

# Teorija Zvezdanih Spektara

## Lekcija 2: Jednačina Prenosa Zračenja

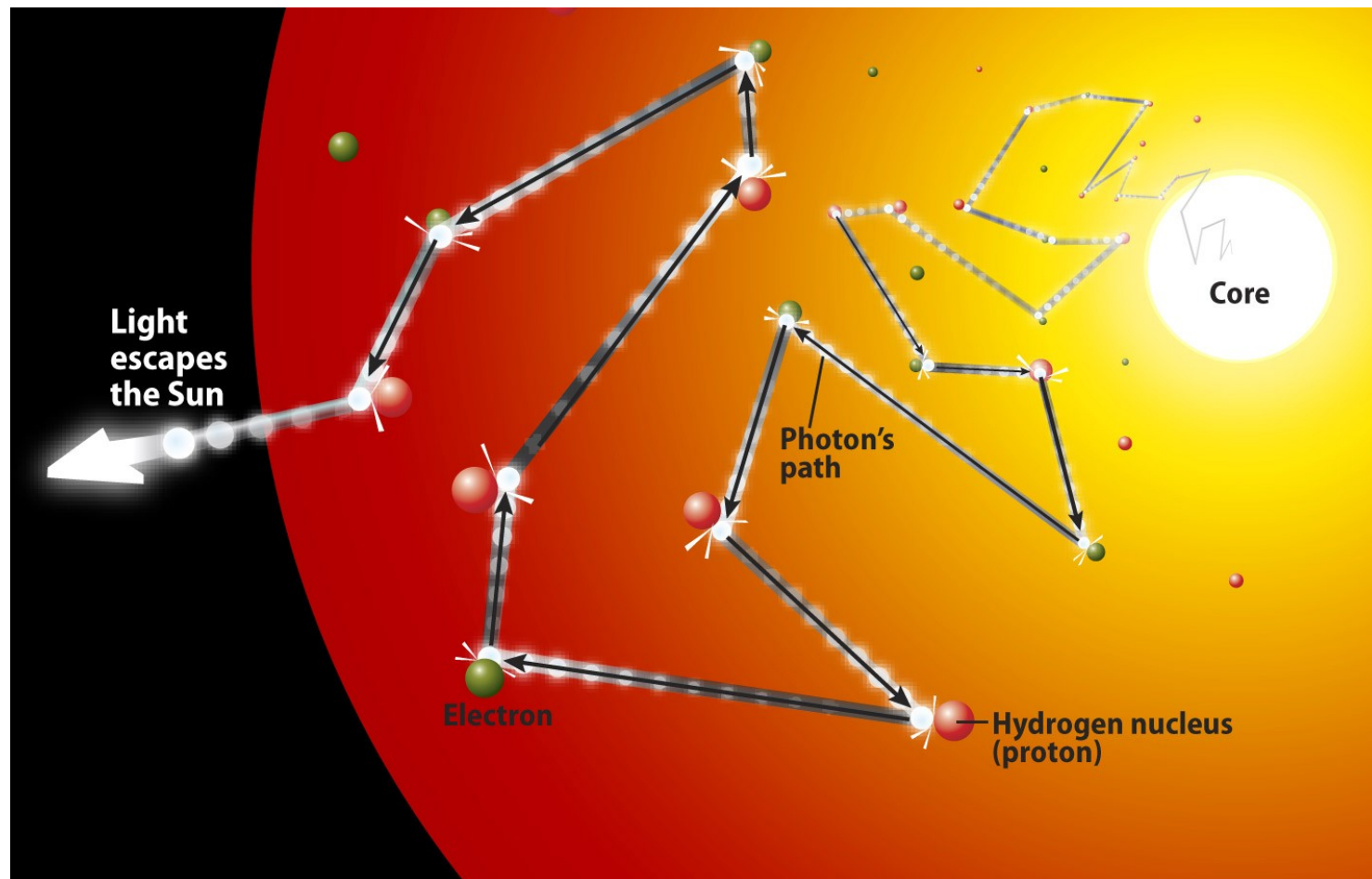
Ivan Milić (AOB / MATF)

18/10/2022

# Podsetnik

- Naš zadatak je da razumemo i opišemo kako interaguju atmosfera i zračenje u njoj. To nam omogućava i da koristimo spektre za dijagnostiku.
- Atmosfera zvezda je nehomogena, zavisi od  $(x, y, z, t)$ .
- Polje zračenja je opisano specifičnim monohromatskim intenzitetom. Intenzitet zavisi još i od pravca i talasne dužine (frekvencije)
- Naš cilj će biti da izračunamo izlazni intenzitet na željenim talasnim dužinama, u željenim pravcima.
- Ovo će opisivati jedna diferencijalna jednačina koja se zove jednačina prenosa zračenja.
- Pre toga par pitanja!

“Fotonu treba xyz godina da pobegne iz centra Sunca, i zašto ja ne volim tu priču”



# Još par pitanja

- U procesu apsorpcije u spektralnoj liniji, foton treba da ima određenu energiju da bi ekscitovao atom.
- Kako se “potrefi” da foton ima baš tačno potrebnu energiju / frekvenciju?



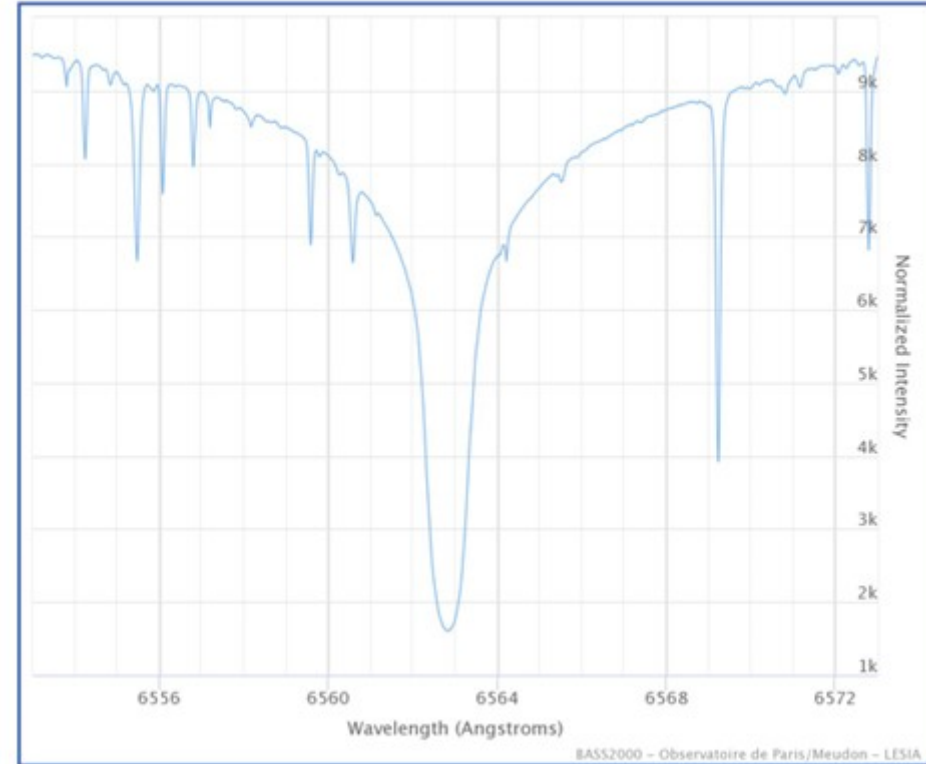
$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = E_2 - E_1$$

# Odgovor

- U procesu apsorpcije u spektralnoj liniji, foton treba da ima odredjenu energiju da bi ekscitovao atom.
- Kako se “potrefi” da foton ima baš tačno potrebnu energiju / frekvenciju?
- **Ne postoji pojam kao što je “tačno odredjena energija” (ili bilo koja talasna dužina)**
- Usled Heisenberg-ovog principa, energije nivoa su “razmazane”.
- Povrh toga, imamo Doplerovsko širenje usled haotičnog kretanja čestica, i tzv. sudarno širenje koje dodatno “širi” nivoe, pa i liniju

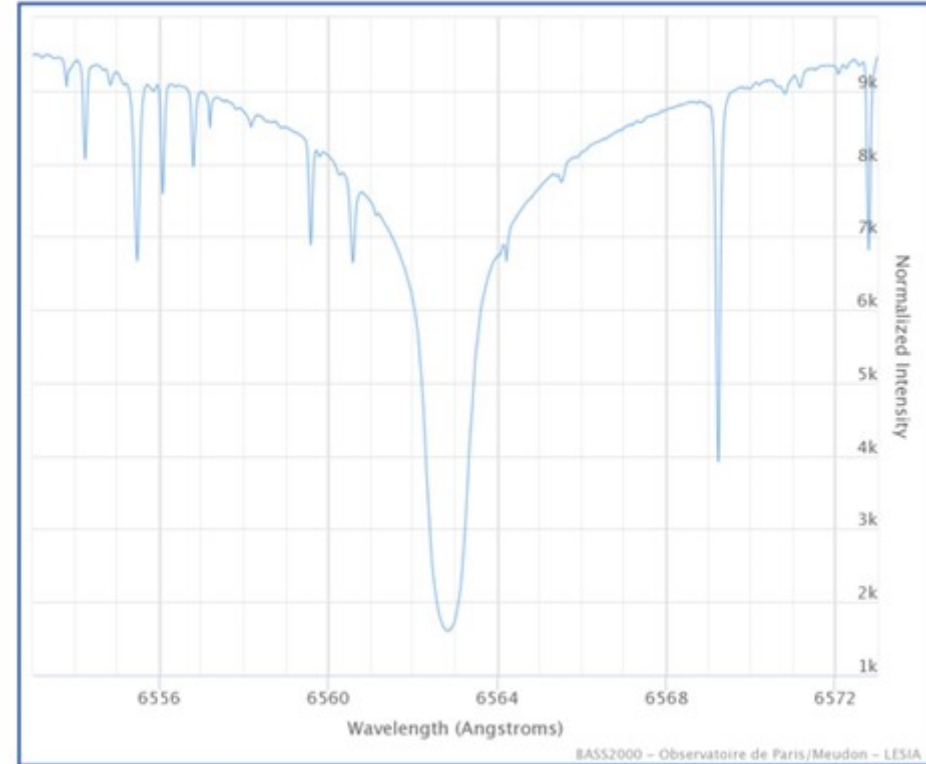
# Pitanje:

- Zašto i ovako jaka apsorpciona linija kao što je čuvena H-alfa, ne dostiže nulti intenzitet?



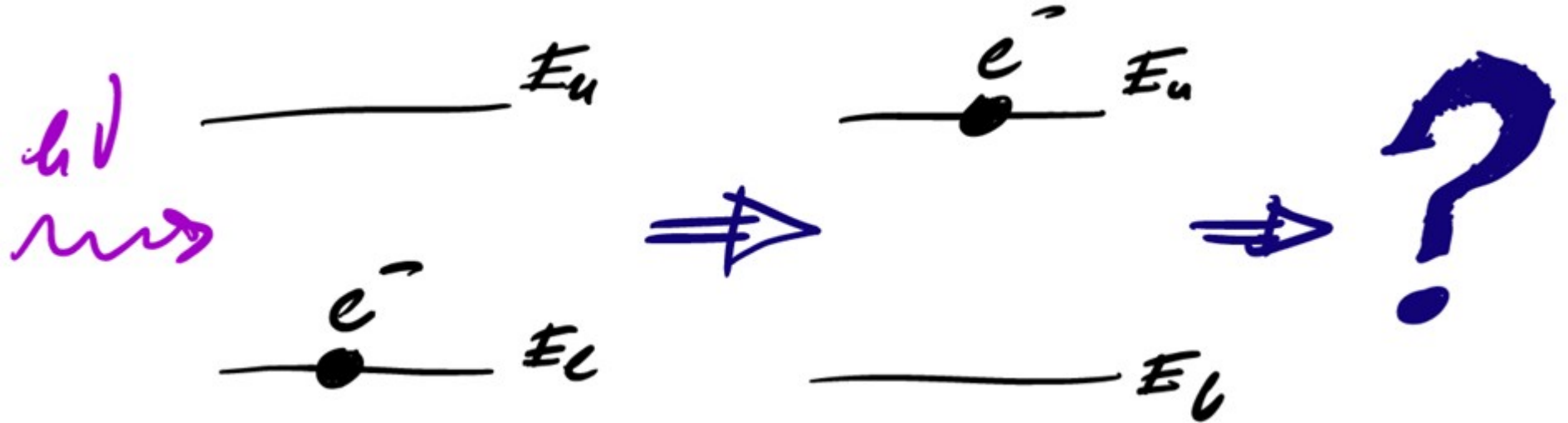
# Pitanje:

- Verovali ili ne, ne postoje “apsorpcioni” ili “emisioni” spektri
- Spektar je rezultat procesa apsorpcije i emisije od njihovog odnosa zavisi da li će linija biti “apsorpciona” ili “emisiona”
- Npr. ako bi nekim čudom zvezda bila u termalnoj ravnoteži, prelazi u linijama bi na kraju ipak dali spektar apsolutno crnog tela!



# Pitanje:

- Šta se dešava sa atomom nakon što ga foton ekscituje?





# Odgovor

- Svi želimo da kažemo da atom biva de-eskcitovan i da emituje foton
- Čak iako nema drugih relevantnih nivoa za “kaskadne” prelaze, atom može da se de-ekscituje **sudarno**, i u stvari se većina atoma tako i de-ekscituje u fotosferama zvezda
- Ovo znači da je foton zaista **nestao; energija mu je pretvorena u termalnu energiju gasa**
- Ovaj proces će biti jako važan da shvatimo šta je **lokalna** termodinamička ravnoteža (LTR)

# Podsetnik

- Svi materijali su na:

<https://github.com/ivanzmilic/TZS22>

- “Page view” na: <https://ivanzmilic.github.io/TZS22/>

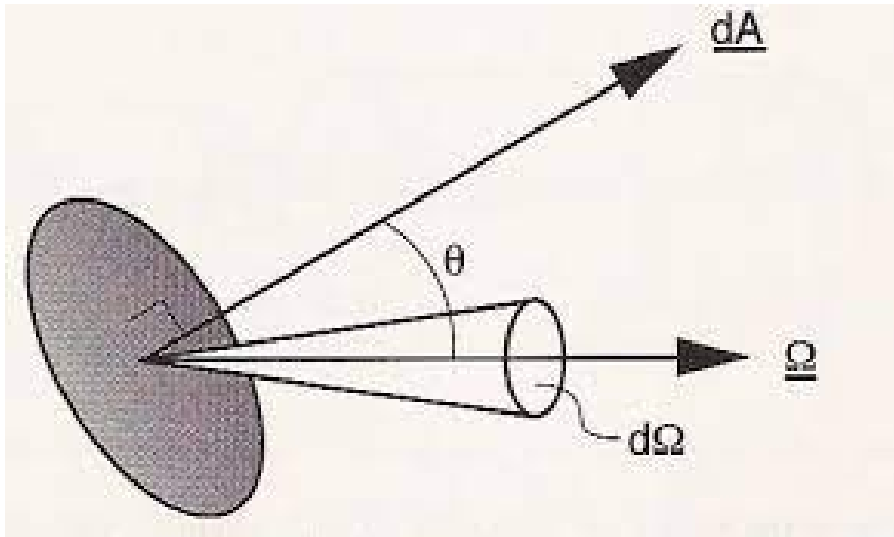
- Možete mi pisati na:

ivanzmilic @ gmail.com

ivan\_milic @ matf.bg.ac.rs

# Specifični monohromatski intenzitet

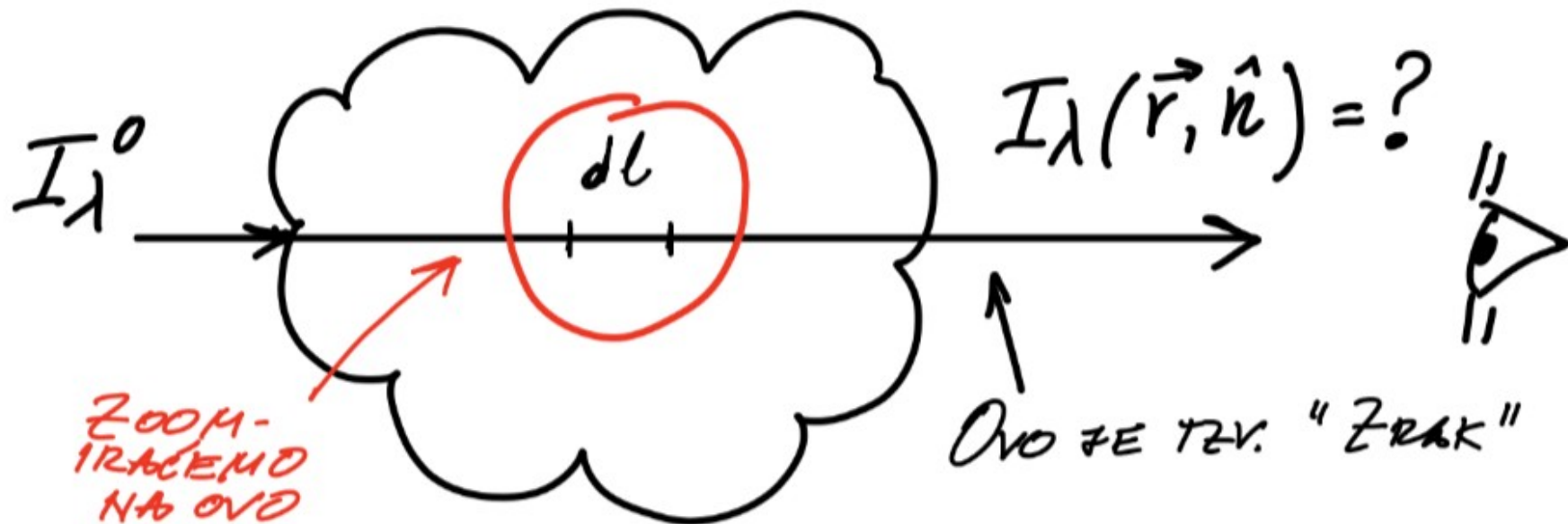
- U potpunosti opisuje polje zračenja. Sve druge relevantne veličine možemo naći iz intenziteta. (Suprotno ne važi).
- U generalnom slučaju 7-o dimenzionalan. Mi ćemo na razne načine smanjiti dimenzionalnost.



$$I_{\lambda} = \frac{d^4 E}{dA dt d\lambda d\Omega}$$

# Jednačina prenosa "duž zraka"

- Fiksiramo pravac zraka. Onda nas zanima samo jedan pravac i zavisnost duž samo jedne koordinate.
- Npr. analiziramo jedan zrak koji polazi od dna atmosfere i završava u posmatraču (ili na vrhu atmosfere)



# Jednačina prenosa zračenja

- Čestice u ovom sloju apsorbiraju i emituju svetlost
- Cilj nam je da zapišemo elementarnu promenu intenziteta pri prolasku kroz ovaj elementarni sloj
- Videli smo, praktično, kako je Kirchhoff to uradio. Sada ćemo preći na tablu da seciramo i prodiskutujemo

