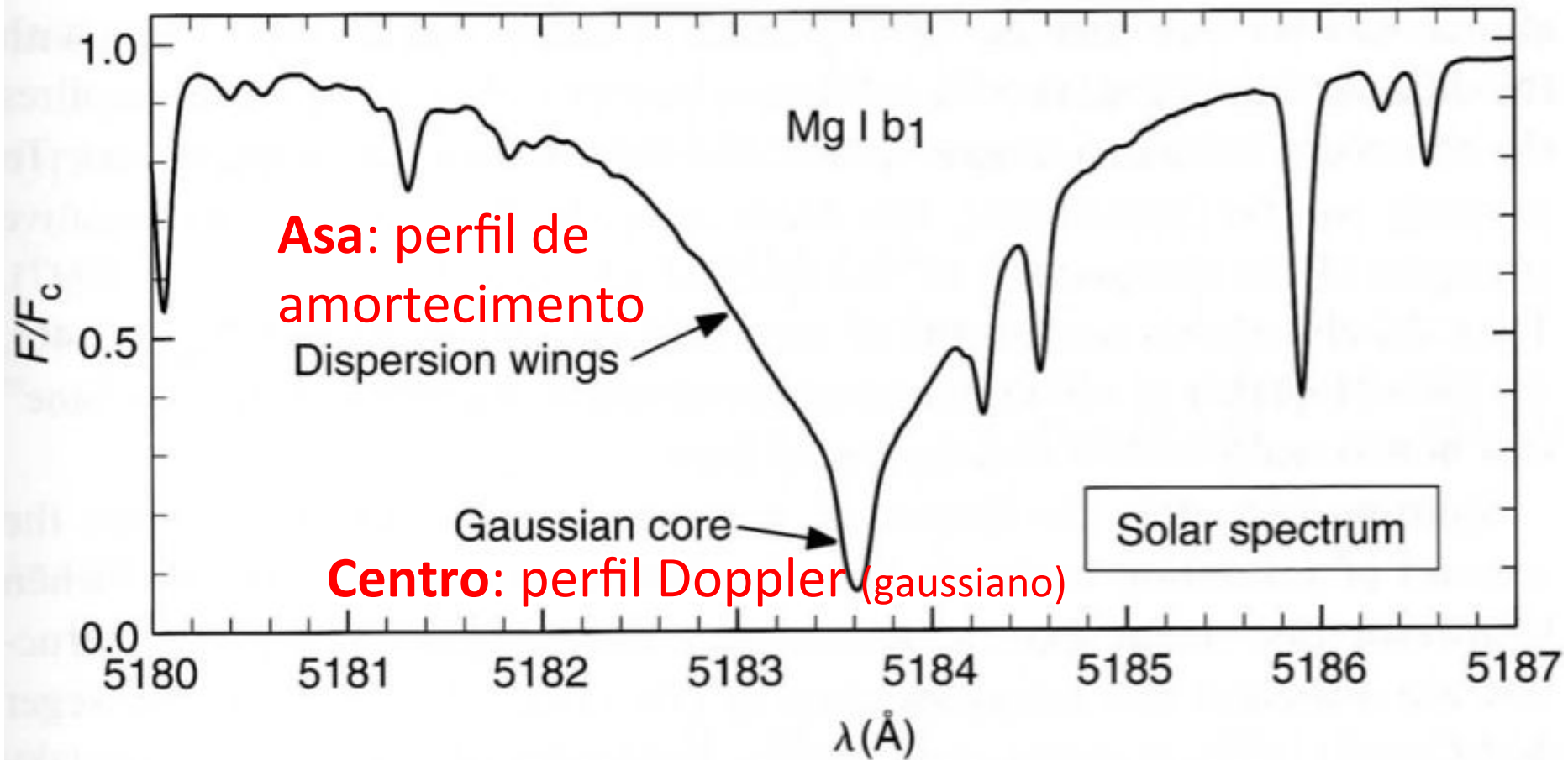
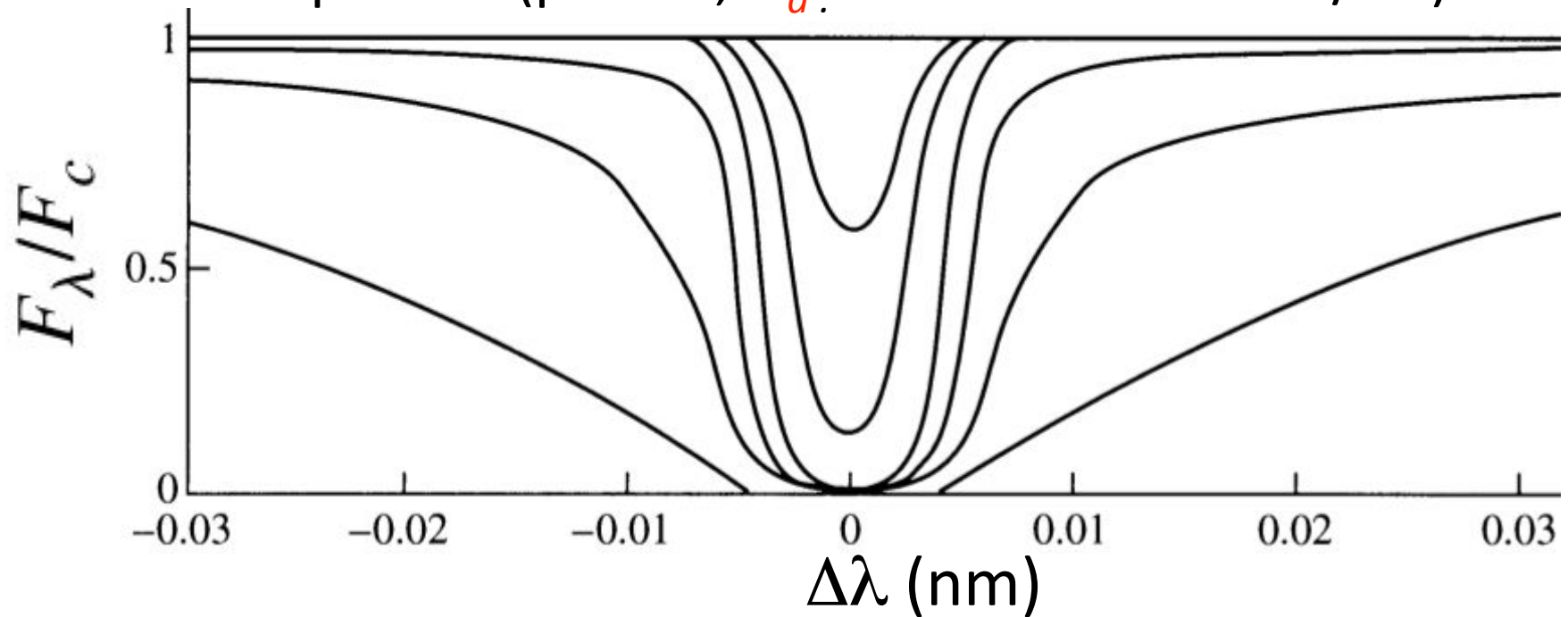


Fig. 11.11. In a few cases spectral lines, like this magnesium line in the solar spectrum, clearly show the Gaussian core and the dispersion wings with a relatively sharp transition between the two near $F/F_c \approx 0.3$.

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/m²*)



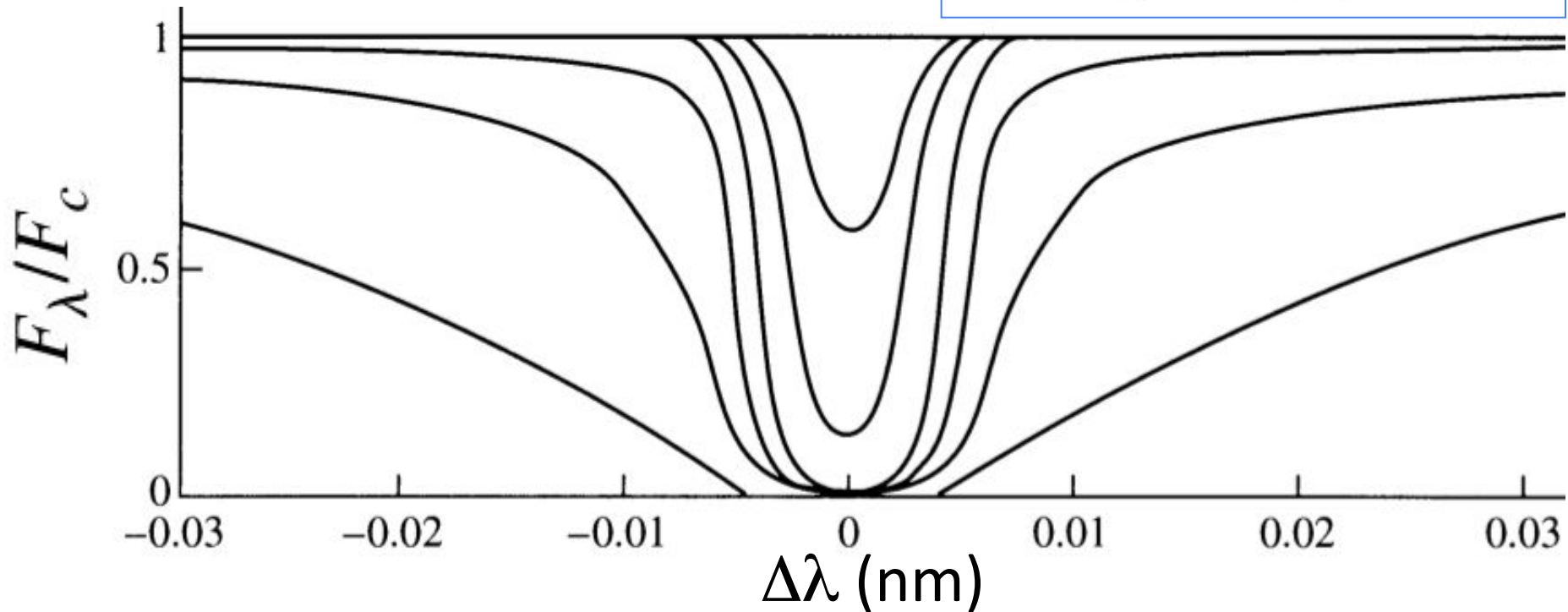
Perfil da linha K de CaII para diferentes abundâncias N_a de cálcio

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^{-2} , 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

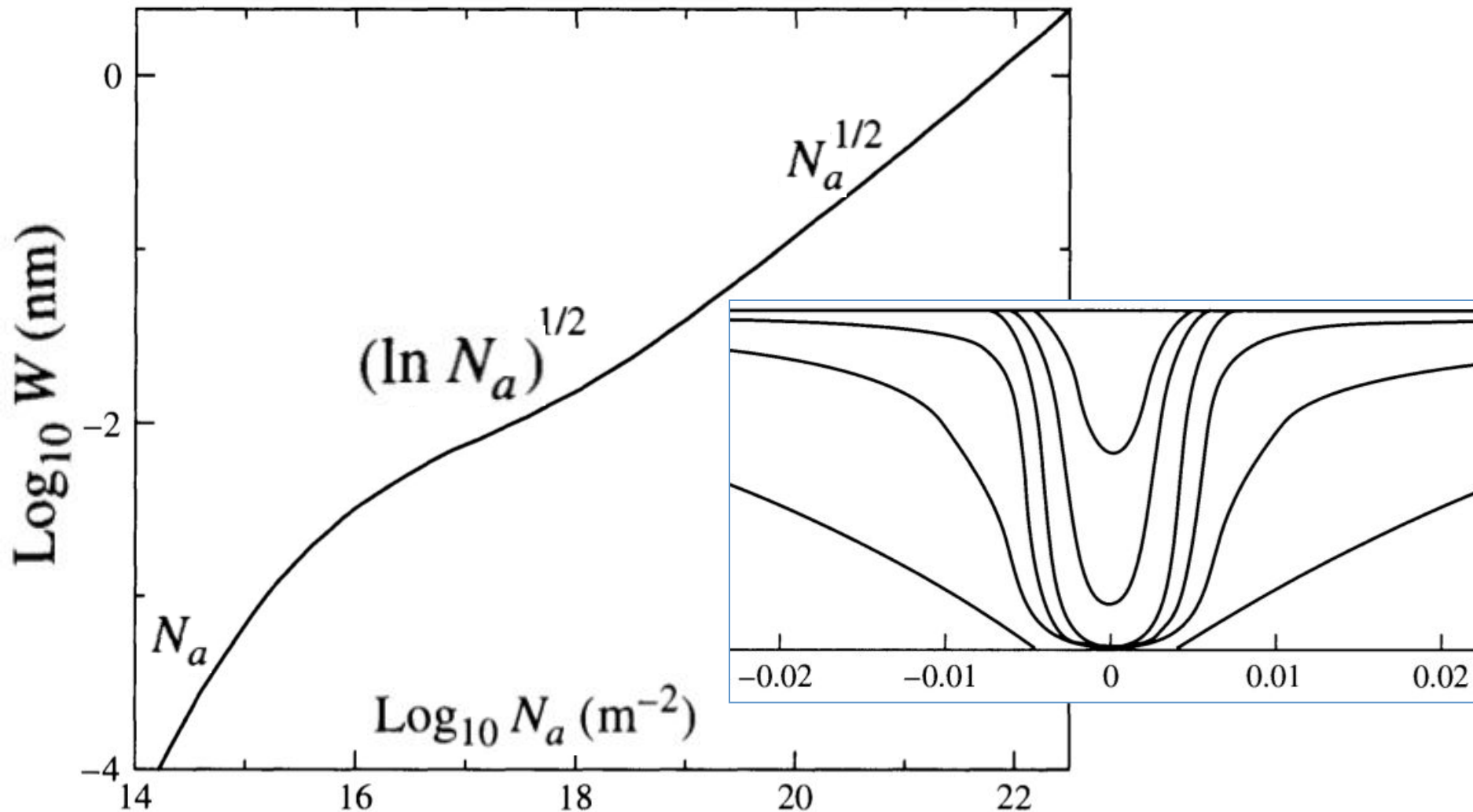
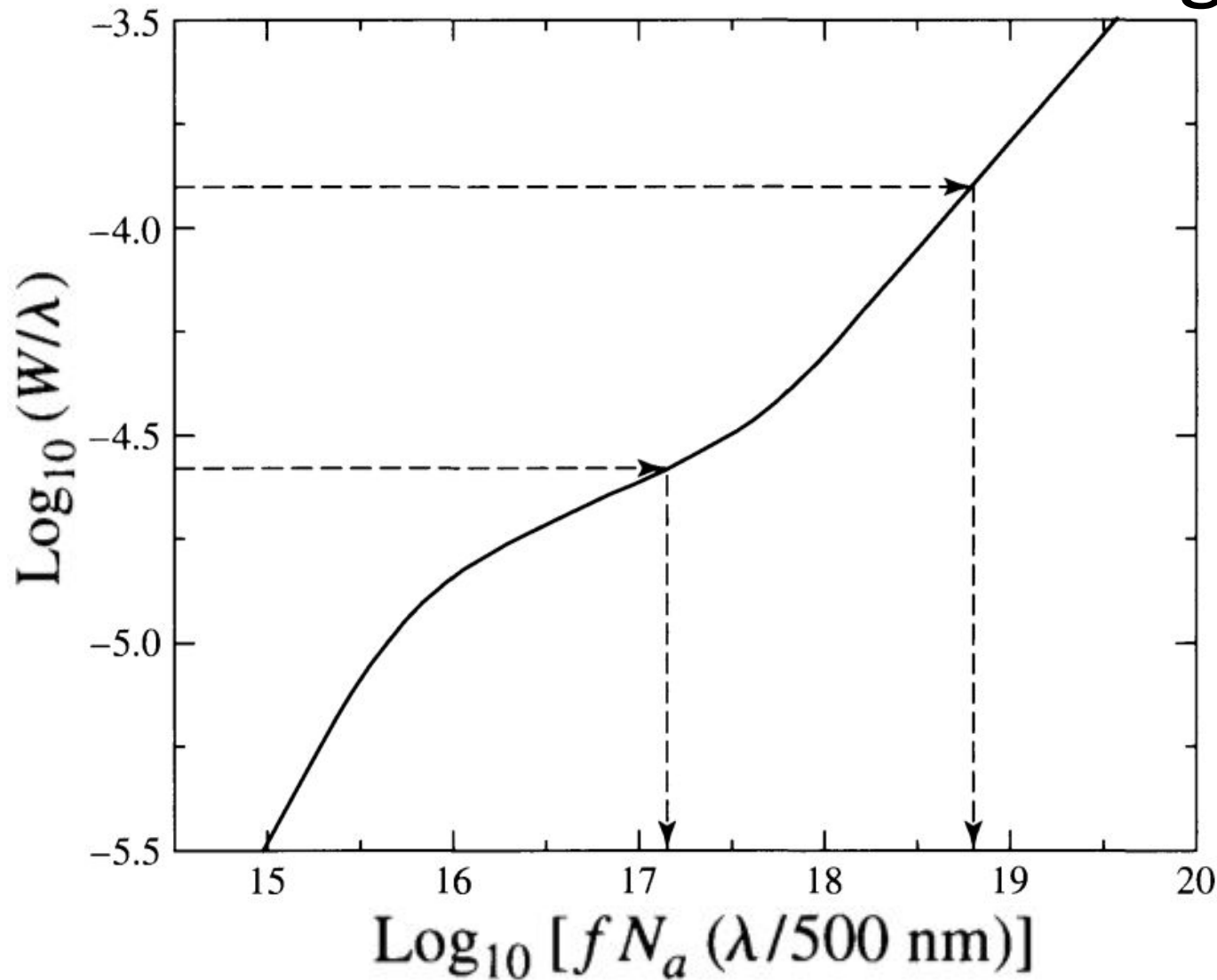


FIGURE 9.21 The curve of growth for the K line of Ca II. As N_a increases, the functional dependence of the equivalent width (W) changes. At various positions along the curve of growth, W is proportional to the functional forms indicated. (Figure adapted from Aller, *The Atmospheres of the Sun and Stars*,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

Curva de crescimento geral



Para a curva de crescimento ser mais útil, usar W/λ ao invés de W .

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

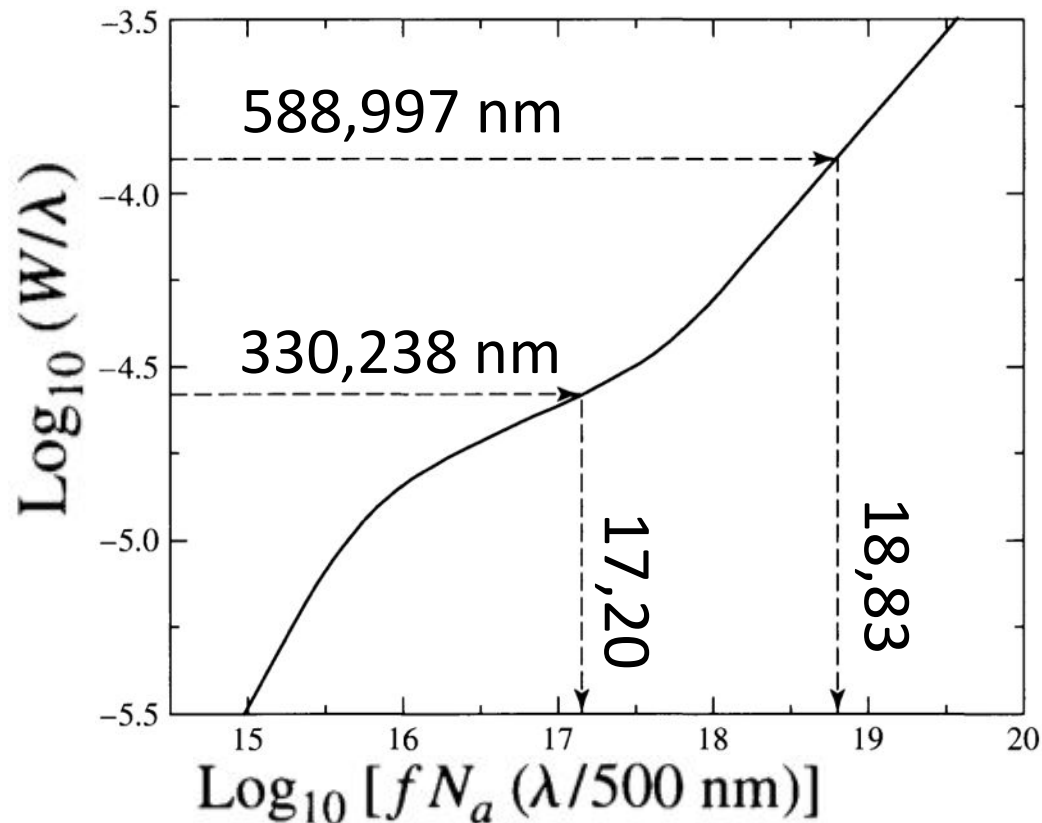
FIGURE 9.22 A general curve of growth for the Sun. The arrows refer to the data used in Example 9.5.5. (Figure adapted from Aller, *Atoms, Stars, and Nebulae*, Revised Edition, Harvard University

Ex. 9.5.5: Determinar a abundância N_a (*número de átomos/m²*) 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⁻²

Dados
para as
linhas de
sódio

λ (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



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

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

Para obter a abundância N_a (*número de átomos/m²*) de sódio no Sol, subtrair $\log_{10}[f(\lambda/500 \text{ nm})]$

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

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

$$\text{Log}_{10} N_a = 18,83 - (-0,12) = 18,95$$

→ média de 19,0
ou 10^{19} átomos de NaI/m²

λ (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:
$$\frac{N_{\text{II}}}{N_{\text{I}}} = \frac{2kT Z_{\text{II}}}{P_e Z_{\text{I}}} \left(\frac{2\pi m_e kT}{h^2} \right)^{3/2} e^{-\chi_{\text{I}}/kT}$$

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

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

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

$\rightarrow$ a massa dos átomos de Na/m² é $9,3 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$.

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

Comparação: massa átomos de H/m² é $\sim 11 \text{ kg/m}^2$.

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

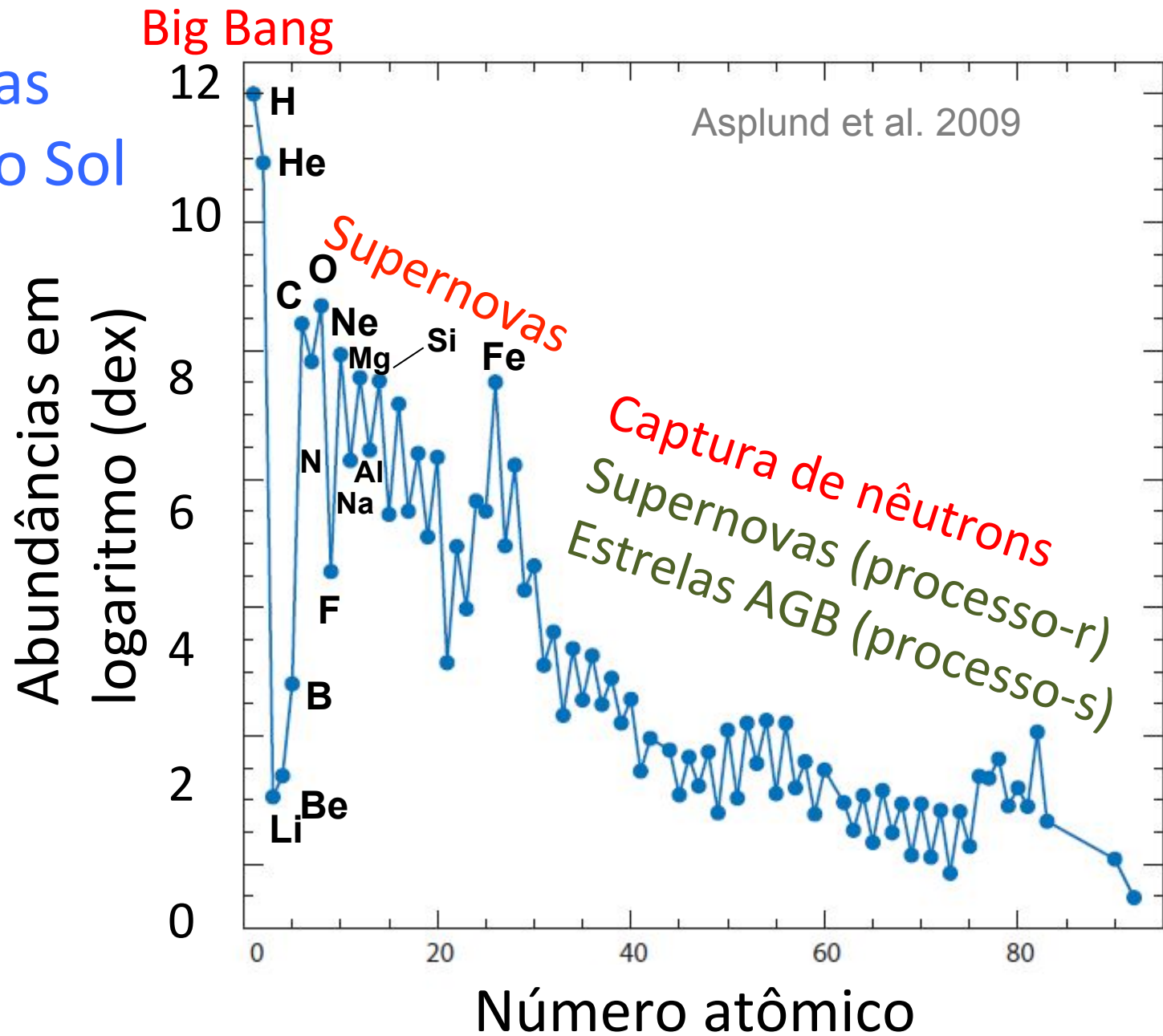
Tabela dos elementos mais abundantes na fotosfera do Sol.

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

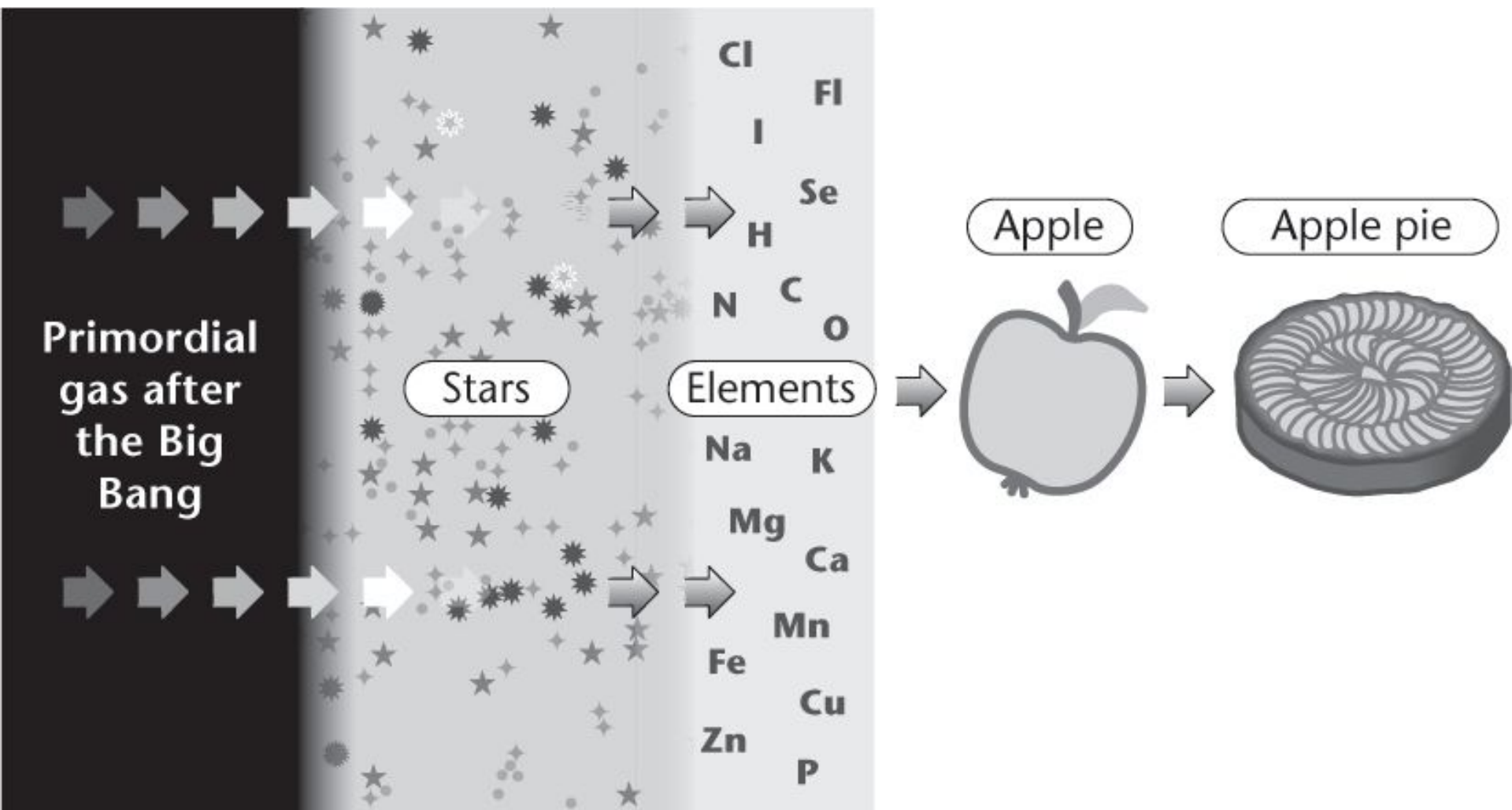
Element	Atomic Number	Log Relative Abundance
Hydrogen	1	12.00
Helium	2	10.93 ± 0.004
Oxygen	8	8.83 ± 0.06
Carbon	6	8.52 ± 0.06
Neon	10	8.08 ± 0.06
Nitrogen	7	7.92 ± 0.06
Magnesium	12	7.58 ± 0.05
Silicon	14	7.55 ± 0.05
Iron	26	7.50 ± 0.05
Sulfur	16	7.33 ± 0.11
Aluminum	13	6.47 ± 0.07
Argon	18	6.40 ± 0.06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

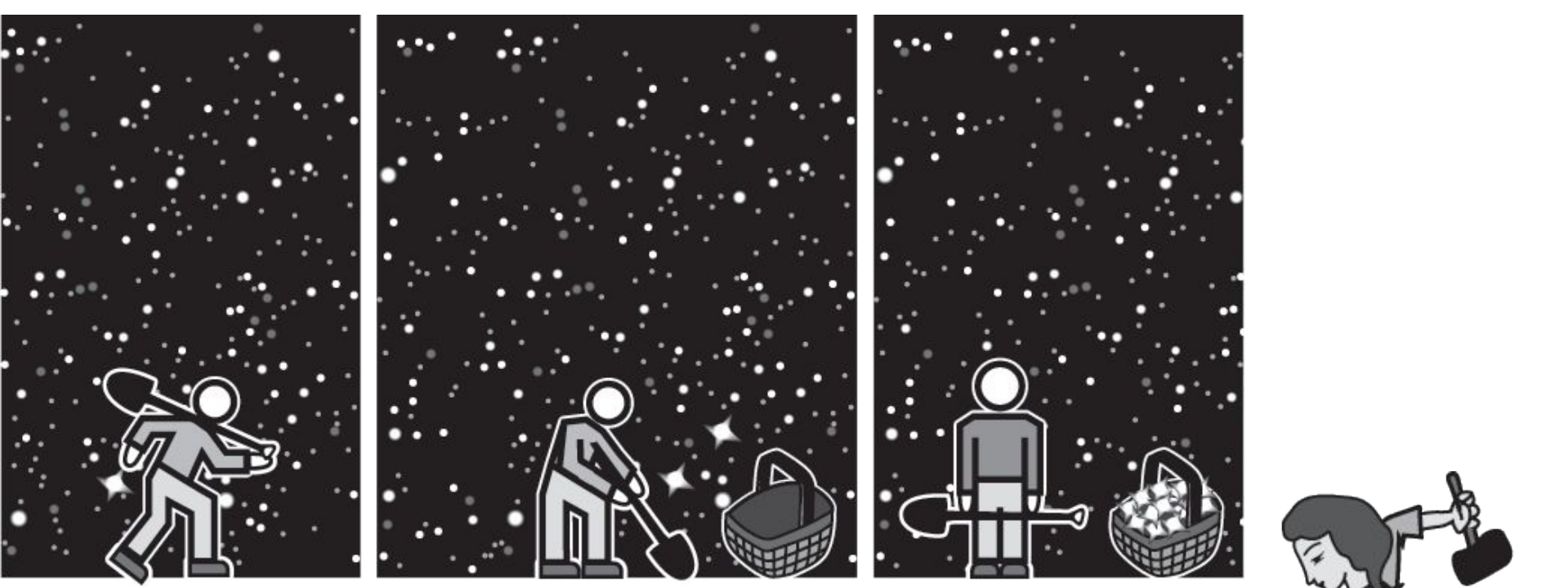
N: número de átomos por unidade de volume

Abundâncias químicas no Sol

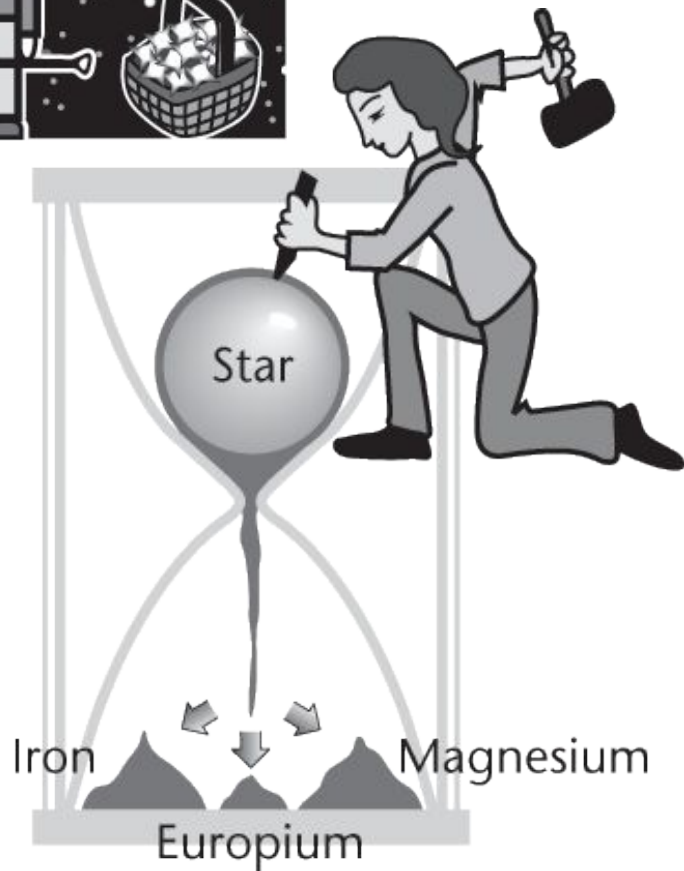


Como fazer uma torta de maçã?

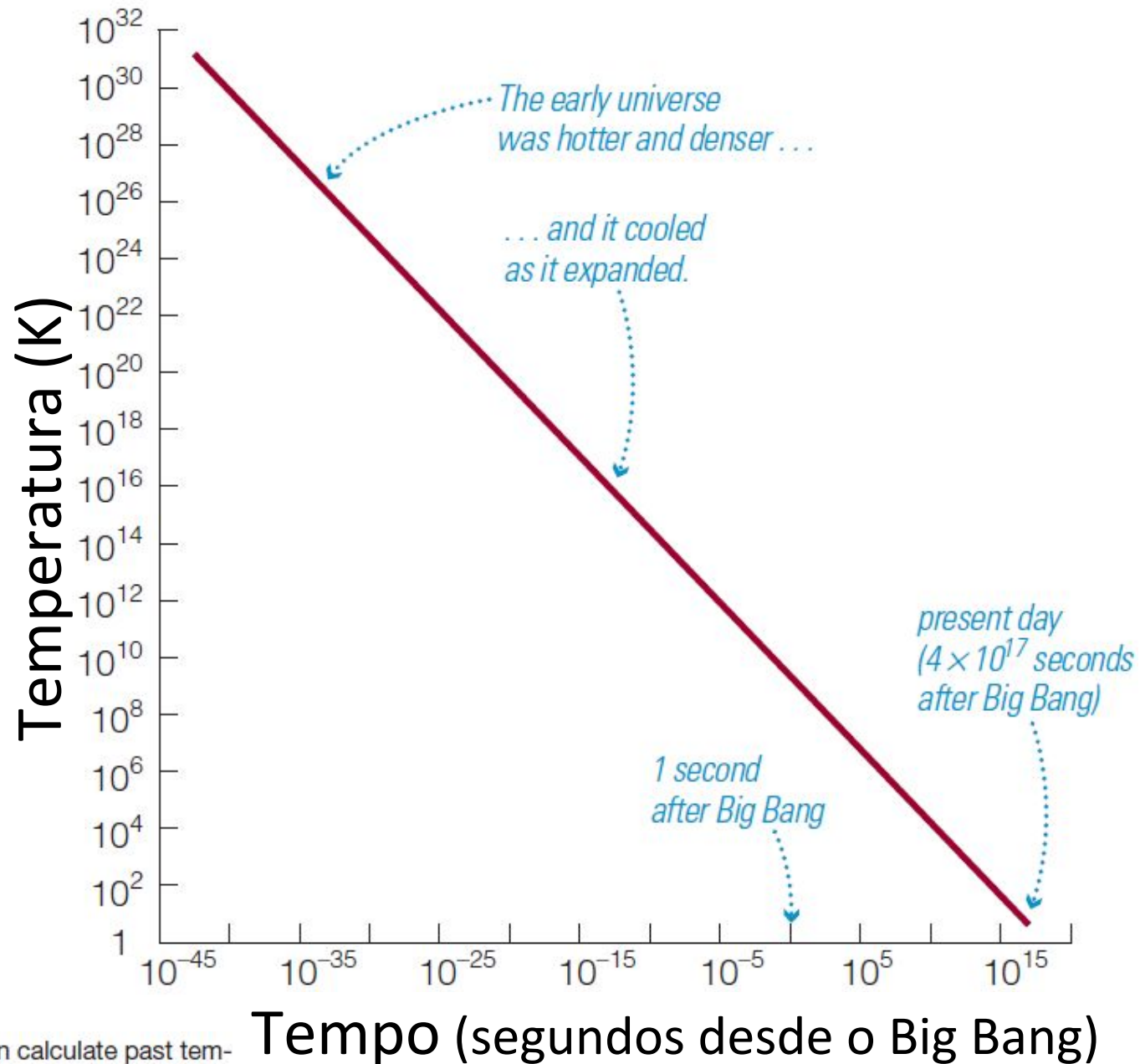




Arqueologia Galáctica



Universo em
expansão →
resfriamento

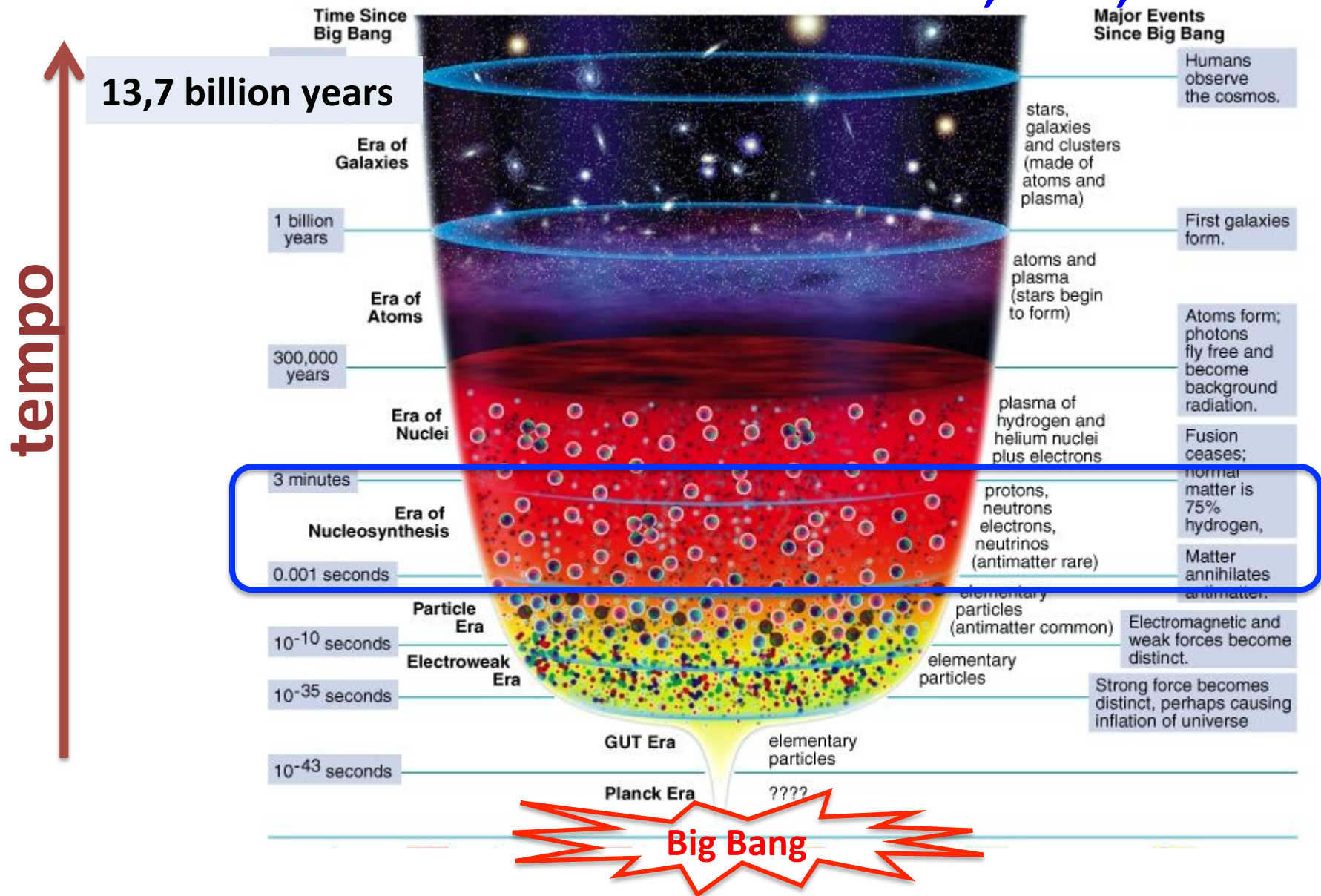


The universe cools as it expands. We can calculate past temperatures by using the laws of physics and the current temperature of the universe (about 3 K). This graph shows the results. Notice that both axis scales use powers of 10. (The graph extends to the present: 14 billion years $\approx 4 \times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

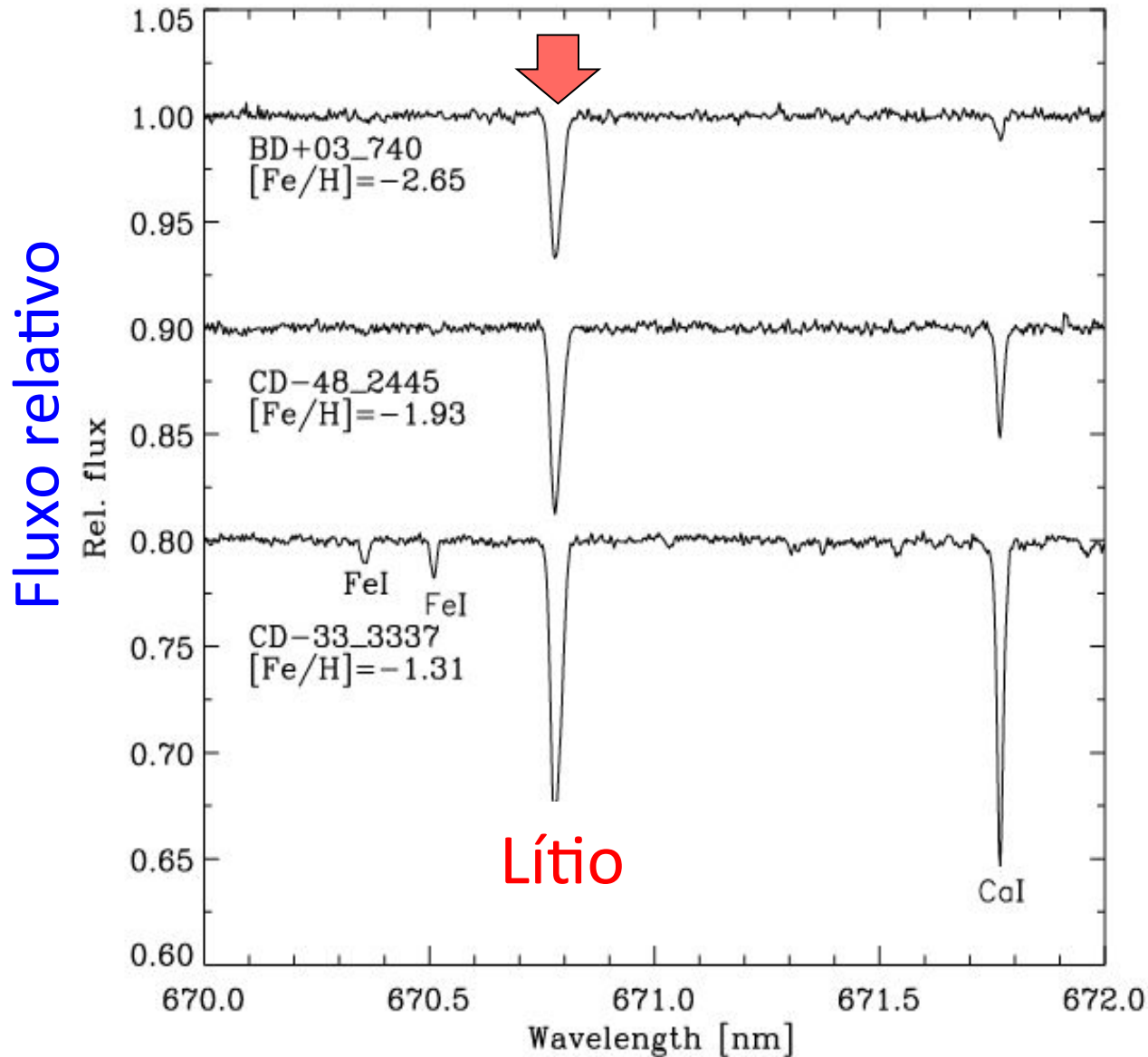
Bennett et al. 2012

Evolução de nosso universo

Primeiros 3 minutos: H, He, Li



Lítio primordial em estrelas pobres em metais

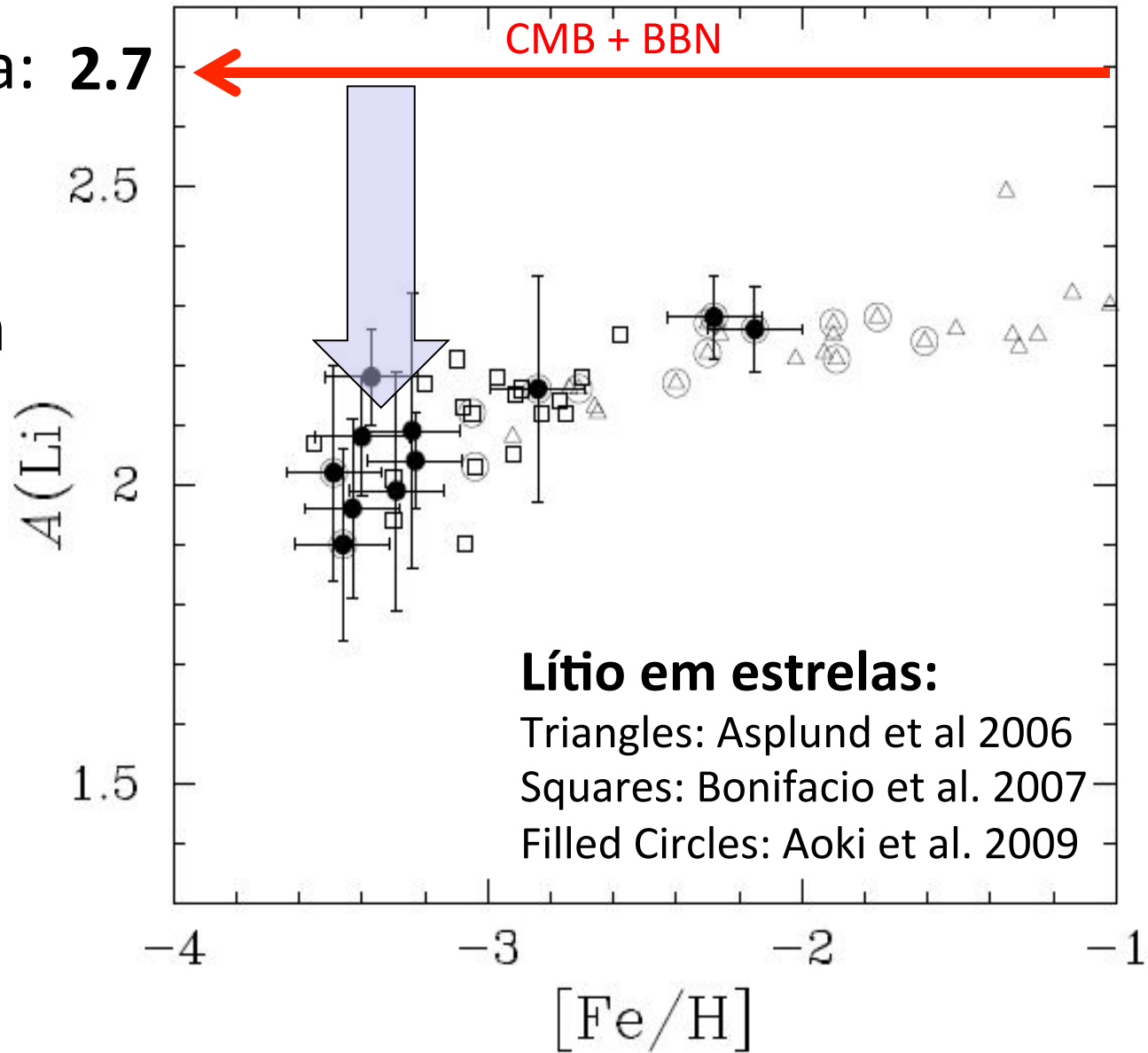


Problema cosmológico do lítio

Previsão teórica: **2.7**

Lítio medido em
estrelas:
($\text{Li} = 2.0 - 2.25$)

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

The lithium isotopic ratio in very metal-poor stars

K. Lind^{1,2}, J. Melendez³, M. Asplund⁴, R. Collet⁴, and Z. Magic¹

¹ Max Planck Institute for Astrophysics, Karl-Schwarzschild-Strasse 1, 857 41 Garching bei München, Germany

² Institute of Astronomy, University of Cambridge, Madingley Road, Cambridge, CB3 0HA, UK
e-mail: klind@ast.cam.ac.uk

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

⁴ 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

Issue	A&A Volume 554, June 2013
Article Number	A96
Number of page(s)	15
Section	Stellar atmospheres
DOI	http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/201321406
Published online	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★

Jorge Meléndez¹, Vinicius M. Placco², Marcelo Tucci-Maia¹, Iván Ramírez³, Ting S. Li⁴, and Gabriel Perez⁵

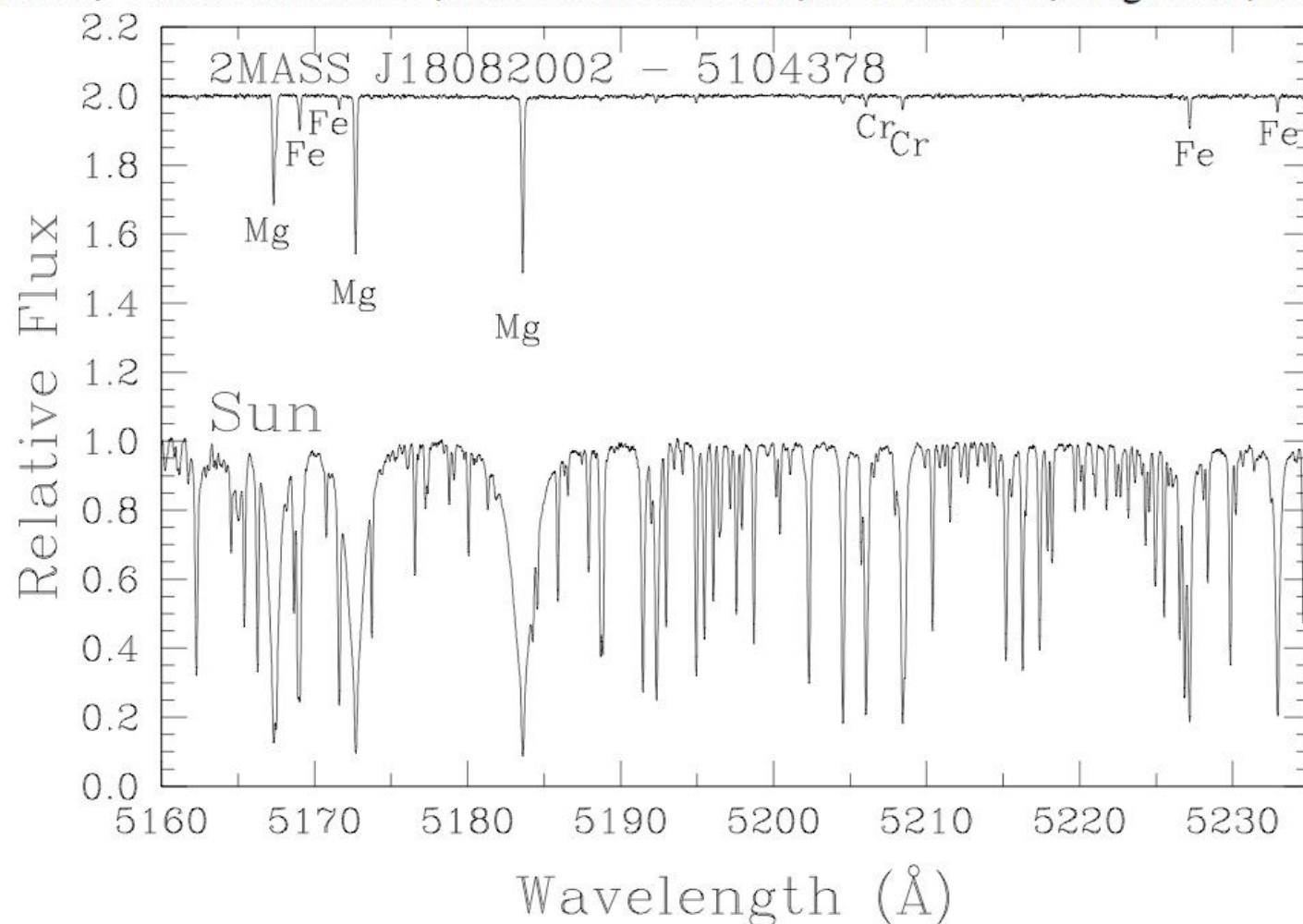


Tabela periódica de alguns astrônomos

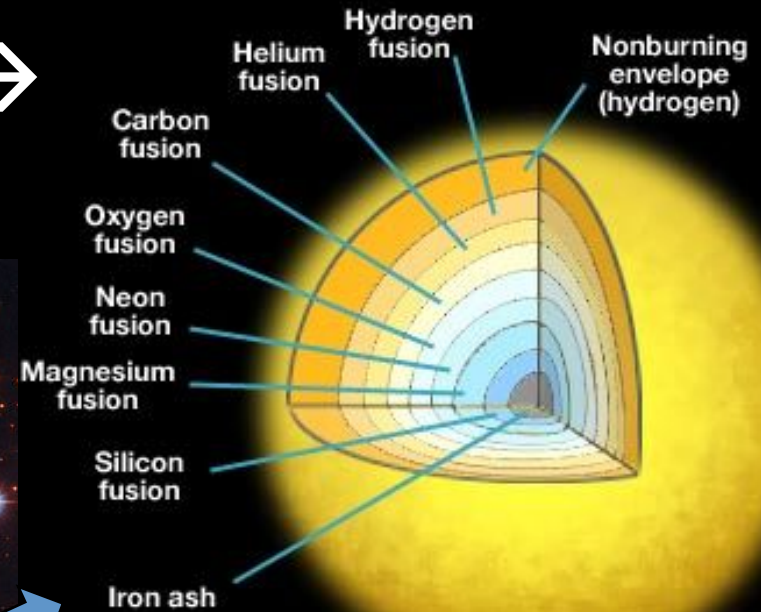
H & He → “metais”

 H ¹	Periodic Table of the Elements	© www.elementsdatabase.com	 He ²
hydrogen	non metals		

METAIS

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

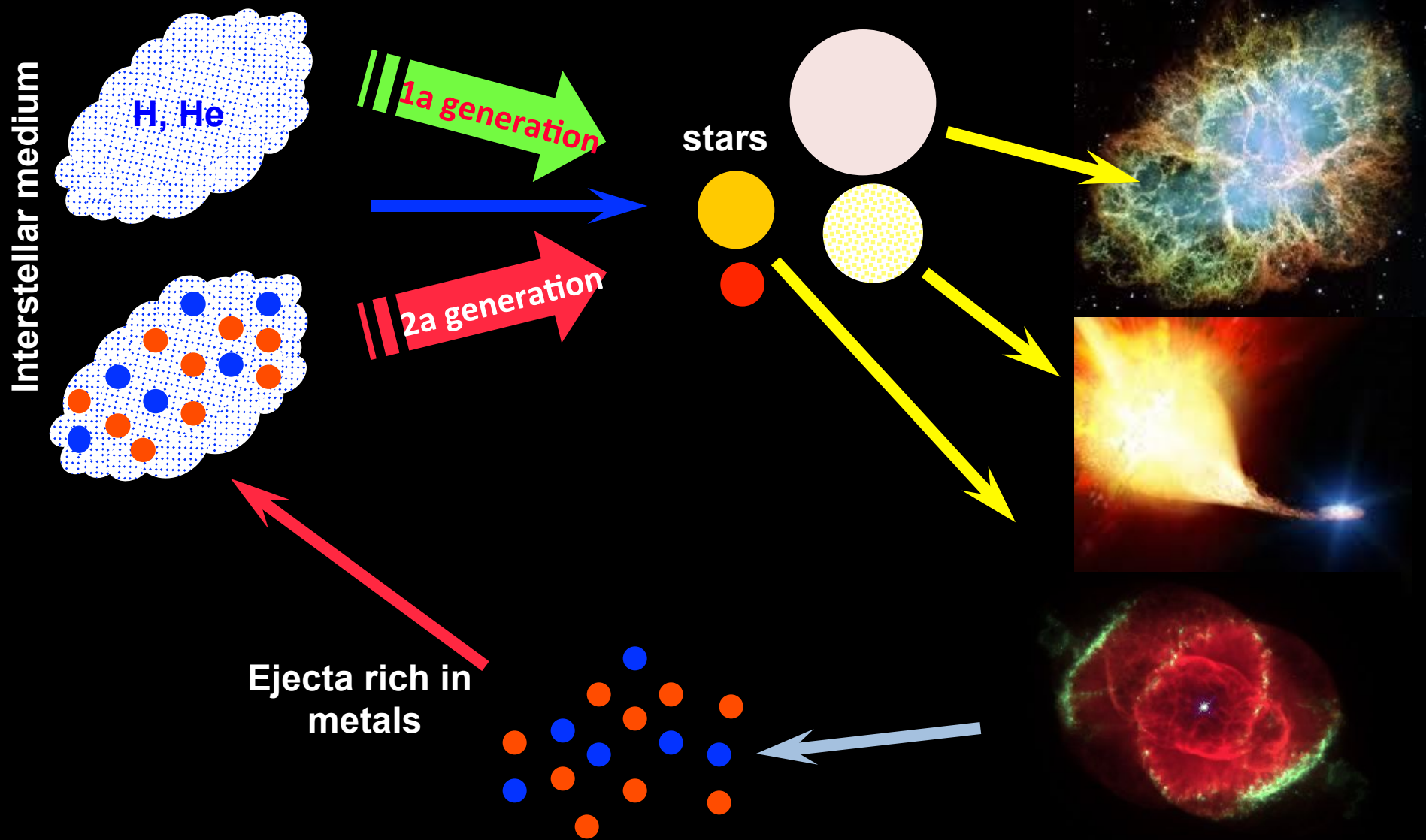


Planetary Nebula

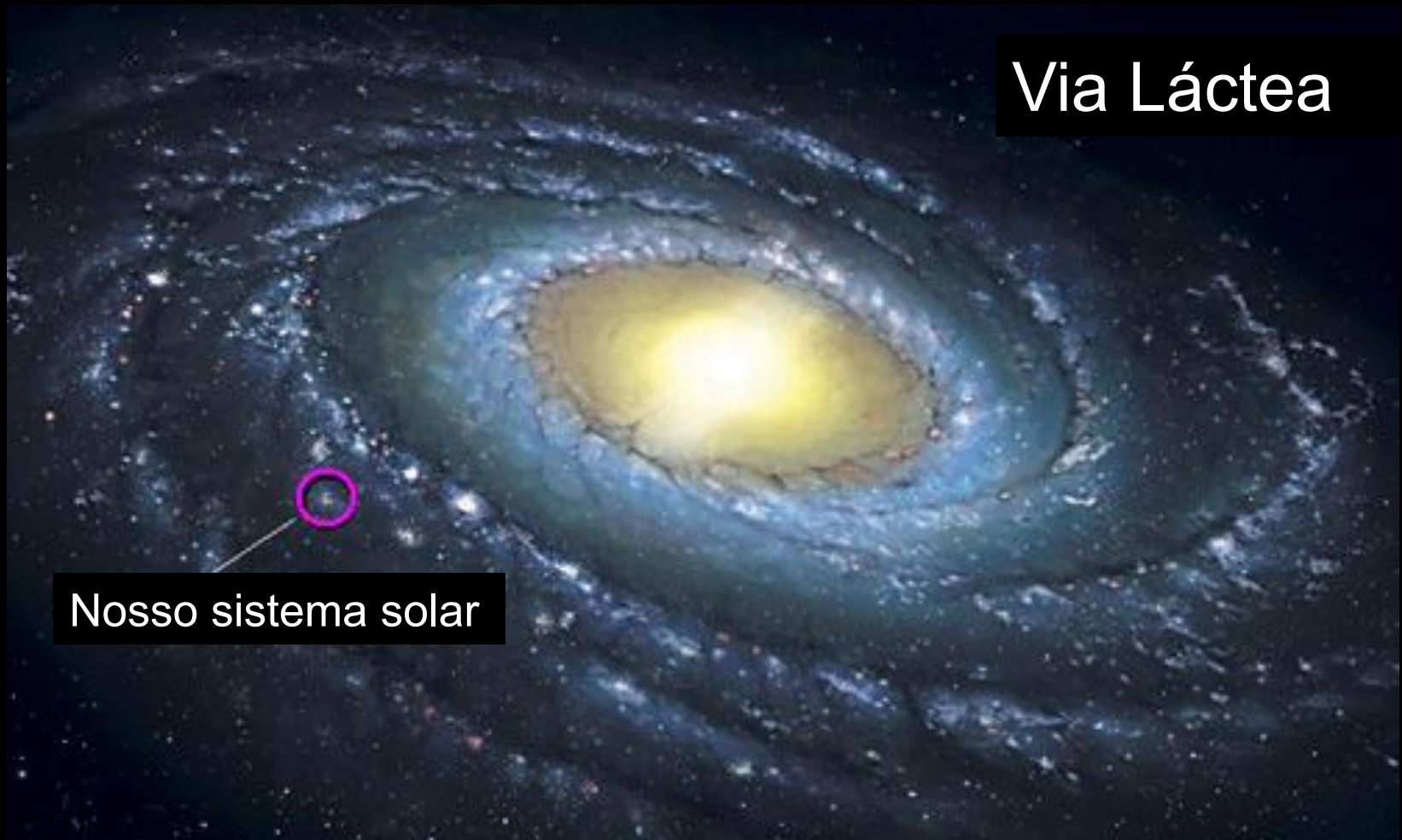


Type Ia Supernova (artist's concept)

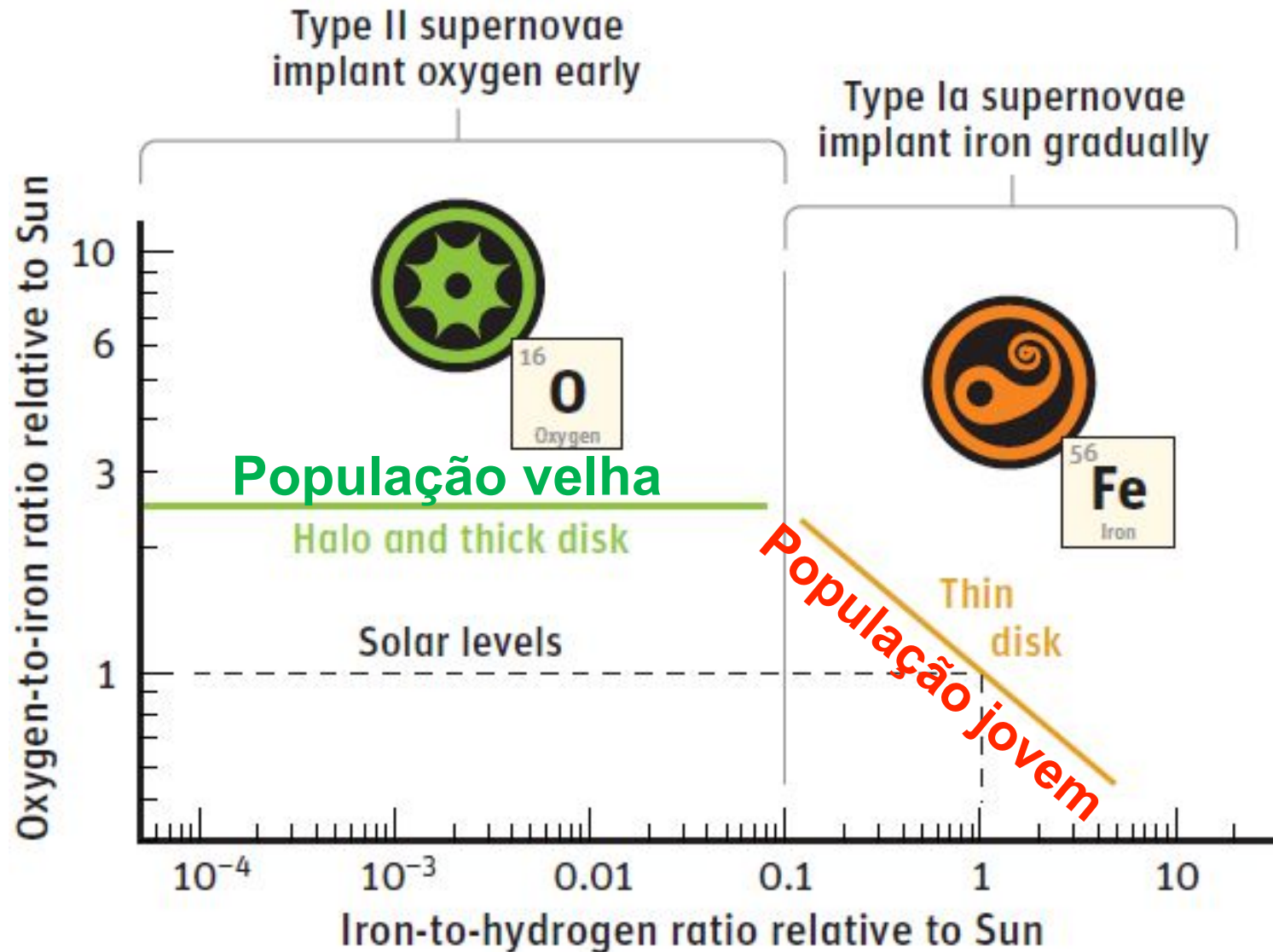
Enriquecimento químico da Galáxia



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

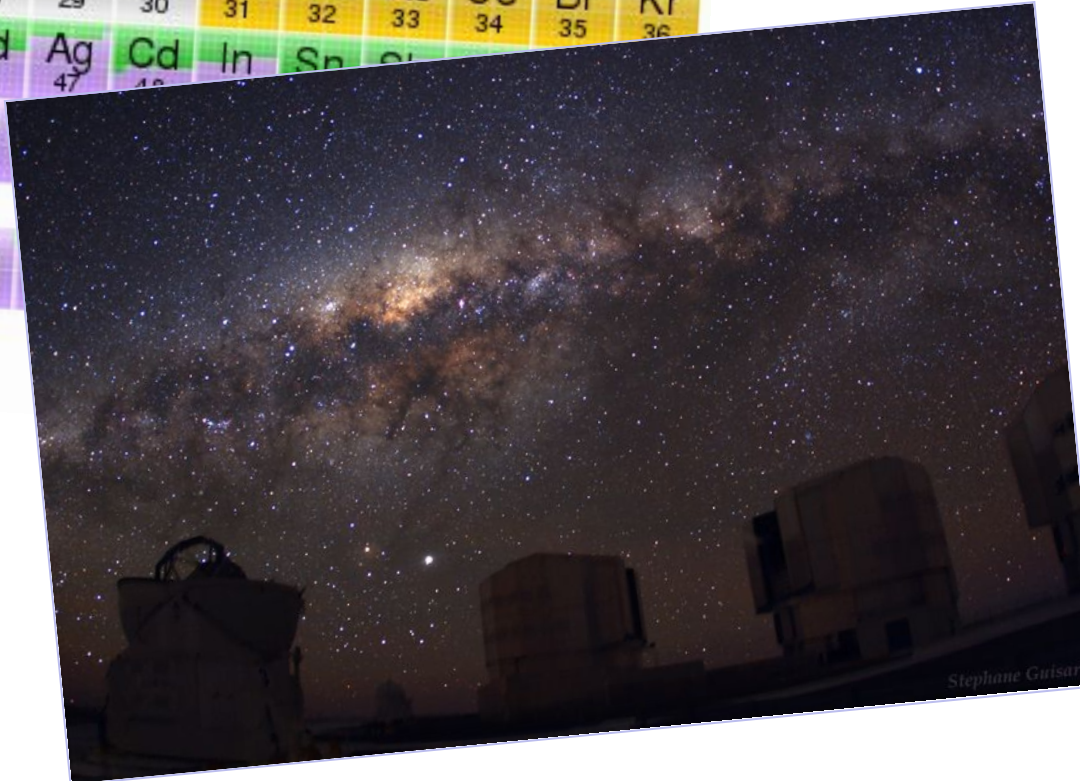


Arqueologia galáctica: origem dos elementos químicos e a origem e evolução da Galáxia

Legend:

- Big Bang fusion
- Dying low-mass stars
- Exploding massive stars
- Cosmic ray fission
- Merging neutron stars
- Exploding white dwarfs

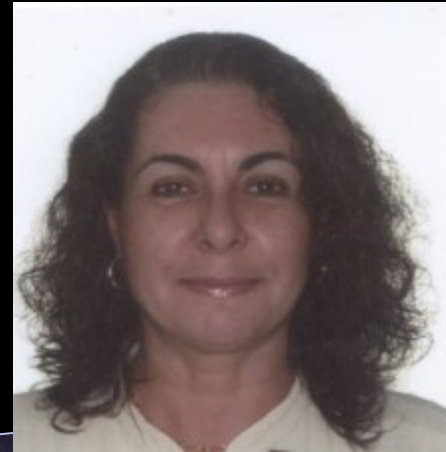
H	He																			
Li	Be																			
Na	Mg																			
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Ar	Ne	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Kr	Ar	Ne
Cs	Ba	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	Ac	Th
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				



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



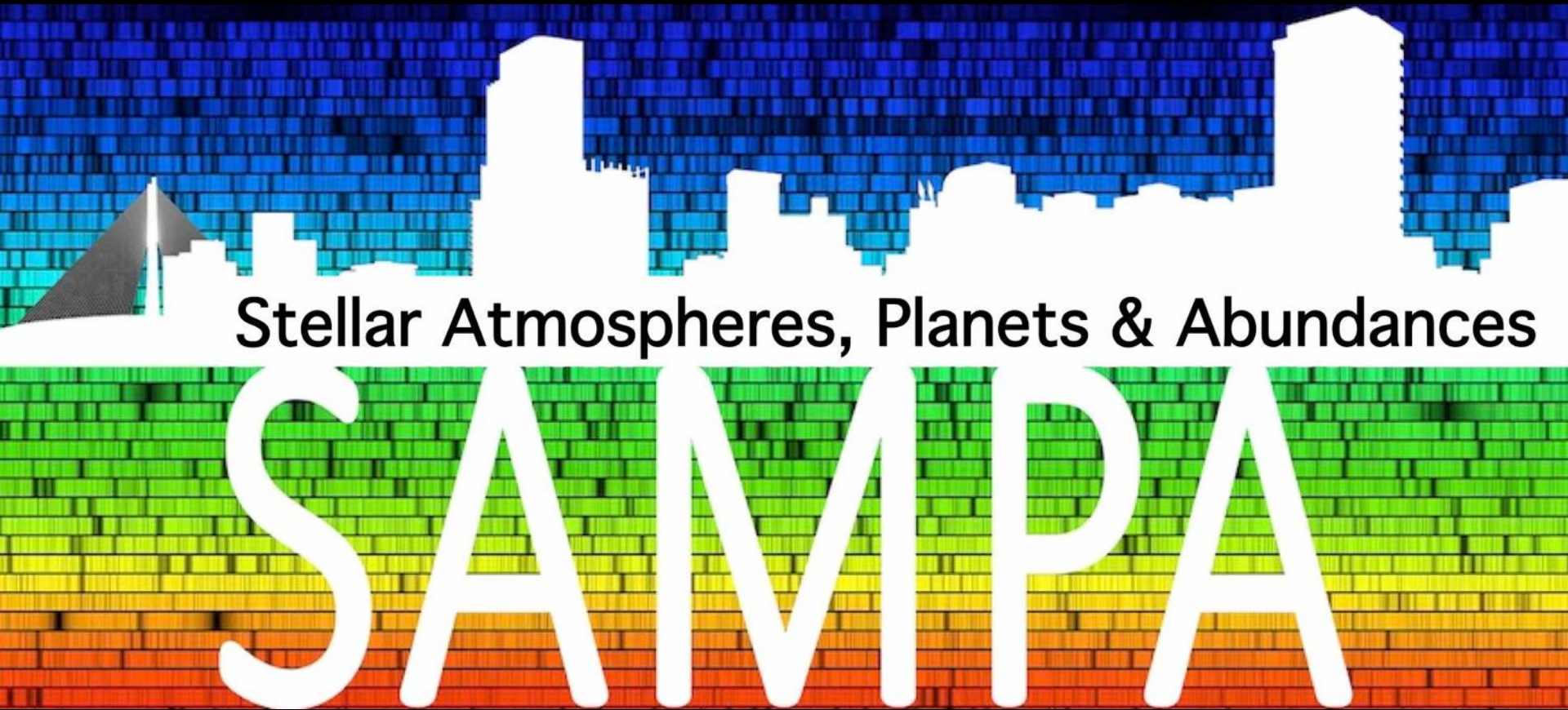
Prof. Silvia Rossi,
IAG/USP



Prof. Jorge Meléndez,
IAG/USP

Meu grupo: SAMPa

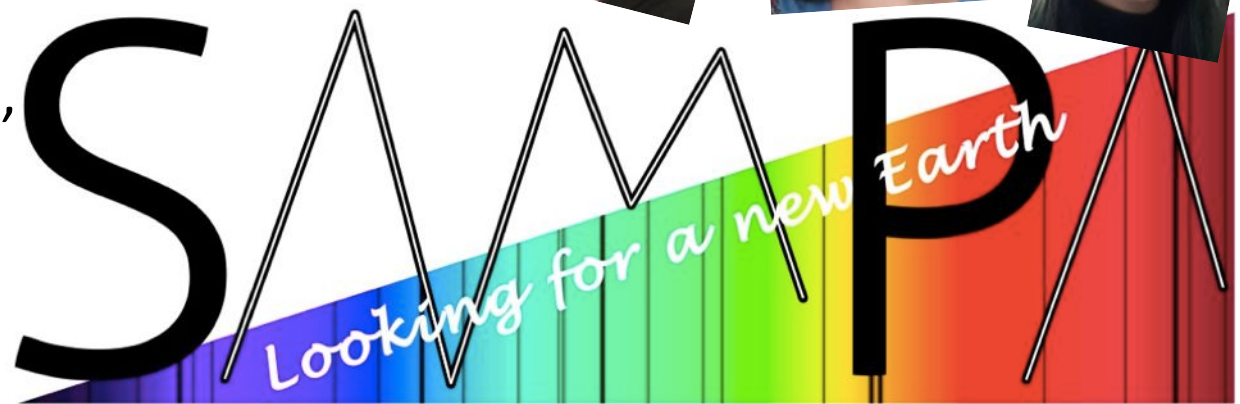
Stellar Atmospheres, Planets & Abundances



SAMPA @ IAG/USP



2018: 1 IC, 1 mestranda,
3 doutorandos, 1 pósdoc,
2 alunas visitantes



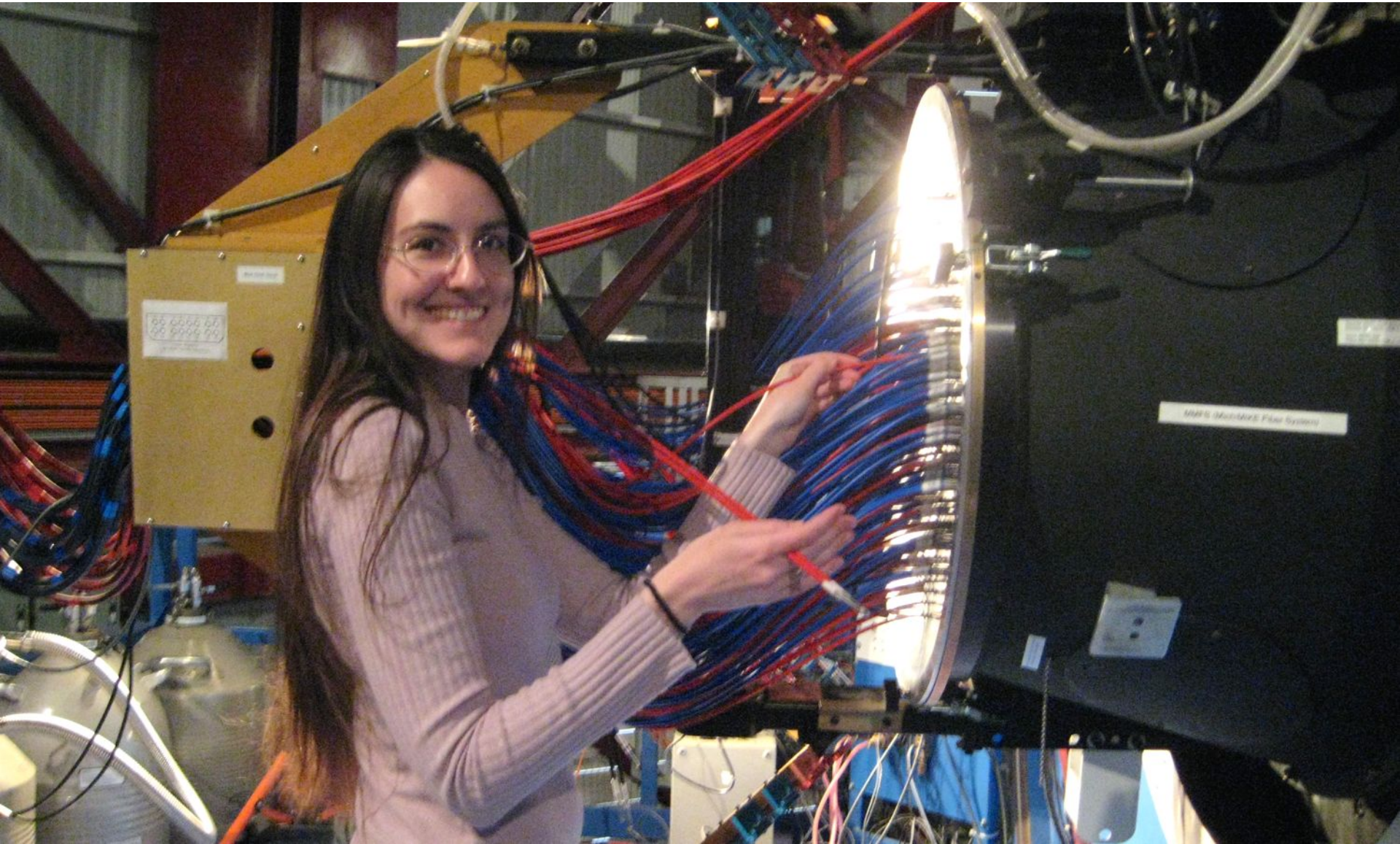
Stellar Atmospheres, Planets & Abundances

Léo dos Santos: MSc at SAMPa/IAG/USP, PhD in Switzerland (Geneva)



Best MSc in Astronomy
IAG/USP 2017

Tala Monroe, PhD Indiana, postdoc SAMPA/IAG/USP,
now at Hubble Telescope Science Institute



Marcelo Tucci-Maia, MSc in Itajubá (UNIFEI), PhD at SAMPa/IAG/USP, postdoc at LNA, now postdoc in Chile (UDP, with fellowship from ESO/Chile)



Honourable mention
PhD in Astronomy
CAPES 2017 + USP 2018

Marcelo Tucci Maia observing
at 8m Subaru telescope, Hawaii

Diego Lorenzo-Oliveira: ex-UFRJ, now SAMPA/IAG.
Lorenzo Spina: ex-Florença, ex-SAMPA, now Australia



21 artigos publicados por SAMPa em revistas internacionais em 2016-2017

A&A 597, A34 (2017)
DOI: 10.1051/0004-6361/201527775
© ESO 2016

**Astronomy
&
Astrophysics**

A maioria com 1o autor do SAMPa

The Solar Twin Planet Search

V. Close-in, low-mass planet candidates and evidence of planet accretion in the solar twin HIP 68468

Jorge Meléndez¹, Megan Bedell², Jacob L. Bean², Iván Ramírez³, Martin Asplund⁴, Stefan Dreizler⁵,
A&A 586, A67 (2016)
DOI: 10.1051/0004-6361/201527439
© ESO 2016

**Astronomy
&
Astrophysics**

A&A 589, A65 (2016)
DOI: 10.1051/0004-6361/201527477
© ESO 2016

First high-precision di

Henrique Reggiani¹, Jorge M

¹ Universidade de São Paulo, Instituto de Astro
Rua do Matão 1226, Cidade Universitária, 05

Serendipitous discovery of the faint solar twin Inti 1[★]

Jhon Yana Galarza¹, Jorge Meléndez¹, and Judith G. Cohen²

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

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

Home

Program

Registration

SOC / LOC

Participants

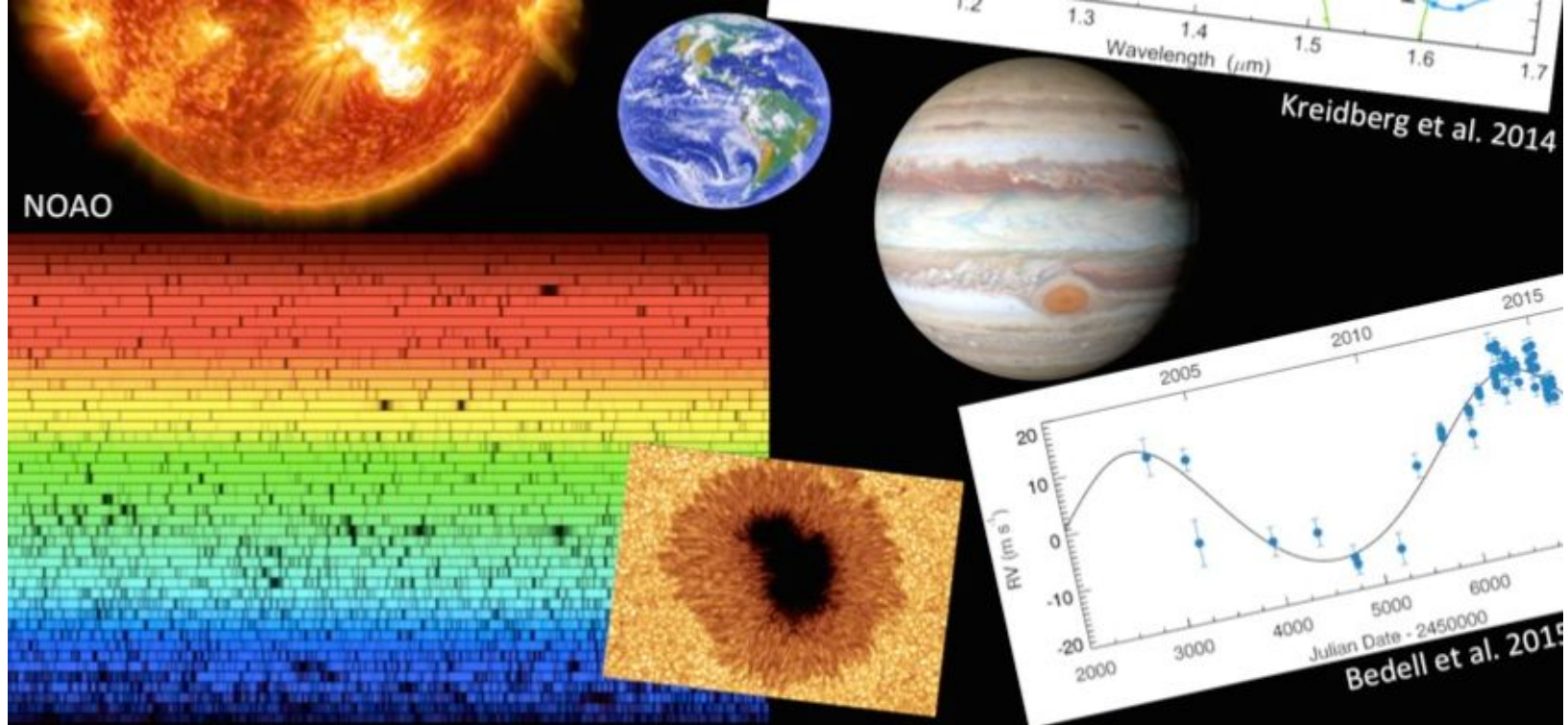
Local Info

PRECISION SPECTROSCOPY 2016:

Abundances, nucleosynthesis and chemical evolution

19-21 September 2016, Porto Alegre, Brazil



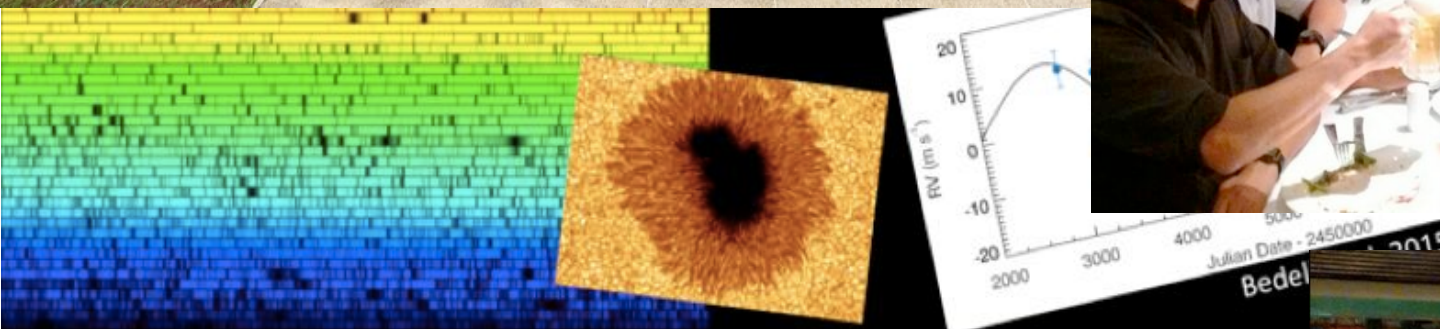


Precision Spectroscopy 2017 Towards Earth 2.0

São Paulo, 1-4 August 2017

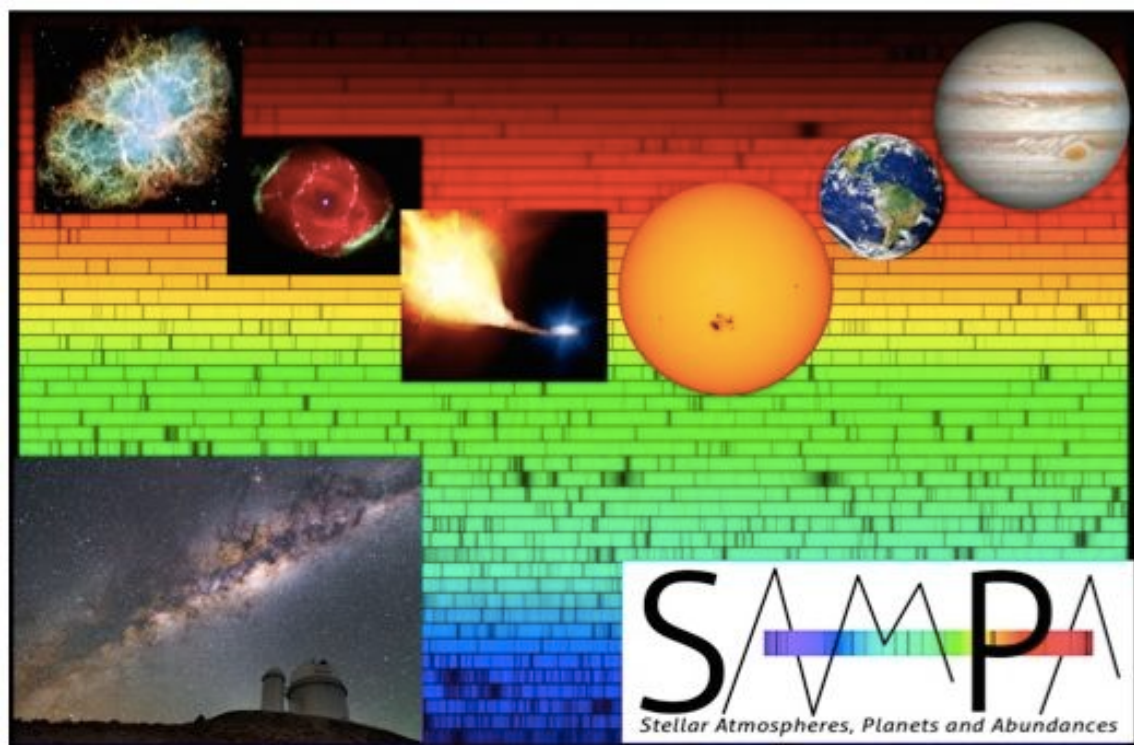
www.astro.iag.usp.br/~sampa/ps2017/

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



Precision Spectroscopy 2017
Towards Earth 2.0
São Paulo, 1-4 August 2017





Precision Spectroscopy 2018

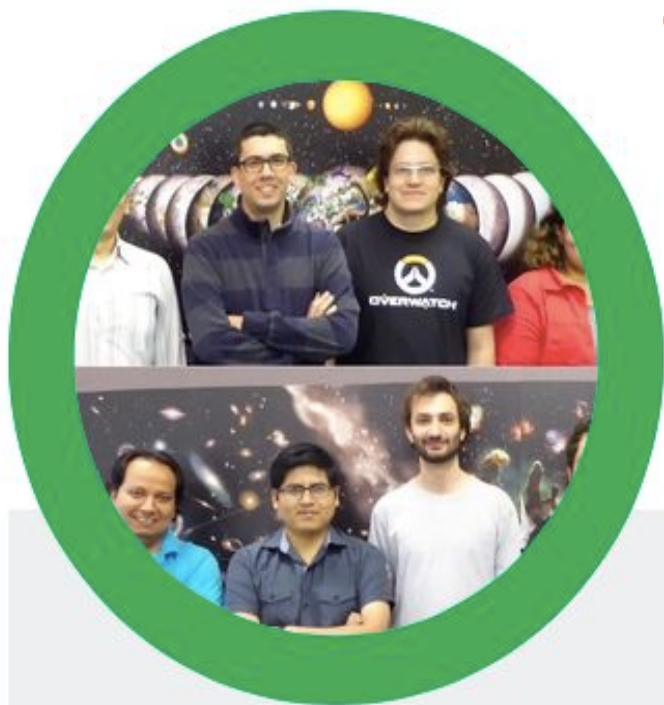
From the First Stars to Exoplanets

São Paulo, 10-11 September 2018

www.astro.iag.usp.br/~sampa/ps2018/

Chemical Abundances. Galactic Chemical Evolution.
Stellar Astrophysics. Stellar Evolution. Rotation.
Stellar Activity. Planet-Star Connection. Exoplanets.

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 ?

<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

173

Impressões do Tweet

537 mil

Tweets

19,4 mil

Seguindo

213

Seguidores

8.752



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...

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

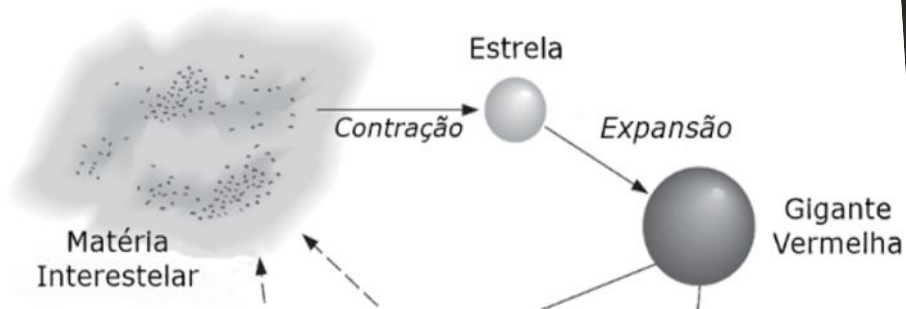


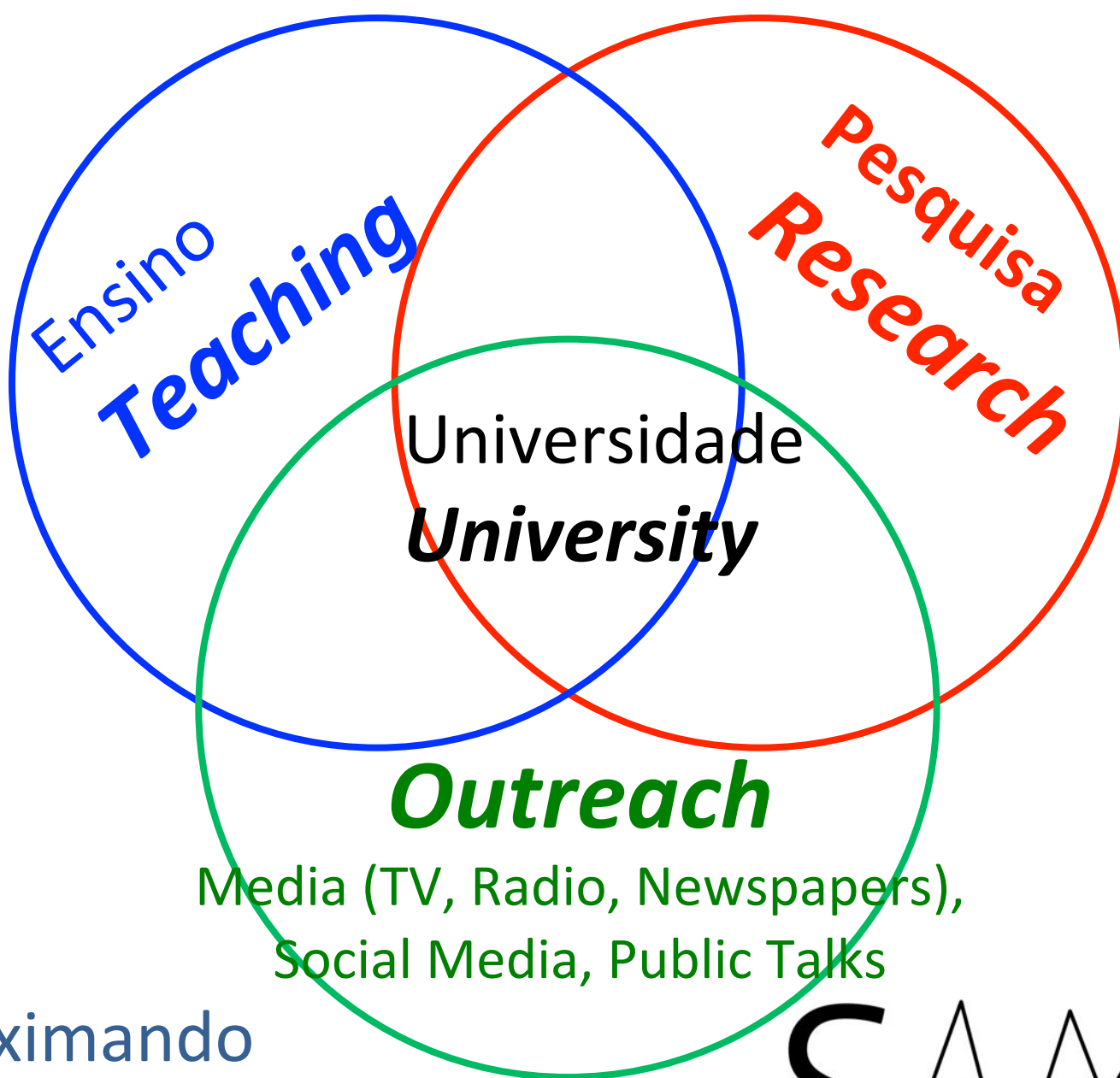
domingo, 20 de novembro de 2016

O ciclo de matéria no Universo

Por Victoria Pardiniho, 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



< 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 13:11

Astrônomos brasileiros descobrem gêmeo de Júpiter orbitando gêmea do Sol

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

16/07/2015 - 08H07 / ATUALIZADO 08H0707 / POR ANDRÉ JORGE DE OLIVEIRA

@grupofolha.com...
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



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?



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



Encuentran gemelos de Júpiter y del Sol

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

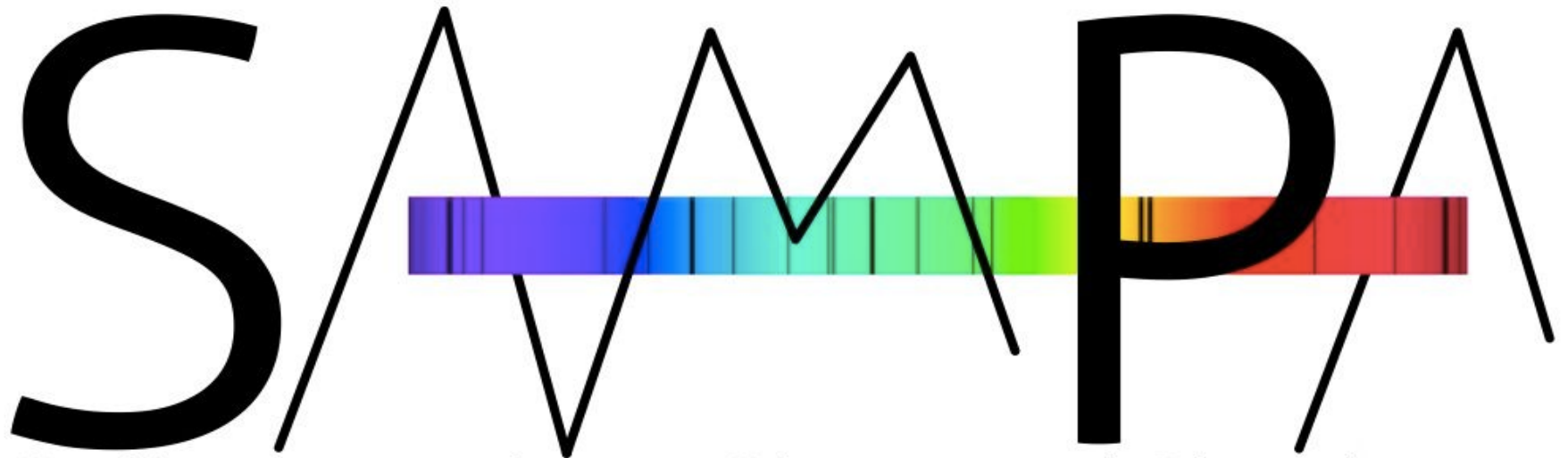
16/07/2015 - 15:35 - Un gemello di Giove orbita attorno a una stella simile al nostro sole. A scoprirlo è stato un team internazionale di astronomi utilizzando il telescopio da 3,6 metri dell'Eso. L'esopianeta si trova a una distanza dalla sua stella (HIP 11915) simile a ...

Interesado em colaborar com o grupo?



jorge.melendez@iag.usp.br

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



Stellar Atmospheres, Planets and Abundances