

Cap. 9: Atmosferas Estelares

9.1 Campo de radiação

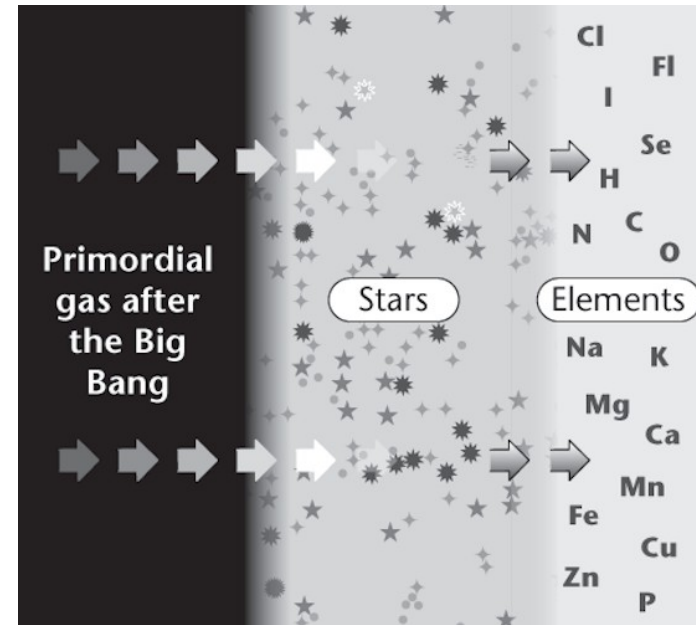
9.2 Opacidade estelar

9.3 Transferência radiativa

9.4 Equação de transferência

9.5 O perfil das linhas espectrais

A evolução das abundâncias químicas no universo

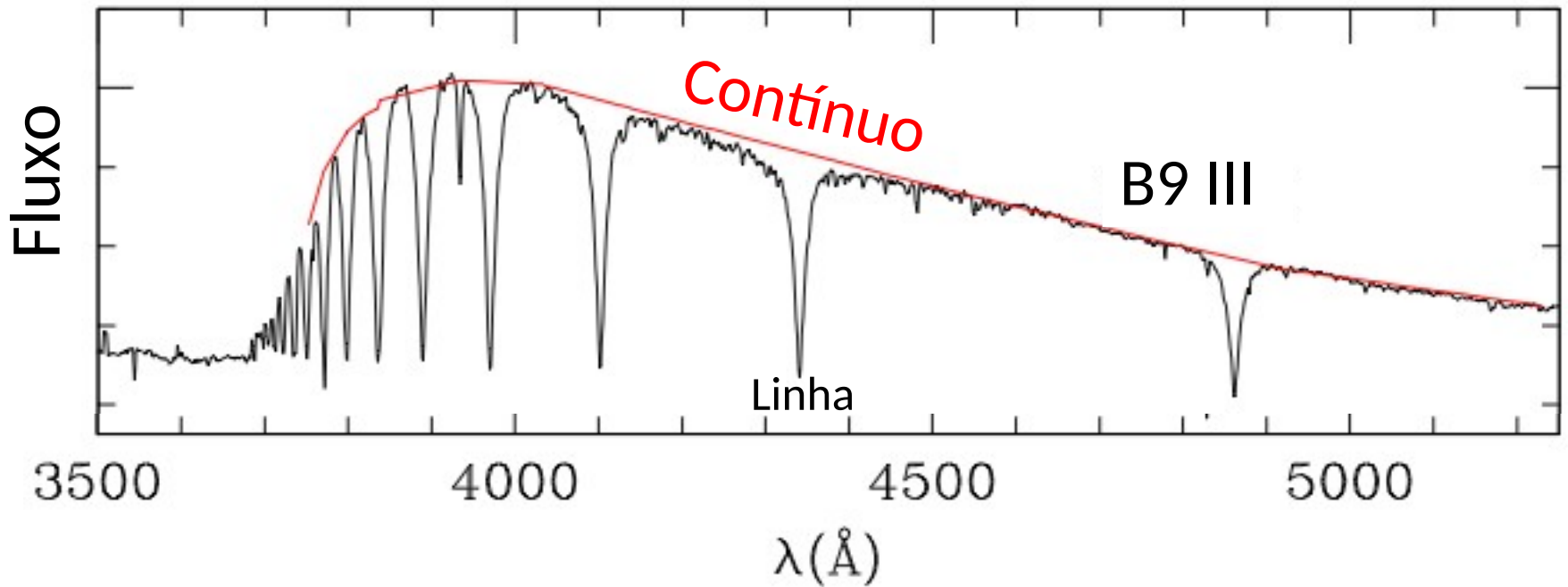


(c) A. Frebel



Espectros estelares

O espectro apresentado preserva a forma do contínuo



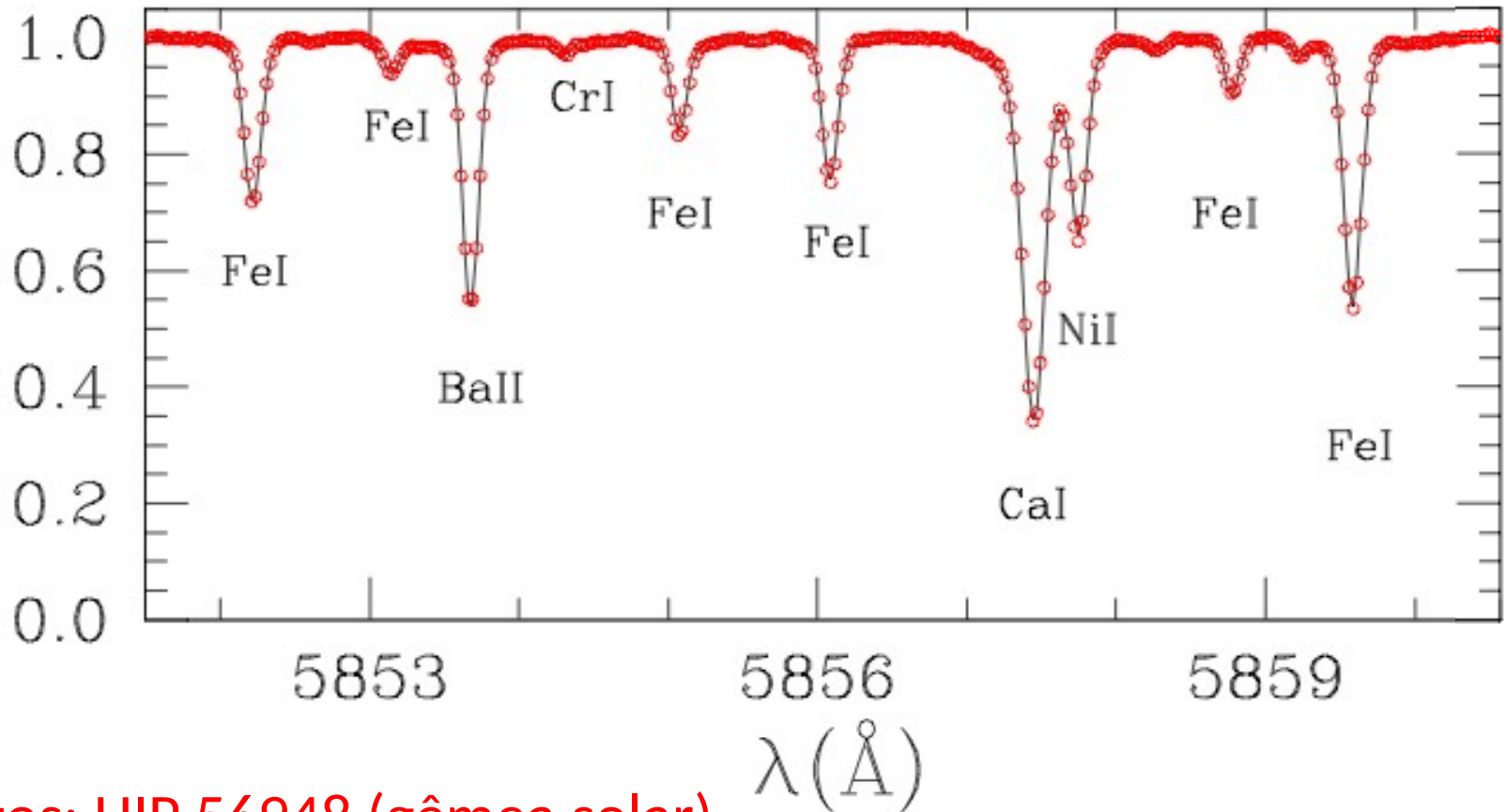
Linhas de absorção da serie de Balmer do hidrogênio em estrela B9 III
(ou seja, aproximadamente A0 III)

Espectro normalizado

Fluxo relativo normalizado =
fluxo / contínuo

No contínuo,
Fluxo normalizado =
contínuo/contínuo = 1

Fluxo relativo normalizado

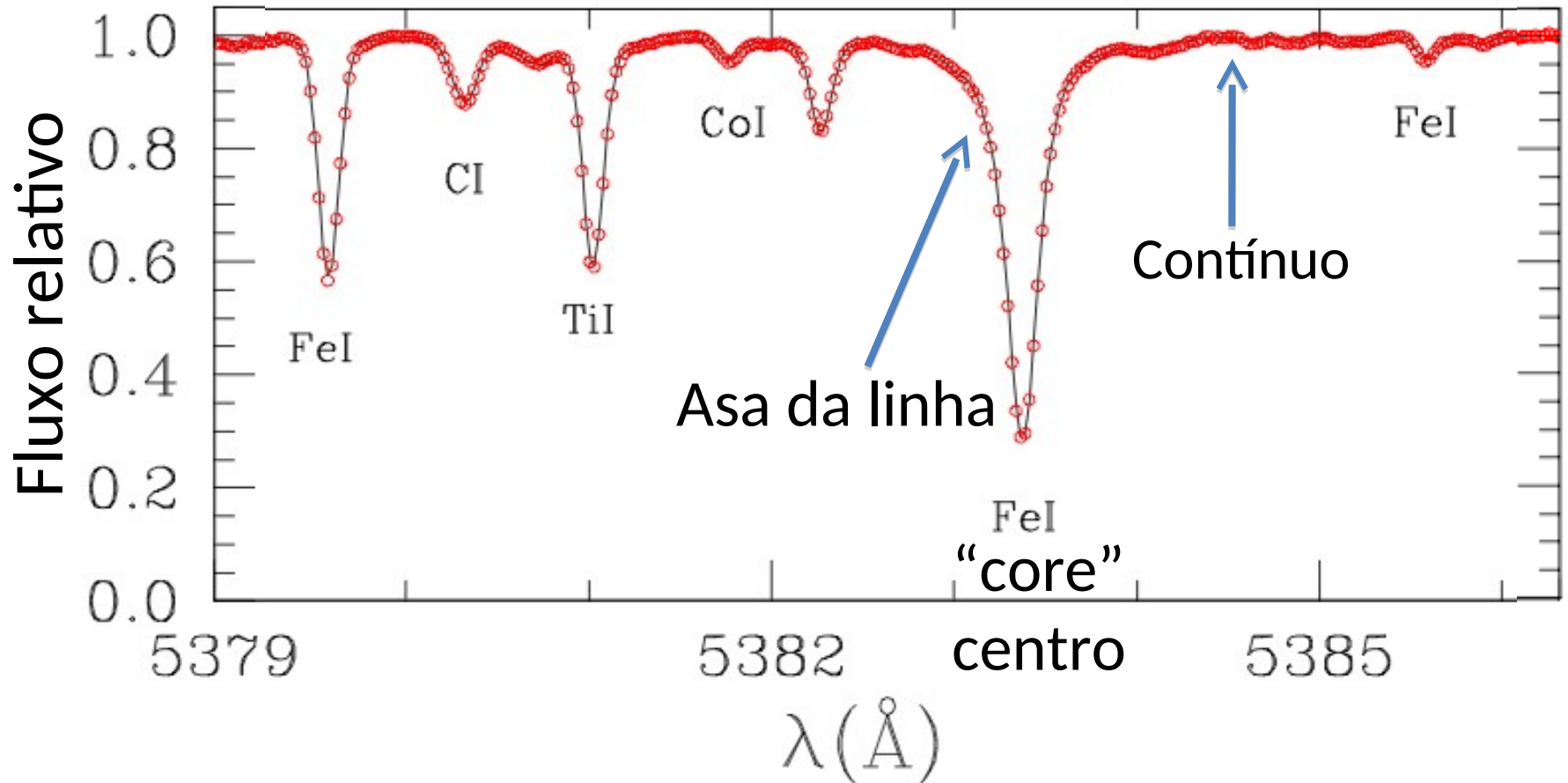


Pontos: HIP 56948 (gêmea solar)

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

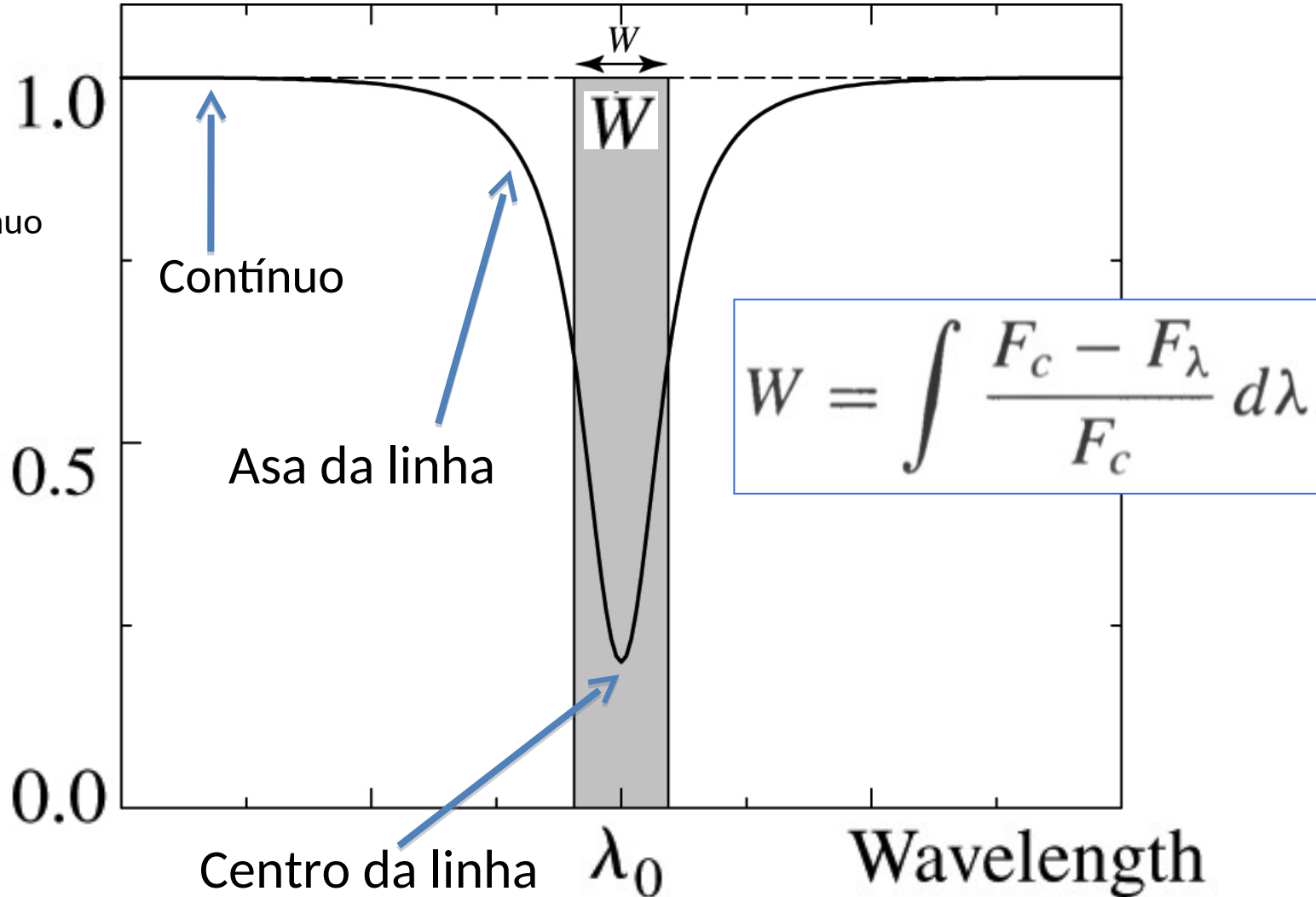
Meléndez et al. (2012, A&A 543, A29)

Fluxo da linha é medido pela **largura equivalente W**
(largura do retângulo de área “equivalente” à área da linha)

Fluxo
relativo

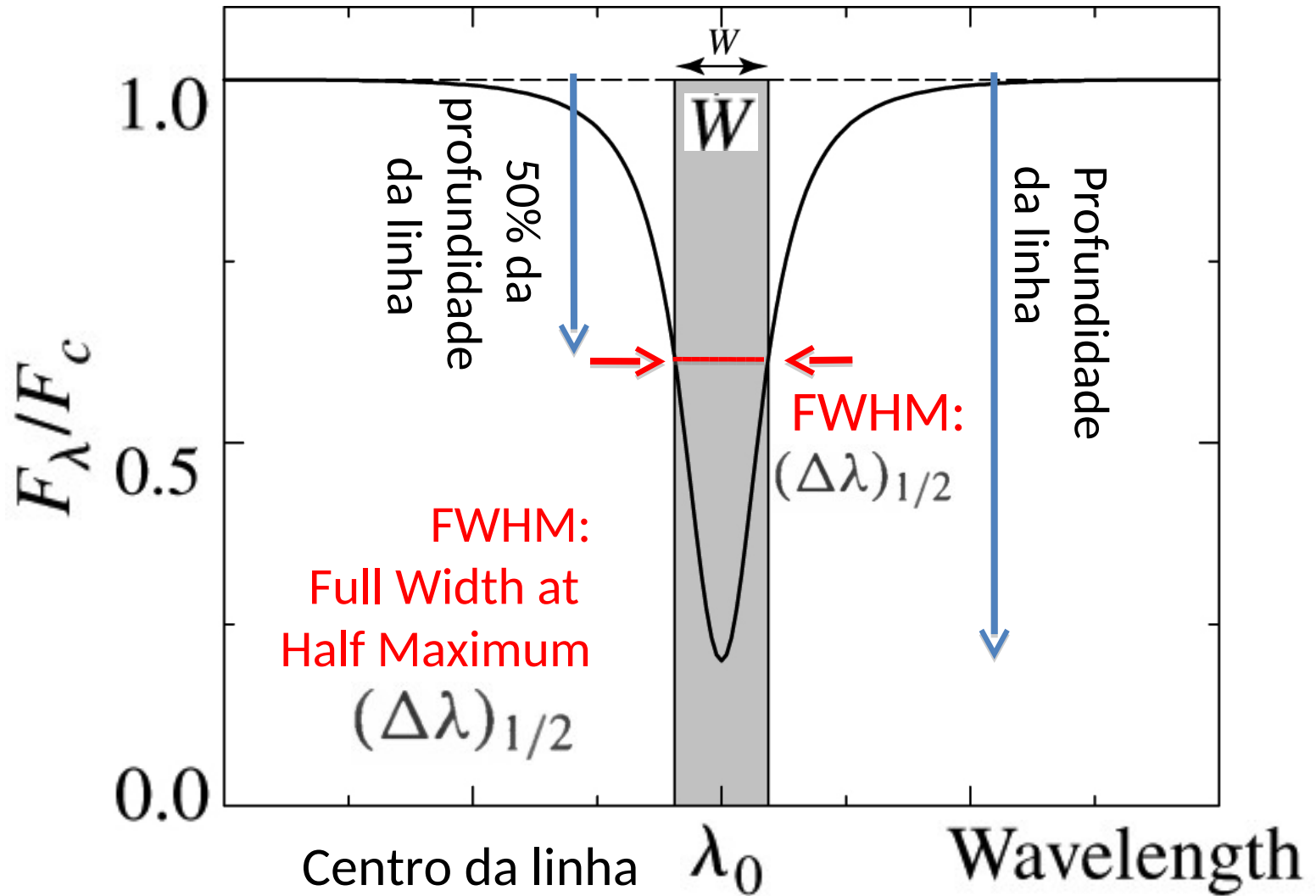
$$= F_{\lambda} / F_{\text{Contínuo}}$$

$$F_{\lambda} / F_c$$

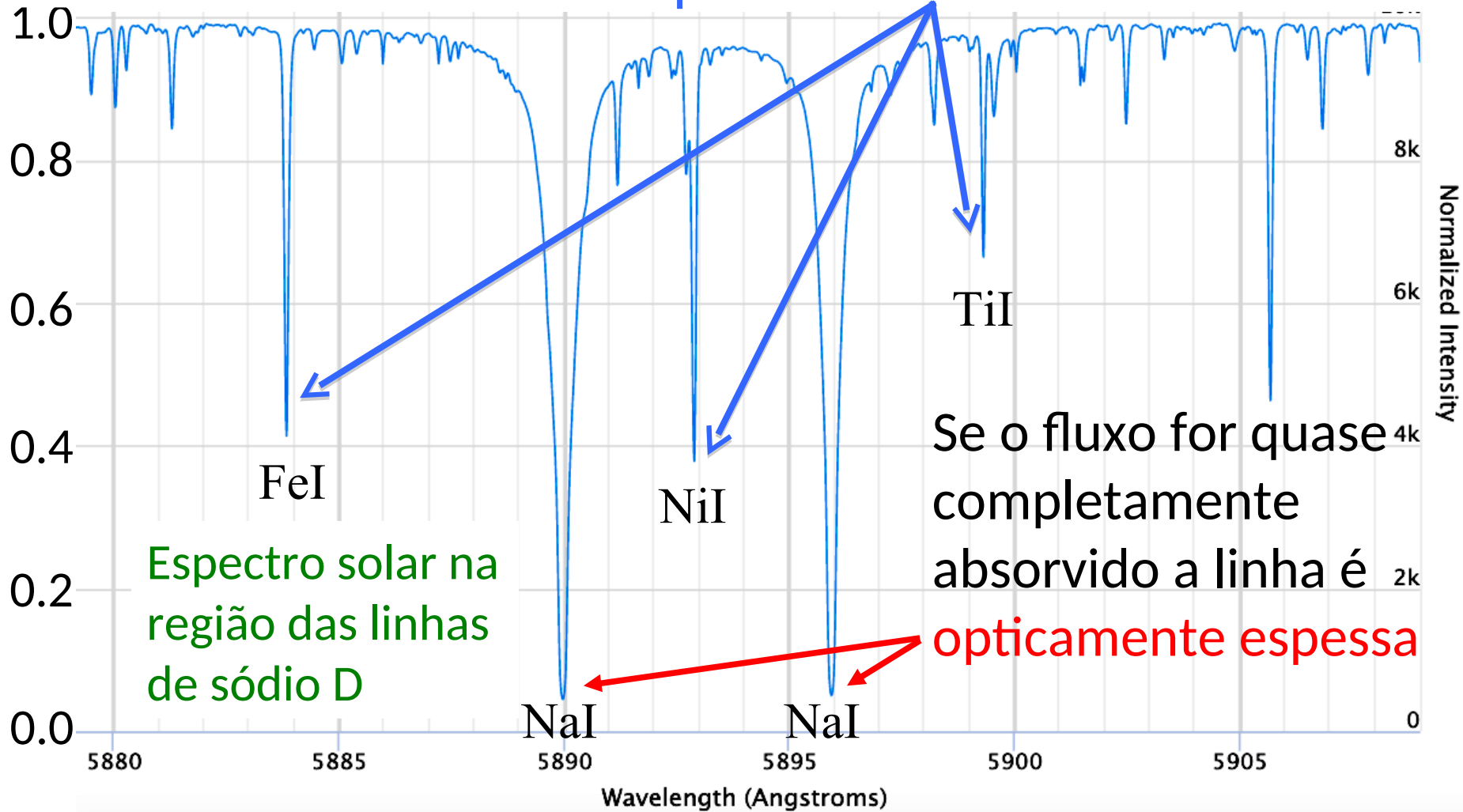


No óptico, valor típico $W \sim 0.01$ nm. Linhas fracas, $W \sim 10^{-3}$ nm

FWHM: largura da linha à metade da profundidade

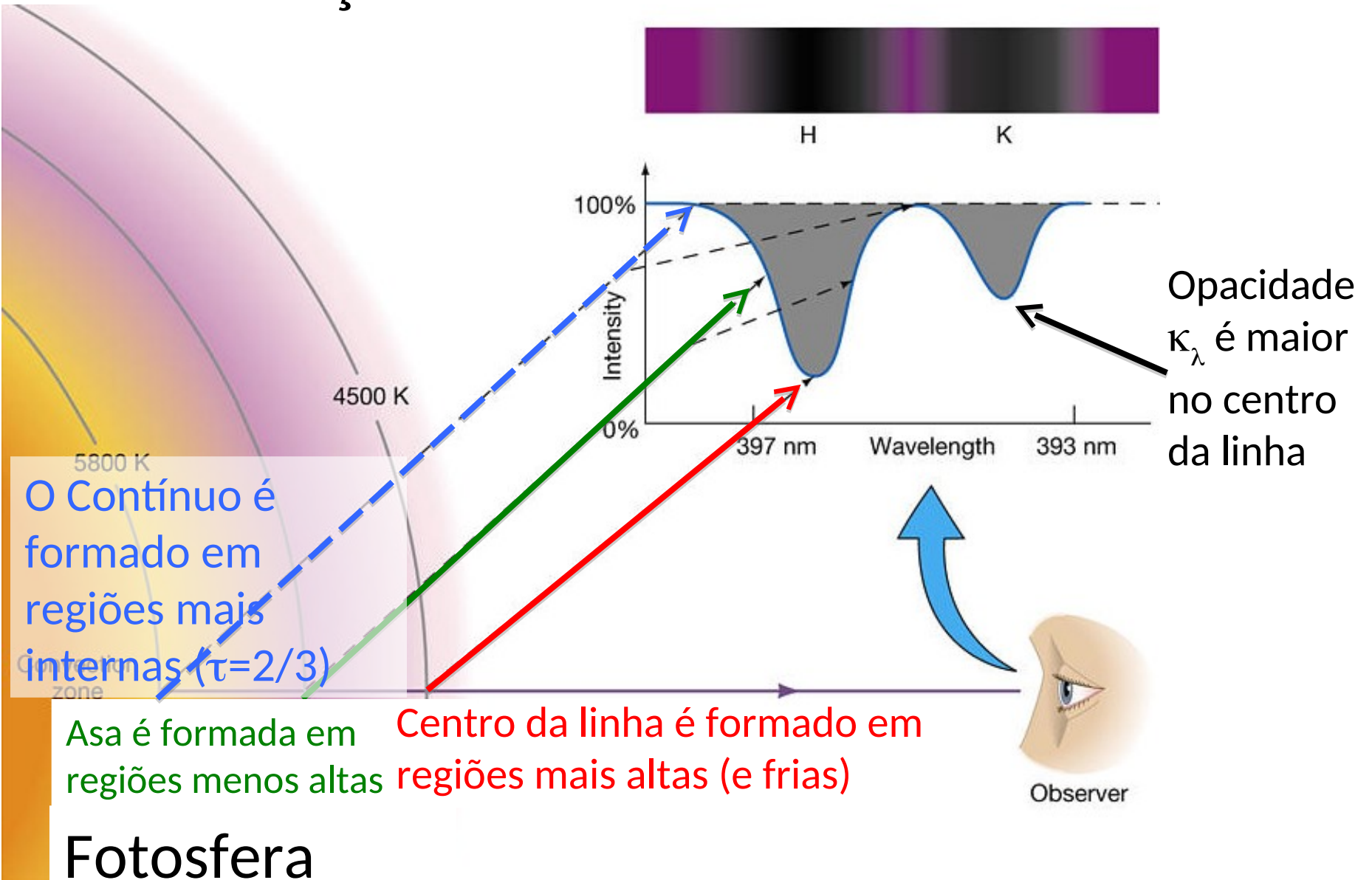


Se a linhas tem o fluxo apenas parcialmente absorvido é **opticamente fina**



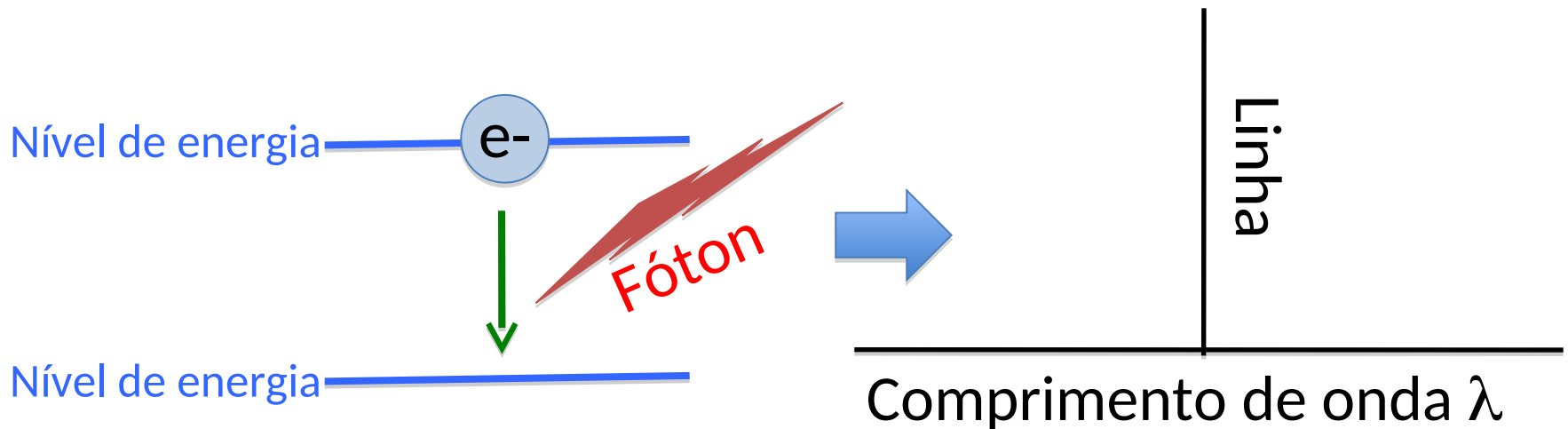
BASS2000 - Observatoire de Paris/Meudon - LESIA

Formação de linhas



Processos de alargamento das linhas

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



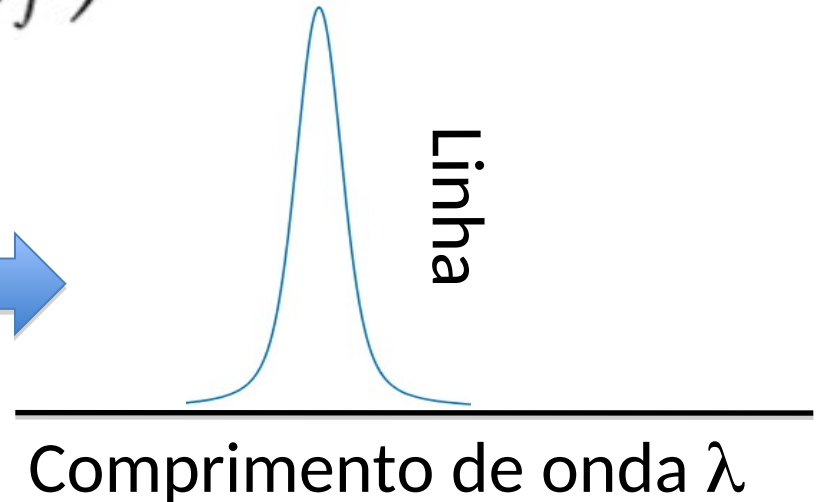
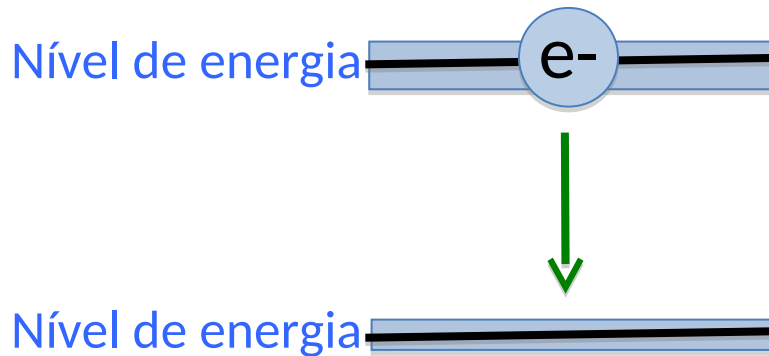
1. Alargamento Natural

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).

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

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

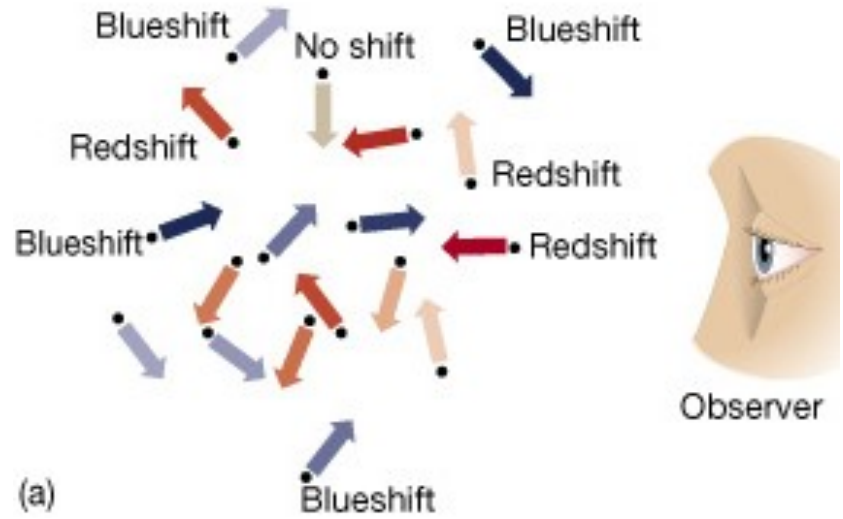
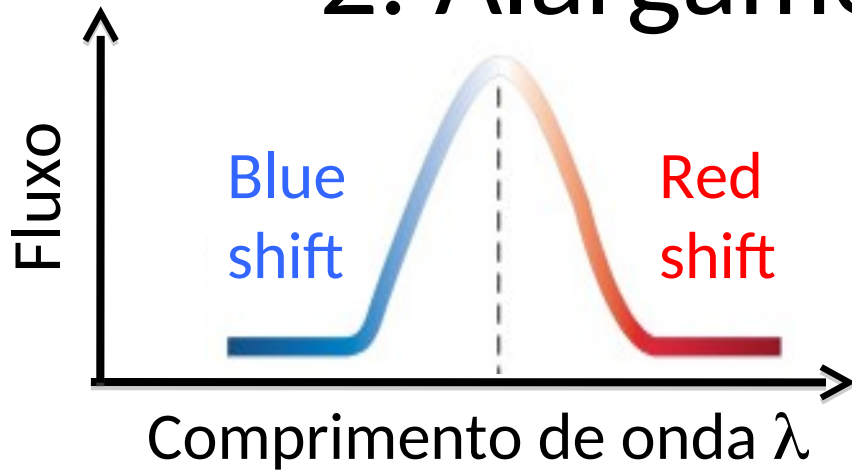
Cálculo mais detalhado FWHM:

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

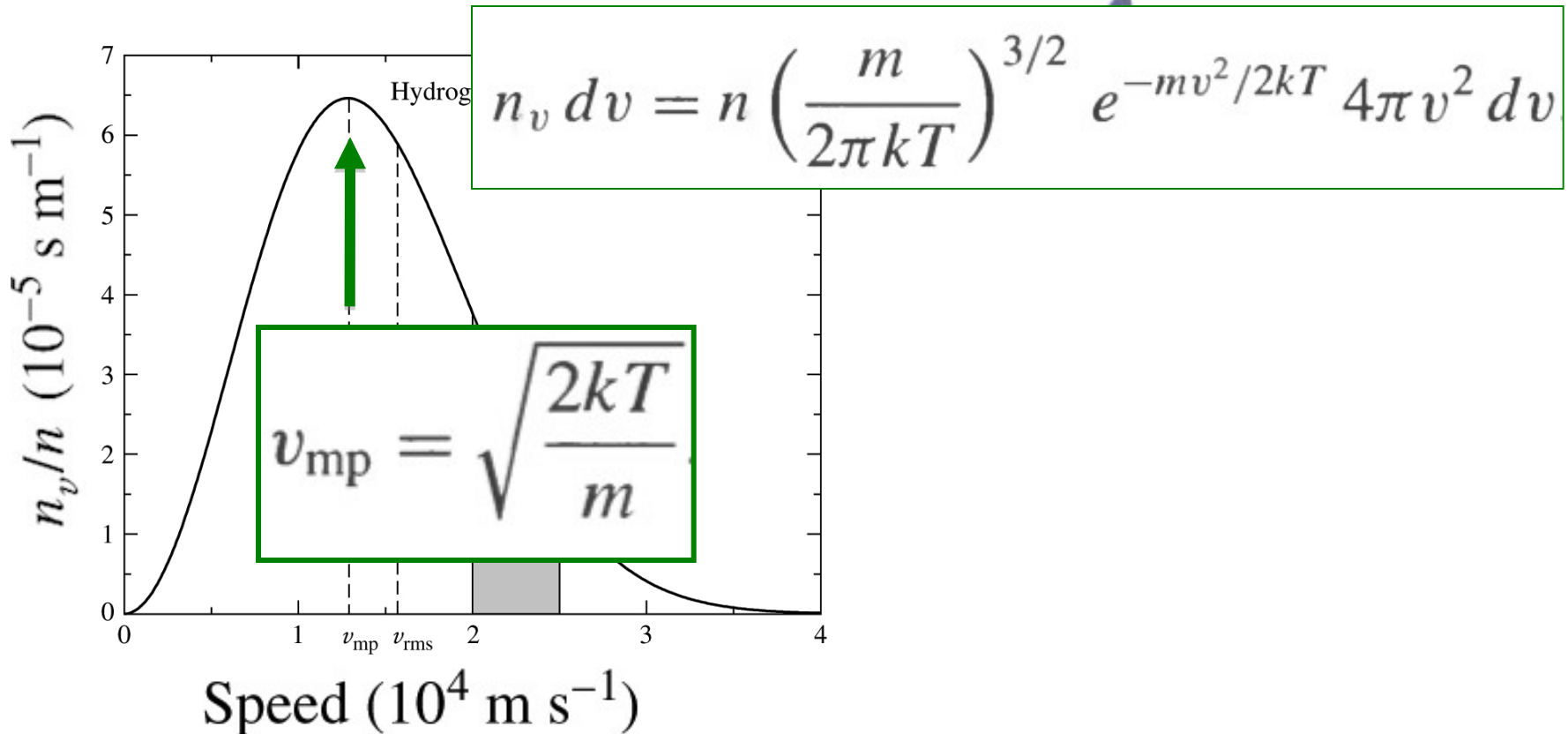
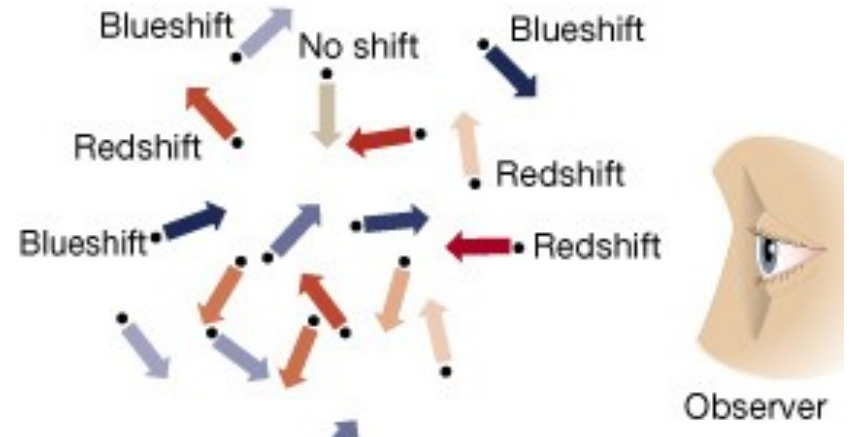
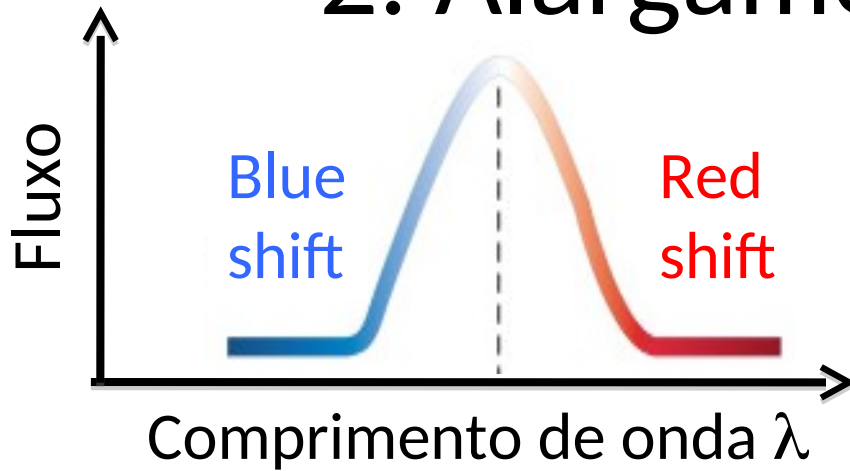
Δt_0 : média do tempo de vida para a transição

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

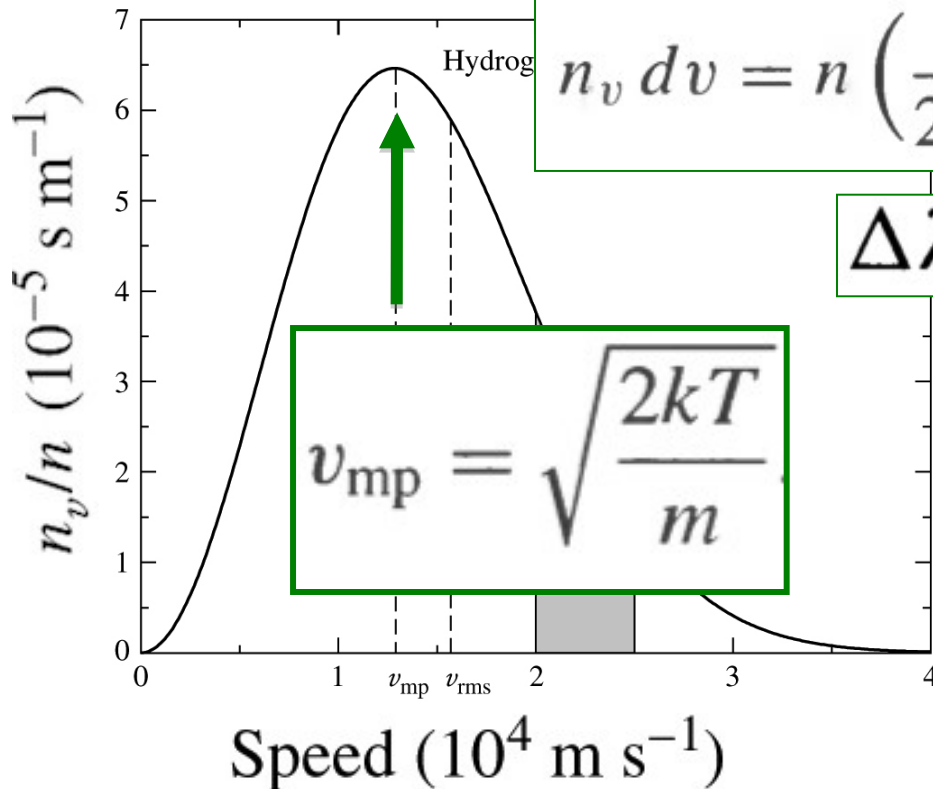
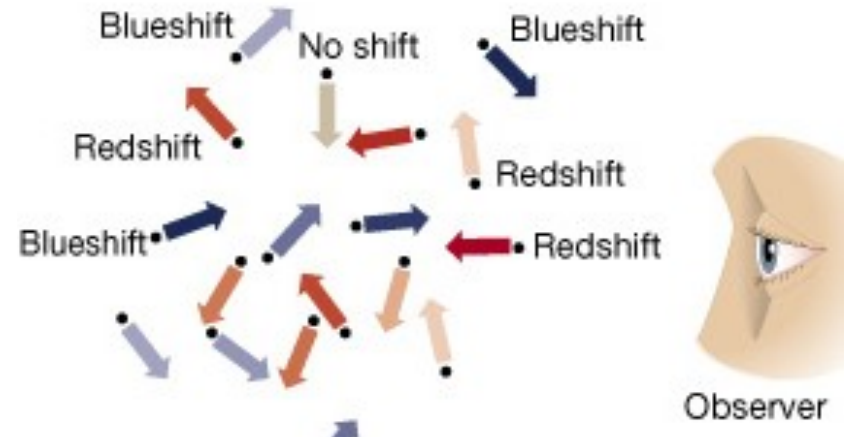
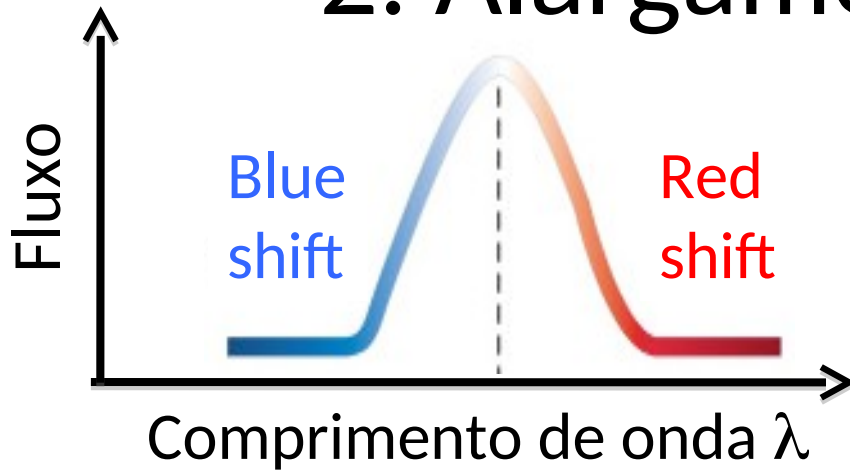
2. Alargamento Doppler



2. Alargamento Doppler



2. Alargamento Doppler



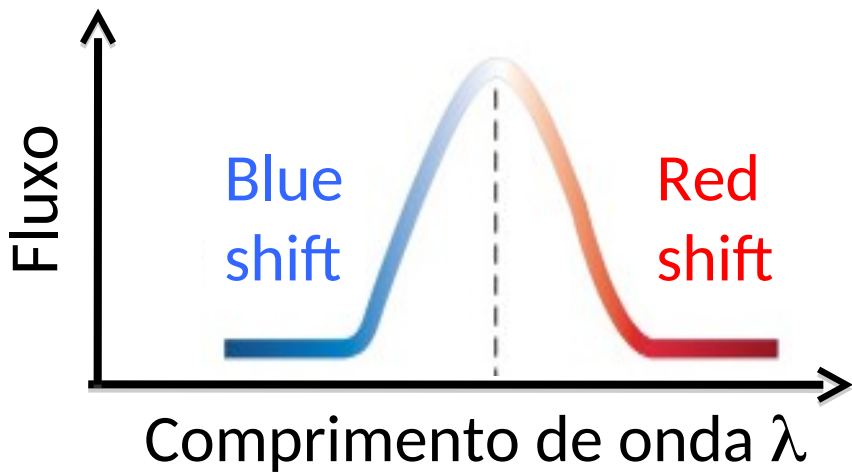
$$n_v dv = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-mv^2/2kT} 4\pi v^2 dv$$

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

$$v_{mp} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$

Largura Doppler:

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



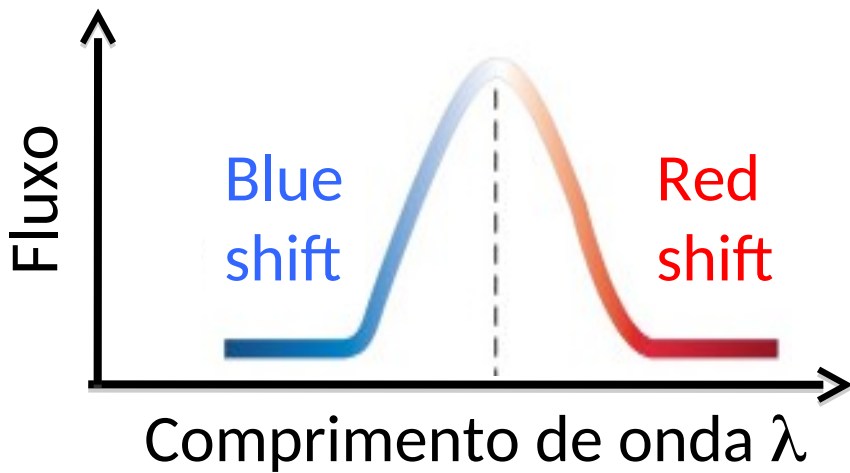
Largura
Doppler:

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

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



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):

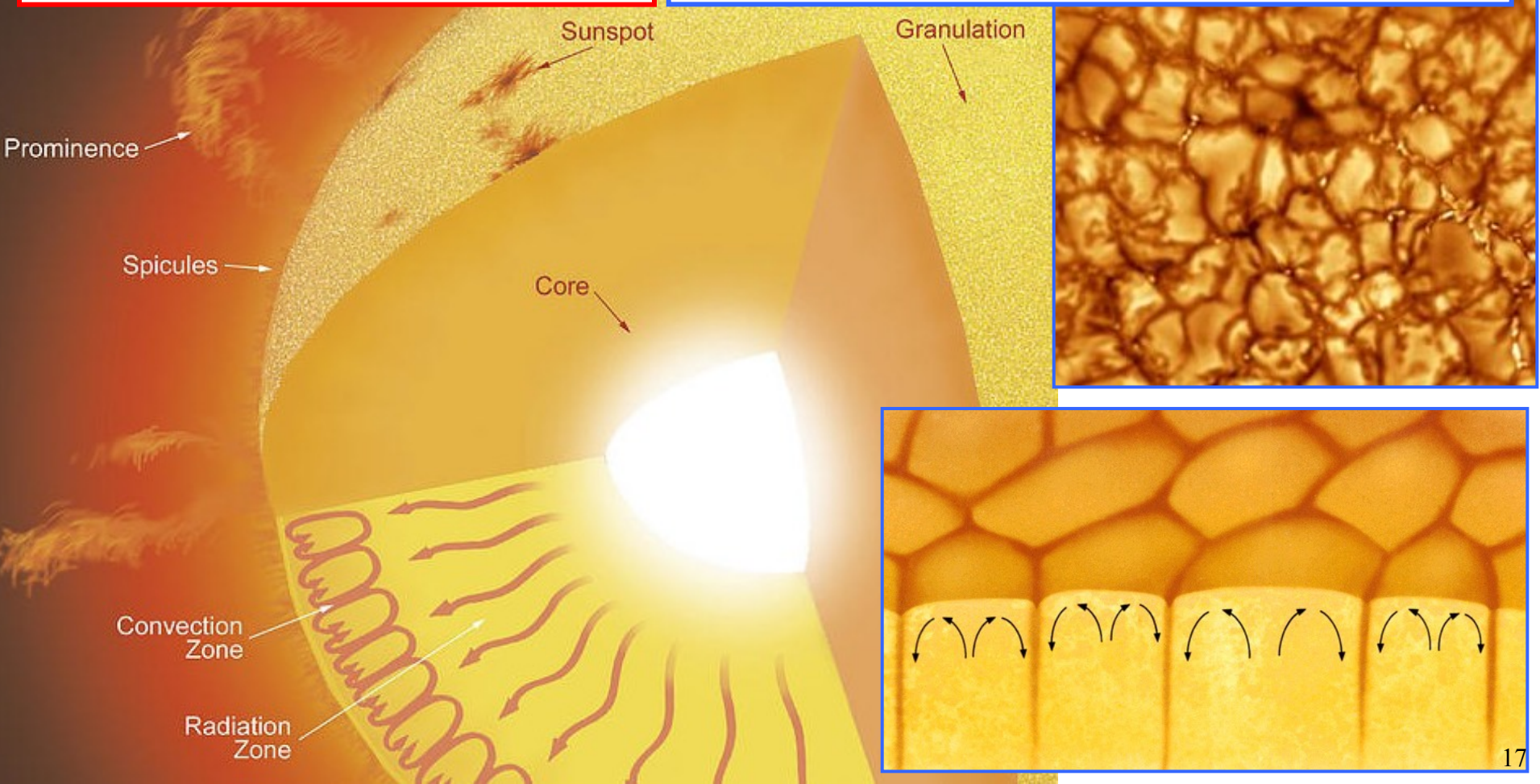
$$(\Delta\lambda)_{1/2} = \frac{2\lambda}{c} \sqrt{\frac{2kT \ln 2}{m}}$$

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

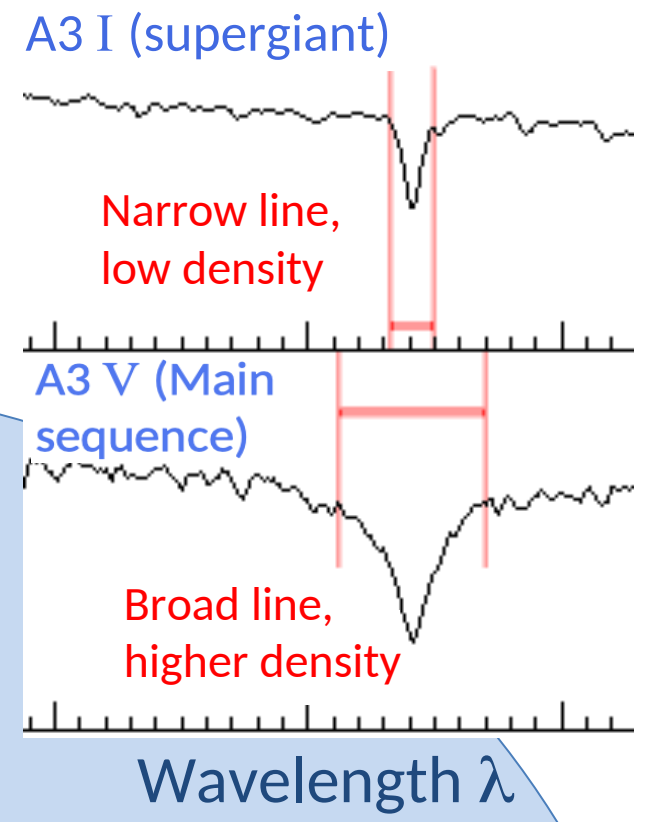
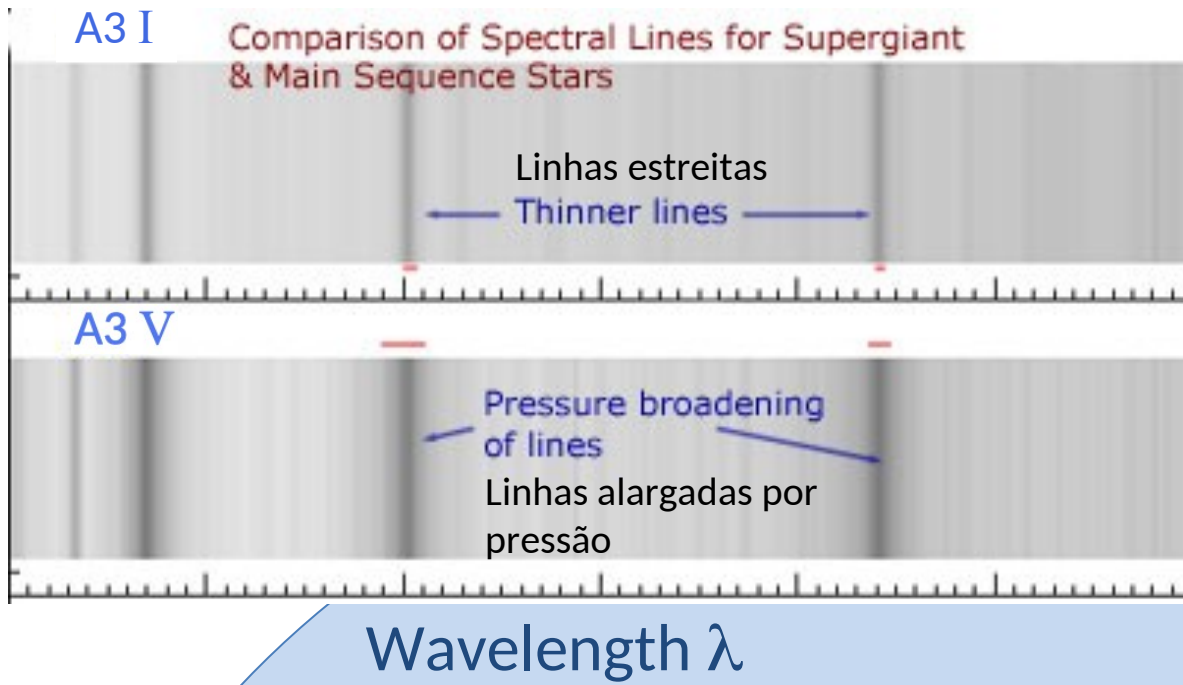
$$(\Delta\lambda)_{1/2} = \frac{2\lambda}{c} \sqrt{\frac{2kT \ln 2}{m}}$$

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



Maior número de colisões em estrelas anãs → maior alargamento colisional

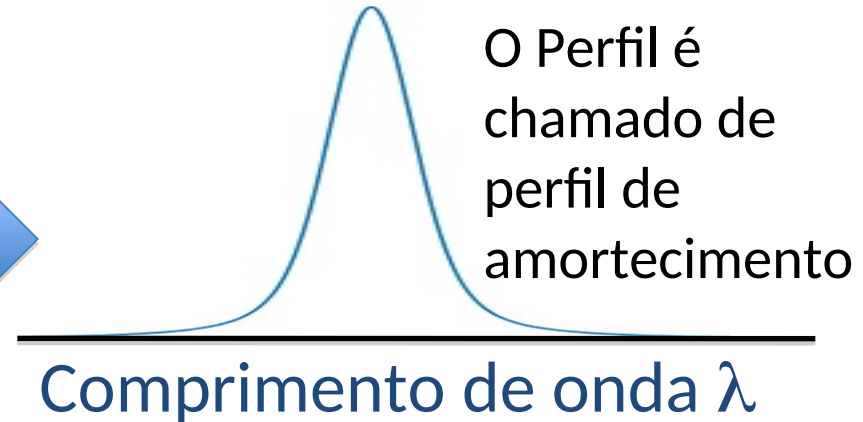
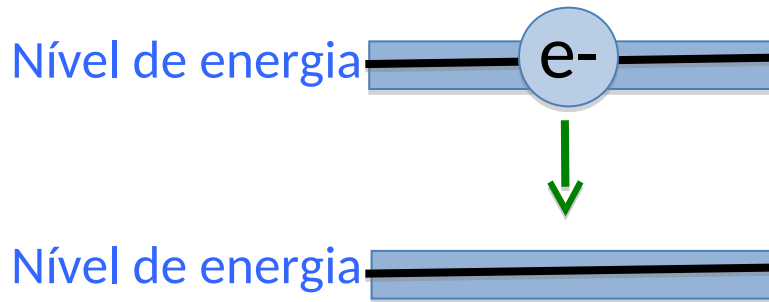
Dwarf star

Giant star

3. Alargamento Colisional ou de Pressão

Colisões perturbam os níveis de energia

→ linhas mais largas



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

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 $\text{H}\alpha$:

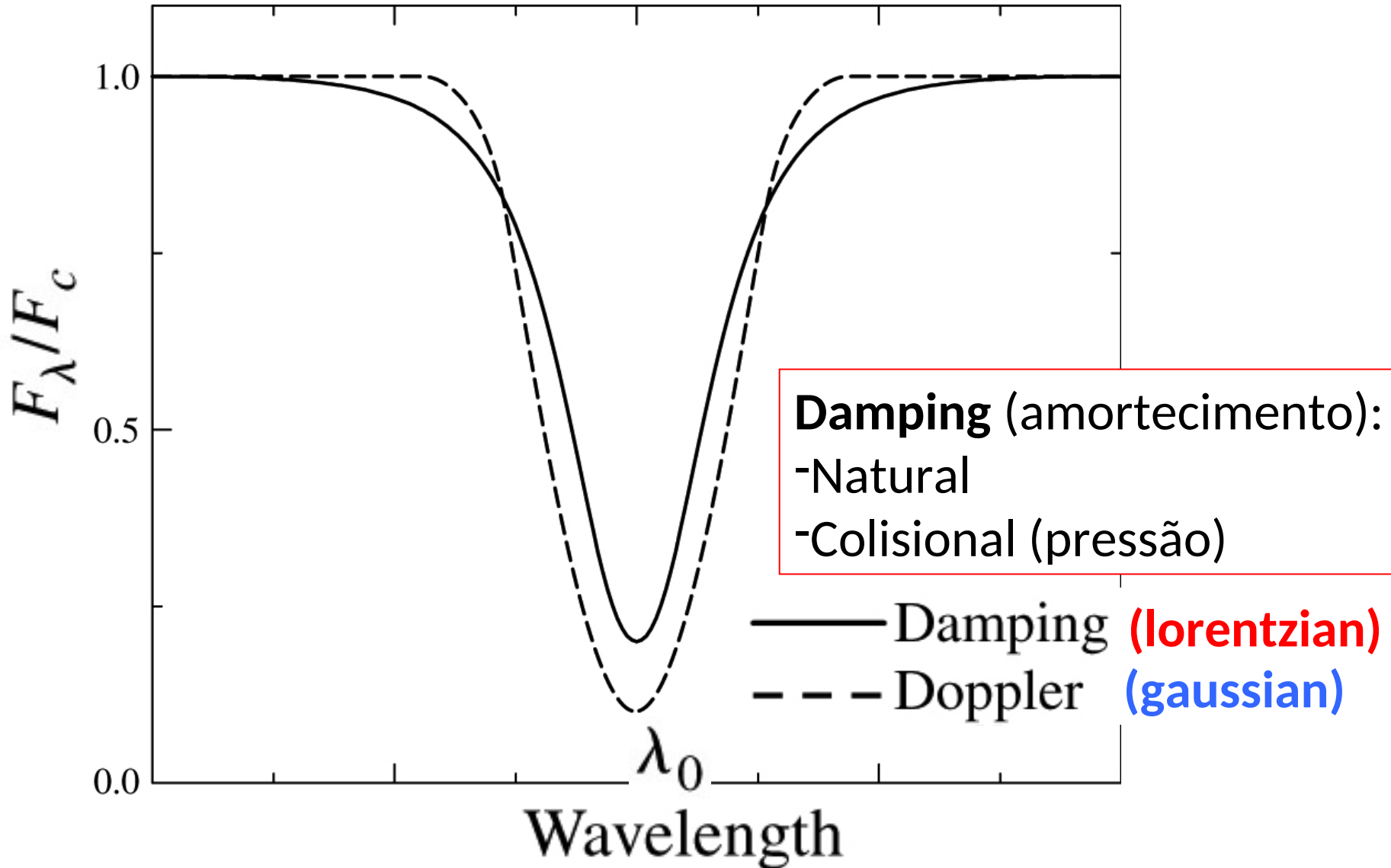
$$\Delta\lambda \approx 2.36 \times 10^{-5} \text{ nm},$$

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
uma aproximação grosseira.
O alargamento colisional
costuma 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.)



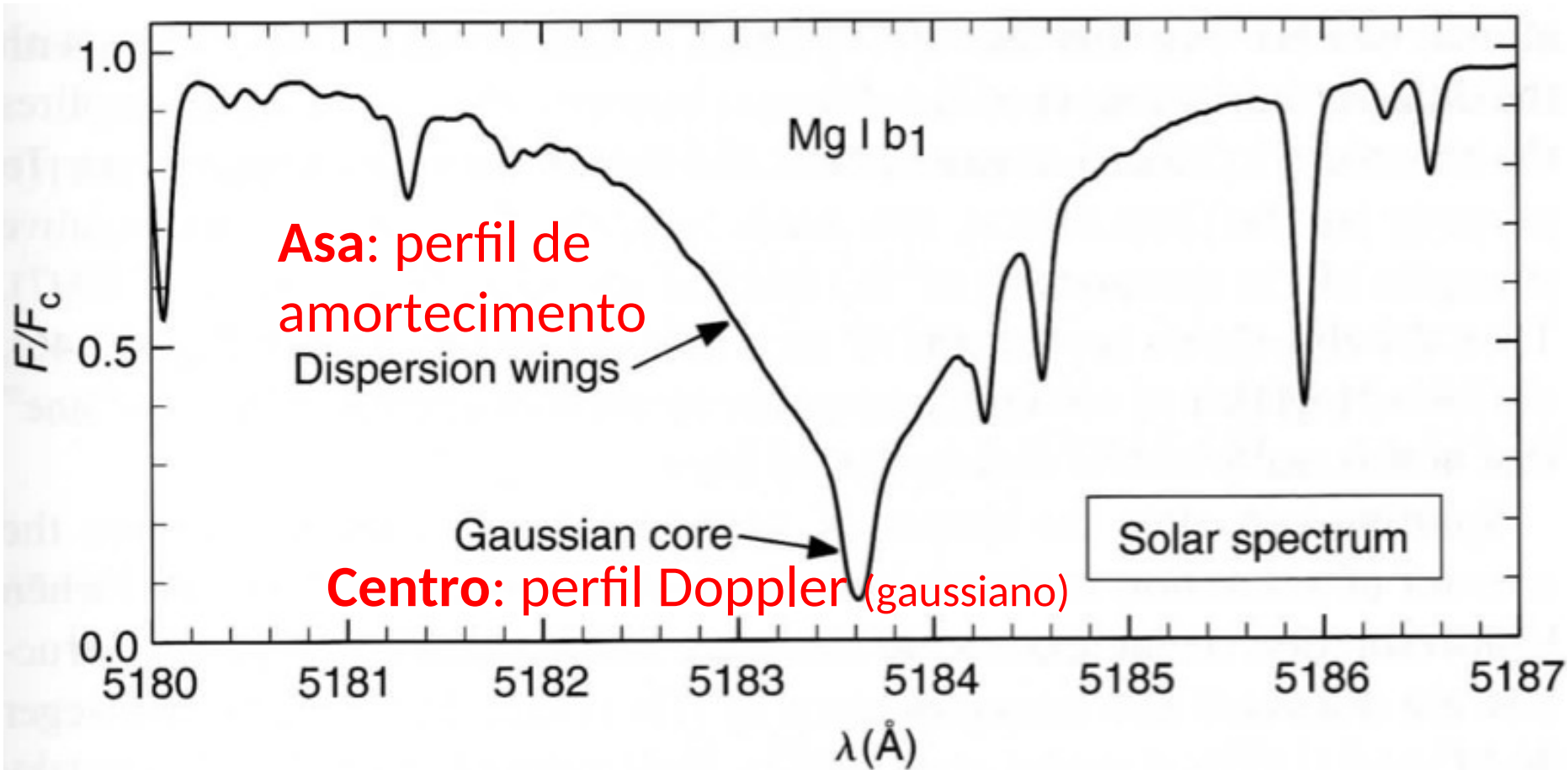
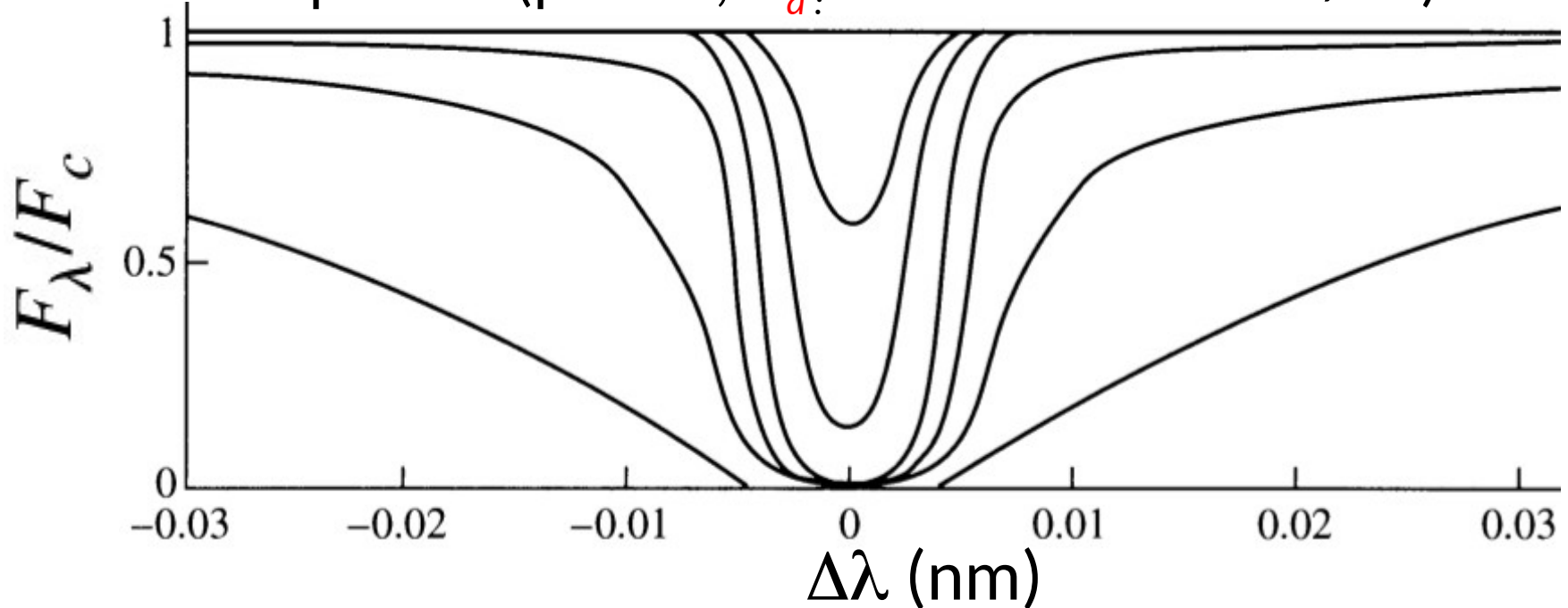


Fig. 11.11. In a few cases spectral lines, like this magnesium line in the solar spectrum, clearly show the Gaussian core and the dispersion wings with a relatively sharp transition between the two near $F/F_c \approx 0.3$.

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)



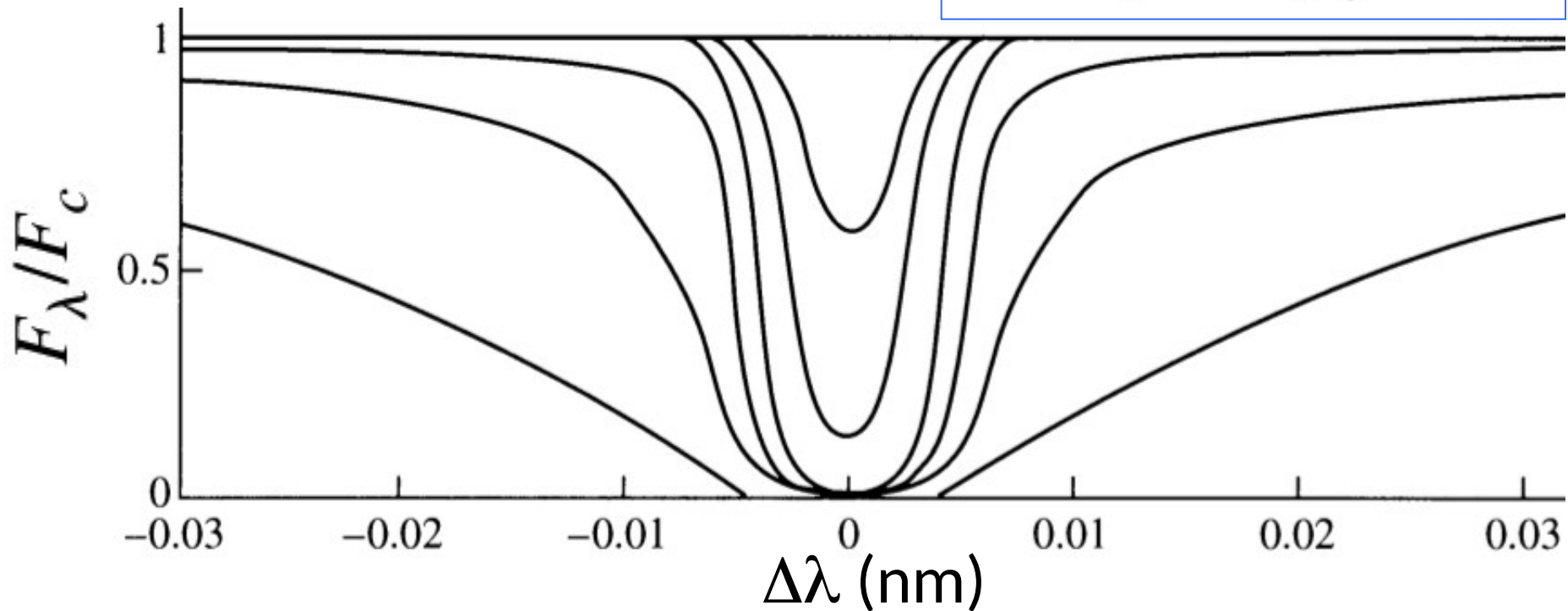
Perfil da linha K de CaII para diferentes abundâncias N_a de cálcio

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

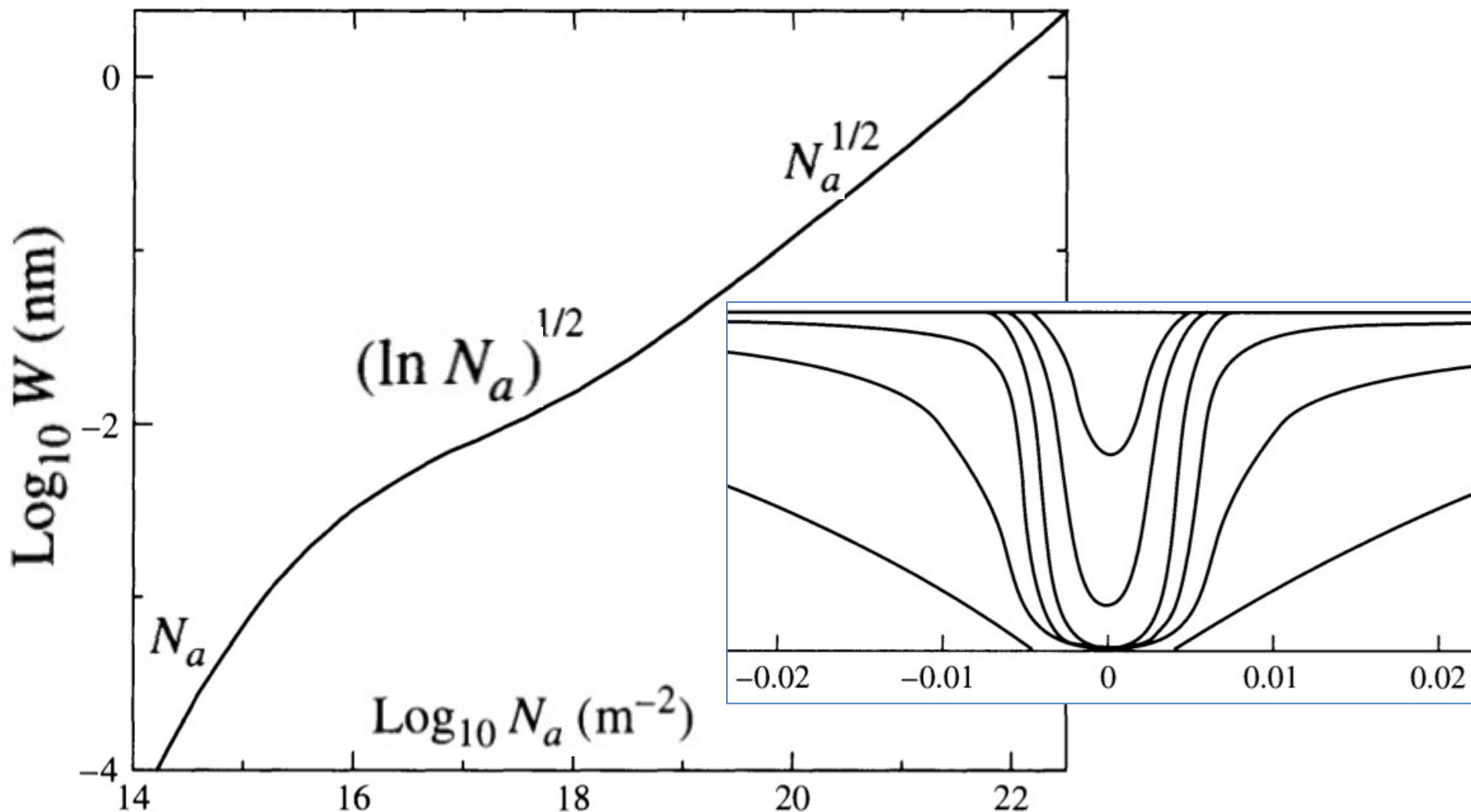
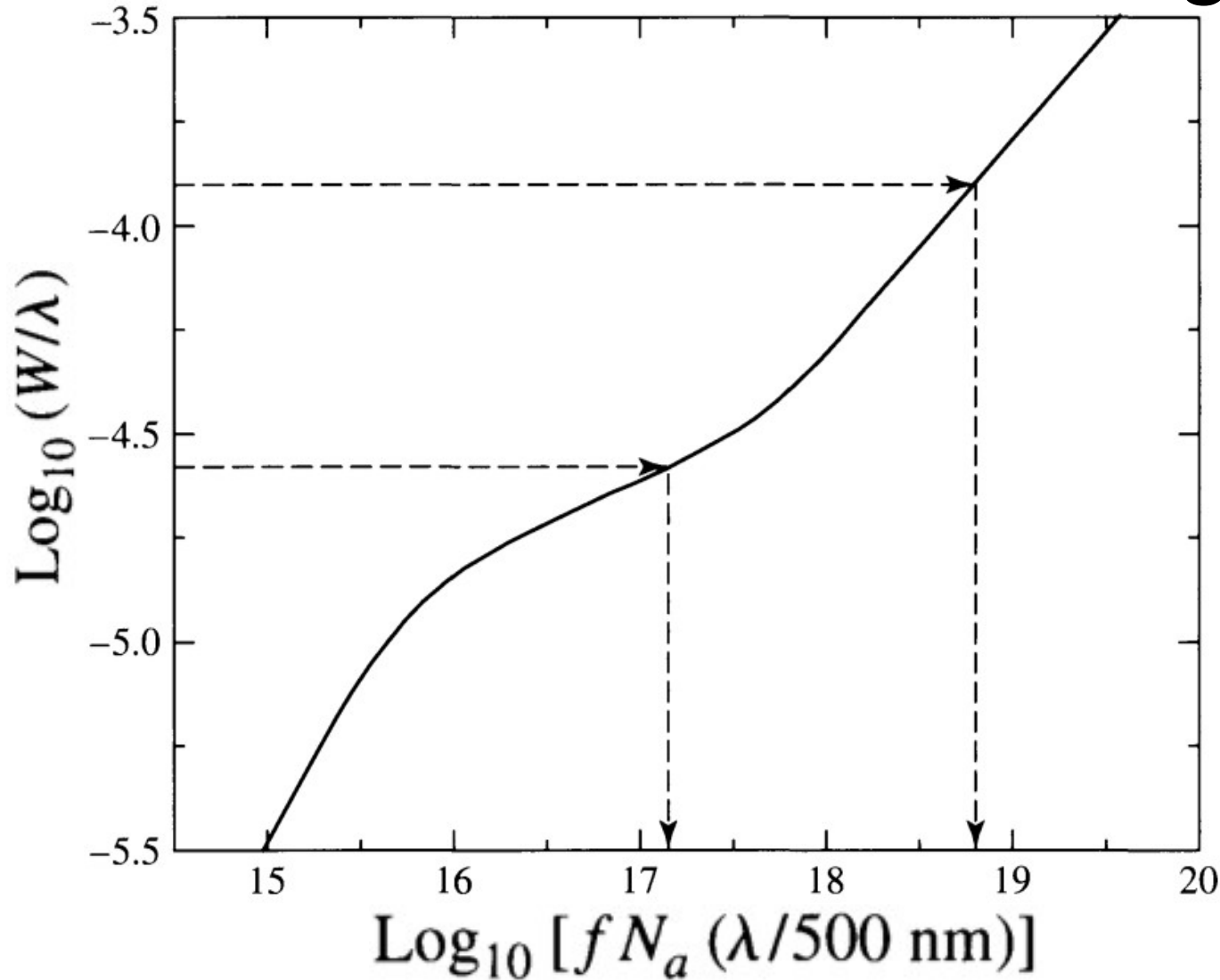


FIGURE 9.21 The curve of growth for the K line of Ca II. As N_a increases, the functional dependence of the equivalent width (W) changes. At various positions along the curve of growth, W is proportional to the functional forms indicated. (Figure adapted from Aller, *The Atmospheres of the Sun and Stars*,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

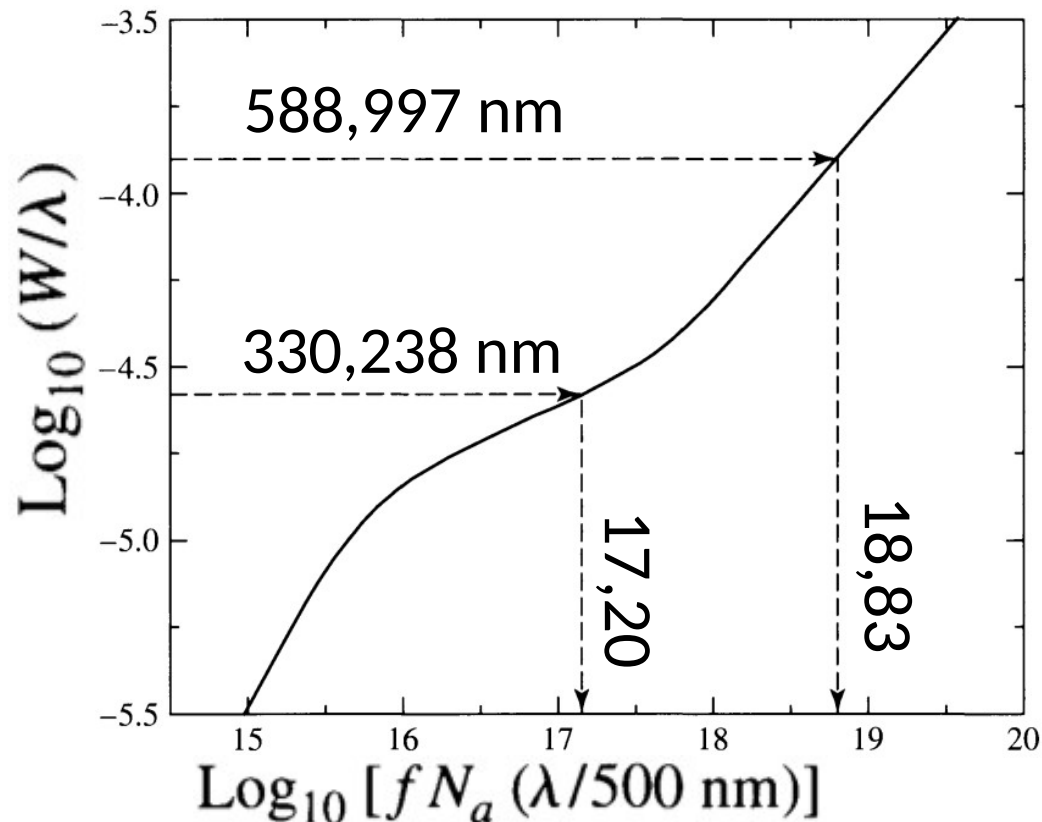
FIGURE 9.22 A general curve of growth for the Sun. The arrows refer to the data used in Example 9.5.5. (Figure adapted from Aller, *Atoms, Stars, and Nebulae*, Revised Edition, Harvard University 26)

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

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



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

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

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

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

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

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

no estado base do NaI

| 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 $9,3 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$.

Análise 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.

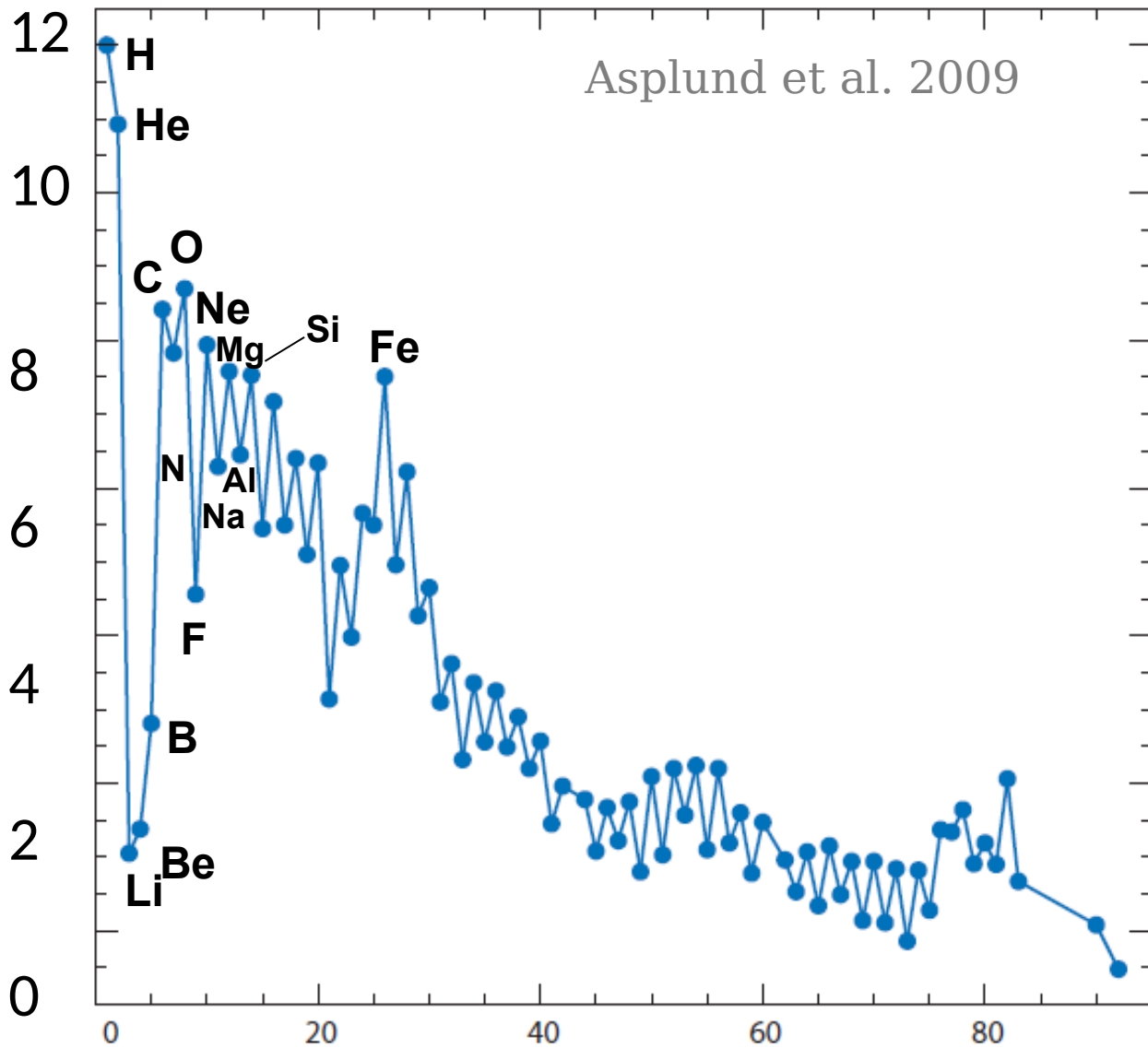
A abundância é:
 $\log (N_{\text{elemento}}/N_{\text{H}}) + 12$

| 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

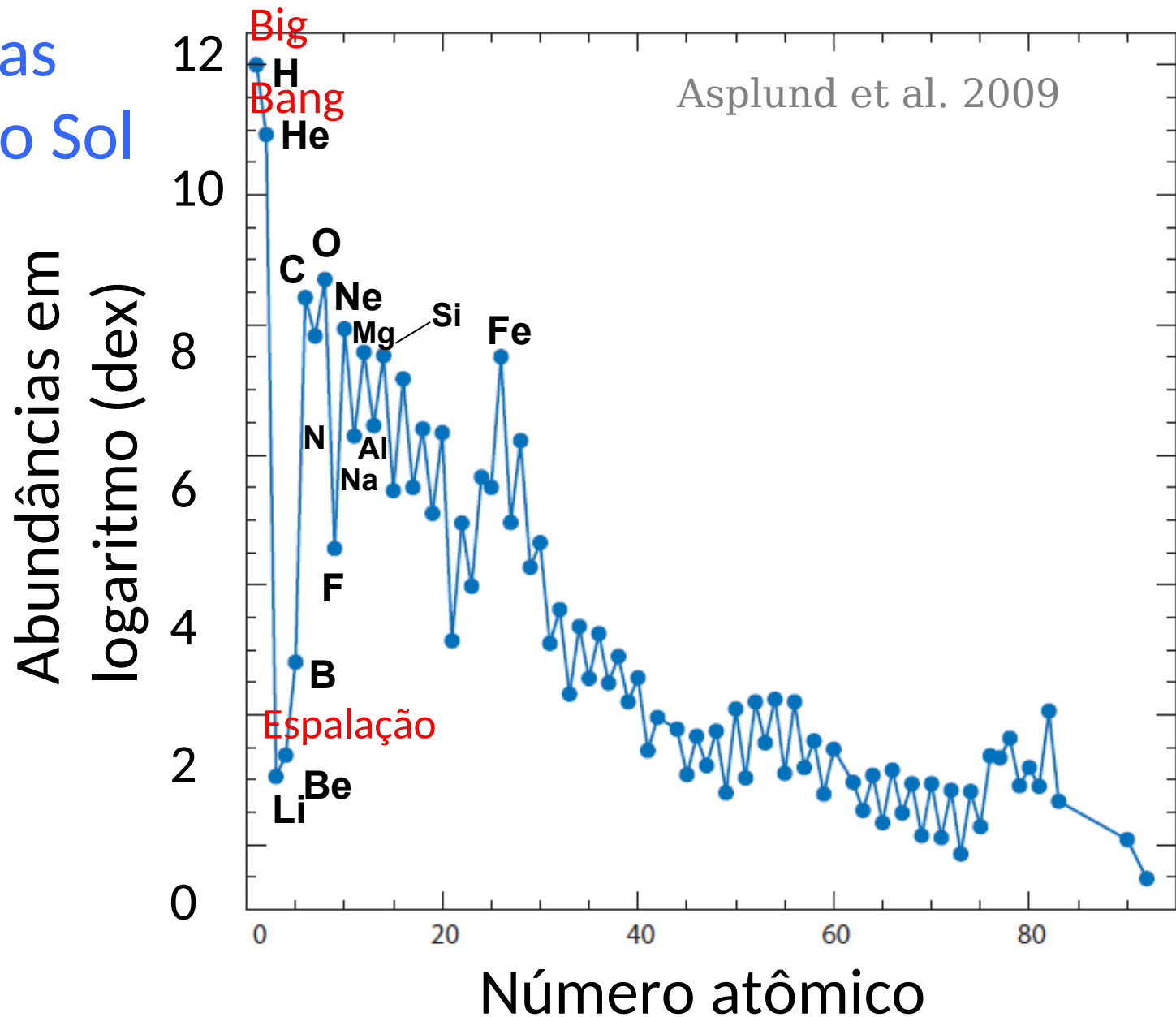
Abundâncias em
logaritmo (dex)



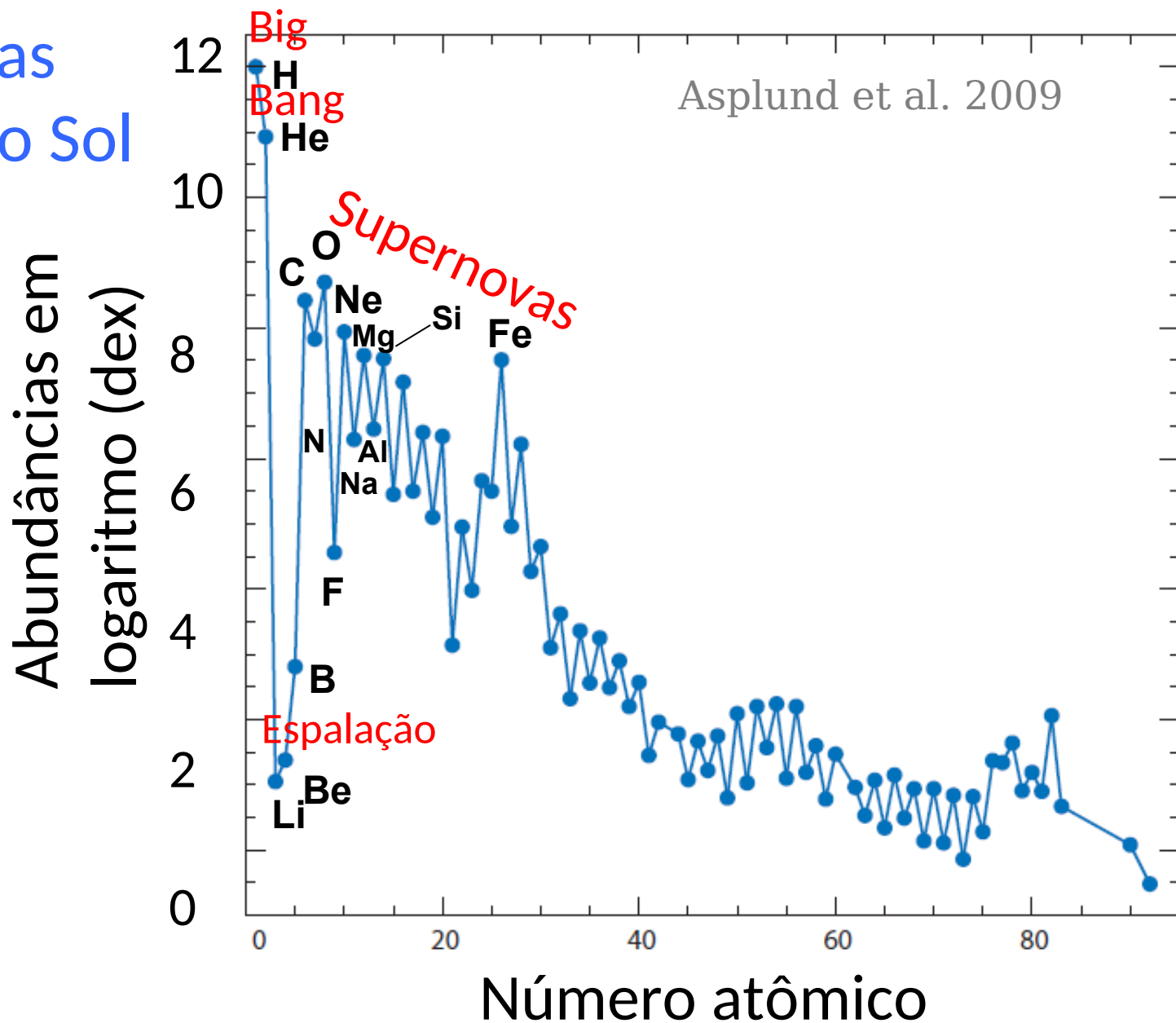
$\log (N_{\text{elemento}}/N_{\text{H}}) + 12$

Número atômico

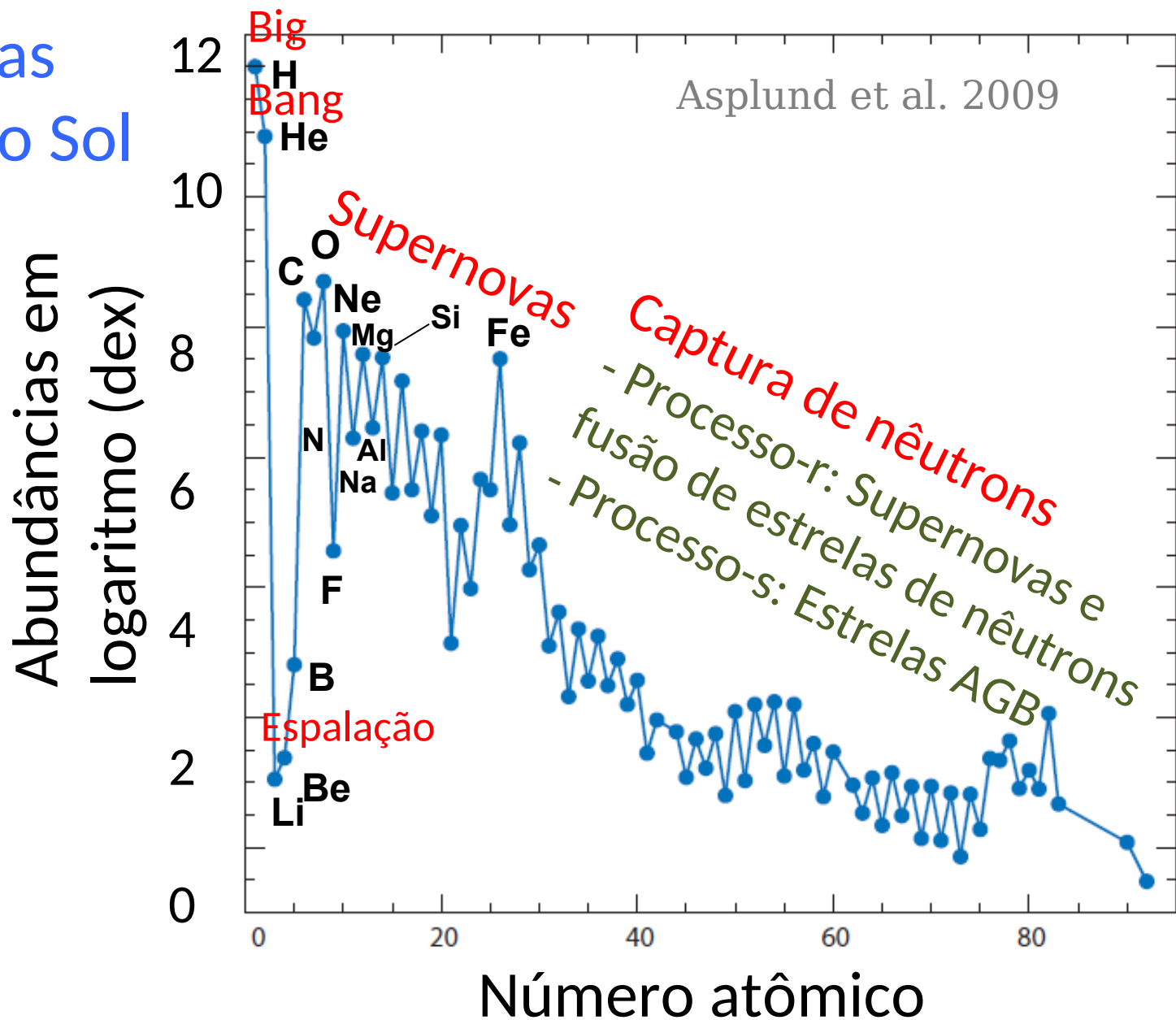
Abundâncias químicas no Sol



Abundâncias químicas no Sol



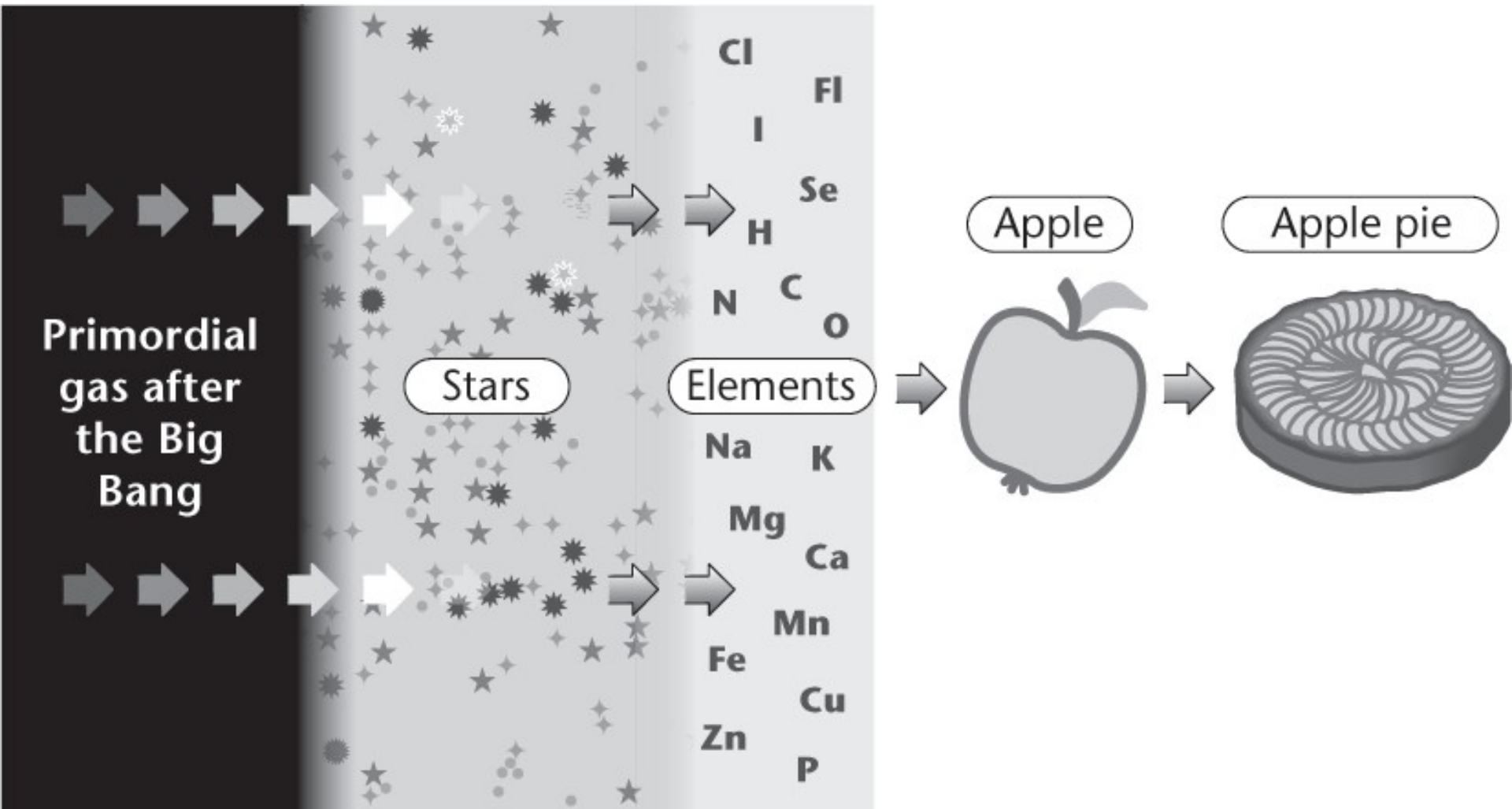
Abundâncias químicas no Sol

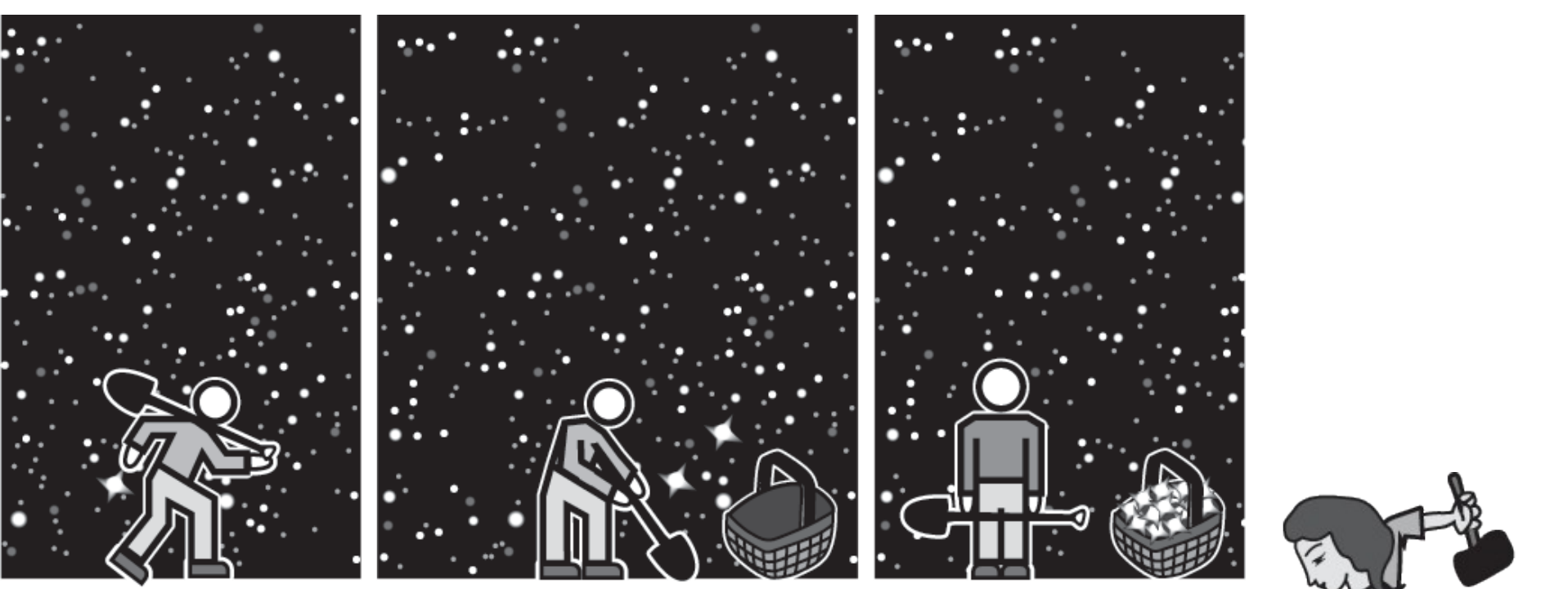


Como fazer uma torta de maçã?

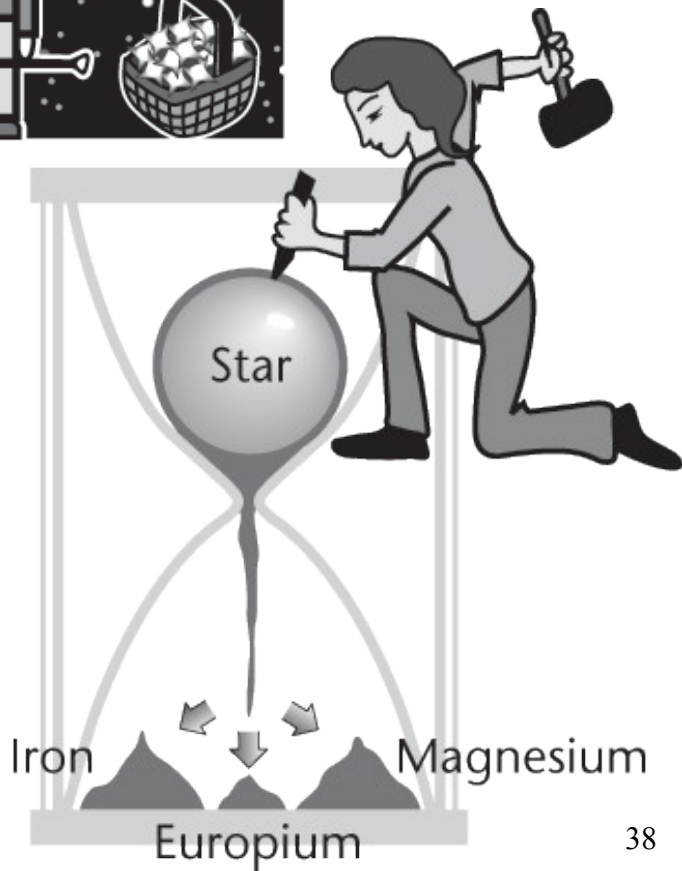


Como fazer uma torta de maçã?

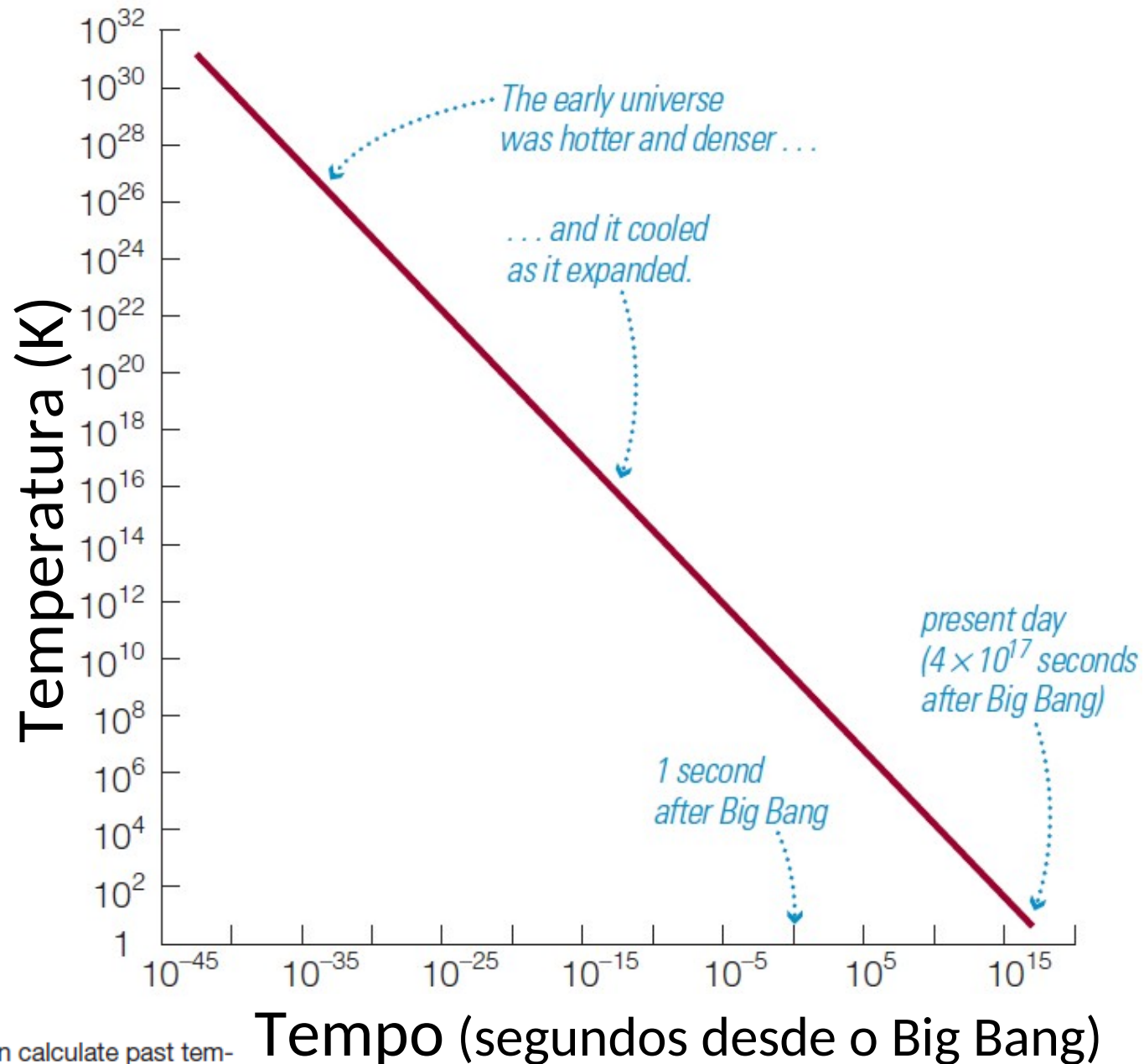




Arqueologia Galáctica



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.)

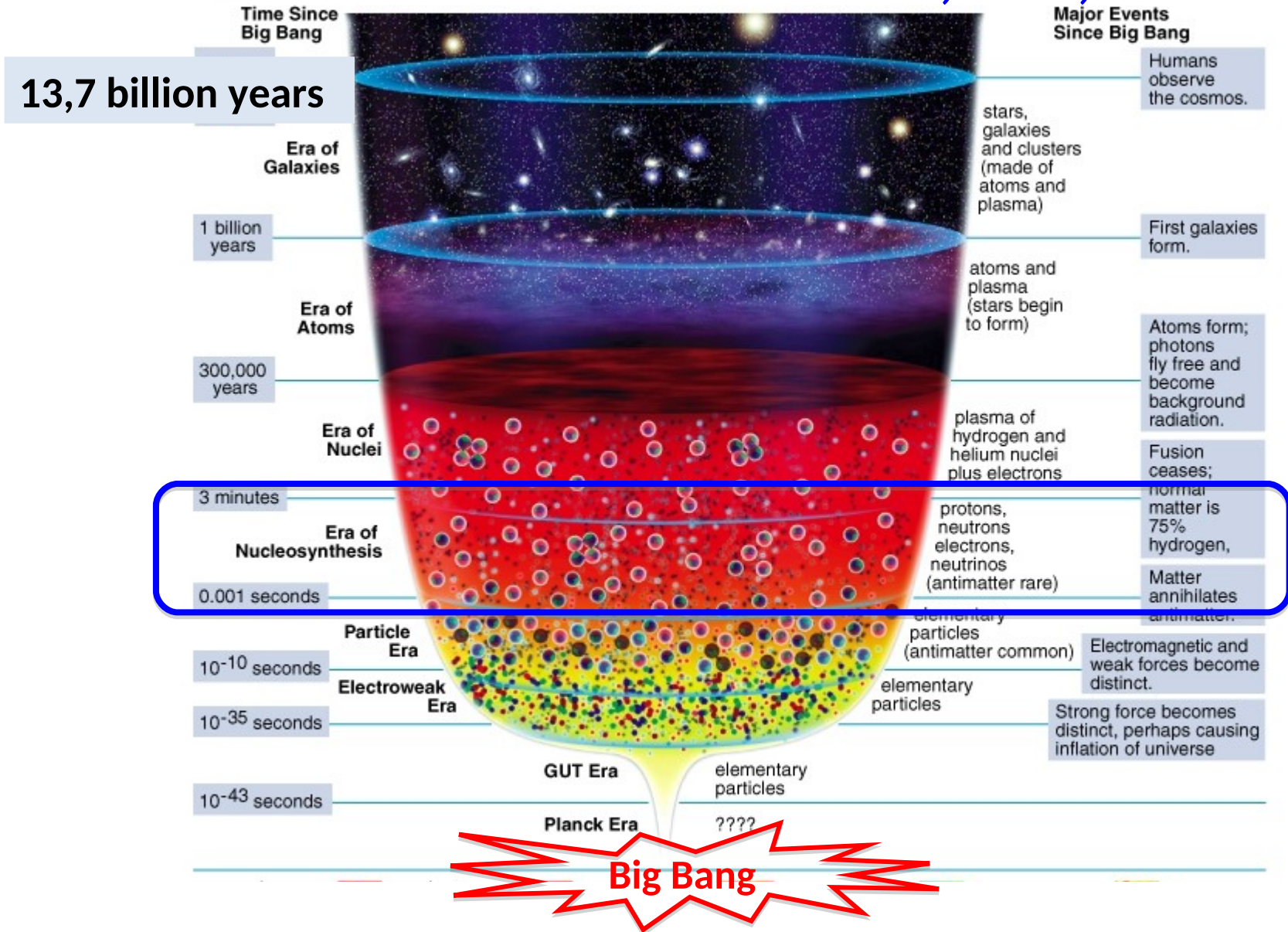
Tempo (segundos desde o Big Bang)

Bennett et al. 2012

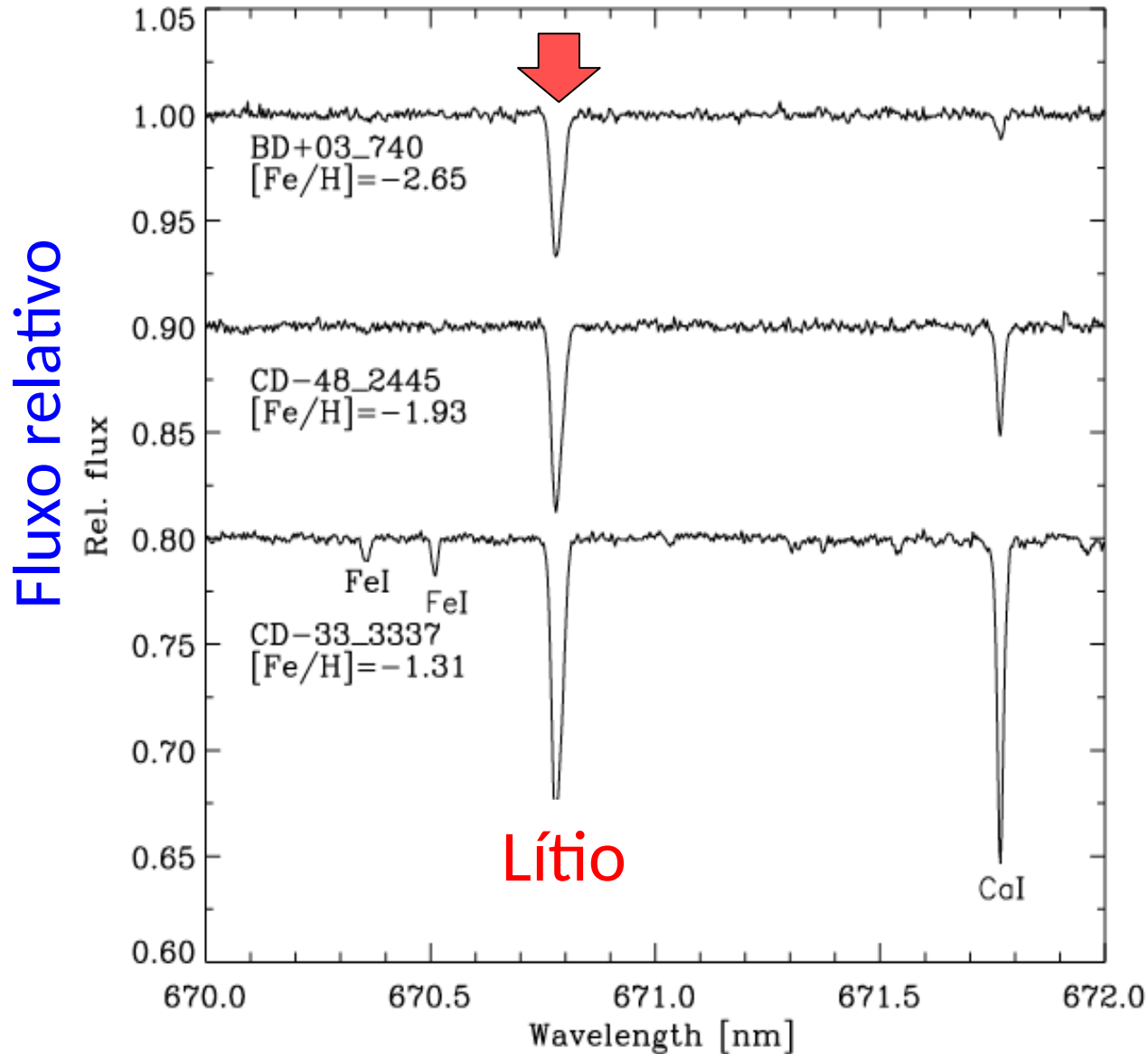
Evolução de nosso universo

Primeiros 3 minutos: H, He, Li

tempo



Lítio primordial em estrelas pobres em metais

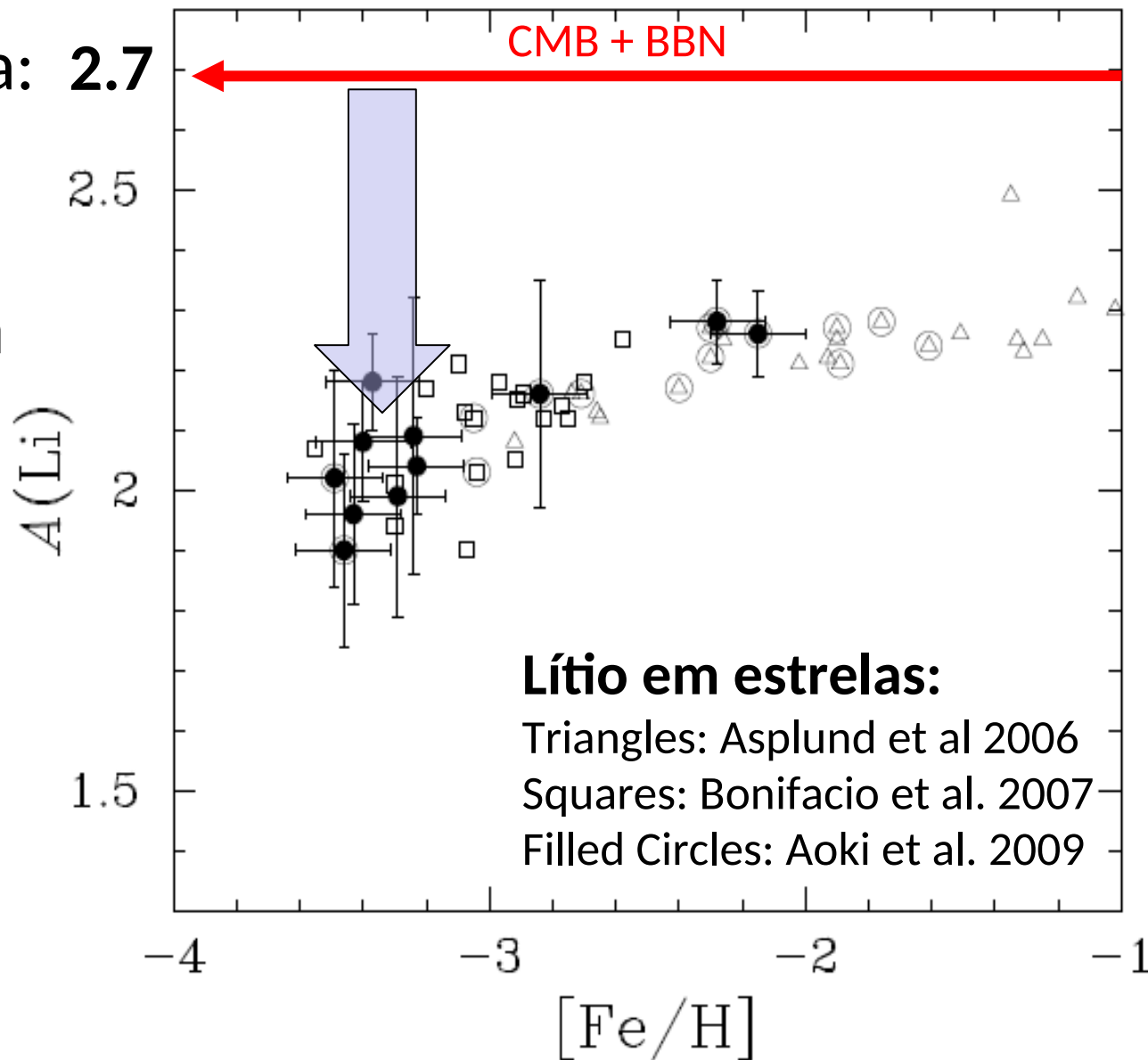


Problema cosmológico do lítio

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)



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 Plack 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

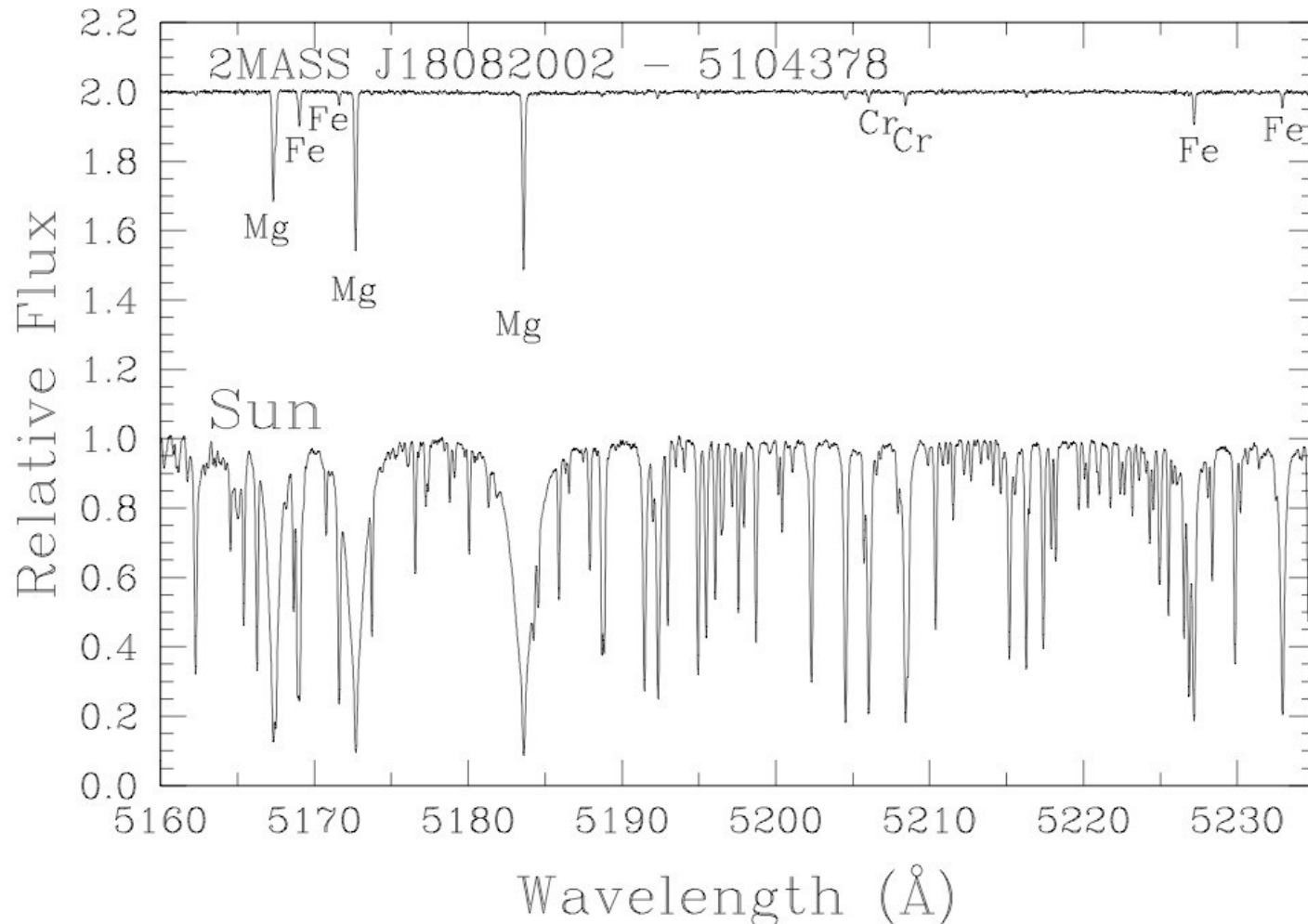


Melendez et al. (2016)

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



Aluno de IC
em 2012

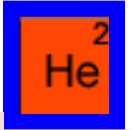
Tabela periódica de alguns astrônomos

H & He → “metais”



Periodic Table of the Elements

© www.elementsdatabase.com



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

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| H ¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | He ² |
| Li ³ | Be ⁴ | | | | | | | | | | | B ⁵ | C ⁶ | N ⁷ | O ⁸ | F ⁹ | Ne ¹⁰ |
| Na ¹¹ | Mg ¹² | | | | | | | | | | | Al ¹³ | Si ¹⁴ | P ¹⁵ | S ¹⁶ | Cl ¹⁷ | Ar ¹⁸ |
| K ¹⁹ | Ca ²⁰ | Sc ²¹ | Ti ²² | V ²³ | Cr ²⁴ | Mn ²⁵ | Fe ²⁶ | Co ²⁷ | Ni ²⁸ | Cu ²⁹ | Zn ³⁰ | Ga ³¹ | Ge ³² | As ³³ | Se ³⁴ | Br ³⁵ | Kr ³⁶ |
| Rb ³⁷ | Sr ³⁸ | Y ³⁹ | Zr ⁴⁰ | Nb ⁴¹ | Mo ⁴² | Tc ⁴³ | Ru ⁴⁴ | Rh ⁴⁵ | Pd ⁴⁶ | Ag ⁴⁷ | Cd ⁴⁸ | In ⁴⁹ | Sn ⁵⁰ | Sb ⁵¹ | Te ⁵² | I ⁵³ | Xe ⁵⁴ |
| Cs ⁵⁵ | Ba ⁵⁶ | La ⁵⁷ | Hf ⁷² | Ta ⁷³ | W ⁷⁴ | Re ⁷⁵ | Os ⁷⁶ | Ir ⁷⁷ | Pt ⁷⁸ | Au ⁷⁹ | Hg ⁸⁰ | Tl ⁸¹ | Pb ⁸² | Bi ⁸³ | Po ⁸⁴ | At ⁸⁵ | Rn ⁸⁶ |
| Fr ⁸⁷ | Ra ⁸⁸ | Ac ⁸⁹ | Unq ¹⁰⁴ | Unp ¹⁰⁵ | Unh ¹⁰⁶ | Uns ¹⁰⁷ | Uno ¹⁰⁸ | Une ¹⁰⁹ | Unn ¹¹⁰ | | | | | | | | |

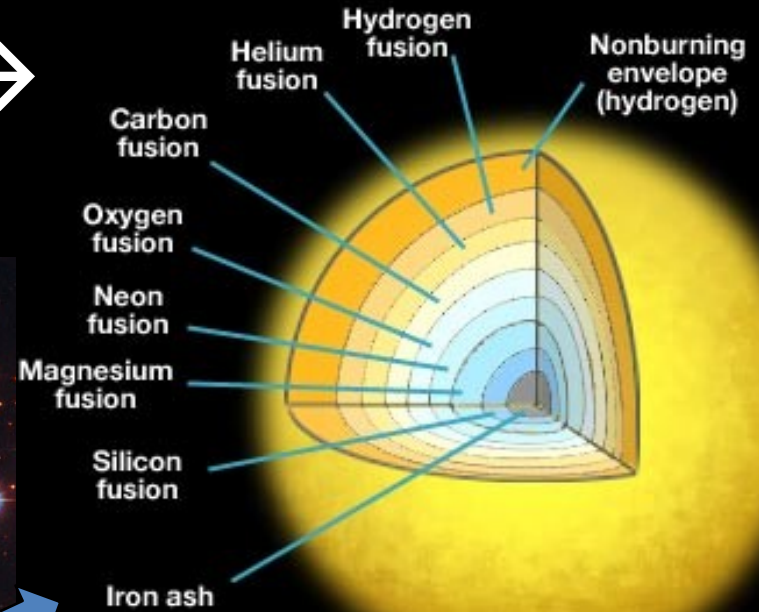
| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 |
| Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu |
| 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 |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

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

Nuvens
primordiais
de H, He

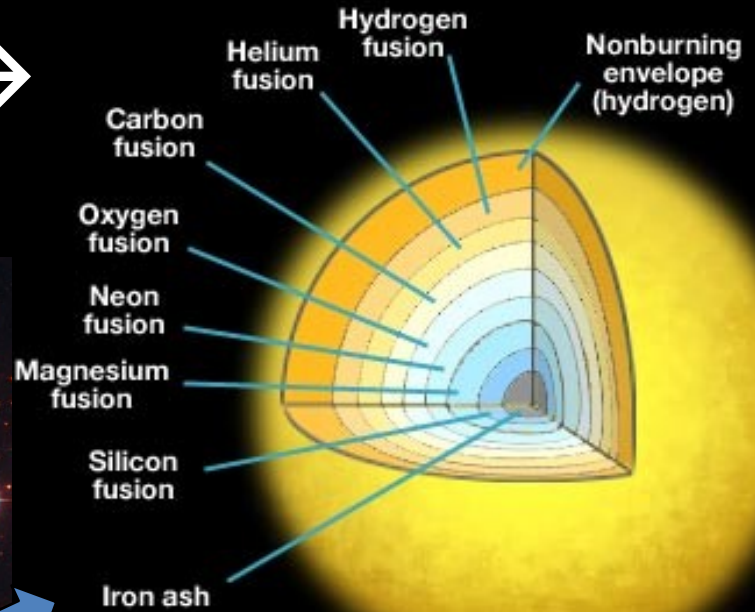


Primeira geração de estrelas
foi formada de H & He →
metais



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

Nuvens
primordiais
de H, He

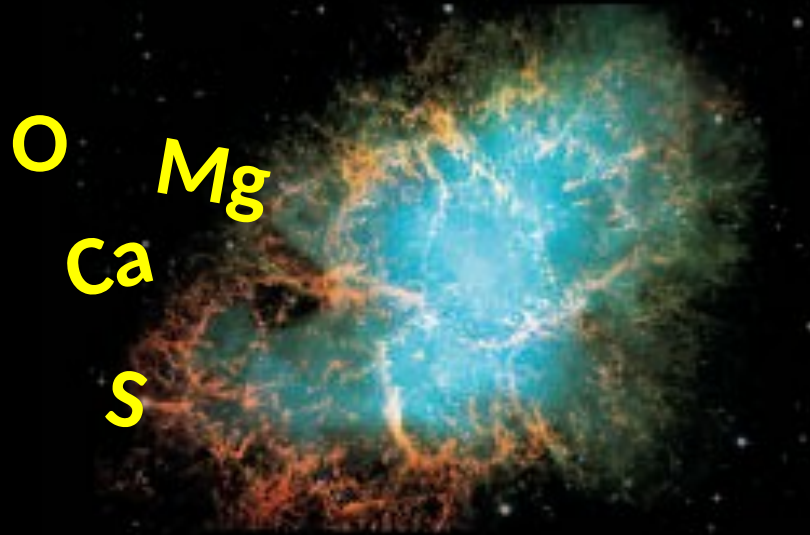


Estrelas massivas explodem como
supernova, ejetando material rico
em metais

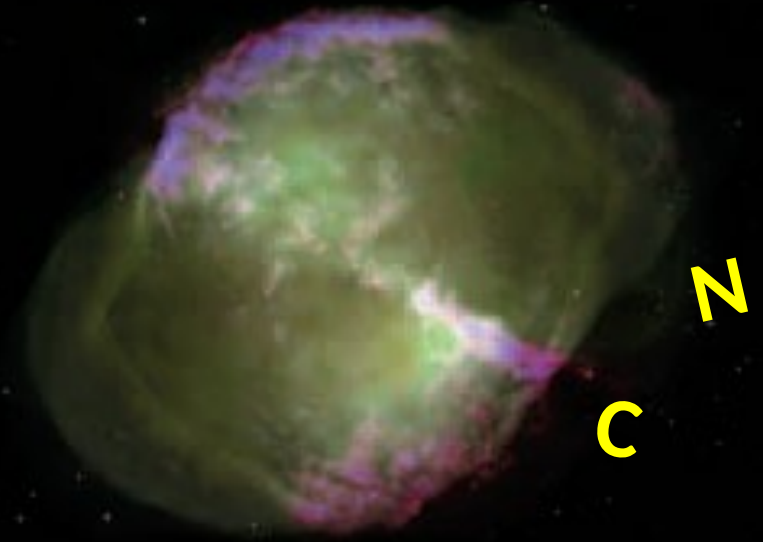


Evolução Estelar

Type II Supernova

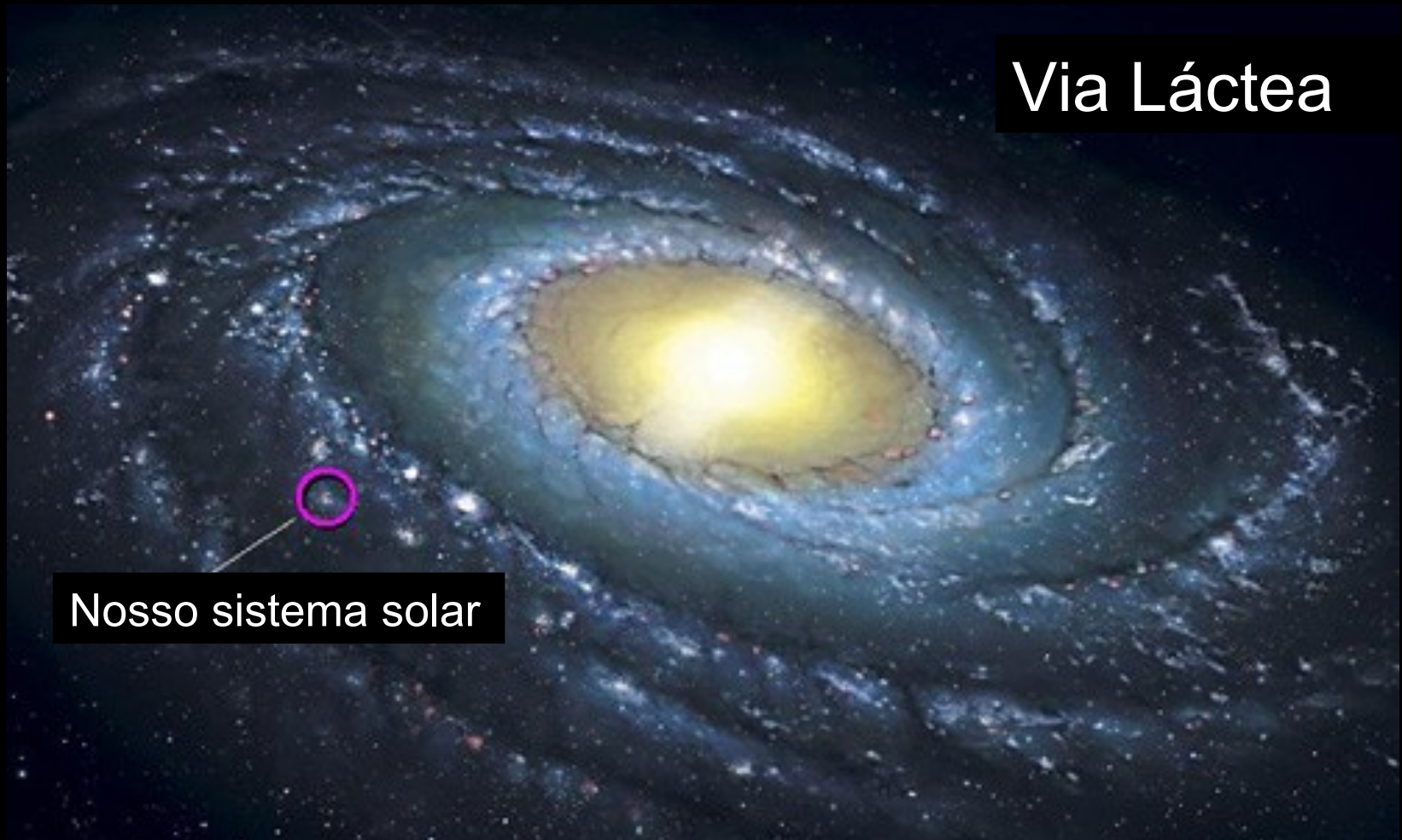


Planetary Nebula

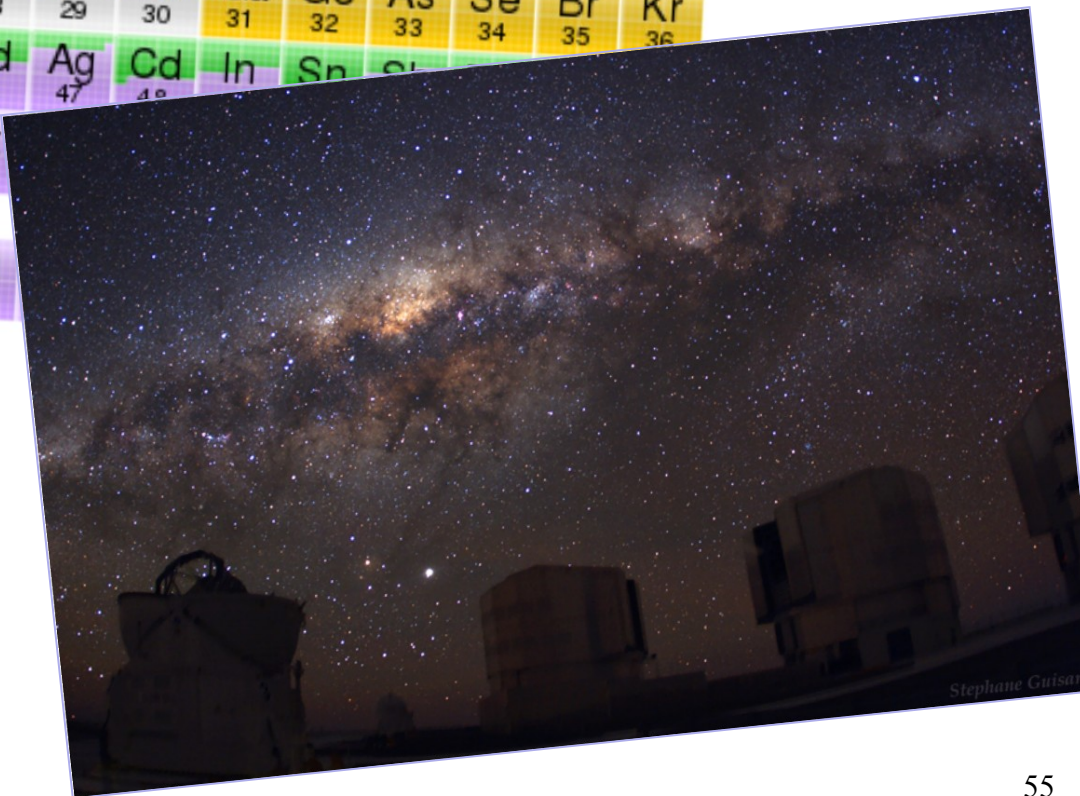
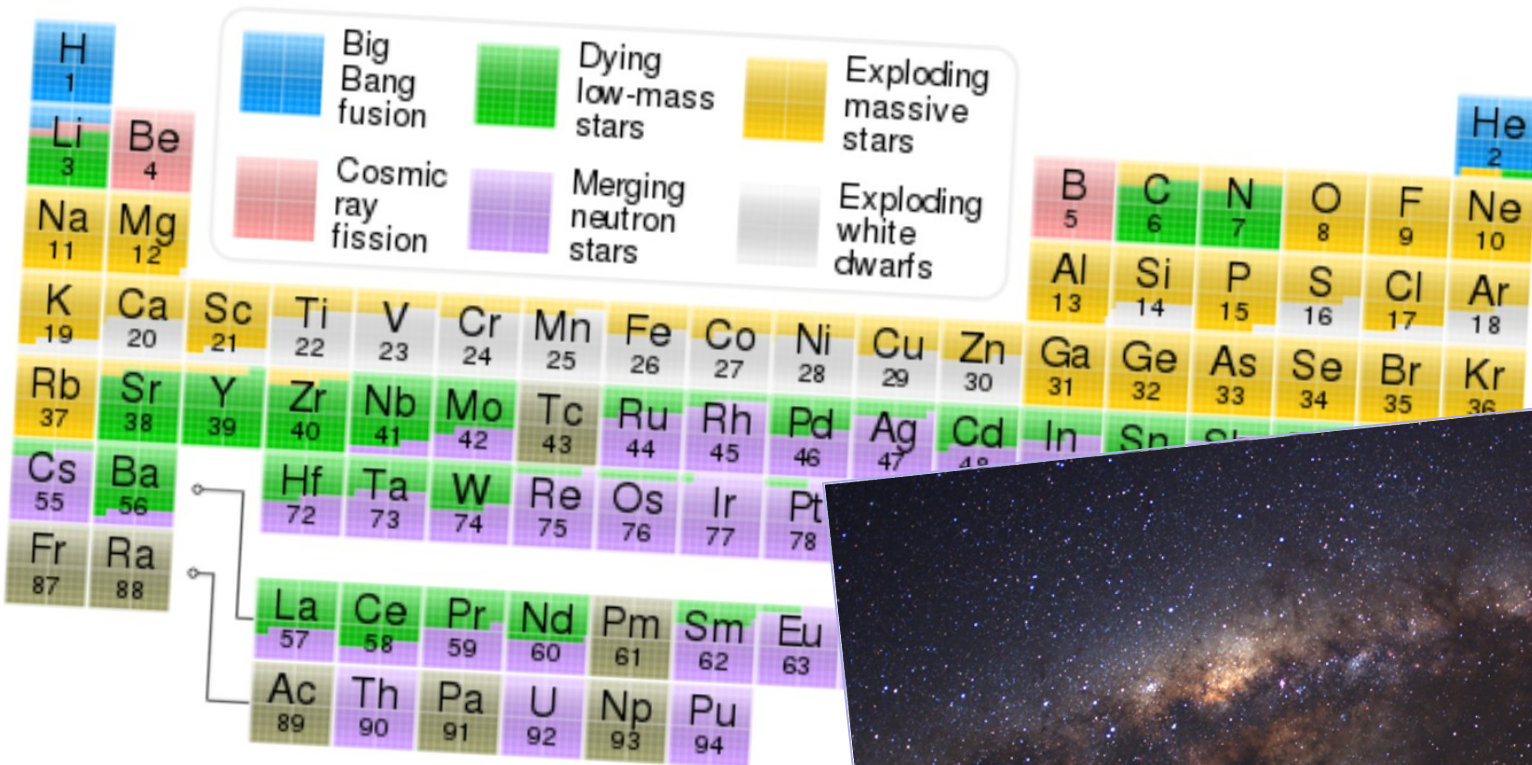


Type Ia Supernova
(artist's concept)

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



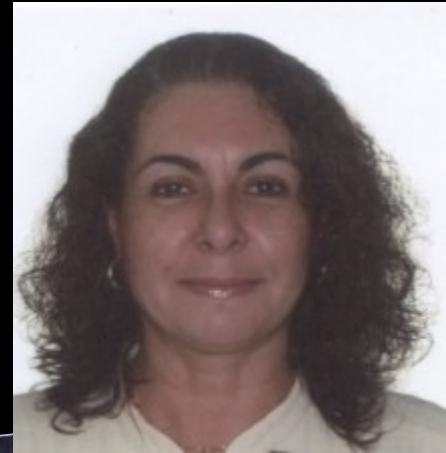
Arqueologia galáctica: origem dos elementos químicos e a origem e evolução da Galáxia



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

Prof. Jorge Meléndez,
IAG/USP

VLT

Meu grupo: SAMPA

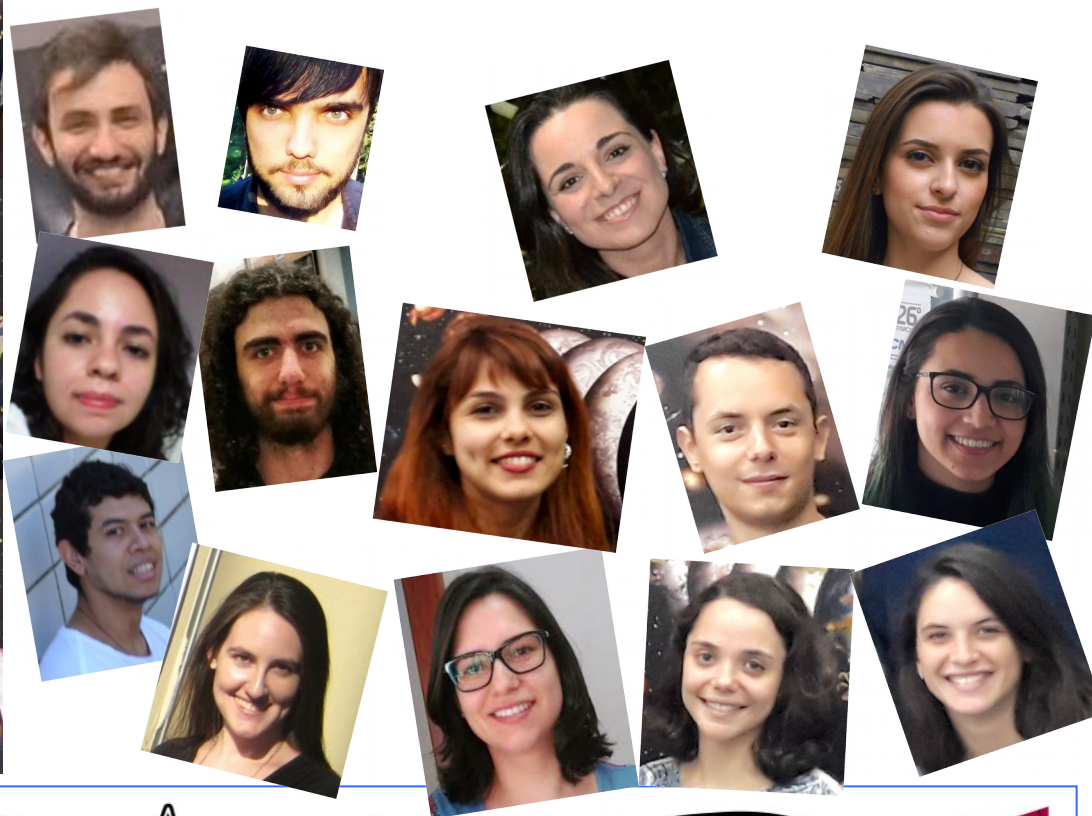
Stellar AtMospheres, Planets & Abundances



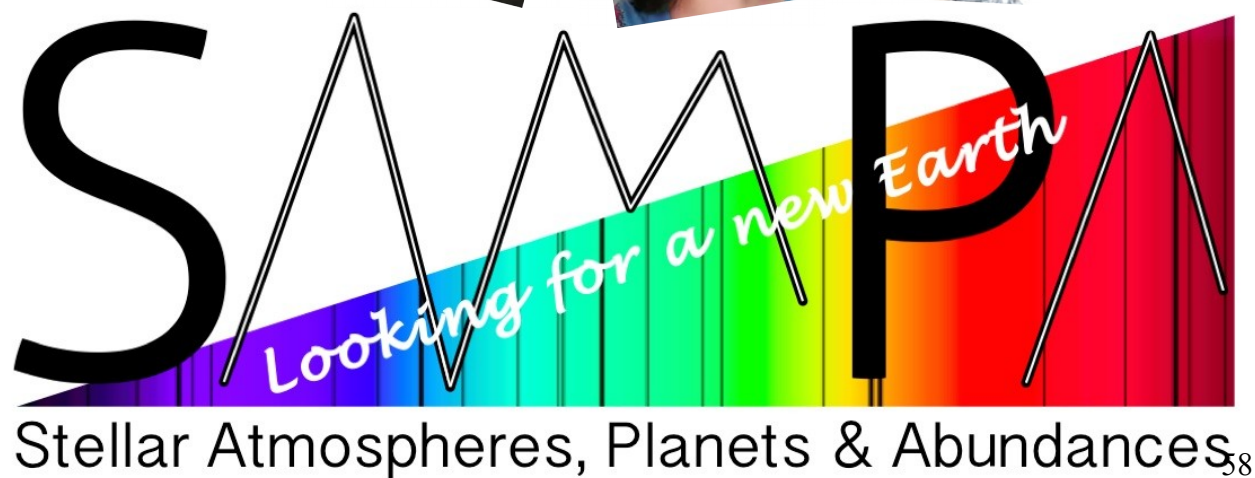
Stellar Atmospheres, Planets & Abundances

SAMPA

SAMPA @ IAG/USP



2020: 4 IC, 1 doutorando
(+2 em breve), 2 pósdoc,
aluna visitante



39 artigos do SAMPA em revistas internacionais arbitradas em 2016 + 2017 + 2018 + 2019

**Astronomy
&
Astrophysics**

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

Boa parte dos artigos com primeiro 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, Karin Lind⁷, Sylvio Ferraz-Mello¹, Jhon Yana Galarza¹, Leonardo dos Santos¹, and L...

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 Astrofísica,
Rua do Matão 1226, Cidade Universitária, 05508-090 SP, Brasil

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

Home

Program

Registration

SOC / LOC

Participants

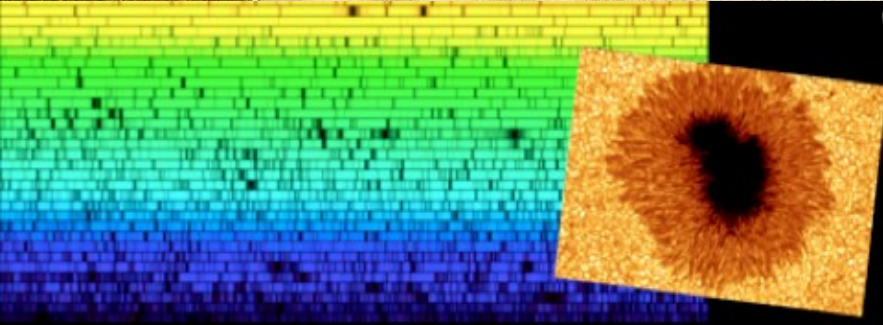
Local Info

PRECISION SPECTROSCOPY 2016:

Abundances, nucleosynthesis and chemical evolution

19-21 September 2016, Porto Alegre, Brazil



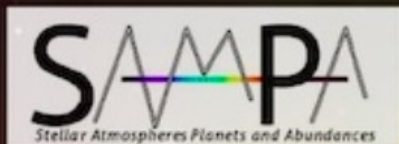


Precision Spectroscopy 2017

Towards Earth 2.0

São Paulo, 1-4 August 2017



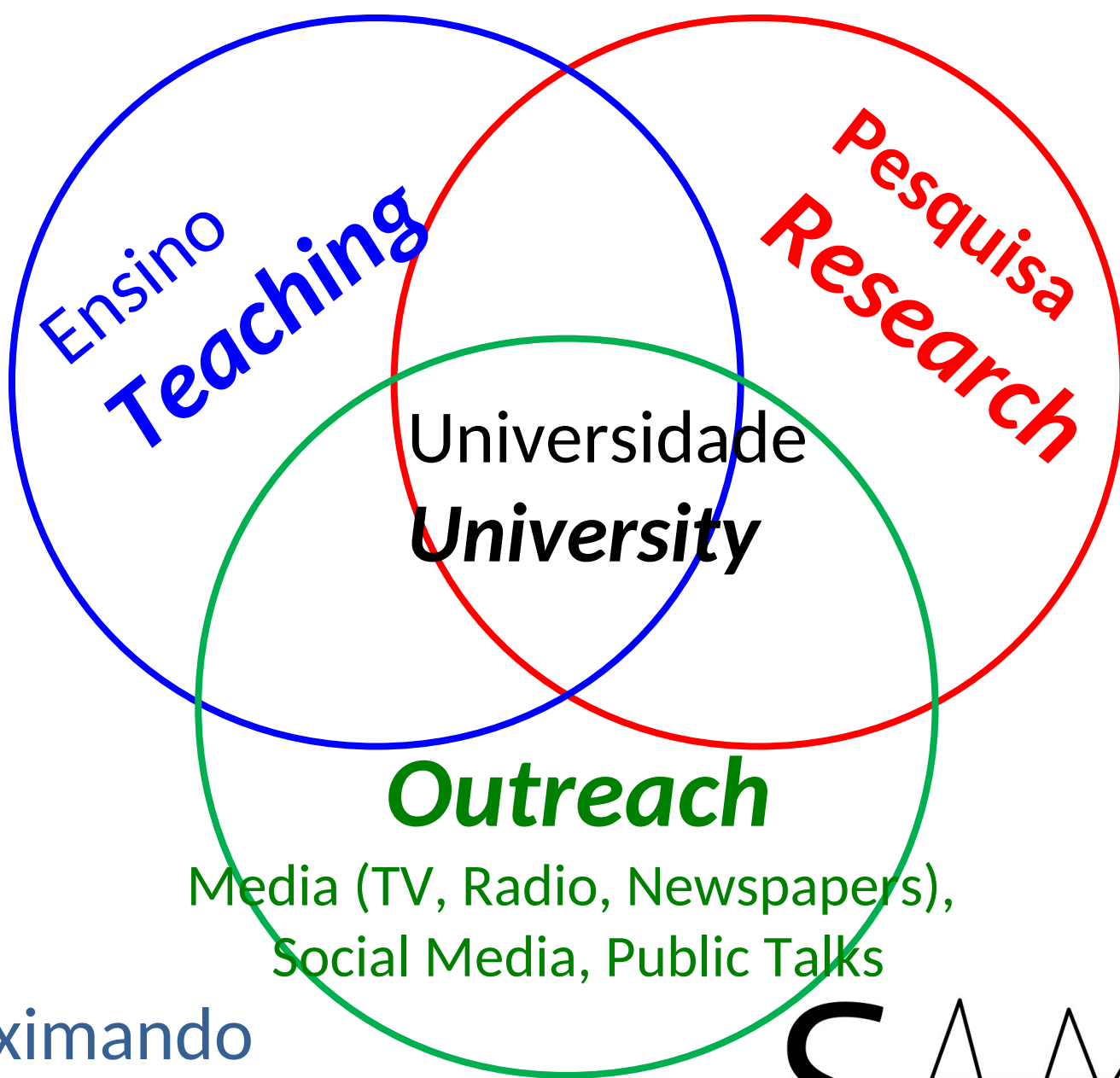


PRECISION SPECTROSCOPY :
ROTATION, MAGNETIC ACTIVITY AND
LITHIUM
CENTRO DE RADIOASTRONOMIA E ASTROFÍSICA
MACKENZIE

| | | | | | | |
|------|---------|--------------|-----------|--------------|------------|--------|
| Home | Program | Registration | SOC / LOC | Participants | Local Info | Poster |
|------|---------|--------------|-----------|--------------|------------|--------|

Precision Spectroscopy 2019: *Rotation, Magnetic Activity and Lithium*
5-6 September 2019, São Paulo, Brazil

<http://www.astro.iag.usp.br/~sampa/ps2019/>



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 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?



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

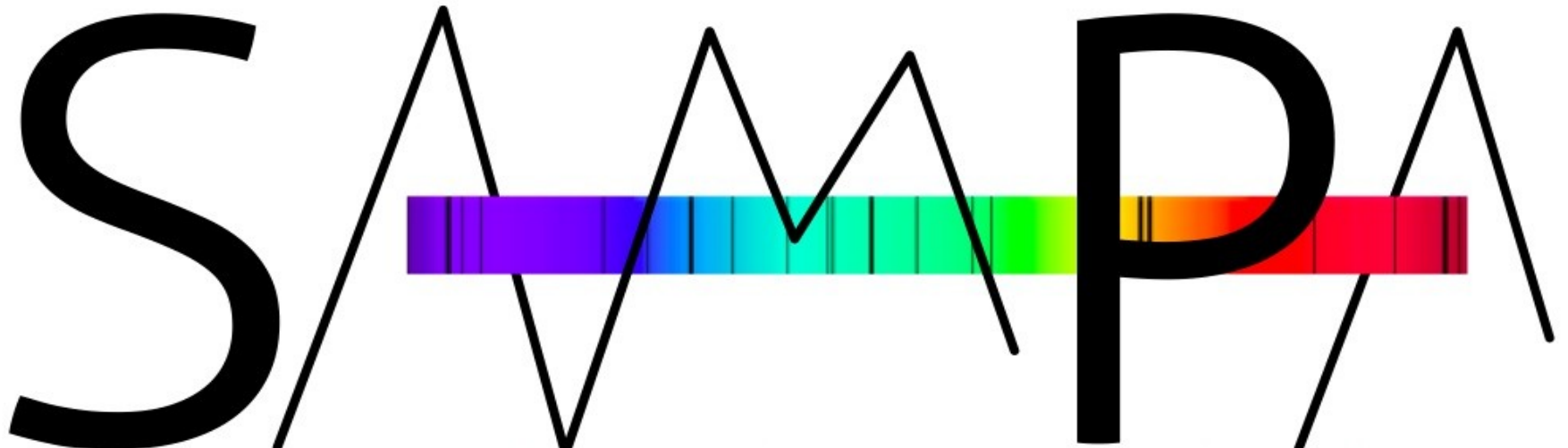
16/07/2015 - 15:35 - Un gemello di Giove orbita attorno a una stella simile al nostro sole. A scoprirlo è stato un team internazionale di astronomi utilizzando il telescopio da 3,6 metri dell'Eso. L'esopianeta si trova a una distanza dalla sua stella (HIP 11915) simile a ...

Interesado em colaborar com o grupo?



jorge.melendez@iag.usp.br

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



The logo for the SAMP group. The letters 'S', 'M', 'M', 'P', and 'A' are rendered in a large, black, sans-serif font. A horizontal bar with a rainbow color gradient (purple, blue, cyan, green, yellow, orange, red) is positioned behind the 'M', 'M', and 'P' characters. The bar is decorated with vertical black lines of varying thickness, resembling a spectral absorption pattern.

Stellar Atmospheres, Planets and Abundances