

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za *matematiko in fiziko*



# Spektroskopija

4. naloga pri Opazovalni Astrofiziki

**Avtor:** Marko Urbanč (28191096)  
**Predavatelj:** prof. dr. Janez Kos

22.4.2022

# Kazalo

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Naloga</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Opis reševanja</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Rezultati</b>	<b>3</b>
4.1	Spektri in spektralni tipi zvezd . . . . .	3
4.2	Ocena spektralnr ločljivosti spektrov . . . . .	6
4.3	Efektivne temperature in Wienov zakon . . . . .	7
<b>5</b>	<b>Komentarji in izboljšave</b>	<b>10</b>
	<b>Literatura</b>	<b>11</b>

# 1 Uvod

V astronomiji preko tehnik spektroskopije dobimo lahko spekter elektromagnetnega valovanja za določeno zvezdo ali nebeški objekt. Zvezdni spektri nam lahko razkrijejo veliko lastnosti zvezde kot recimo kemično sestavo, temperaturo, gostoto, maso, oddaljenost. Preko Dopplerjevega premika spektralnih črt lahko tudi ugotovimo radialno hitrost zvezde ali pa celo hitrost zvezdinega lastnega vrtenja.

Po karakteristikah zvezdinega spektra lahko zvezdo klasificiramo po njenem spektralnem tipu. Večino zvezd klasificiramo po Morgan-Keenan sistemu, kjer se uporabljajo črke O, B, A, F, G, K in M kot sekvenca od najbolj vročih do najbolj hladnih zvezed. Vsaka kategorija se dodatno razdeli tako, da se doda arabska številka, kjer 0 pomeni najbolj vroča za tisti spektralni razred, 9 pa najhladnejša znotraj razreda. Dodatno se klasificira zvezde še po razredih izseva z uporabo rimskih števil. Razredi so

Razred izseva	Opis
0 oz. Ia <sup>+</sup>	hiperorjakinje
Ia	superorjakinje
Iab	srednje velike superorjakinje
Ib	manj svetle superorjakinje
II	svetle orjakinje
III	orjakinje
IV	podorjakinje
V	pritlikavke
sd oz. VI	podpritlikavke
D oz. VII	bele pritlikavke

S prileganjem Planckovega zakona 1 na spekter, lahko določimo zvezdino efektivno temperaturo.

$$B_{\lambda}(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp \frac{hc}{\lambda k_B T} - 1} \quad (1)$$

Wienov zakon pravi, da je produkt temperature in valovne dolžine pri maksimumu fluksa konstanta, torej da lahko zapišemo:

$$\lambda_{peak} = \frac{b}{T}, \quad (2)$$

kjer je  $b = 2.897 \cdot 10^{-3}$  m K.

## 2 Naloga

Naloga od nas zahteva, da obdelamo spektre zvezd HD63700, HD82734, HD90852, HD92305, HD104731, HD159876 in LTT6248. To pomeni, da moramo iz slik dobiti spektre, jih kalibrirati (to naredimo glede na LTT6248, ki je standardna zvezda) in nato spektre premaknemo v heliocentrični hitrostni sistem. Na spektrih identificiramo nekaj najmočnejših spektralnih črt različnih elementov, kjer

si pomagamo z NIST podatkovno baz spektralnih črt [1]. Na podlagi črt ocenimo spektralno ločljivost spektrov. Iz spektrov ocenimo spektralni tip zvezd vključno s klasifikacijo pritlikavk in orjakinj. Za konec s prileganjem Planckovega zakona določimo ефективne temperature in preverimo ali velja Wienov zakon.

### 3 Opis reševanja

Reševanja sem se zopet lotil preko Uranie, kjer imamo nameščen IRAF. Po postopku, ki smo se ga naučili pri vajah sem prvo zreduciral slike z kalibracijskimi slikami. Nato sem z `apall` našel sled spektra za vse spektre in spektre kalibracijske luči. Kot pri vajah sem preko identifikacije črt spremenil x os spektra iz pikslov v valovne dolžine in nato skalibriral fluks spektrov z `sensitivity` funkcijo, ki smo jo že ustvarili pri vajah. Za konec sem še iz headerja vsakega spektra prebral relevantne podatke za `rvcorrect`, da sem dobil  $v_{helios}$  za vsako zvezdo. S tem podatkom sem lahko potem izračunal premik v heliocentrični hitrostni sistem preko ukaza `dopcorr`. Podatke sem izvozil z ukazom `wspectext`.

Izvožene podatke sem nadaljno obdeloval v Pythonu. Tam sem si pomagal z knjižnicama `NumPy` in `matplotlib`. Preko NIST podatkovne baze sem skušal identificirati čim več zanimivih črt na spektrih. Presenetljivo mi je bilo, koliko vanadijevih črt je bilo najti. Upam, da se tu nisem nekje zmotil sicer. Pri nekaterih zvezdah so vodikove črte Balmerjeve serije čudovito izražene. Poleg tega pa sem našel še nekaj črt raznih elementov kot helij in železo.

## 4 Rezultati

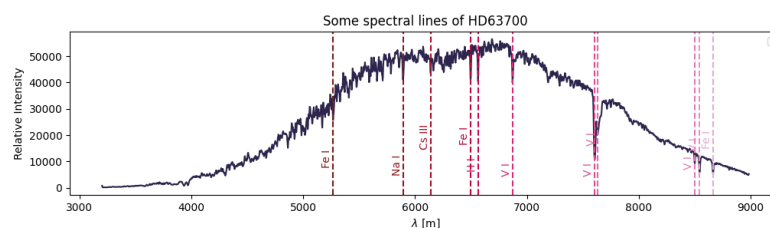
### 4.1 Spektri in spektralni tipi zvezd

Poskusil sem ugotoviti spektralne tipe na podlagi spektrov in primerjavami iz MILES kataloga. Dodatno sem potem dobljeno preveil na podatkovni bazi Simbad.

Preko spektra lahko ločimo tudi med pritlikavkami in orjakinjam. To naredimo preko širine in globine absorpcijskih črt. Do tega pojava pride, ker se energijski nivoji neizoliranih atomov nekoliko spremenijo in pride do razširitve spektralne črte. Več jot je sosedov nekemu atomu, močnejša je ta parturbacija. Orjakinje so večje in manj goste kar pomeni, da imajo bolj ostre črte, ker je manj sosedov v bližini nekega atoma. Velja tudi obratno, da imajo pritlikavke širše črte zaradi močnejšega efekta med atomi.

#### HD 63700

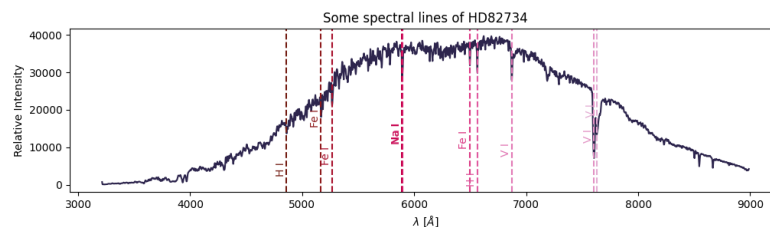
Preko slabo izrazitih črt Balmerjeve serije in precej opaznega natrijevega dubleta gre sklepati, da gre za G0 ali pa G5 zvezdo. Njene črte so precej ostre, kar bi pomenilo, da gre za orjakinjo. Primerjal sem s spektrom zvede HD 004307.



Slika 1: Speker HD63700

### HD 82734

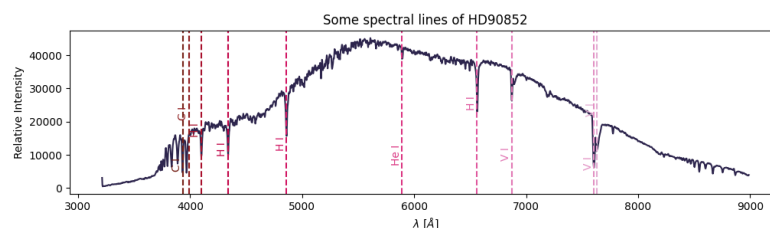
Tu je natrijev dublet še očitnejši in moč je najti nekaj železovih črt. To bi kazalo na spektralni tip K0 ali pa K5. Njene črte so precej ostre, kar bi pomenilo, da gre za orjakinjo. Speker se zelo dobro ujema z spektrom zvezde HD 004546, ki je spektralnega tipa K5III.



Slika 2: Speker HD82734

### HD 90852

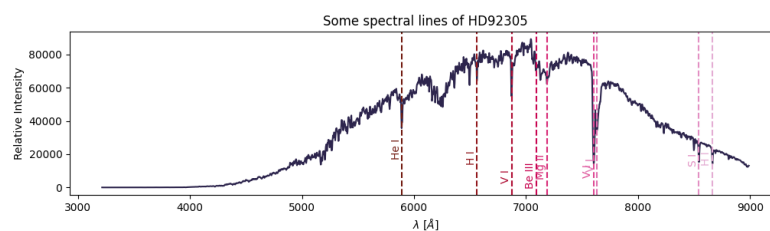
Ima zelo izrazite črte Balmerjeve serije, a še nekoliko vidno črto nevtralnega helija. Skleпам, da gre za spektralni tip zvezde F, saj ima premalo izseva v ultravijolični in modri svetlobi, da bi bila lahko tipa A. Zaradi širših in globjih črt sumim, da gre tu za pritlikavo zvezdo. Primerjal sem s spektrom zvezde HD 000319.



Slika 3: Speker HD90852

### HD 92305

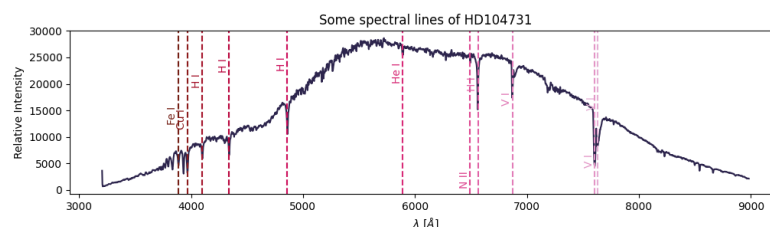
Zvezda ima večina izseva v rumenkasti svetlobi in prisotno je nekaj črt magnezija in podobno. Po tem skleпам, da gre za zvezdo tipa M0 ali pa K5. Črte so ostre torej se mi zdi, da gre za pritlikavko.



Slika 4: Spektar HD92305

### HD 104731

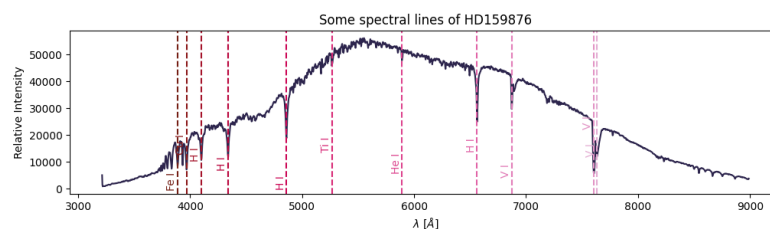
Ima precej izrazite vodikove črte Balmerjeve serije, a premalo svetlobe pri krajših valovnih dolžinah, da bi bila O, B, A. Iz tega sklepam da gre za F0 ali pa mogoče A5 zvezdo. Črte so dokaj plitke in ozke, kar mi namiguje na orjakinjo.



Slika 5: Spektar HD104731

### HD 159876

Ima zelo močno vodikove črte Balmerjeve serije, a še vedno premalo svetlobe pri krajših valovnih dolžinah, okoli 400 nm, da bi bila O, B zvezda.. Iz tega sklepam da gre za A0 ali pa mogoče A5 zvezdo. Črte so dokaj plitke in ozke, kar mi namiguje na orjakinjo.

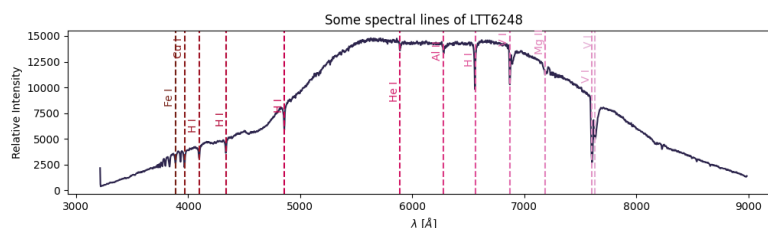


Slika 6: Spektar HD159876

### LTT 4862

Še vedno precej močne vodikove črte Balmerjeve serije a nekoliko premalo za zvezdo tipa A. Po primerjavi s HD 003369 nisem prepričan popolnoma, ampak zdi se mi, da gre a zvezdo B tipa. Po črtah bi pa sklepal na orjakinjo.

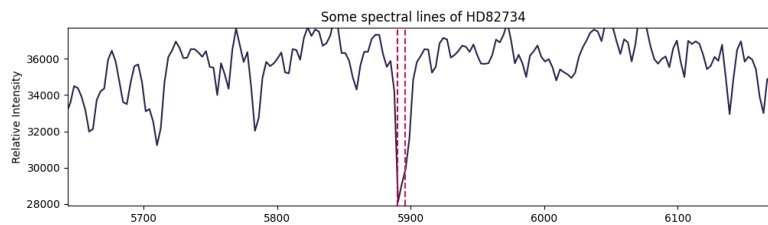
Star	My Spectral type	SIMBAD spectral type
HD63700	G0III	G6Ib
HD 82734	K5III	K0III
HD 90853	F0V	F2III
HD 92305	K5V	K4III
HD 104731	F0III	F5V
HD 159876	A5III	A9III
LTT 6248	B5III	A ?



Slika 7: Spekter LTT6248

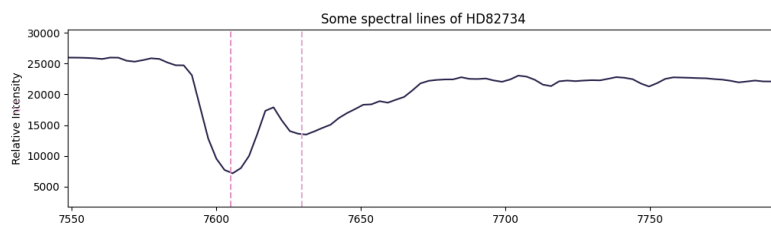
## 4.2 Ocena spektralne ločljivosti spektrov

Spektralno ločljivost sem ocenil preko opazovanja natrijevega dubleta. Če sta posamična vrhova razvidna, potem imamo ločljivost vsaj tolikšno, kot sta po valovnih dolžinah narazen spektralni črti. Žal za nobeno sliko nista črti dovolj narazen.



Slika 8: Nerazločljiv natrijev dublet

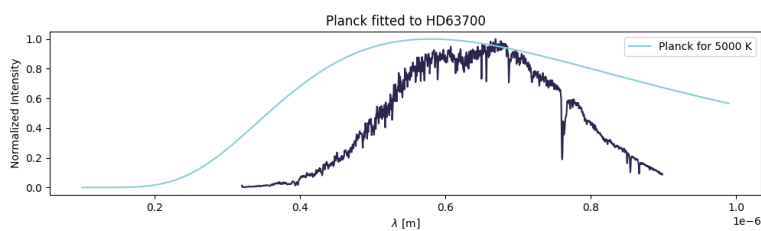
Obstaja rešitev in sicer da si pogledamo vanadijev dublet okoli 760.5 nm. Tega pa je moč razločiti na vseh slikah. Prva vanadijeva črta je pri tam okoli 760.5 nm, druga pa 762.9 nm. To pomeni, da je ločljivost vsaj okoli 2.5 nm, a ne pa manjša od 0.6 nm, ki ustreza razmiku črtama pri natrijevem dubletu.



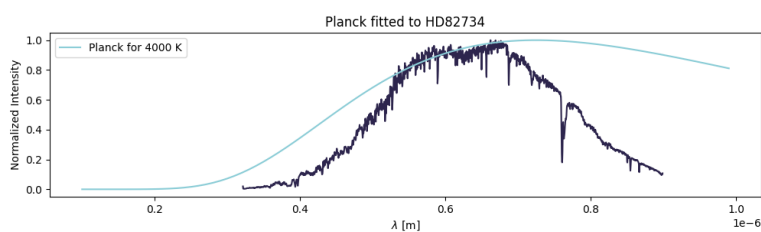
Slika 9: Razločljiva vanadijeva dvojna črta

### 4.3 Efektivne temperature in Wienov zakon

Za konec sem poskusil po najboljših močeh prilagoditi Planckov zakon na zvezdne spektre. Rezultati so katastrofalno slabi in se mi ne sanja, kje v kodi bi lahko bila napaka, da se krivljuje tako slabo prilega. Vseeno jih dajem sem, ker nisem prepričan, kaj bi lahko še poskusil. Če imaš kakšno idejo, sem vedno pripravljen izboljšati fit-e. Poskusil sem vse kar se tiče skale in enot in zamikov in še vedno ne najdem, kje bi lahko bila napaka.. Tudi temperature so potem posledično zelo na grobo določene, saj se tako slabo prilega, da je velik razpon temperatur okay.

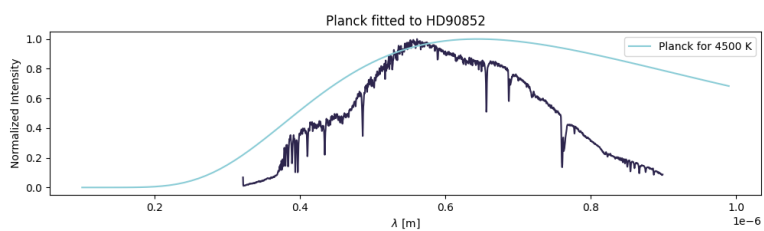


Slika 10: Določanje efektivne temperature HD63700

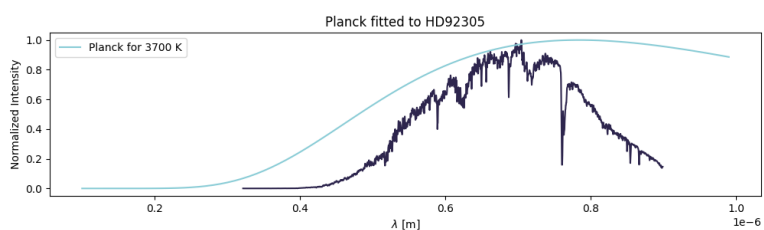


Slika 11: Določanje efektivne temperature HD82734

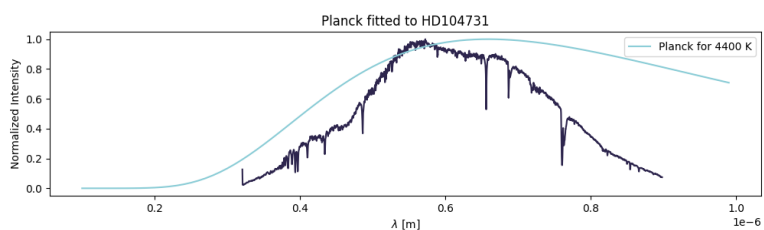




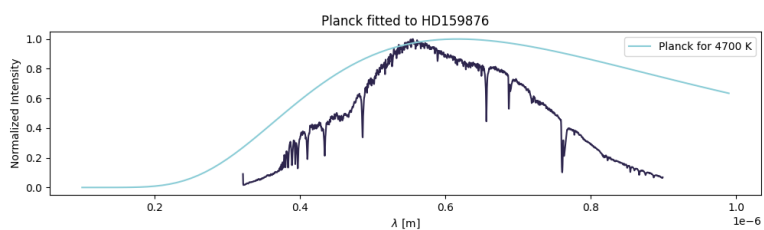
Slika 12: Določanje efektivne temperature HD90852



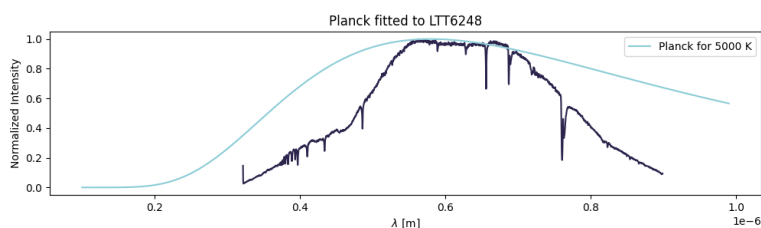
Slika 13: Določanje efektivne temperature HD92305



Slika 14: Določanje efektivne temperature HD104731



Slika 15: Določanje efektivne temperature HD159876



Slika 16: Določanje efektivne temperature LTT6248

Ne sanja se mi, zakaj sem dobil tako garbage rezultate. Vse temperature so približno v istem rangi. To pomeni, da se za hladnejše zvezde naključno ujemajo, za vroče pa seveda da odstopajo.

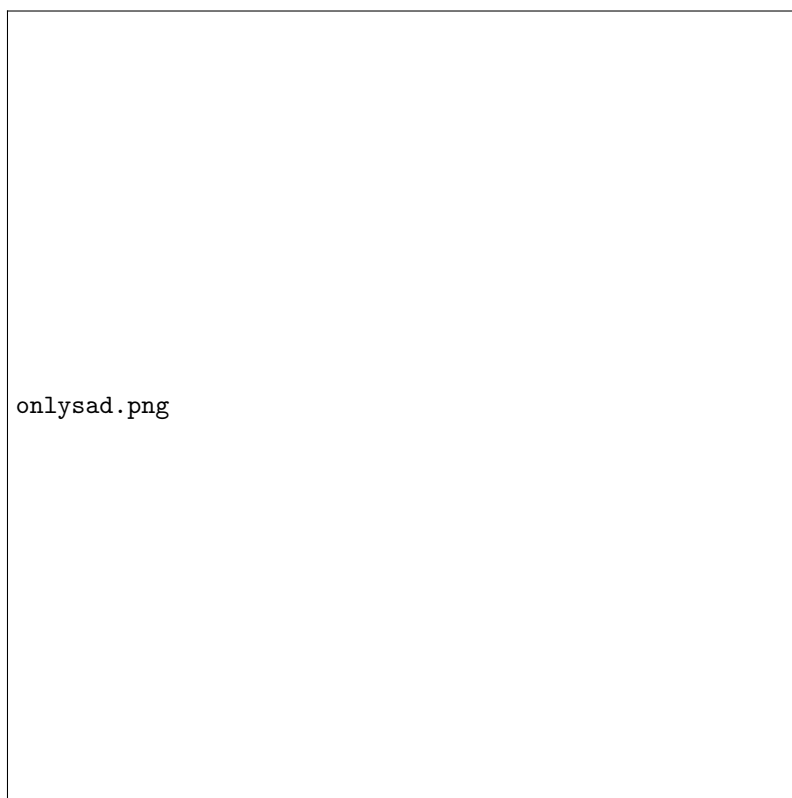
Star	Fitted temperature	Expected temperature from spectral type
HD 63700	5000 K	5200 - 6000 K
HD 82734	4000 K	3700 - 5200 K
HD 90852	4500 K	6000 - 7500 K
HD 92305	3700 K	3700 - 5200 K
HD 104731	4400 K	6000 - 7500 K
HD 159876	4700 K	7500 - 10000 K
LTT6248	5000 K	7500 - 10000 K

Sklepam, da Wienov zakon ne drži, ker zvezde niso popolna črna telesa, ampak je to le aproksimacija. Dodatno lahko pride na poti do nas na zemlji do ekstinkcije in absorpcije v zemljini atmosferi. Preveril sem tako, da sem izračunal produkte za vsak spekter. Problem je v tem, da so temperature tako slabo določene, da to početje skoraj nima smisla. Ampak v teoriji če bi imel boljše določene teorije bi šlo to bolje in bi bilo odstopanje bolj razvidno.

Star	$\lambda_{max}$ [Å]	Produkt [ÅK]
HD 63700	5000	25000000
HD 82734	6500	26000000
HD 90852	6300	28350000
HD 92305	7800	28860000
HD 104731	6300	27720000
HD 159876	6000	28200000
LTT6248	5600	28000000

## 5 Komentarji in izboljšave

Oprosti Janez za tako garbage rezultate. Nimam več moči, da bi iskal kje se je zalomilo. V principu vem kaj bi bilo za narest. Moji rezultati so potem na koncu resno lacking. Če imaš kakšen nasvet, kako lahko to popravim, mi prosim povej. Po nekaj super dni počutja so zopet prišli nekoliko slabši. Razno menjam okoli zdravila in je iskreno res obupno. Trenutno to pišem precej zadet na pomirjevalih (Xanax, če si že slišal) in res srčno upam, da nisem napisal kakšne bedarije. Mogoče se sploh ne bom spomnil, da sem to napisal.



Slika 17: Nič smešne slike danes, samo žalost

## Literatura

- [1] A. Kramida, Yu. Ralchenko, J. Reader, and and NIST ASD Team. NIST Atomic Spectra Database (ver. 5.9), [Online]. Available: <https://physics.nist.gov/asd> [2022, April 24]. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD., 2021.