

Matematički fakultet
Univerzitet u Beogradu

Spektri planetarnih maglina

Student: Milena Stanković

Prof: Dr. Olga Atanacković

Maj 2012

Sadržaj

Uvod.....	2
Planetarne magline i njihovi spektri.....	2
Rekombinacione linije.....	3
Zabranjeni prelazi.....	3
Spektri nekih planetarnih maglina.....	4
Literatura.....	6

Uvod

Auguste Comte, istaknuti francuski filozof, tvrdio je 1835. godine da ljudi nikada neće moći da dokuče hemijski sastav zvezda. Ubrzo se pokazalo da nije bio u pravu. U drugoj polovini 19.veka otkrićem tri nove tehnike: spektroskopije, fotometrije i polarimetrije, došlo je do revolucije u ljudskom poimanju kosmosa. Po prvi put, naučnici su mogli da ispitaaju od čega je kosmos sačinjen.

Nakon otkrića J. Fraunhofera¹, da spektar Sunca ima tamne apsorpcione linije i Bunzen² i Kirhofovog³ rada na identifikaciji hemijskih elemenata pomoću spektara, 29. avgusta 1864. William Huggins⁴ je prvi snimio spektar planetarne magline, i to magline Mačije oko. Za razliku od spektara zvezda, koji su sačinjeni od kontinuuma sa dosta tamnih apsorpcionih linija, spektar magline Mačije oko kao i spektri sličnih objekata su pokazali samo mali broj emisionih linija. Najsajjnija od njih, na talasnoj dužini od 500.7 nm, nije odgovarala ni jednom do tada poznatom hemijskom elementu. Novi element je dobio naziv *nebulijum*. Tek početkom 20. veka I. Boven⁵ je pokazao da linija na 500.7 nm potiče od dvaput jonizovanog kiseonika [OIII]⁶.

Planetarne magline i njihovi spektri

Prva otkrivena je bila Dambel(Teg) maglina u sazveždju Lisice. Otkrio ju je Šarl Mesije⁷ 1764. godine i uvrstio je u svoj katalog magličastih objekata pod oznakom M27. Naziv "planetarne" magline su dobile zbog činjenice da su prvim posmatračima, tačnije astronomu V. Heršelu⁸, kroz manji teleskop ličile na plavičaste planete. Kasnije se pokazalo da planetarne magline zapravo nemaju nikakve veze sa planetama, one se, u stvari, formiraju od gasovitog omotača koji odbacuju zvezde u poslednjem stadijumu svoje evolucije.

U početku je bilo teško razumeti odakle maglini energija za toliki sjaj, ali detaljnijim posmatranjima je otkrivena zvezda u centru magline. Ustanovljeno je da centralna zvezda ima maksimum zračenja u UV oblasti, što znači da njena temperatura mora biti preko 50000K. Samim tim je objašnjeno i zbog čega maglina ima veći sjaj u vidljivom delu spektra od njene centralne zvezde. Pošto je maksimum zračenja te zvezde u UV oblasti, temperatura je dovoljna za ekscitaciju i jonizaciju atoma u maglini, a pri kaskadnoj deekscitaciji atoma u maglini emituje se zračenje na dužim talasnim dužinama, tako da će maglina zračiti najviše u vidljivom delu spektra. Odnos jačina linija jednog jona možemo koristiti za određivanje fizičkih

¹Joseph von Fraunhoffer (1787-1826) nemački fizičar

²Robert Bunsen (1811-1899) nemački hemičar

³Gustav Kirchhoff (1824-1887) nemački fizičar

⁴W. Huggins (1824-1910) engleski astronom amater

⁵Ira S. Bowen (1898-1973) američki astronom

⁶Linije zabranjenih prelaza se obeležavaju uglastim zagradama, detaljnije na strani 3

⁷Charles Messier (1730-1817) francuski astronom

⁸Wilhelm Friedrich Herschel(1738-1822) nemačko-engleski astronom

uslova u maglini, kao na primer za određivanje temperature i gustine planetarne magline^[2].

S obzirom da površinska temperatura centralne zvezde iznosi nekoliko stotina hiljada kelvina, takvo zračenje će moći da jonizuje i helijum kao i da izvrši viši stepen jonizacije svih elemenata.

Na snimcima kroz određene filtere planetarne magline su slojevite, u unutrašnjosti mogu biti plavo-zelene zbog jakih [OIII] $\lambda\lambda 495.9, 500.7\text{nm}$ i HeII $\lambda 468.6\text{nm}$ linija, dok recimo, spoljni slojevi mogu biti crveni od $H\alpha \lambda 656.6\text{nm}$ i [NII] $\lambda\lambda 654.8, 658.4\text{nm}$ linija. Tamo gde svetlost zvezde ne može prodreti nalazimo molekulske trake, od ugljen-monoksida u radio delu spektra do onih sveprisutnih policikličnih aromatičnih ugljenih-hidrata posmatranih u IC delu^[1].

Svaka jonizacija je praćena rekombinacijom. Stoga u spektru nalazimo i rekombinacione linije.

Rekombinacione linije

Rekombinacione linije nastaju kada prilikom rekombinacije slobodan elektron biva zahvaćen jonom na neki od visokih energetskih nivoa posle čega dolazi do deekscitacije kroz seriju kaskadnih prelaza na niže nivoe sve do osnovnog stanja^[3]. Pri tim kaskadnim prelazima u niža stanja nastaju razne dozvoljene emisione linije posmatranog atoma/jona.

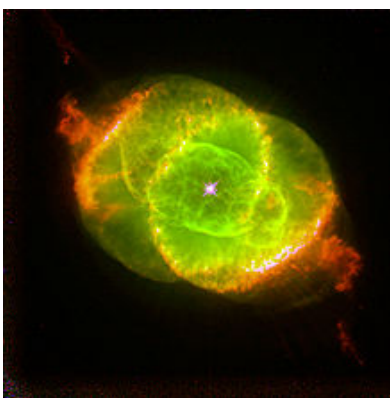
Zbog male gustine planetarnih maglina verovatnoća rekombinacije je mala, stoga su rekombinacione linije detektovane samo kod najzastupljenijih elemenata (H, He, C, N, O).

Zabranjeni prelazi

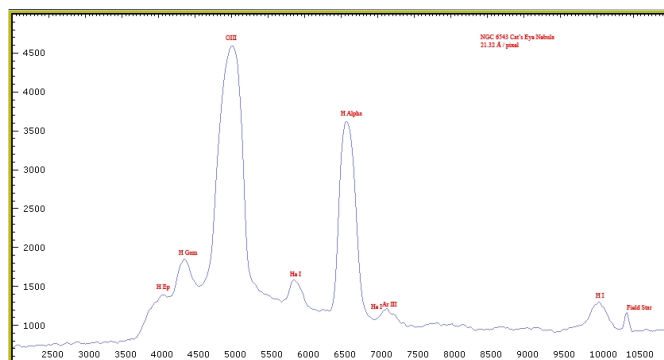
I. Boven je 1928.godine pokazao da pri malim gustinama gasa, elektroni u atomu mogu da predju na određene nivoe, koji nisu dozvoljeni kvantnomehaničkim selekcionim pravilima koja postoje za sve atomske i molekulske prelaze. Nivoe, tj. stanja sa kojih su malo verovatni prelazi pri kojem se atom spontano deekscituje (potrebno oko 100 do 1000 sekundi) nazivamo metastabilnim stanjima. Dakle, da bi se videla linija zabranjenog prelaza mora doći do spontane radijativne deekscitacije metastabilnog stanja i zbog toga učestanost sudara mora biti mala, tj. potrebna je retka sredina^[4]. Jasno je da će ove linije biti izražene u sredinama male gustine, kao što je slučaj sa maglinama.

Spektri nekih planetarnih maglina

1 Spektar magline Mačije oko



Slika 1: Maglina Mačije oko



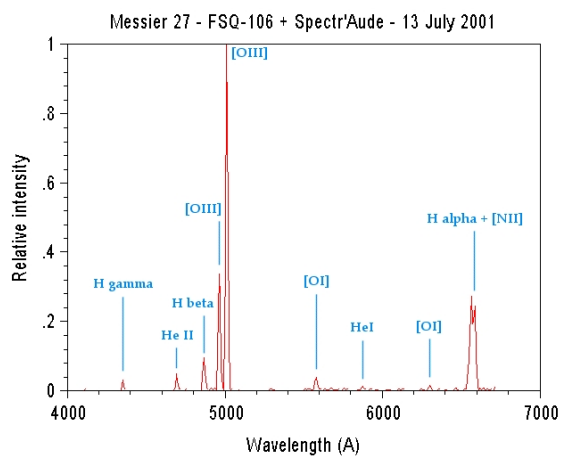
Slika 2: Spektar magline Mačije oko

Maglina Mačije oko (NGC 6543) se nalazi u sazvežđu Zmaja, prividne zvezdane veličine $m = 8.1$. Ona je i prva maglina čiji je spektar posmatran. Na slici (Sl. 1) se lako uočava slojevita struktura, kao i zelena boja od [OIII] linija i crvena od $H\alpha$ linije^[4] (Sl.2). Iz odnosa jačina linija [OIII] dobija se temperatura od 8000K i gustina magline od oko 5000cm^{-3} [5].

2 Spektar magline Dambel(M27, Teg)



Slika 3: Maglina M27



Slika 4: Spektar M27

Dambel maglina (M27 ili NGC 6853) je planetarna maglina u sazveždju Lisice prividne magnitude 7.5. Kao i u slučaju magline Mačije oko, i kod Dambel magline primećujemo slojevitu strukturu.

Literatura

- [1] Kaler J. B. - Stars and their spectra, An Introduction to the Spectral Sequence, Cambridge University, 2011
- [2] Nahar S. N. and Pradhan A. K. - Atomic Astrophysics and Spectroscopy, Cambridge University, 2011
- [3] Pottasch S. R. - Planetary Nebulae, A Study of Late Stages of Stellar Evolution, Kluwer Academic Publishers Group, 1983
- [4] Prodanović T. - Uvod u spektroskopiju za astronome, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu, 2010
- [5] Wesson R. and Liu X. W. - Physical conditions in the planetary nebula NGC 6543, 2004, Monthly Notices of Royal Astronomical Society 351, 1026-1042