

**Univerzitet u Novom Sadu
Prirodno-matematički fakultet
Departman za fiziku
Smer - astronomija sa astrofizikom**



Naslov:

T – Tauri zvezde

Seminarski rad iz predmeta Spektroskopija Vasiona

Student:

Marjanović Rade 460/02

Mentor:

dr Tijana Prodanović

Maj, 2007. godine

Novi Sad

U V O D

T – Tauri zvezde su prototip klase vrlo mladih zvezda, koje su još u procesu gravitacionog sažimanja, tj., moraju još da evoluiraju da bi došle do glavnog niza HR-dijagrama.

T – Tauri zvezde su uglavnom:

- ❖ stare između 10^5 i 10^8 godina;
- ❖ imaju male mase (od 0.5 do $3.0 M_{\odot}$);
- ❖ okružene toplom, gustom ovojnicom (oblakom);
- ❖ gube masu preko zvezdanih vetrova čije su tipične brzine $v_{sw} = \sim 100$ km/s.

Iz takve postavke se zaključuje da su T – Tauri zvezde približno sunčevih masa, pred ulazak na glavni niz.... T – Tauri zvezde se skoro uvek javljaju unutar tamnog oblaka. Neke od njih izgledaju ogoljeno – nedostaje im oblak gasa i prašine. Skupljaju se u tamnim oblacima gde je formiranje zvezda najaktivnije. Neke od tih ogoljenih T – Tauri zvezda imaju magnetnu aktivnost koja se vidi preko postojanja zvezdanih pega na njihovoj površini (kao što je to recimo slučaj sa RS CVn zvezdama....). Ostale T – Tauri zvezde imaju čvrste dokaze o postojanju tankih diskova cirkumstelarnog materijala sa radijusima od nekoliko stotina AU.

Stoga, T – Tauri zvezde predstavljaju prelazni stepen između faze IC izvora koji označava protozvezdu još uvek umotanu u oblak prašine, i zvezde koja tek ulazi na glavni niz.

Izrazito burna potklasa T – Tauri zvezda, zvezde FU Orionis tipa, ispoljavaju promenljivu brzinu gubljenja mase koja je 100-1000 puta veća nego kod njihovih manje aktivnih rođaka. Predloženo je da ovi objekti dobijaju jedan deo svoje energije od usisavanja objekata veličine Jupitera.

Karakteristike

Spektri

Osnovni MK spektralni tip T – Tauri objekata može da varira od A do M sa B-V u intervalu od ~ 0.7 (RU Lup) do ~ 1.33 (V410 Tau)

Tipično spektri pokazuju jake emisije linije iz H_{α} (Balmerova serija), Ca II na 3933 Å i 3968 Å, i poneka d linej gvožđa. Apsorpcione linije litijuma su tipične.

Mnogi spektri T – Tauri zvezda ispoljavaju [O I] i [S II] zabranjene linije. Zabranjene linije, generalno, kao posledicu indiciraju vrlo niske gustine gasa

Dodatno, H_{α} linija čest ispoljava profil sličan kao kod P Cygni zvezde: apsorpciono korito je superponirano na dosta širok emisioni pik, na ljuičastom (niske talasne dužine) rubu linije. P Cygni profili nastaju usled značajnog gubitka mase. U nekim ekstremnim slučajevima, profili linija su sa P Cygni prešli na inverzne P Cygni profile (crveni pmak apsorpcije) na vremenskoj skali od nekoliko dana, što indicira proces akrecije mase pre nego njen gubitak. Brzine akrecije mase su, čini se istog reda

veliĉine kao i brzine gubljenja mase. Oĉigledno je da su uslovi oko T – Tauri zvezda priliĉno nestabilni.

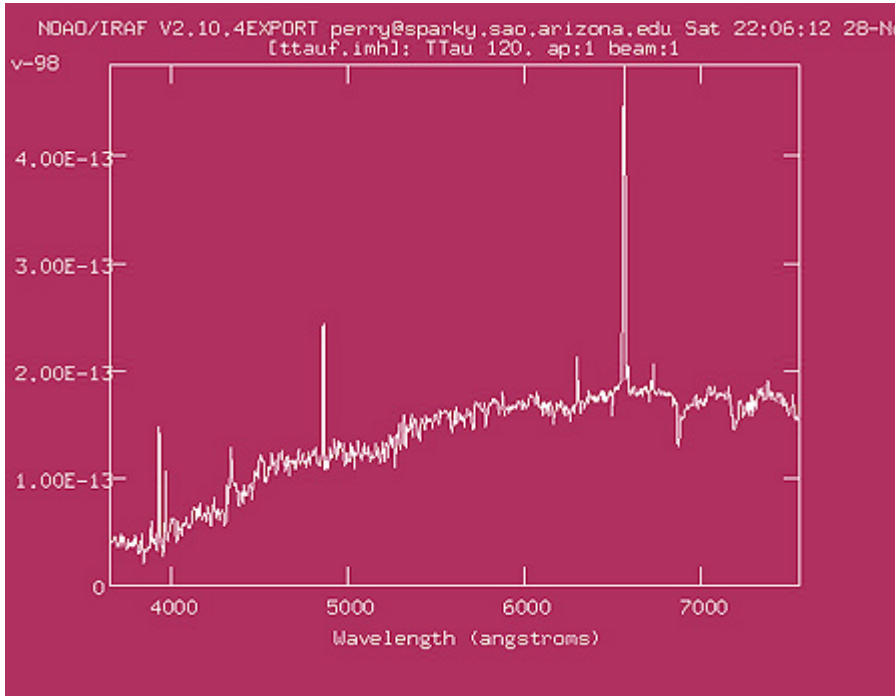


Fig. 1: Spektar T – Tauri zvezde. [Image courtesy of Perry Berlind, Arizona University.]

Pojavljivanje

Nekada se mogu naći u vrlo mladim otvorenim vezdanim jatima, poput NGC 2264, otvorenim jatim koje je povezano sa poznatom klinastom maglinom u sazvežđu Jednoroga. To jato je počelo da se formira pre oko dva miliona godina i najtoplije (najmasivnije) zvezde su već na glavnom nizu. No ipak, zvezde hladnije od 10 000 K su uglavnom iznad glavnog niza. Spektroskopska posmatranja hladnijih zvezda u NGC 2264 ukazuju na to da mnoge od njih snažno izbacuju gas, što je vrlo uobičajena pojava kod zvezda pre nego što uđu na glavni niz. Takve zvezde koje izbacuju gas se zovu T – Tauri zvezde.... Neki astronomi smatraju da početku gorenja vodonika prethodi snažna hromosferska aktivnost sa enormnim spikulama i bakljama koje odguruju spoljašnje slojeve zvezde nazad u prostor (svemir). Zapravo, mlada zvezda pri prolasku kroz T – Tauri fazu može da izgubi i do 0.4 mase Sunca pre nego što se smiri na glavnom nizu.

Masa i luminoznost

Masa im je mala i kreće se u intervalu od 0.5 do 3.0 M_{\odot} .

Promenljivost / gubitak mase

Ove zvezde spadaju u grupu promenljivih zvezda; T – Tauri zvezda vrlo čudno varira u sjaju od devete do trinaeste magnitute, iako retko bude tamnija od 10m.6. Varijacije u sjaju i spektralni tipovi za neke druge primere su dati u tabeli 1.

SAO#	HD#	Bayer	R.A.	Dec	Type	Mag(V)	#Comp.
SAO 179815	HD 98800	TV Crateris	11:22:05.3	-24:46:39.8	K5	~8.9	1?
SAO 76567	HD 283572	V0987 Tauri	04:21:58.8	+28:18:06.5	G2III	8.98 - 9.1	1?
-	-	VY Tauri	04:39:18	+22:47:51	M0e(T)	9 - 15.26	1?
SAO 76672	HD 283750	V0833 Tauri	04:36:48.2	+27:07:55.9	K2	9.1 - 9.9	1?
SAO 57509	HD 282624	SU Aurigae	04:55:59.4	+30:34:01.5	G2IIIe	~9.2	1?
SAO 208174	HD 152404	AK Scorpii	16:54:44.8	-36:53:18.6	F5	~9.2	1?
-	-	EW Eridani	04:35:02.6	-14:13:28	?	9.3 - 9.71	?
-	HD 283571	RY Tauri	04:21:57.4	+28:26:35.6	F8V - K1IV	9.3 - 13	1?
-	HD 284419	T Tauri	04:21:59.4	+19:32:06.4	F8V - K1IV	9.3 - 13.5	2
-	-	V0395 Cephei	23:20:52.1	+74:14:07.1	?	~9.5	1?
-	HD 142560	RU Lupi	15:56:42.3	-37:49:15.5	G5Ve	9.6 - 13.4	1?
-	HD 240764	RW Aurigae	05:07:49.6	+30:24:05.2	G5Ve	9.6 - 13.6	2
-	-	FU Orionis	05:45:22.6	+09:04:12	G3Ia	9.6 - 16.5	1?
-	-	HW Lupi	15:45:17.4	-34:18:28	?	9.95 - 10.45	1?

SAO# = SAO catalogue number, HD# = Henry Draper catalogue number, Bayer = Bayer (Flamsteed or similar) reference, R.A. = right ascension, Dec = declination, Type = spectral type, Lum = luminosity class, Mag(V) = visual magnitude, #Comp = number of components in multiple systems (primarily after Favata et al. 1998, Roddier et al. 1999).

P-Cygni profili ukazuju na gubitak mase u proseku od oko 10^{-8} do $10^{-7} M_{\odot}$ godišnje – iako su ove procene još uvek dosta nesigurne – preko zvezdanih vetrova, čije su tipične brzine oko 100 km/s.

Interpretacija

Za zvezde malih masa se smatralo da evoluiraju iz međuzvezdanog gasa i prašine koji kolapsiraju formirajući protozvezdu okruženu akrecionim diskom. Za ovu fazu se smatra da se javlja dosta brzo, u vremenu reda 50 000 do 100 000 godina. U tom periodu obekat, ukoliko ga upošte možemo videti, vidi se isključivo kao IC izvor.

Kako se protozvezda sažima i akrecija nastavlja, ali pre paljenja vodonika u jezgu, razvijaju se jaki zvezdani vetrovi. Oni mogu poremetiti oblak, dozvoljavajući posmatranje protozvezde. T – Tauri zvezde imaju masu reda mase Sunca, i nalaze se na ulazu u glavnu granu i grubo su u takvom stepenu evolucije. Stoga su to vrlo mlade zvezde, još uvek u procesu gravitacionog sažimanja i na evolutivnom putu da uđu na glavni niz.

T – Tauri zvezde su, ukoliko su dovoljno mlade, u potpuno konvektivnoj fazi evolucije.

Između T – Tauri faze (starost nekoliko miliona godina) do paljenja vodonika (nekoliko desetina miliona godina), dešavaju se sledeće stvari:

- ❖ glavna rotaciona evolucija zvezde: objekti ubrzavaju (ili ne) od relativno malih brzina rotacije kod T – Tauri zvezda do mogućih velikih brzina rotacije zvezda u mladim jatima poput α Per. Teorija prenošenja ugaonog momenta kroz zvezdu i uloga protozvezdanog diska ostaju nerazješnjeni.
- ❖ Trošenje litijuma: nuklearno sagorevanje litijuma se javlja kod zvezda niskih masa pre njihovog dolaska na glavni niz, iako količina utrošenog litijuma još uvek nije u potpunosti objašnjena.
- ❖ Prelaz sa Hajšijeve konvektivne trake u "radijativnu" traku kojase približava glavnom nizu, sa pratećom emisijom u X-oblasti.

Prisustvo akrecionog diska je primećeno nekoliko puta do sada. Prisustvo tog diska kolimiše intenzivne zvezdane vetrove u bipolarne tokove ili džetove. Kako se džetovi šire nadzvučnom brzinom kroz međuzvezdanu sredinu, sudari pobuđuju gas, što rezultuje u formi sjajnog objekta sa emisionim spektrom. Ovakvi objekti su poznati kao Herbig-Haro objekti, po Džordžu Herbigu i Giljermu Harou koji su, tokom 50-tih godina prošlog veka, prvi otkrili takve objekte u blizini Orionove magline.

References

- ❖ Bouvier J. 1994: In J. P. Caillault (ed.), 8th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun, ASP Conf. Ser. 64, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 151
- ❖ Carroll, Bradley W.; Ostlie, Dale A. 1996: Introduction to Modern Astrophysics. Addison Wesley.
- ❖ D'Antona F., Mazzitelli I. 1997: In G. Micela, R. Pallavicini, S. Sciortino (eds.), Cool Stars in Clusters and Associations: Magnetic Activity and Age Indicators, Vol. 68 of Mem. Soc. Astron. Ital., 807
- ❖ Favata F.; Micela G.; Sciortino S.; D'Antona F. 1998: The Evolutionary Status of Activity-Selected Solar-Type Stars and of T Tauri Stars as Derived from Hipparcos Parallaxes: Evidence for Long-Lived T-Tauri Disks? Astronomy & Astrophysics vol. 335: 218-227.
- ❖ Kaufmann, William J. 1990: Discovering the Universe. Freeman 429 pp.
- ❖ Martín E. L. 1997: In G. Micela, R. Pallavicini, S. Sciortino (eds.), Cool Stars in Clusters and Associations: Magnetic Activity and Age Indicators, Vol. 68 of Mem. Soc. Astron. Ital., 905
- ❖ Roddier, C.; Roddier, F.; Graves, J.E.; Northcott, M.J.; Close, L.; Surace, J.; Veran, J.P. 1999: Four-Year Observations of T Tauri with Adaptive Optics. ESO Conference Proceedings, vol. 56, p. 389.
- ❖ Zeilik, Michael 1991: Astronomy: The Evolving Universe (6th ed). Wiley.
- ❖ HL Tau - see Close et al. 1997a, ApJ, 487, 766, 1997 also Weintraub et al. THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 452:L141L145, 1995 October 20
- ❖ FU Ori Stars - see Murdin & Penston (1977) MNRAS 181, 657; Grasdalen (1973) ApJ 182, 781; and Racine (1968) AJ 73, 233. Other data are from the compilation of Bell, Lin, Hartmann & Kenyon (1995) ApJ 444, 376.
- ❖ V0987 Tau - F.M.Walter, A.Brown, J.L.Linsky, A.E.Rydgren, F.Vrba, M.Roth, L.Carrasco, P.F.Chugainov, N.I.Shakovskaya, C.L.Imhoff, ApJ 314, No.1,297,1987.
- ❖ EW Eri - G.Sandell, B.Reipurth, G.Gahm, AsAp 181, No.2, 283, 1987.