

- **ШТАРКОВО ШИРЕЊЕ У
АСТРОФИЗИЦИ**

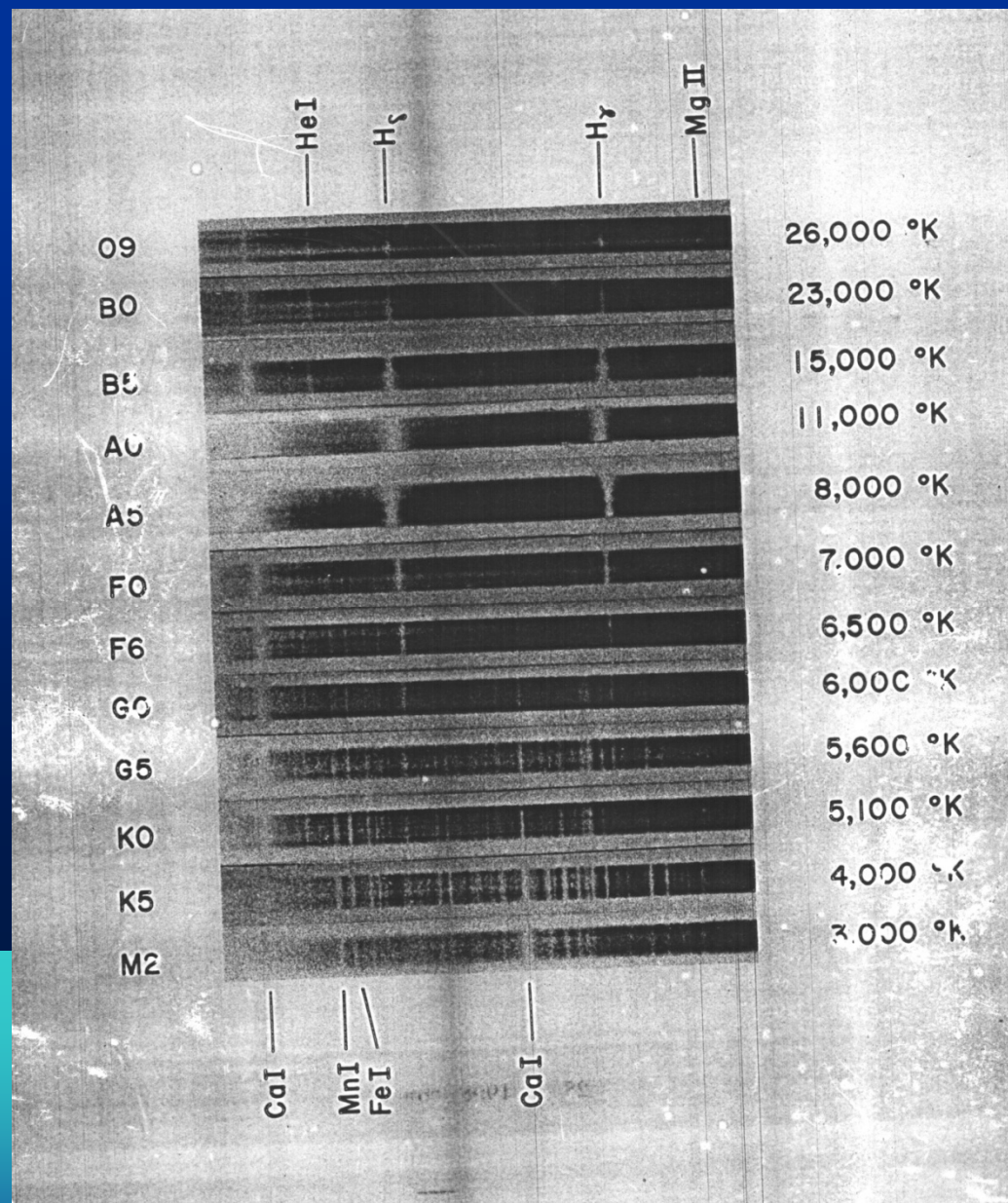
- Милан С. Димитријевић



1. УВОД



Спектрални тип и ефективна температура звезде може се одредити упоређивањем њеног спектра са стандардним. На слици лево су спектрални типови а десно ефективне температуре.



ПОТРЕБЕ ЗА ВЕЛИКИМ СКУПОМ ПОДАТАКА О ШТАРКОВОМ ШИРЕЊУ

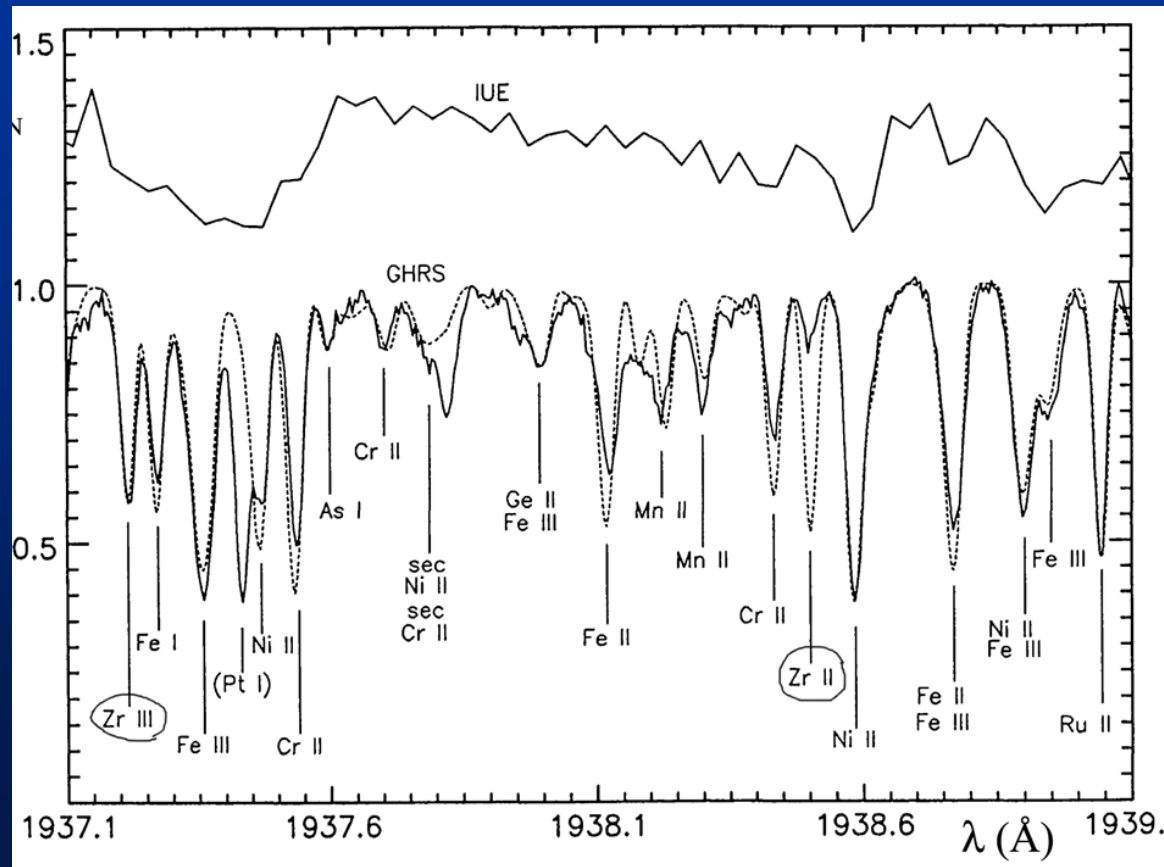
- РАЗВОЈ КОМПЈУТЕРА

НА ПРИМЕР:

PHOENIX ПРОГРАМ ЗА МОДЕЛИРАЊЕ ЗВЕЗДАНИХ АТМОСФЕРА УКЉУЧУЈЕ СТАЛНО РАСТУЋУ БАЗУ ПОДАТАКА СА АТОМСКИМ ПОДАЦИМА ЗА ОКО МИЛИЈАРДУ ПРЕЛАЗА

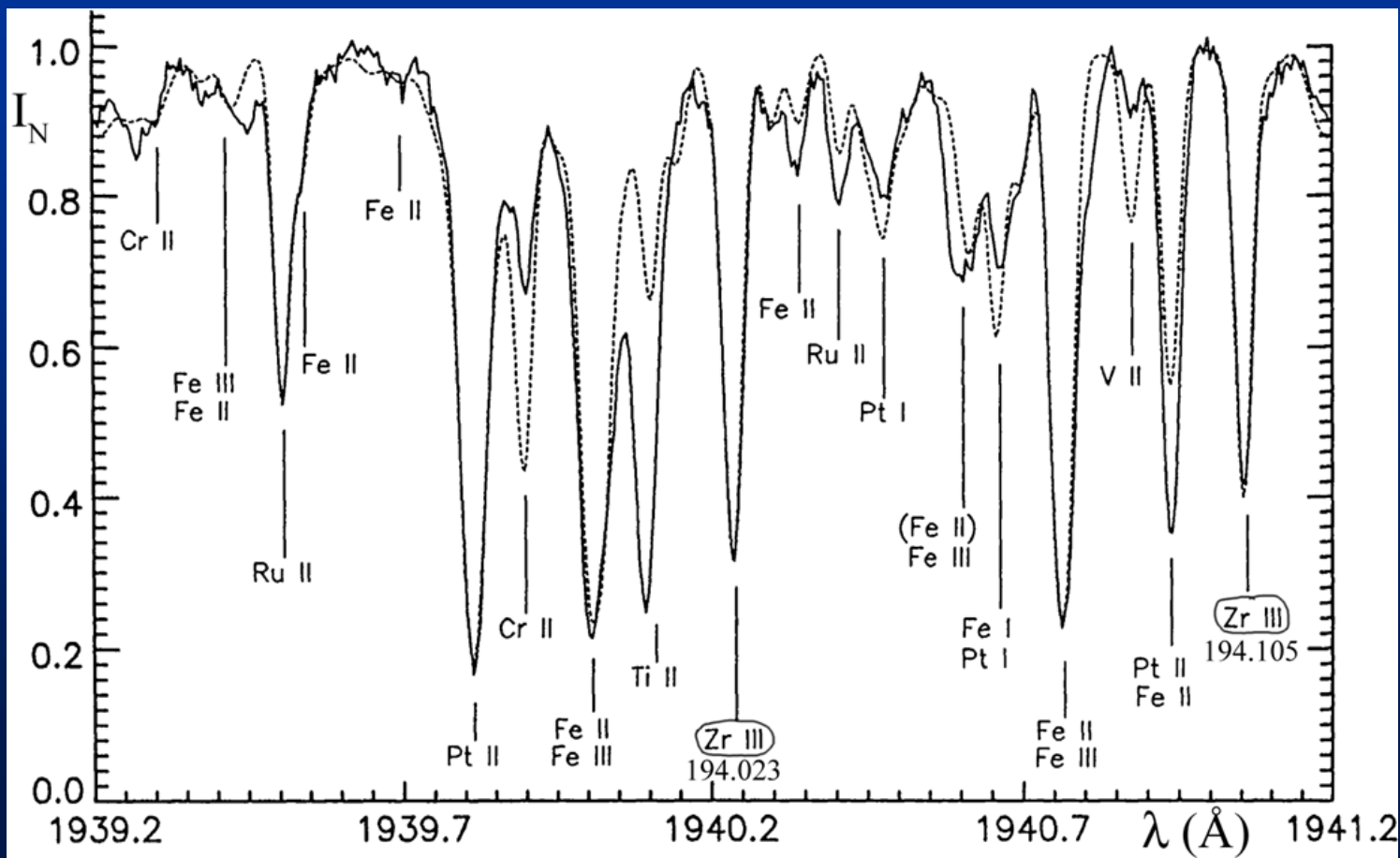
- КОСМИЧКА (САТЕЛИТСКА) СПЕКТРОСКОПИЈА





ПРИМЕР НАПРЕТКА САТЕЛИТСКЕ СПЕКТРОСКОПИЈЕ

Део Хи Lupi спектра добијеног са International Ultraviolet explorer (IUE) и са Godhard High Resolution Spectrograph на Хабловом телескопу (GHRS). Може се видети пораст значаја спектралних линија слабо заступљених елемената



$$M = 20 M_{\odot}$$

Fuel	d $g\text{cm}^{-3}$	CENTRAL T (K)	DURATION (YR)
H	5.6	4.0×10^7	1×10^7
He	940	1.9×10^8	9.5×10^5
C	2.7×10^5	8.1×10^8	300
Ne	4.0×10^6	1.7×10^9	0.38
O	6.0×10^6	2.1×10^9	0.50
Si	4.9×10^7	3.7×10^9	2 DAYS

H He, C, N, O, F, Ne, Na

He C, N, O, Mg, Ne

C Ne, Na, Mg

Ne Mg, Si

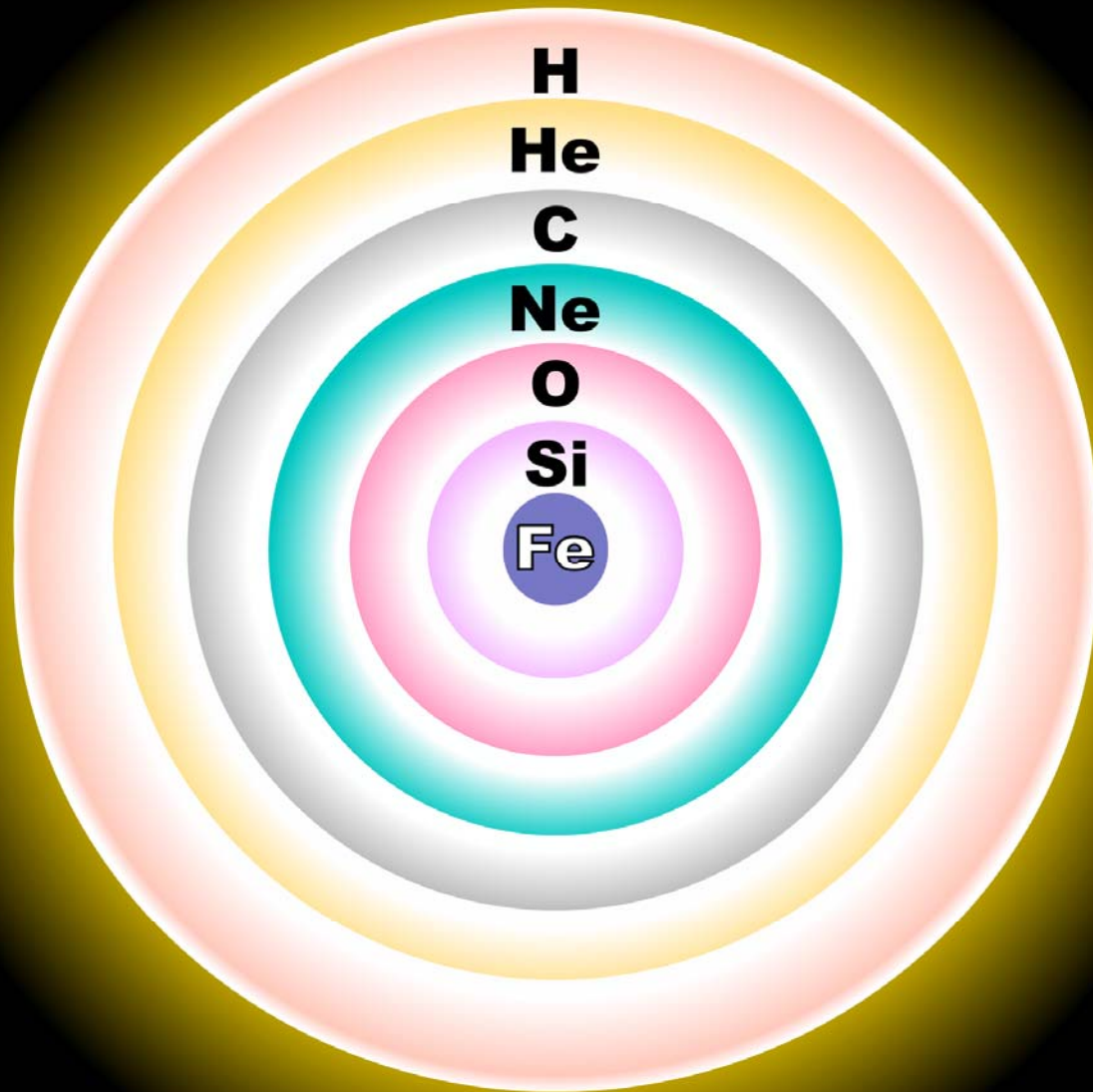
O Si, S

Si Fe, Ni, Co, Mn, Ti...

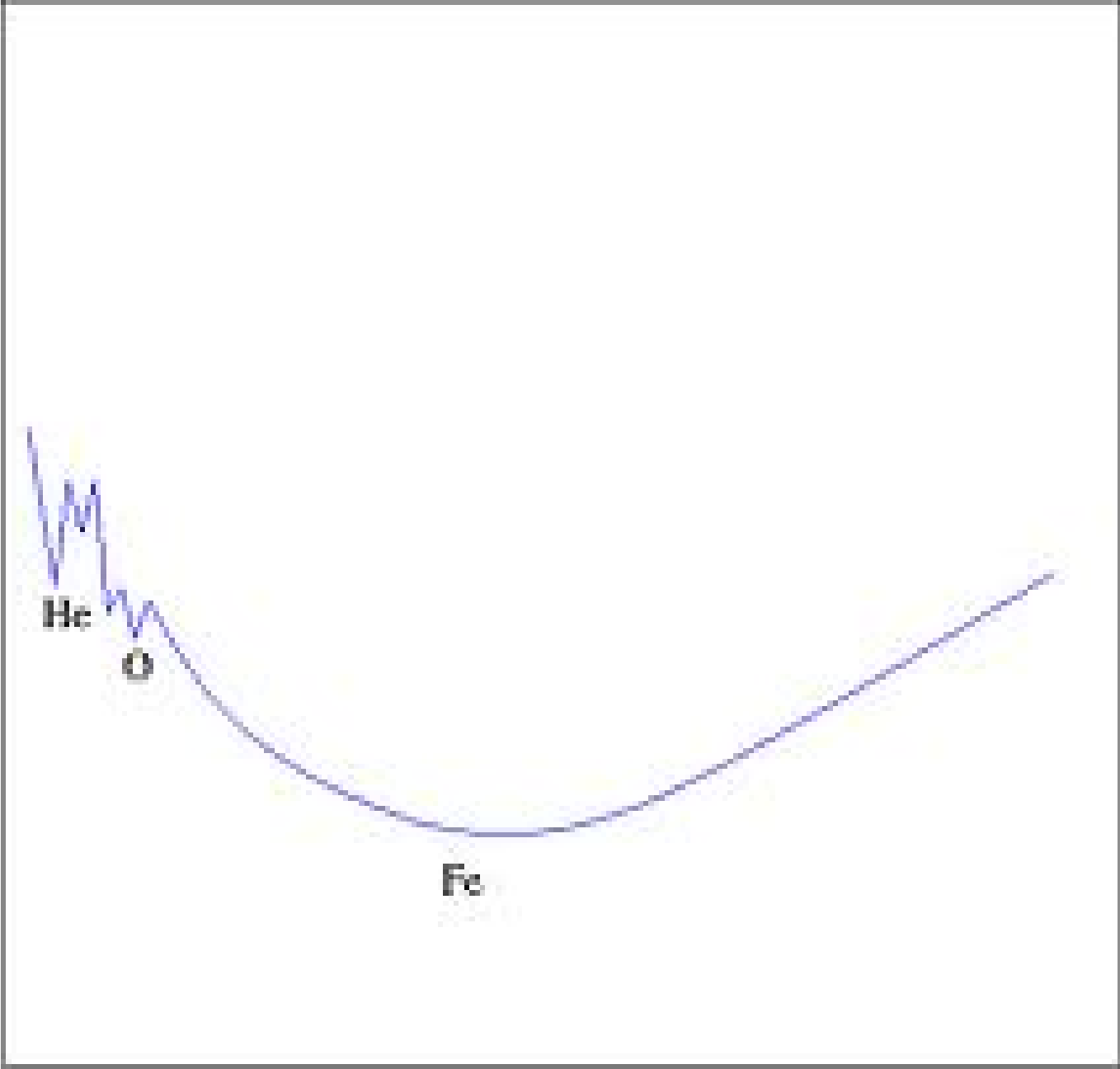
α Mg, Si, S, Ar, Ca, Ca, Ti

neutron
capture
AND
proton
capture

$A \geq 62$ Y, Zr, Eu, Gd,



POTENTIAL ENERGY IN NUCLEON



ATOMIC NUMBER

- ШТАРКОВО ШИРЕЊЕ ЈЕ ВАЖНО ЗА:
- - АСТРОФИЗИЧКУ ПЛАЗМУ
- - ЛАБОРАТОРИЈСКУ ПЛАЗМУ
- - ТЕХНОЛОШКЕ ПЛАЗМЕ

АСТРОФИЗИЧКЕ ПЛАЗМЕ

- Штарково ширење може бити важно за услове у плазми код
- НЕУТРОНСКИХ ЗВЕЗДА $T=10^{+6}-10^{+7}K$
- $N_e=10^{+22}-10^{+24}cm^{-3}$, белих патуљака, топлих звезда, до других екстремних услова :
- РАДИОРЕКОМБИНАЦИОНЕ ЛИНИЈЕ
- H I ($T=50K$) и H II ($T=10000K$) области
 $N_e = 1-1000 cm^{-3}$

F. Paerels, 1997, ApJ, 476, L47

- Могућност да се добију M и R неутронске звезде из профила спектралне линије
- $W = 163Z^{-1}(MR^2)^{2/\beta}T^{2/\beta} \text{ eV}$
- Гравитациони помак $\sim M/R$



- Радио рекомбинационе линије се емитују из међузвезданих облака H I ($T=30\text{K}$) и H II ($T=10000\text{K}$) $N_e = 1-1000\text{ cm}^{-3}$

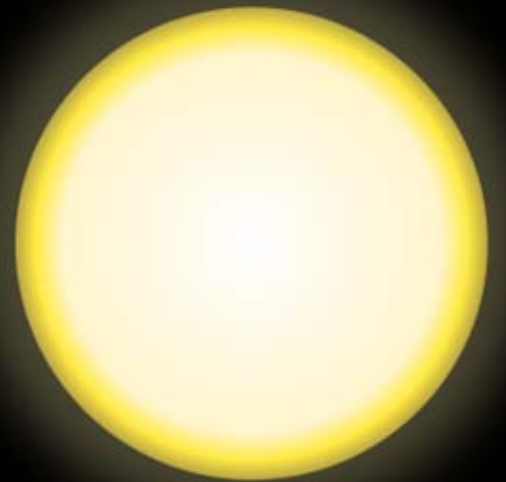


МЕЂУЗВЕЗДАНИ ОБЛАЦИ МОЛЕКУЛАРНОГ ВОДОНИКА

- У међузвезданим молекуларним облацима типичне температуре су око 30 К или мање, а типичне густине електрона $2-15\text{cm}^{-3}$. У таквим условима, слободни електрони могу бити захваћени (рекомбинација) јоном у веома удаљену орбиту са вредностима главног квантног броја (n) од неколико стотина па се деексцитују у каскади на енергетске нивое $n-1, n-2, \dots$ зрачећи у радио опсегу. Такви удаљени електрони су слабо повезани са језгром и на њих могу утицати веома слаба електрична микропоља и Штарково ширење може бити значајно.

- Пошто утицај Штарковог ширења у спектралној серији расте са порастом главног квантног броја горњег нивоа, допринос Штарковог ширења може бити значајан и у Сунчевом спектру.





LETTERS

White dwarf stars with carbon atmospheres

P. Dufour¹, J. Liebert¹, G. Fontaine² & N. Behara³

White dwarfs represent the endpoint of stellar evolution for stars with initial masses between approximately 0.07 and $8\text{--}10M_{\odot}$, where M_{\odot} is the mass of the Sun (more massive stars end their life as either black holes or neutron stars). The theory of stellar evolution predicts that the majority of white dwarfs have a core made of carbon and oxygen, which itself is surrounded by a helium layer and, for ~ 80 per cent of known white dwarfs, by an additional hydrogen layer^{1–3}. All white dwarfs therefore have been traditionally found to belong to one of two categories: those with a hydrogen-rich atmosphere (the DA spectral type) and those with a helium-rich atmosphere (the non-DAs). Here we report the discovery of several white dwarfs with atmospheres primarily composed of carbon, with little or no trace of hydrogen or helium. Our analysis shows that the atmospheric parameters found for these stars do not fit satisfactorily in any of the currently known theories of post-asymptotic giant branch evolution, although these objects might be the cooler counterpart of the unique and extensively studied PG 1159 star H1504+65 (refs 4–7). These stars, together

that these stars had thinner outer helium envelopes so that they occurred earlier in the cooling sequence. These highly polluted white dwarfs are expected to be massive, so it is possible that they might represent the missing high-mass tail of the white dwarf distribution¹⁴.

Thus, it is with this scientific rationale in mind that we proceeded with the calculation of the appropriate atmospheric models for these objects. Because the continuum opacity of heavy elements is expected to be negligible for these objects, these new models have been developed with the latest C and O photoionization cross-sections from the Opacity Project¹⁵. Although the analysis of the cooler stars ($T_{\text{eff}} < 15,000$ K) is straightforward (results will be published elsewhere; manuscript in preparation), we quickly realized that a combination of carbon and helium could successfully reproduce the observed features (mostly C II lines) in the optical spectra of the hottest ones by assuming a helium-dominated atmosphere. Such models predict the presence of a strong He I $\lambda = 4,481$ Å line, not observed spectroscopically in our sample of hot DAs. This is the only feature that is not fitted by the current models.

БЕЛИ ПАТУЉЦИ

- Први - 40 Eridani Хершел 31.01.1783
- Други, Сиријус Б, 1862 Alvan Graham Clark
- Трећи 1917 Van Maanen
- 1950 стотина
- 1999 око 2000
- Sloan Digital Sky Survey више од 9000

БЕЛИ ПАТУЉЦИ

- То ће бити судбина 97% звезда наше Галаксије

Мале масе – језгро од хелијума,

Средње масе (већина посматраних) –
језгро од С и О

Велике масе – језгро од О, Не и Мг

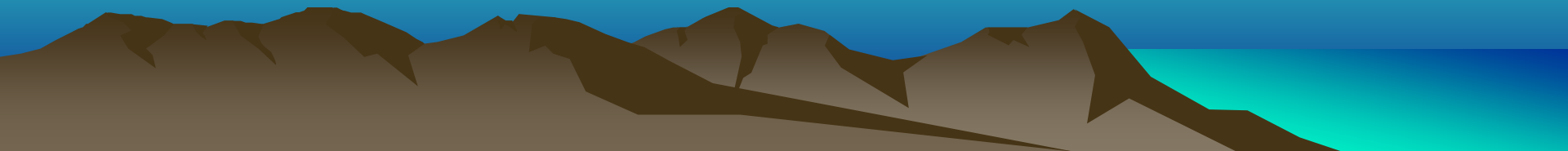


БЕЛИ ПАТУЉЦИ

- Традиционална подела

DA – богати водоником

DB – богати хелијумом



PG 1159 $100\,000\text{ K} < T_{\text{eff}} < 150\,000\text{ K}$

- Најтоплија PG 1159 звезда H 1504+65
- $T_{\text{eff}} = 175\,000\text{ K}$
- DO $40\,000\text{ K} < T_{\text{eff}} < 100\,000\text{ K}$
- DB $12\,000\text{ K} < T_{\text{eff}} < 40\,000\text{ K}$ He I
- DQ $4\,000\text{ K} < T_{\text{eff}} < 12\,000\text{ K}$ C2 Swan
band
- DZ линије метала, акреција
- DC континуум

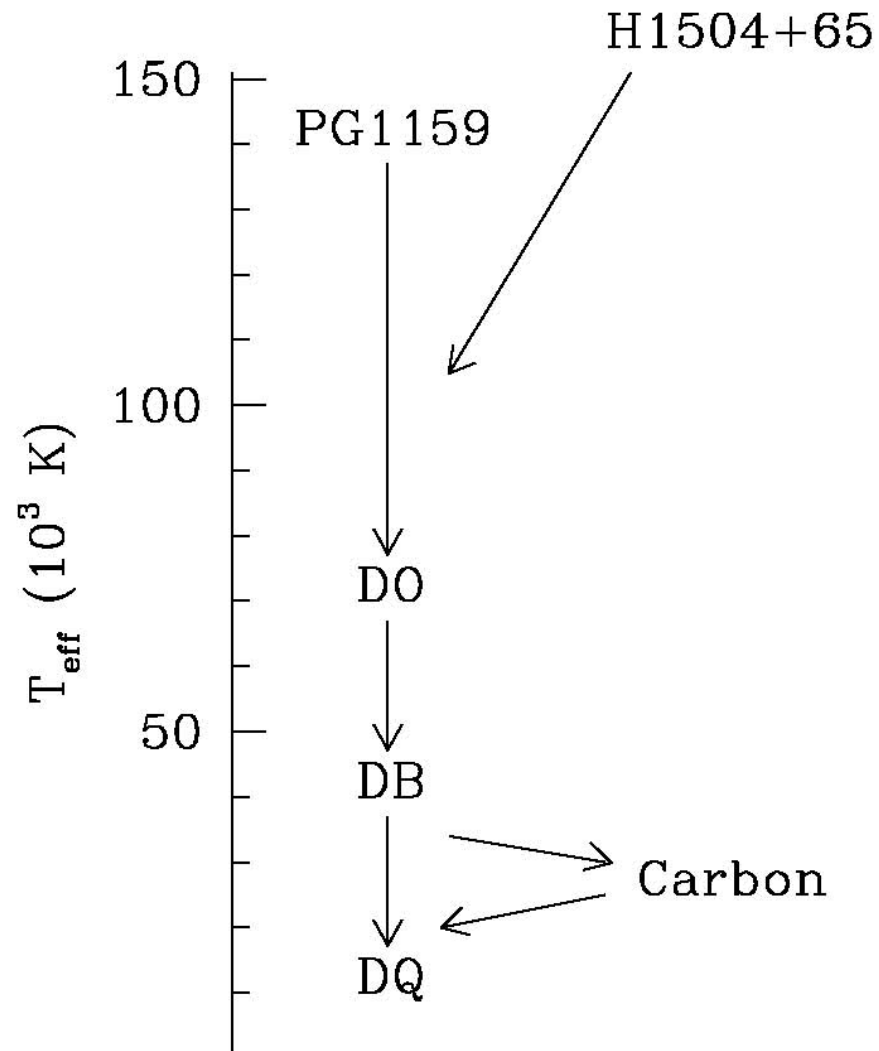


FIG. 7.—Schematic representation of our proposed evolutionary scenario to explain the existence of carbon-dominated atmosphere white dwarfs.

ПОДАЦИ О ШТАРКОВОМ ШИРЕЊУ СУ У АСТРОФИЗИЦИ ПОТРЕБНИ НАПРИМЕР ЗА:

- ДИЈАГНОСТИКА ЗВЕЗДАНЕ ПЛАЗМЕ
 - ОДРЕЂИВАЊЕ ОБИЛНОСТИ
- МОДЕЛИРАЊЕ, АНАЛИЗА И СИНТЕЗА
ЗВЕЗДАНИХ СПЕКТРА,
ХЕМИЈСКА СТРАТИФИКАЦИЈА
СПЕКТРАЛНА КЛАСИФИКАЦИЈА
НУКЛЕАРНИ ПРОЦЕСИ У ЗВЕЗДАНИМ
УНУТРАШЊОСТИМА
- ПРЕНОС ЗРАЧЕЊА
ЗВЕЗДАНЕ НЕПРОЗРАЧНОСТИ

- Профили линија улазе у моделе радијативних омотача преко оптичке дубине. Ако је атмосфера у макроскопској механичкој равнотежи и са ρ означимо густину гаса, оптичка дебљина је

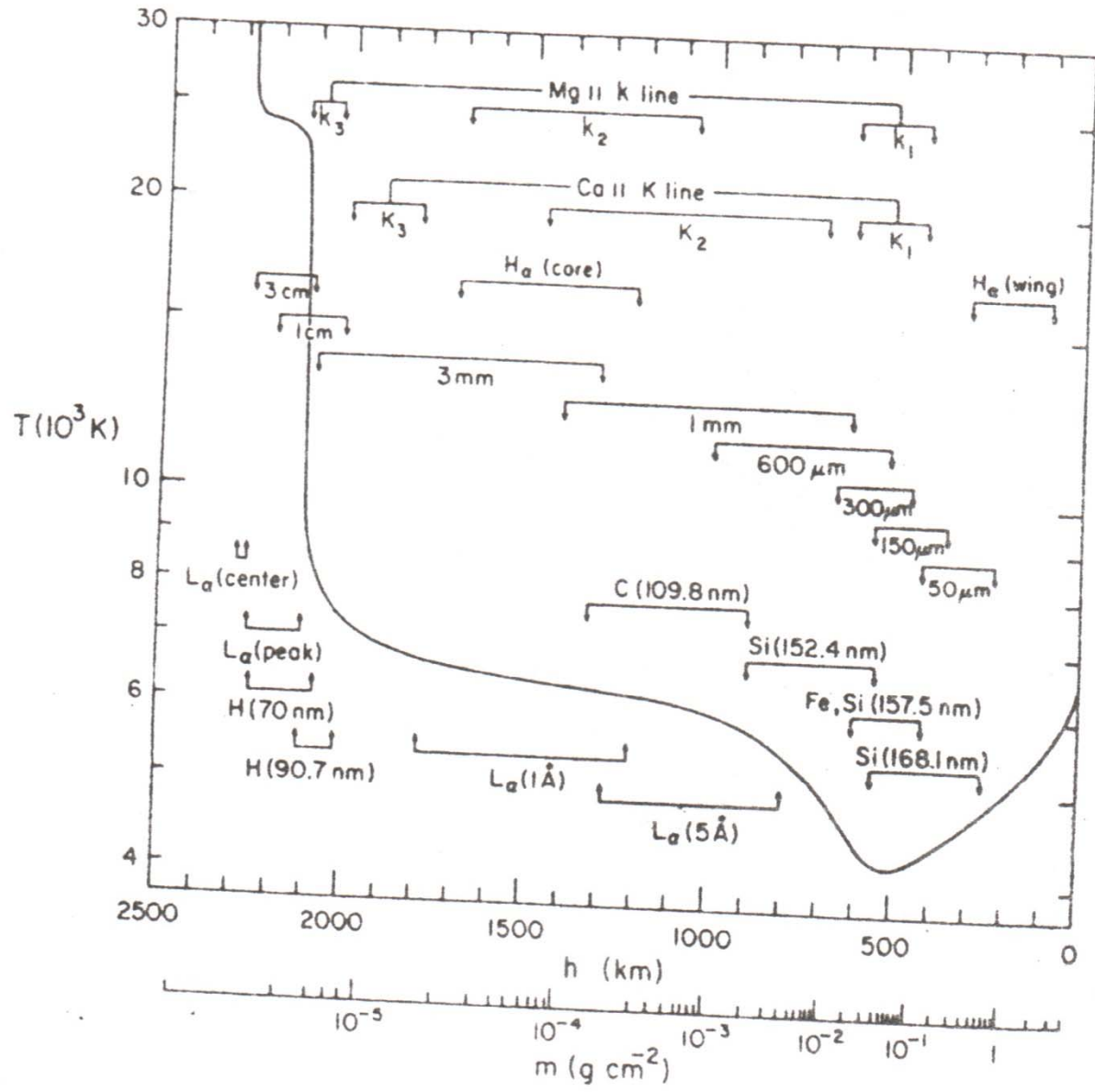


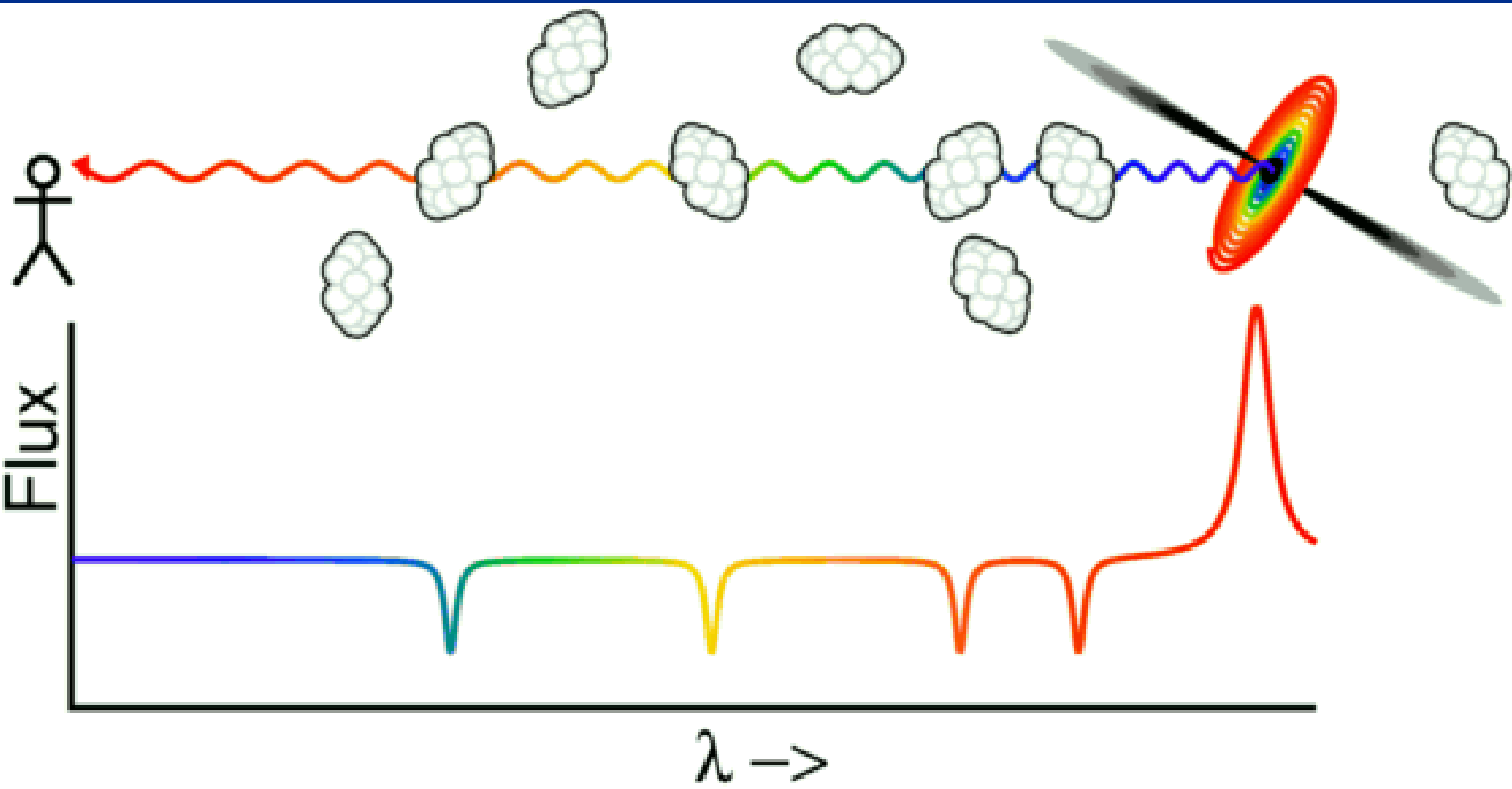
$$\tau_{\nu} = \int_{z}^{\infty} \kappa_{\nu} \rho \, dz,$$

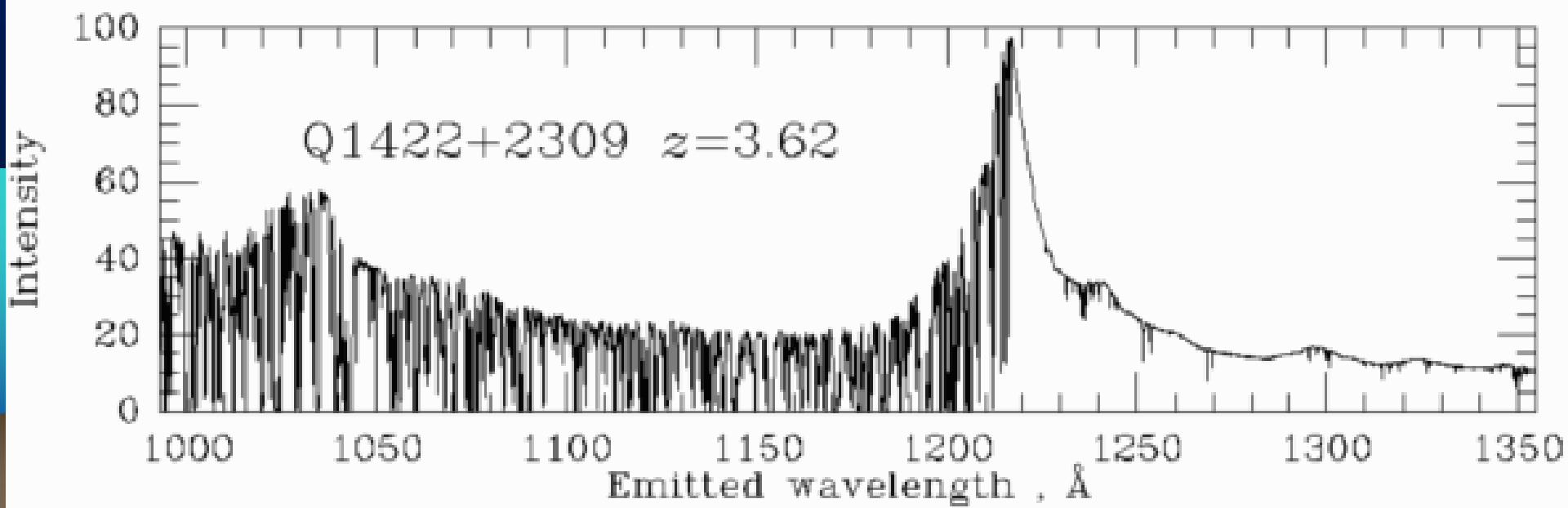
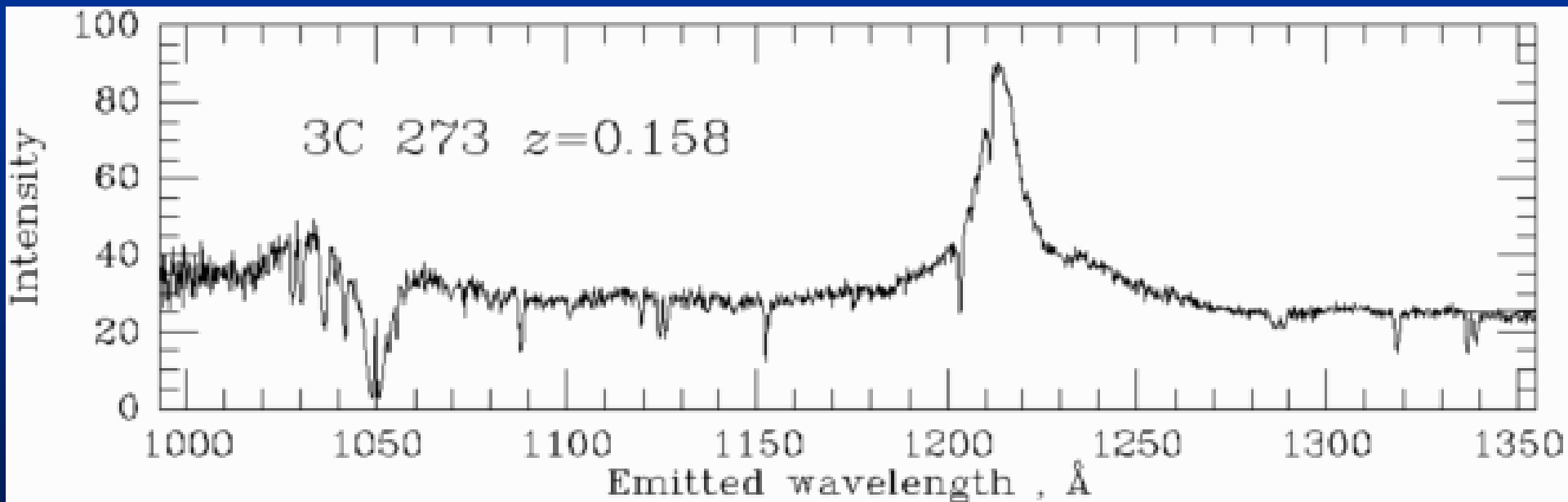
$$\kappa_{\nu} = N(A, \mathbf{i}) \phi_{\nu} \frac{\pi e^2}{mc} f_{ij},$$

$$\frac{dI_{\nu}}{ds} = -K_{\nu}I_{\nu} + \epsilon_{\nu}$$

RADIATIVE TRANSFER
EQUATION







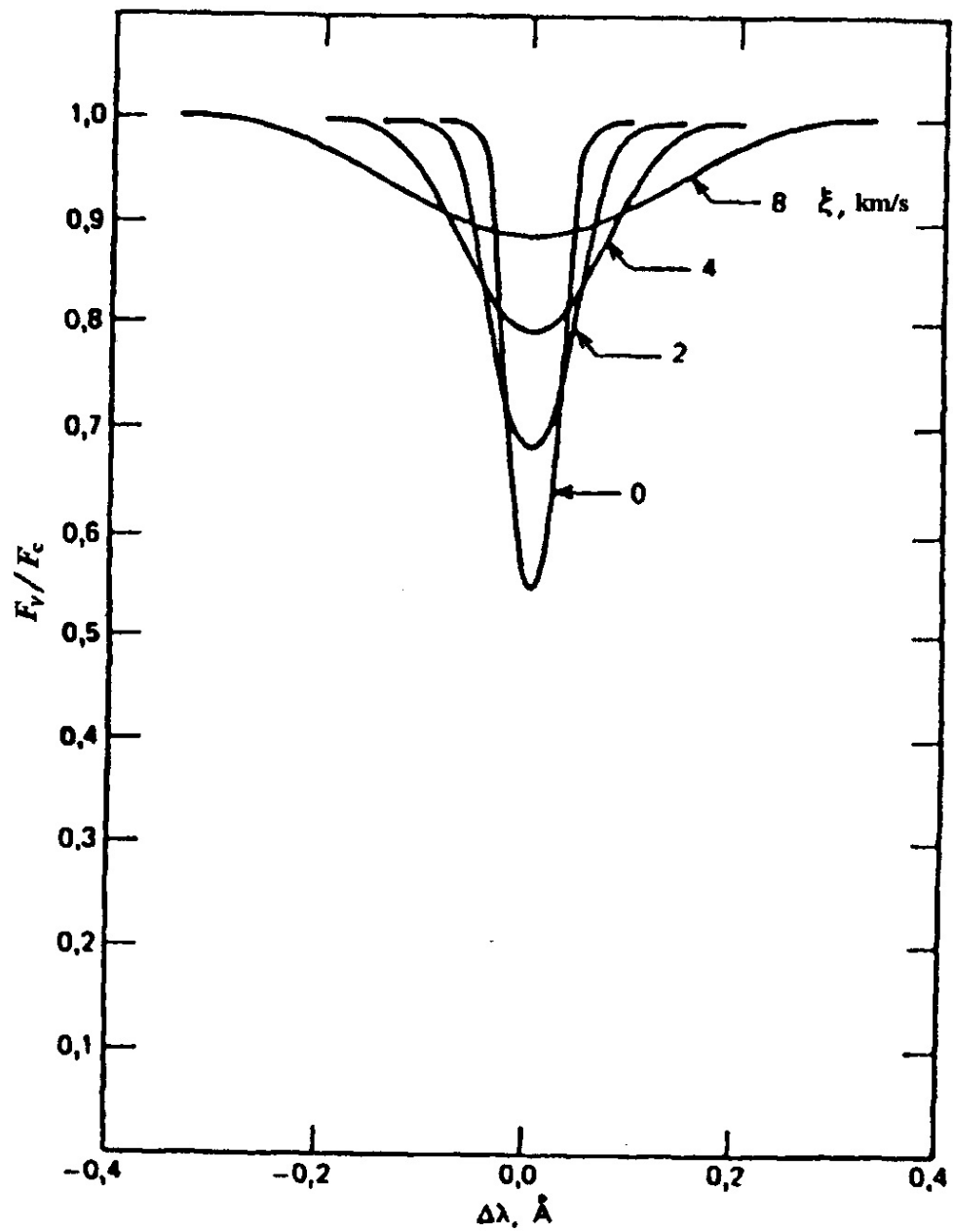
Including turbulent velocities

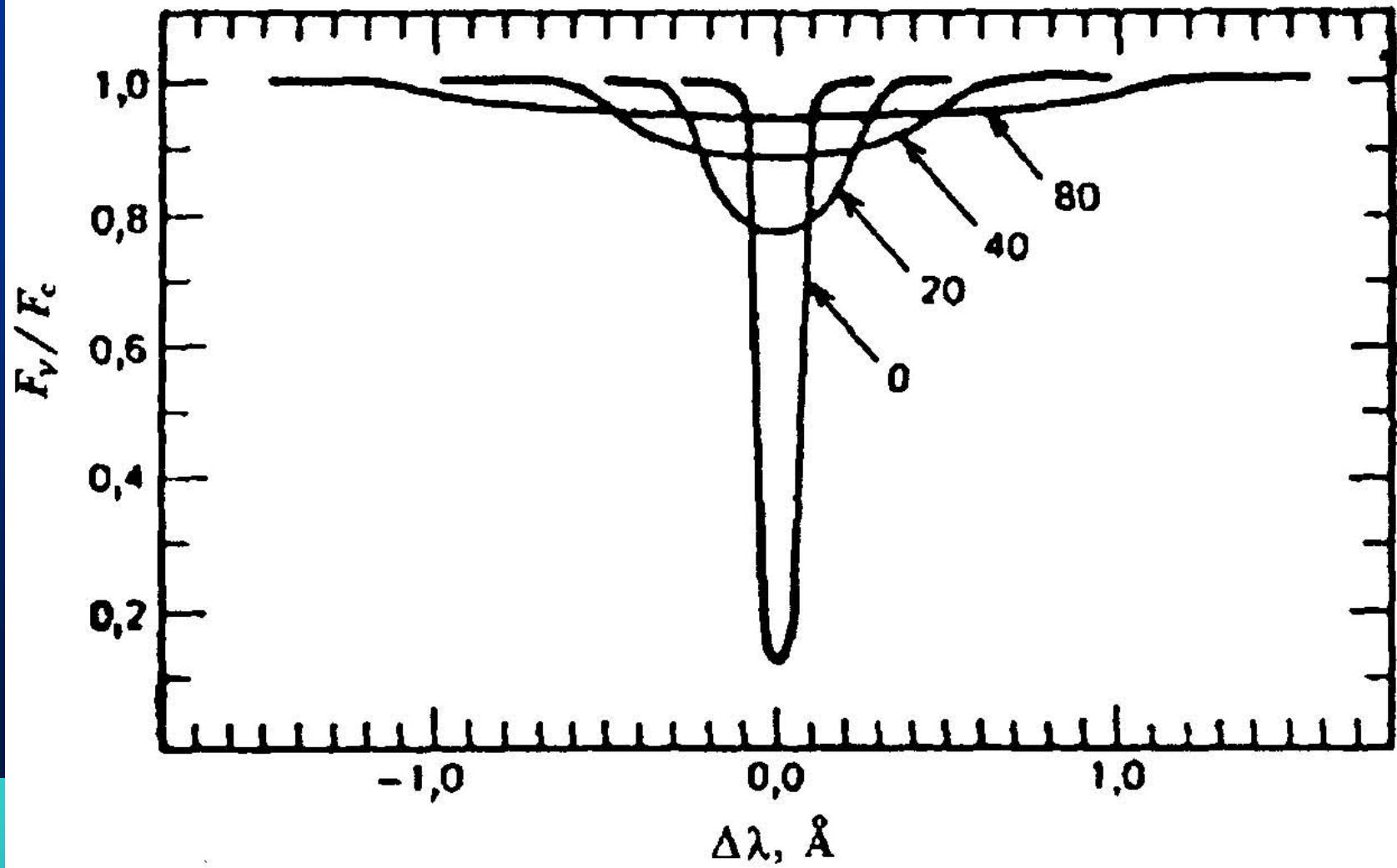
- If turbulent motions in gas can be described by a similar velocity distribution, the effective Doppler width becomes

$$\Delta v_D = \frac{v_0}{c} \left(\frac{2kT}{m} + v_{turb}^2 \right)^{1/2}$$

- where v_{turb} is a root mean-square measure of the turbulent velocities. This situation occurs, e.g., in observations of star forming regions or in convective stellar photospheres.

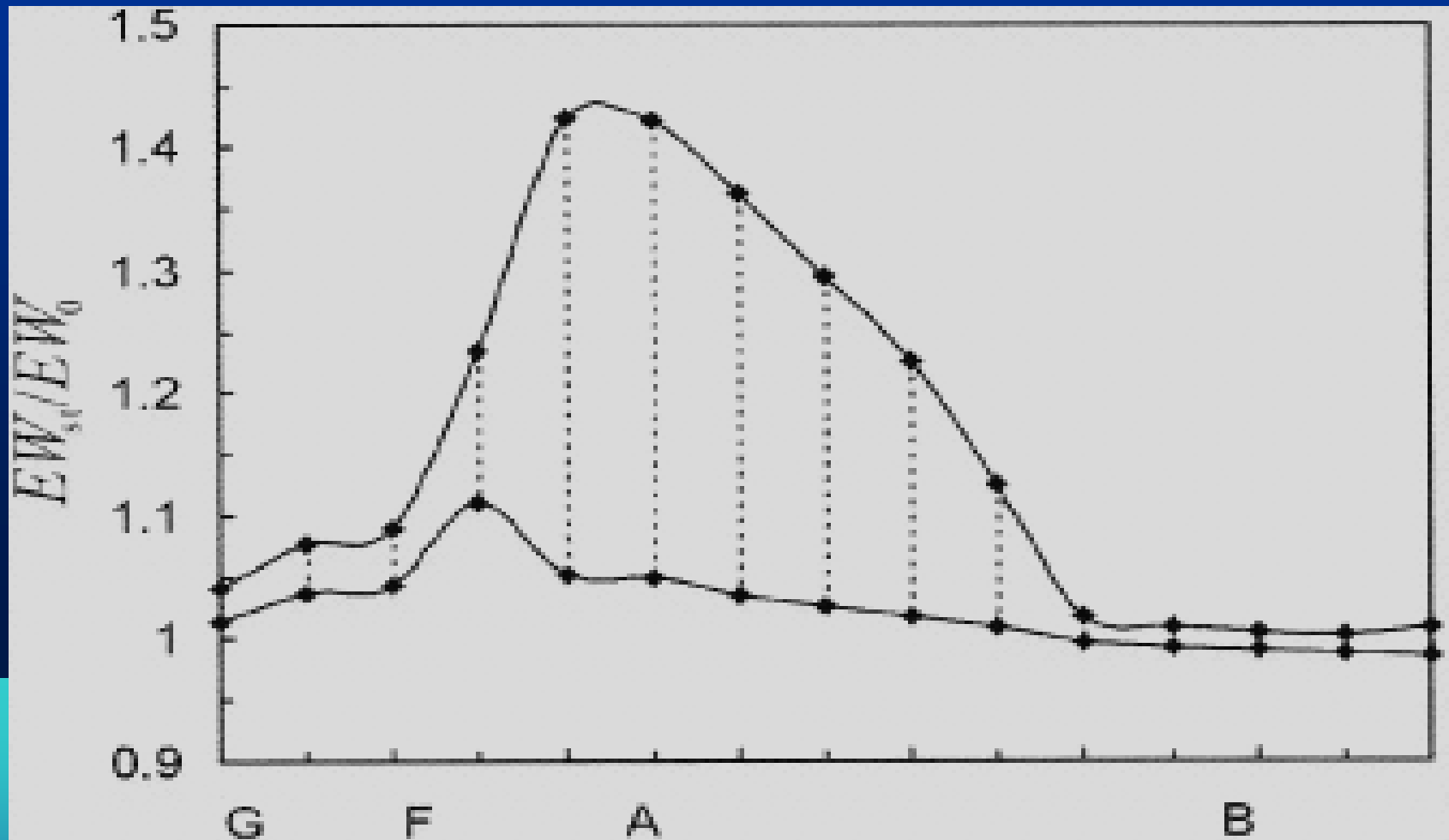
де може раздвојити микро и макротурбуленција.





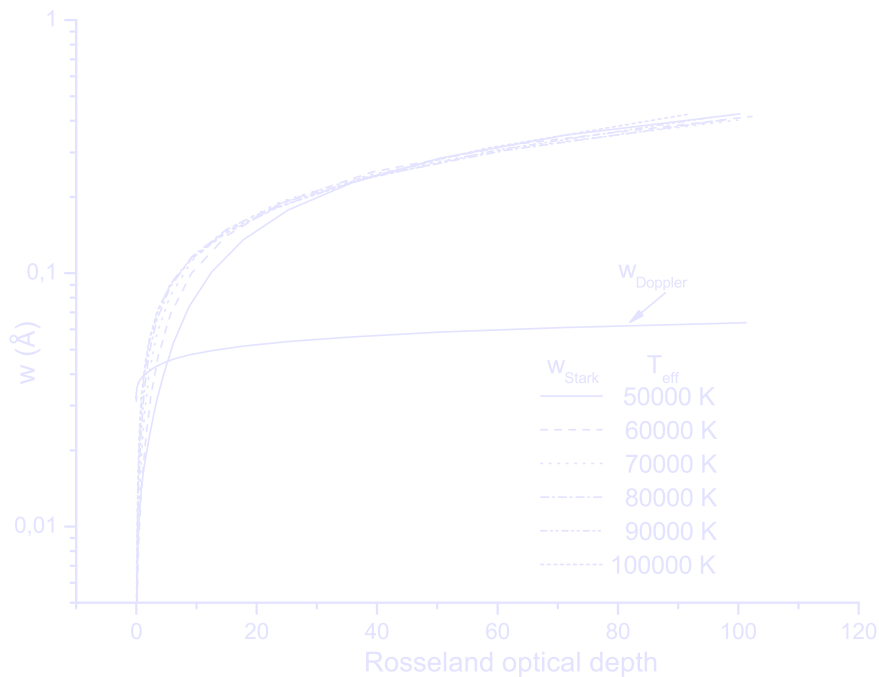
9.2 Профіли сумарної пропускання резонансу. На осциліграмі

Максимални (горња линија) и минимални (доња линија) односа еквивалентних ширина за различите типове звезда. Максимална и минимална вредност EW_{St}/EW_0 дате су за 38 разматраних Nd II линија.



- THE ASTROPHYSICAL JOURNAL SUPPLEMENT SERIES, 135:109-114, 2001
- STARK BROADENING EFFECT IN STELLAR ATMOSPHERES: Nd II LINES
- L. C. POPOVIC , S. SIMIC,
- N. MILOVANOVIC, M. S.DIMITRIJEVIC

R. Hamdi, N. Ben Nessib, N. Milovanović, L. Č. Popović, M. S. Dimitrijević and S. Sahal-Brécho, *MNRAS*, 387, 871 (2008).

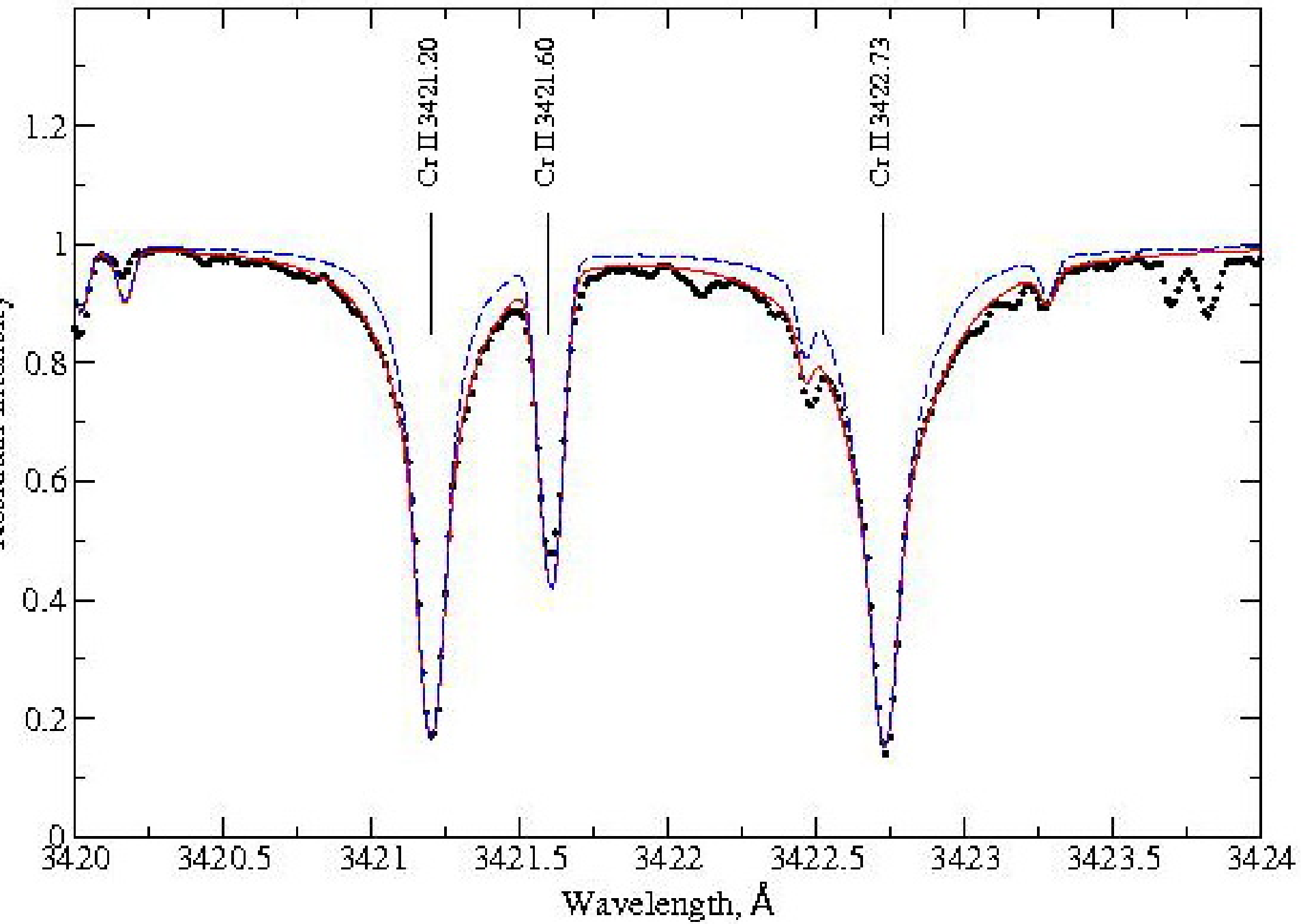


- Si VI $2p^4(3P)3s\ 2P-2p^4(3P)3p\ 2\ D^\circ$ ($\lambda = 1226,7\text{\AA}$)
- DO WHITE DWARFS
 $T_{\text{eff}} = 50\ 000\text{--}100\ 000\ \text{K}$ and $\log g = 8$.

M. S. Dimitrijević, T. Ryabchikova, Z. Simić, L. Č. Popović and M. Dačić, *Astron. Astrophys.*, **469**, 681 (2007).

Истраживали смо Штарково ширење Cr II линија код Ар звезде HD 133792 за коју су детаљну анализу обилности и стратификације извели Kochukov et al.

2006, A&A, 460, 831. За ову звезду $T_{\text{eff}}=9400$ K, $\log g = 3.7$. Програм је SYNTH3



SCP CALCULATIONS OF ELECTRON AND ION IMPACT WIDTHS AND SHIFTS OF SPECTRAL LINES

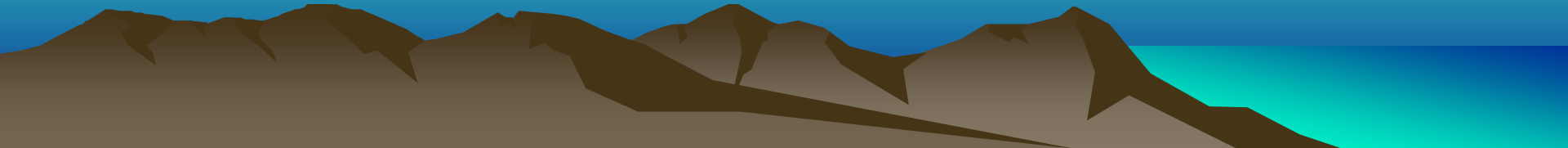
Radiators : neutral atoms and ions

Basic theory: Impact approximation

- Binary Collisions with electrons and positive ions
- Complete collision approximation
- Isolated lines

Method of calculation: SemiClassical Perturbation:

- Quantum atom
- Classical perturber moving on a classical path
(straight for neutrals, hyperbola for ions)
- Long range Perturbation expansion of the interaction potential



SCP calculations of electron and ion impact widths and shifts of spectral lines

What is our present purpose ?

Applications of our code to many subjects on a large scale:

Scientific objectives:

- Spectroscopic diagnostics,
- Modelling
- Synthetic spectra

Addresses

- Astrophysics
- Virtual Observatories (Europe: IVOA *International Virtual Observatory Alliance*)
- Laboratory plasmas
- Technological plasmas

Database STARK-B:

<http://stark-b.obspm.fr>



<http://www.ivoa.net>

STARK-B

Database for "Stark" broadening of isolated lines of atoms and ions in the impact approximation

<http://stark-b.obspm.fr>

- **SCP theory updated and operated**

by M.S. Dimitrijević and S. Sahal-Bréchet and colleagues

- **Calculated widths and shifts:** more than 150 pubs (1984-2011)

- STARK B currently developed at Paris Observatory

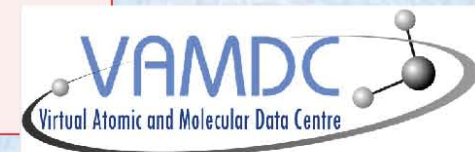
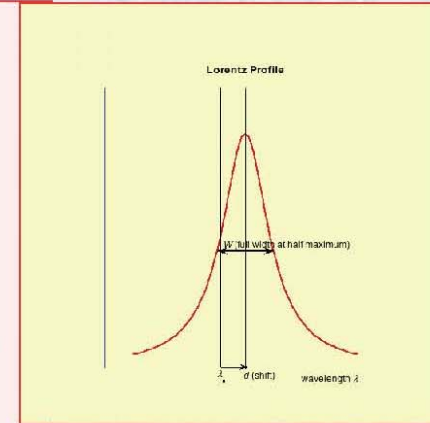
• the database has been opened since September 2008: 95% of the existing data are currently implemented

- It is a part of the atomic and molecular databases of the Paris Observatory

- Link (and mirror site in progress) to SerVO - Serbian Virtual Observatory

<http://servo.aob.rs/~darko/>

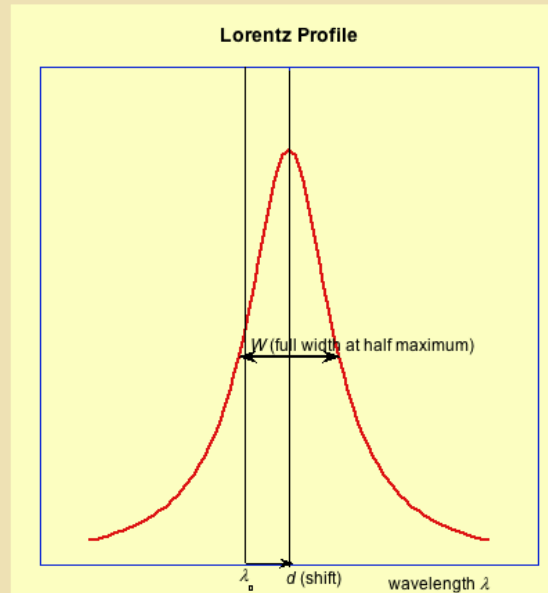
- Stark-B is a part of VAMDC- Virtual Atomic and Molecular Data Centre



<http://www.vamdc.eu>

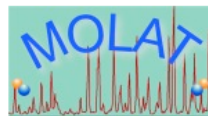
STARK-B

Database for "Stark" broadening of isolated lines of atoms and ions in the impact approximation



The STARK-B database is now fully opened though not yet complete.

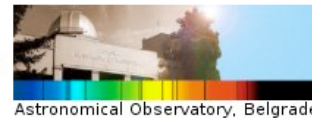
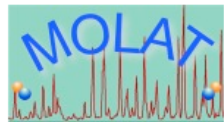
Last data update : 2012-03-30



Choose an element and a ionization degree

- [Si I](#)
- [Si IV](#)
- [Si V](#)
- [Si VI](#)
- [Si XI](#)
- [Si XII](#)
- [Si XIII](#)

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	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac																
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		





SERBIAN VIRTUAL OBSERVATORY

Funded by Ministry of Education and Science through grants:
• TR13022/2008 "Serbian Virtual Observatory"
• III44002/2011 "Astroinformatics: Application of IT in Astronomy and Close Fields"

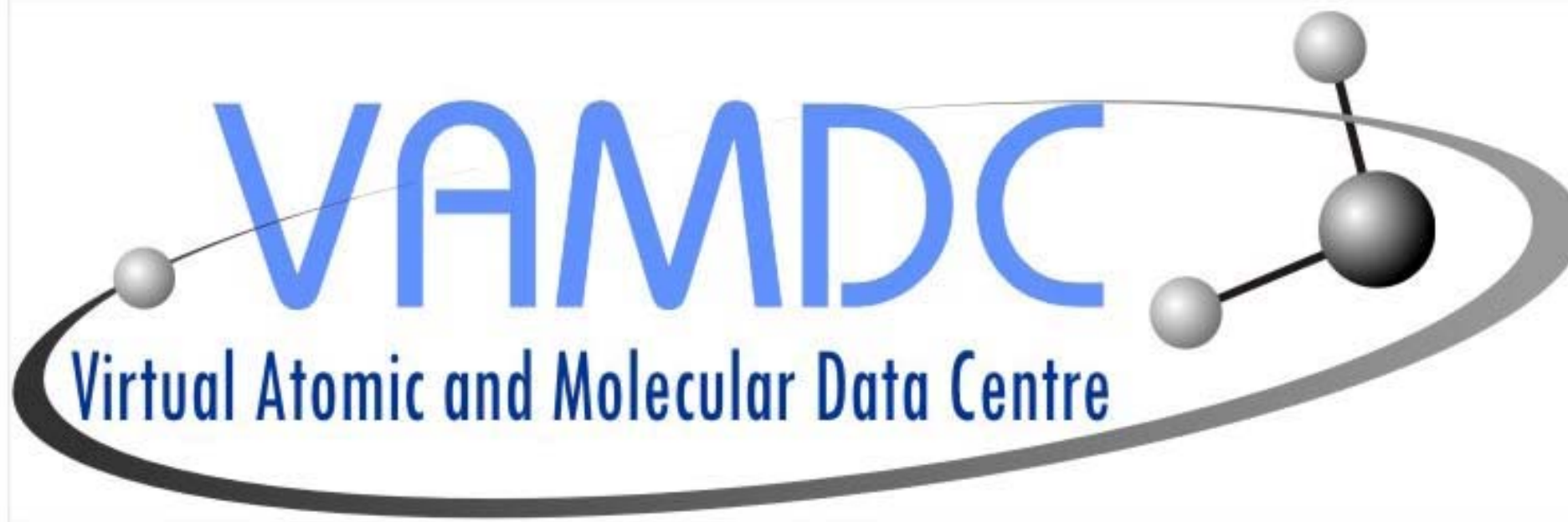
- * HOME
- * PHOTO PLATES ARCHIVE 1934-1996
- * STARK-B
- * FUNDAMENTAL CATALOGS
- * DSED
- * FE II LINES IN AGN SPECTRA
- * GROUP FOR ASTRONOMICAL SPECTROSCOPY
- * GAS PUBLICATIONS

VISIT:

- Archive of photo plates taken at Astronomical Observatory in Belgrade 1934-1996
- EuroVO for latest in the European Virtual Observatory
- IVOA for a info about International Virtual Observatory Association

NEWS:

- Try our new service for fitting Fell template in AGN's.



VAMDC

Virtual Atomic and Molecular Data Centre

VAMDC: portal user

portal.vamdc.org/vamdc_portal_test/home.seam



[Home](#) [VAMDC databases](#) [Query](#) [Saved queries](#) [Help](#)

[Login](#) [Register](#)

Welcome to the VAMDC portal!

Currently we have 18 databases running and ready to serve you with the data.

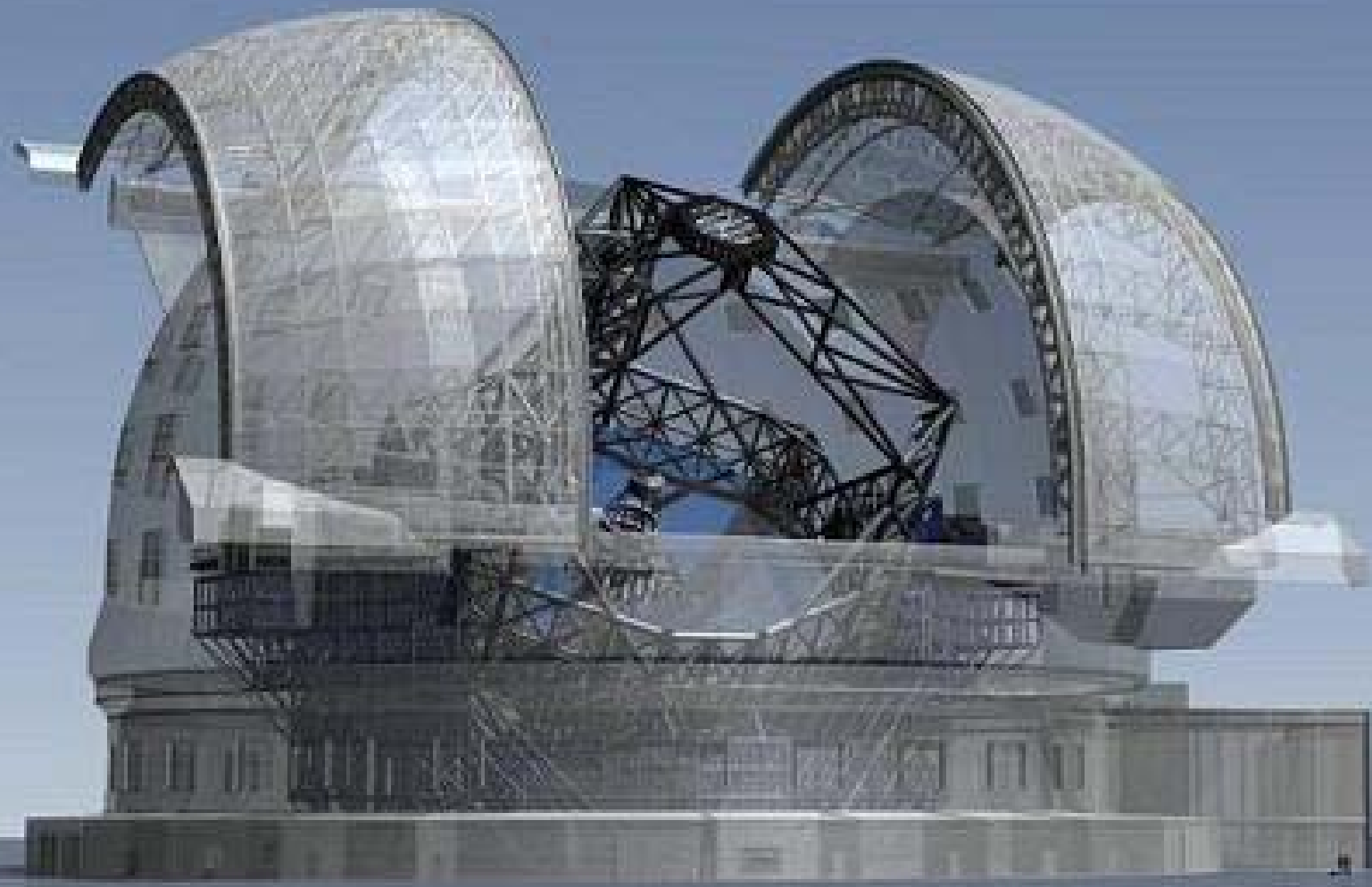


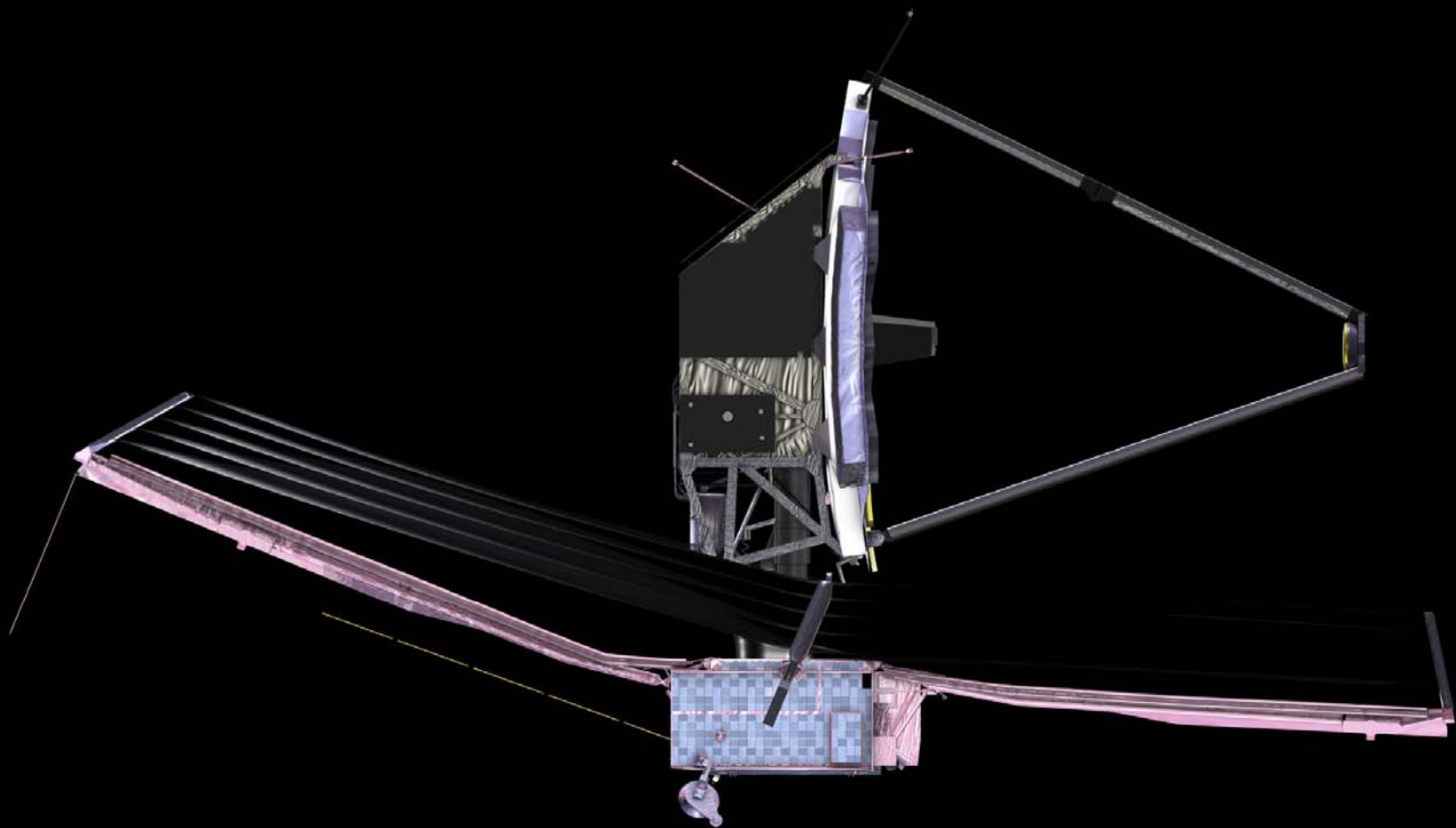
Група за астрофизичку спектроскопију

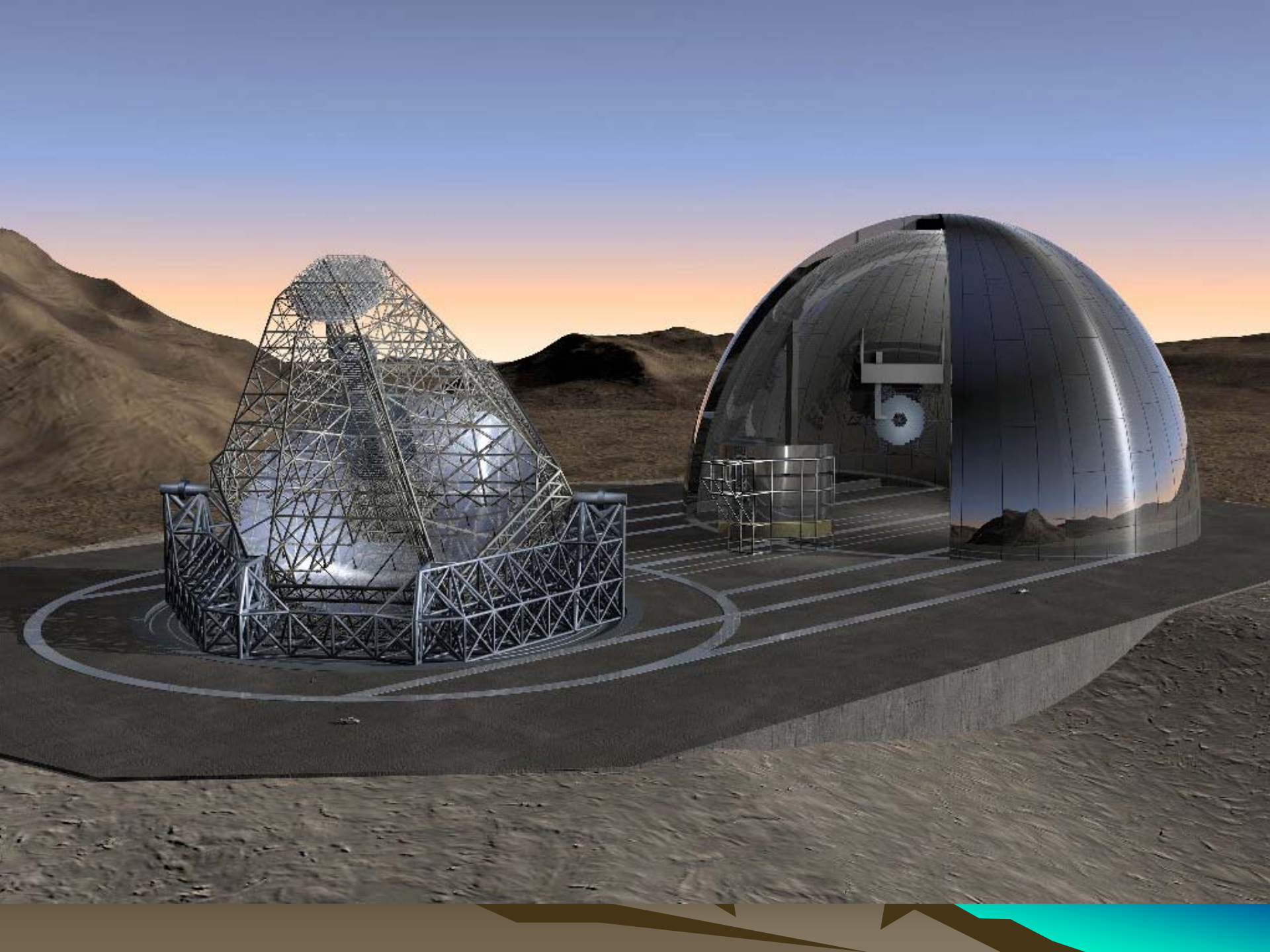


ЛССТ 8,4 м 30Тб/ноћ петабајти података

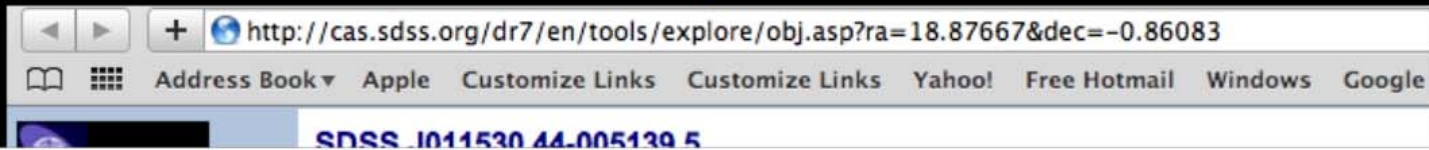








Additional, more detailed, information...



ХВАЛА НА ПАЖЊИ

