

UNIVERZITET U BEOGRADU
MATEMATIČKI FAKULTET

SEMINARSKI RAD

PROTOPLANETARNE MAGLINE

Predmet: Opšta astrofizika B

Mentor:
prof. dr Olga Atanacković

Student:
Julija Dinčić

BEOGRAD, JUL 2012.

Sadržaj

Uvod.....	3
Evolucija zvezda male i srednje mase (0.6–10M \odot) pre konačne faze.....	4
Definicija protoplanetarne magline.....	6
Centralna zvezda.....	6
Prvi kandidati za protoplanetarne magline.....	6
Neka optička svojstva protoplanetarnih maglina.....	8
Maglina Bumerang.....	9
Zaključak.....	9
Literatura.....	10

Uvod

Magline predstavljaju oblasti lokalnog zgušnjenja međuzvezdane materije nehomogene strukture.

Protoplanetarne magline predstavljaju veoma kratku fazu u evoluciji zvezda, između faze crvenog džina i planetarne magline, koja još uvek nije dovoljno ispitana, pa su slabo zastupljene u literaturi.

Ove refleksione magline spadaju u najlepše fenomene vasione. Nažalost većina protoplanetarnih maglina reflektuje infracrvenu svetlost na koju ljudsko oko nije osetljivo.

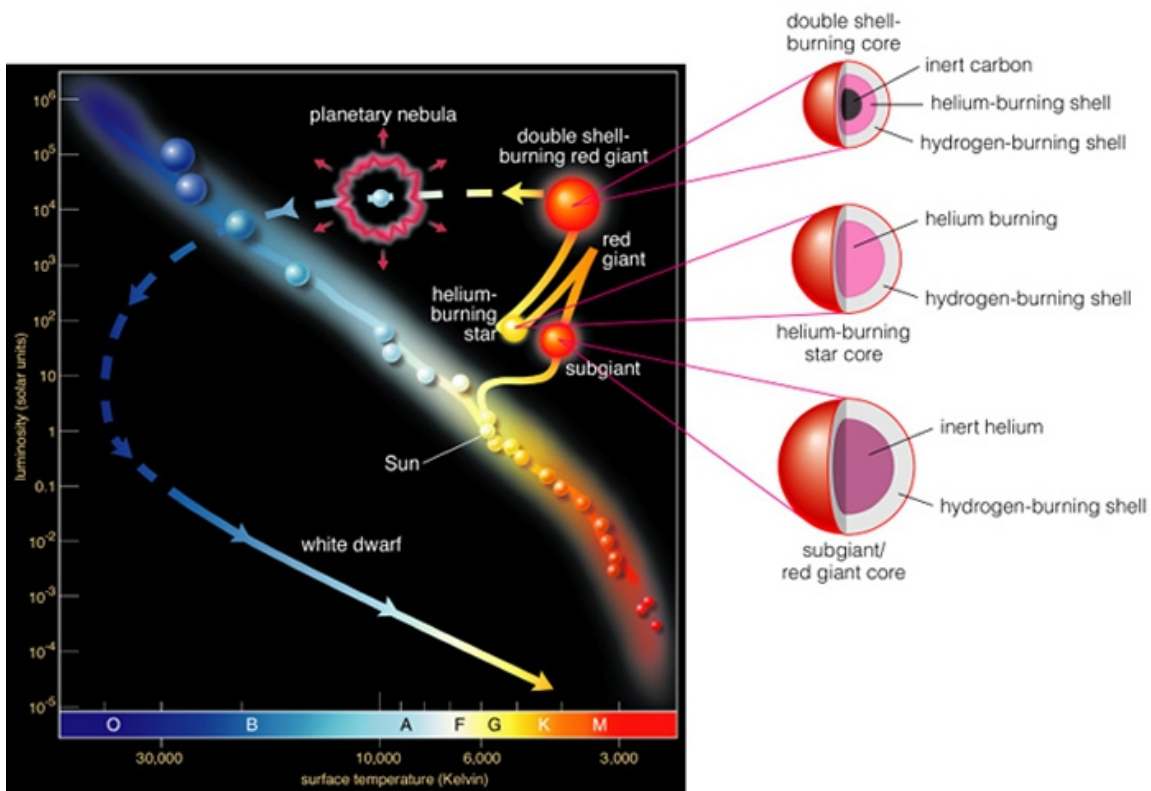
Pojam protoplanetarne magline se ne bi smeo pomešati sa pojmom protoplanetarnog diska, jer je protoplanetarni disk cirkumstelarni disk gustog gasa koji okružuje mlade, tek nastale zvezde, dok protoplanetarna maglina okružuje umiruće zvezde. Ime potiče od pojma planetarna maglina, koji je nastao zbog toga što su ove magline pri posmatranju teleskopima male razdvojne moći veoma ličile na planete. Protoplanetarne magline se mogu naći u literaturi i pod imenom *preplanetarne* magline.

Evolucija zvezda male i srednje mase ($0.6-10M_{\odot}$) pre konačne faze

Zvezde nastaju sažimanjem velikih, masivnih, hladnih oblaka međuzvezdane materije – gasno-čestičnog kompleksa, pod uticajem gravitacije. Tokom svog životnog veka, zvezda prolazi kroz niz faza, pri čemu redosled i vreme dešavanja zavise prvenstveno od mase zvezde. Ipak, u evolutivnom razvoju svake zvezde razlikuju se tri osnovne faze:

- faza pre glavnog niza
- život na glavnom nizu i
- faza posle glavnog niza.

U fazi pre glavnog niza, tokom gravitacionog sažimanja oblaka, koji je velike mase, usled gravitacione nestabilnosti, dolazi do formiranja fragmenata različitih veličina i masa. Ako fragment ima dovoljnu masu ($M \geq 0.08M_{\odot}$), sažeće se u protozvezdu koja će nastaviti da se sažima sve dok u njenom jezgru ne otpočnu termonuklearne reakcije sagorevanja vodonika. Tada zvezda dospeva na glavni niz.



Sl. 1: Evolucija Sunca i zvezda sličnih masa predstavljena na H-R dijagramu (videti objašnjenje u tekstu)

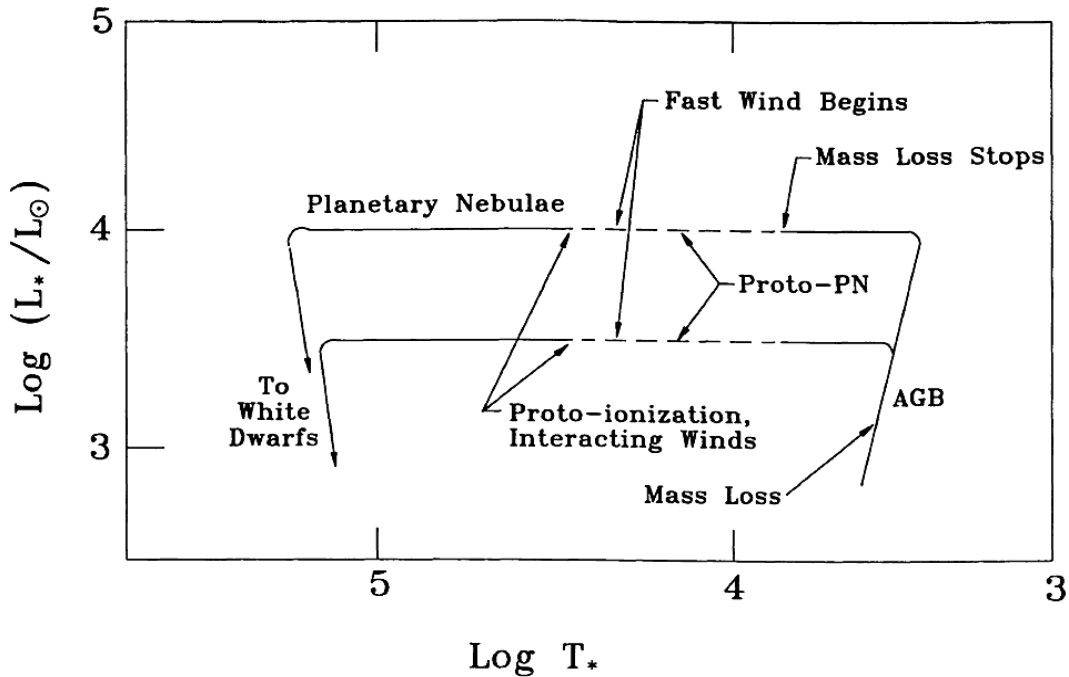
Zvezda na glavnom nizu provede najveći deo svog života, u stanju energetske i mehaničke ravnoteže. Zvezde malih i srednjih masa, u ovoj fazi provedu 80-90% svog života [8]. Zvezda koja je potrošila vodonično gorivo u jezgru postaje nestabilna i

napušta glavni niz. Gravitaciono se sažima i zagreva, pa počinje sagorevanje vodonika u tankom sloju oko helijumskog jezgra. Njeno jezgro se sažima i zagreva, a spoljašnji slojevi se šire i hlade. Luminoznost zvezde naglo raste i ona postaje crveni džin, prateći stazu koja vodi u gornji desni ugao H-R dijagrama (sl.1).

Kada temperatura u jezgru dostigne 10^8 K, počinje sagorevanje helijuma. Izvor energije je ponovo u jezgru, sažimanje prestaje i zvezda počinje da se kreće dole i ulevo na H-R dijagramu. Kada sagori helijum, zvezda se ponovo kreće gore i udesno. Kako se putanja zvezde skoro poklapa sa stazom crvenog džina, dato joj je ime *asimptotska grana džinova* (AGB¹). Zvezde u ovoj fazi evolucije nazvane su AGB zvezde.

Kako zvezda evoluirala duž AGB, ona ubrzano gubi masu odbacujući svoje spoljašnje slojeve. Za zvezde dovoljno velike početne mase, cirkumstelarni oblak gasa i prašine, koji je formiran u procesu odliva mase će u potpunosti sakriti zvezdu, fotosfera više neće biti vidljiva, i zvezda će se pojaviti kao infracrveni objekat. To je zvezda u kasnoj fazi na AGB. Ta faza se označava kao LAGB².

Kada se masa vodoničnog omotača oko jezgra odlivom mase smanji do određene granice, zvezda će početi da evoluirala ka plavom delu H-R dijagrama (sl. 2). Efektivna temperatura zvezde će se povećavati usled gubljenja omotača. Omotač je toliko istrošen, da veliko gubljenje mase više nije moguće. Tada počinje faza protoplanetarne magline.



Sl. 2: Faza protoplanetarne magline na H-R dijagramu. Dve putanje odgovaraju centralnim zvezdama različitih masa [3].

Ova faza će trajati dok centralna zvezda ne postane dovoljno topla ($T \sim 30\,000$ K) da jonizuje cirkumstelarnu maglinu [3]. Faza protoplanetarne magline traje samo nekoliko

¹ AGB je skraćenica od engleskog “*asymptotic giant branch*” (u prevodu *asimptotska grana džinova*)

² LAGB – *late asymptotic giant branch* (Kwok, Hrivnak, i Boreiko 1987.)

hiljada godina. Rekombinacione linije vodonika i zabranjene linije metala će učiniti maglinu lakom za posmatranje u vidljivom delu spektra. Novi zvezdani vetar, velike brzine, sa centralne zvezde, oblikuje sloj odbačen u AGB u planetarnu maglinu.

Definicija protoplanetarne magline

Kako je ranije termin protoplanetarna maglina korišćen za razne objekte, od starih zvezda na AGB do mladih planetarnih maglina, Sun Kwok je u svom radu *Protoplanetarne magline* [3] dao sledeću definiciju:

Protoplanetarne magline su zvezde čiji je veliki gubitak mase na AGB stao, ali nisu evoluirale u dovoljno toplu zvezdu da bi mogle da emituju značajnu količinu Lajmanovih fotona da jonizuju ostatke AGB omotača koji ih okružuje.

Pri posmatranju, očekuje se da kandidati za protoplanetarne magline imaju sledeća svojstva:

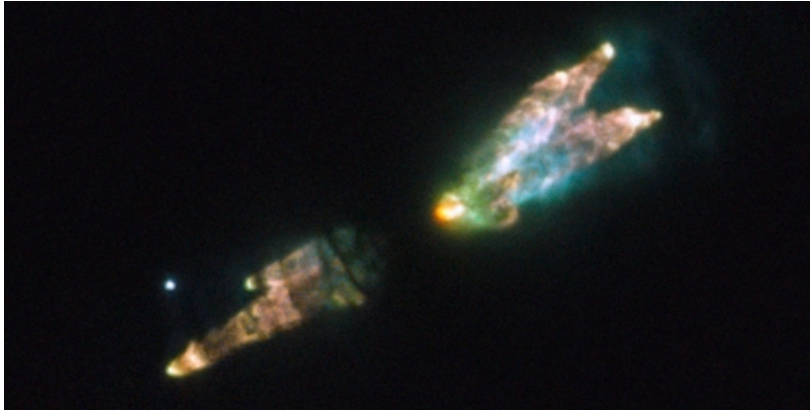
1. trebalo bi da pokazuju jasan dokaz postojanja ostatka AGB omotača. Ovo uključuje:
 - a. veliki infracrveni višak sa temperaturama boje između 150 i 300 K i
 - b. molekulske emisije CO ili OH koja pokazuje brzinu širenja od 5-30 km/s tipičnu za AGB zvezdane vetrove.
2. Trebalo bi da postoji dokaz da je cirkumstelarni omotač odvojen od fotosfere i da nije rezultat tekućeg procesa gubljenja mase.
3. Ako je centralna zvezda dovoljno sjajna da može da se odredi njena spektralna klasa, trebalo bi da bude spektralne klase između B i G sa klasom luminoznosti I.
4. Ne bi trebalo da postoji promena sjaja velikih amplituda kao posledica pulsiranja masivnog vodoničnog omotača iznad jezgra.

Centralna zvezda

Jedan od problema koji se javlja u stvaranju modela protoplanetarne magline je to što centralna zvezda neprestano evoluira. Vreme koje zvezda provede u fazi protoplanetarne magline mora biti kratko, inače neće biti magline koju bi centralna zvezda jonizovala kad počne da emituje značajnu količinu Lajmanovih fotona. Procenjuje se da je temperatura zvezde približno 6000K – srednja vrednost između temperatura AGB zvezda i temperatura dovoljnih da jonizuju vodonik [7].

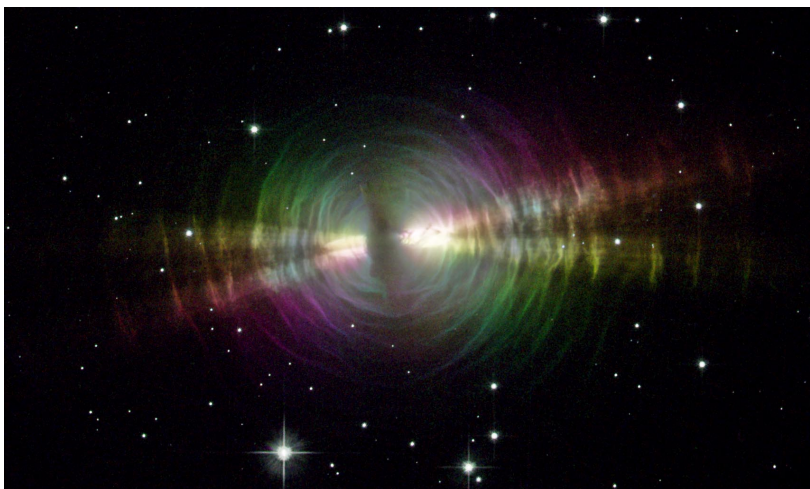
Prvi kandidati za protoplanetarne magline

Prvi kandidati su bile magline AFGL 618 i AFGL³ 2688.



Sl. 3: AFGL 618 - centralna zvezda je smeštena izmedju dva reznja razdvojena ~7"

AFGL 618 (sl. 3) je infracrveni izvor temperature boje ~200K koji se nalazi između dva optička reznja razdvojena približno 7" u pravcu istok-zapad. Spektar je pokazao da su ova dva reznja refleksiona maglina (Schmidt i Cohen [5]) obasjana centralnom zvezdom spektralne klase B0. Posmatranja otkrivaju mali jonizovani region dimenzija 0.4"×0.1" koji je ugnjezđen u infracrvenom izvoru (Kwok i Bignell [4]). Cela maglina je okružena molekulskim omotačem od ~20" koji se širi brzinom od 20 km/s, slično omotaču AGB zvezde [3].



Sl. 4: Maglina Jaje (AFGL 2688) - centralna zvezda na slici se vidi kao tamna oblast materijala preko sredine magline [6]

³AFGL - *Air Force Geophysics Laboratory* je katalog infracrvenih objekata izdat 1983. godine

AFGL 2688 (sl. 4), poznata i kao maglina Jaje, obasjana je centralnom zvezdom spektralne klase F2. Centralna zvezda ove magline je do pre nekoliko stotina godina bila crveni džin. Materijal odbačen od umiruće zvezde, sličan omotaču AGB zvezda, širi se brzinom od 20 km/s. Kroz tanje delove odbačenog materijala, svetlost centralne zvezde prolazi poput reflektora i odbija se od čestica prašine u spoljašnjim slojevima magline.

Centralna zvezda AFGL 618 je masivnija od centralne zvezde AFGL 2688 (prema tome evoluirala brže) i smatra se da je tek sada dovoljno topla da može da jonizuje cirkumstelarni omotač i pređe u fazu planetarne magline.

Kasnije je još oko 100 kandidata otkriveno u IRAS⁴ pretraživanjima neba.

Neka optička svojstva protoplanetarnih maglina

-Prividna magnituda protoplanetarnih maglina se kreće od 7-22^m.

-Molekulske trake C₂ i C₃ detektovane su u AFGL 2688 (Crampton [1]) i nekoliko drugih protoplanetarnih maglina, ukazujući na mogućnost da su to objekti veoma bogati ugljenikom.

-Mnogi kandidati pokazuju i emisiju H α liniju.

-Praćenje brzina jednog broja kandidata protoplanetarnih maglina pokazalo je da se u njihovim središtima nalaze dvojni sistemi. Jedan takav dvojni sistem nalazi se u centru magline Crveni pravougaonik (HD 44179) u sazvežđu Jednorog (sl. 5).

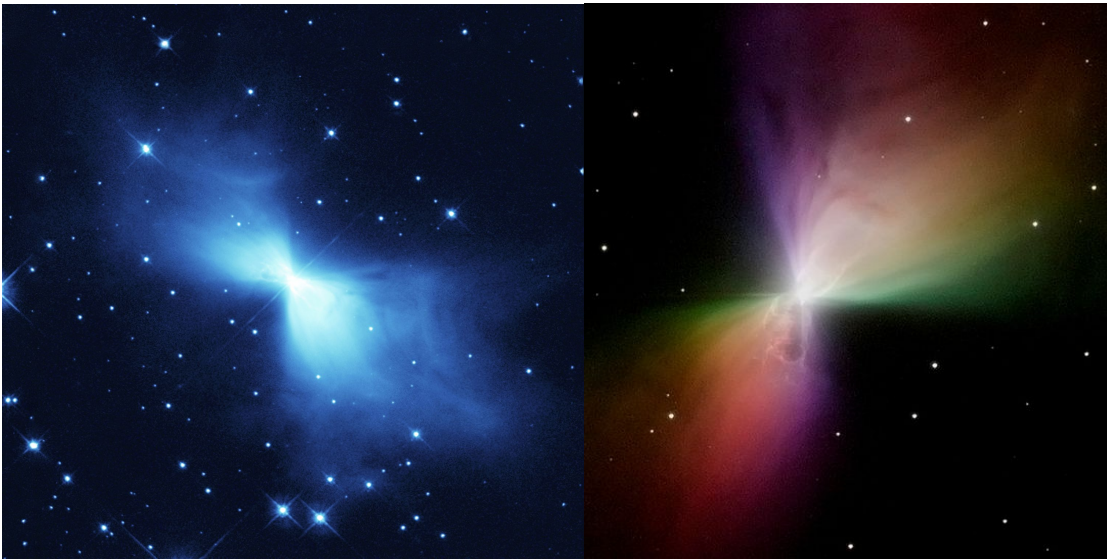


Sl. 5: Maglina Crveni pravougaonik – oblik ove magline potiče od para zvezda koje orbitiraju tako blizu jedna pored druge da dolazi do njihove deformacije usled gravitacione interakcije. Ovaj tesno dvojni system je oko sebe stvorio gust disk materijala, koji je ograničio pravac kretanja daljeg odliva materijala. Zbog ovoga se kasnije izbačen material kreće linijama kupa koje su postavljene normalno na disk. Mi vidimo crveni pravougaonik sa strane, pod pravim uglom u odnosu na kupa. [6]

⁴IRAS – *Infrared Astronomical Satellite* je prvi satelitski IC teleskop

Maglina Bumerang

Maglina Bumerang (sl. 6), nalazi se na oko 5 000 svetlosnih godina od Zemlje, u sazvežđu Kentaur. Njena temperatura procenjuje se na $\sim 1\text{K}$. To je jedini objekat koji je hladniji od pozadinskog zračenja. Tako niska temperatura posledica je širenja magline brzinom od oko 164 km/s. Još uvek se ne zna da li je u centru magline usamljena zvezda ili neki sistem.



Sl. 6: Maglina Bumerang (snimio HST) – desna slika je snimljena uz pomoć polarizacionih filtera, a boje odgovaraju uglu polarizacije (NASA/ESA)

Zaključak

Poslednjih decenija ostvaren je bitan napredak ka razumevanju evolucije zvezda posle AGB faze. Ali ostaje nam da nađemo odgovore na još mnoga pitanja, kao što su na primer:

- koji broj protoplanetarnih maglina se nalazi u dvojnog sistema
- kako je oblik magline povezan sa procesom gubitka mase na AGB i
- da li sve zvezde koje prolaze kroz fazu protoplanetarne magline evoluiraju u planetarnu maglinu.

Literatura

- [1] Crampton, D., Cowley, A. P., Humphreys, R. M.: 1975, *Astrophys. J.* 198: L135-137
- [2] <http://www.wikipedia.org>
- [3] Kwok, S.: 1993, *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* 31: 63-92
- [4] Kwok, S., Bignell, R. C.: 1984, *Astrophys. J.* 276: 544-550
- [5] Schmidt, G. D., Cohen, M.: 1981, *Astrophys. J.* 246: 444-454
- [6] *VASIONA: velika ilustrovana enciklopedija*, Mladinska knjiga, Beograd
- [7] Volk, K., Kwok, S.: 1989, *Astrophys. J.* 342: 345-363
- [8] Vukićević-Karabin, M., Atanacković, O.: 2010, *Opšta astrofizika*, Zavod za udžbenike, Beograd