

Bevezetés az asztrofizikába

Balog Dániel

2011. 11. 07

Csillagszerkezet:

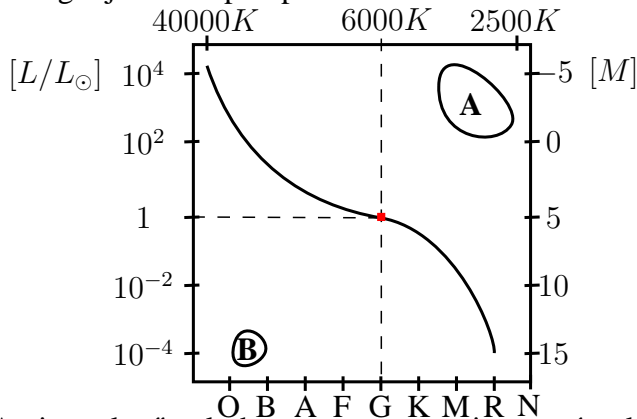
A galaxisok és galaxishalmazok (*melyeknek a fizikáját már nagyjából megtárgyaltuk*) elsősorban csillagokból épülnek föl, a korongban a csillagok mellett számottevő gáz illetve por is van. Az hogy egy-egy csillag hogy viselkedik, az galaxis illetve az extragalaktikus asztrofizika szempontjából is fontos kérdés. Ezért semmiképpen nem beszélhetünk az asztrofizika alapjairól úgy, hogy a csillagok működését ne értsük meg.

Hertzsprung–Russell diagramm

A csillagok pontszerű fényes objektumok, ismert hogy hogyan mérjük ezek fényességét a csillagászatban. (*látható-; és abszolút magnitúdó, utóbbit át lehet számolni luminozitásra*)

Hertzsprung és Russell arra vállalkozott, hogy megméri a csillagok az abszolút magnitúdóját, (*nyilvánvalóan ez csak olyan csillagokra végezhető el, ahol a távolság valahonnan ismert.*) és a felszíni hőmérsékletet is, (*Ez a Napnál kb 6000 K*) majd megnézik, hogy ezek a paraméterek hogyan párosulnak egy csillag esetében.

Egy rakás csillagnak megmérték a luminozitását, és spektroszkópiával a felszíni hőmérsékletét, majd az adott csillagra jellemző pontpárokat ezen a síkon ábrázolták.



Ami meglepő volt, hogy nem össze-vissza szórnak a csillagok ezen az eloszláson. A kirajzolódott vonalat a diagram főágának szokás nevezni, és ebből az adatgyűjtésből az az eredmény adódott, hogy bizony a csillagok gyakorlatilag a főág mentén egy egyparaméteres szekvenciában oszlanak el azaz, a felszíni hőmérséklet nem független az abszolút luminozitástól.

Azóta kiderült, hogy sem a tömegük, sem a méretük nem független. Tehát egyetlen paraméter, s leginkább a csillag tömegét szoktuk venni mint alapvető paraméter, meghatározza a többit. Ebből kifolyólag egy egyparaméteres szekvenciát alkotnak a diagramon.

A HR-diagram furcsa jelöléseknek történelmi oka van, hiszen abban az időszakban nem hőmérsékletet mértek, hanem színképeket. Tehát spektroszkóppal megnézték, hogy milyen a színképe egy adott csillagnak, és azt vették észre, hogy vannak különböző színkép-osztályok, nem teljesen folytonos a színképek eloszlása.

Történelmileg úgy alakult a dolog, hogy amikor találtak egy ilyen jellemző spektrumot, (*úgy kell elképzelni, hogy felrajzolják a fényintenzitást a hullámhossz függvényében, és észreveszik, hogy adott hullámhosszoknál vannak emissziós esetleg abszorpciós vonalak ebben a színképben, ahol erős a kibocsátás*) és rá lehet jönni az ismert laboratóriumi adatok alapján, hogy ezek az oxigén, hidrogén, etc... emissziós/abszorpciós vonalai. Ha találtak egy ilyen osztályt, azt elnevezték, egyszerűen az ABC betűi szerint sorban. Később vált lehetővé, a pontos hőmérsékletmérés, és hogyha a hőmérséklet szerint sorba állítjuk, a színkép-osztályokat akkor ez az alfabetikus sorrend összekeveredik, és OBAFGKMRN lesz belőle, ahol az O osztályú a legnagyobb hőmérsékletű, legfényesebb. (Angol szójáték a megjegyzés segítségével: **Oh, Be A Fine Girl and Kiss Me Right Now**)

Az ábrán vörös négyzettel van jelölve a Nap.

Vannak olyan csillagok, amik nem a főágon helyezkednek el, például amelyek a jobb felső sarokban tömörülnek (*az ábrán A-val jelölt*).

Milyen csillagok ezek?

Nagy luminozitású, alacsony hőmérsékletű, tehát vörös színűek. Egy alacsony felszíni hőmérsékletű, mégis fényes csillag, az úgy lehetséges, hogy mivel a luminozitást (*teljes fényesség*) a négyzetméterenkénti kisugárzás és teljes felület szorzata adja meg, és az alacsony a hőmérséklet miatt, a kisugárzás *fluxus* ami $\sim \sigma T^4$ az alacsony, az annyit jelent, hogy egy óriási felületű csillagról van szó, ezeket nevezik vörös óriásoknak.

Van egy másik csoport, ezek a bal alsó sarokban vannak (az ábrán **B**-vel jelölt), ún. fehér törpék. Hiszen fehéres-kékes a színük, így a hőmérsékletük magas, tehát a fluxus is magas, az összluminozitás azonban kicsi, tehát a felületnek nagyon kicsinek kell lennie.

Színképek:

Azt mondtuk, hogy vannak ezek a színképosztályok, írjuk föl hogy sorban mi jellemzi ezeket a tipikus csillagszínképeket: (rövidítések: *ne.* = *neutrális*, *ion.* = *ionizált*)

Oszt.	Felszíni T [K]	Szín	Jellemző vonalak
O	28000-50000	kék-UV	ion. H, He
B	10000-28000	kék-fehér	ion. H, ne. He
A	7500-10000	fehér	ne. H, ne. He
F	6000-7500	sárga-fehér	ne. H, ion. "fémek"
G	5000-6000	sárga	ion. és ne. "fémek"
K	3500-5000	narancssárga	ne. "fémek"
M	2500-3500	piros-narancs	titán-oxid, kalcium

Egy csillag alapvetően hidrogénből és héliumból áll, az első csillagoknál rendre 75%-25% tömegszázalék volt az anyag eloszlása. Később tárgyaljuk, hogy minden nehezebb elem a csillagokban keletkezik. Mikor ezek a csillagok az életük végén felrobbannak, a szétlökődő anyagból keletkező új csillagokban már kis mennyiségben, de megtalálhatóak lesznek ezek az elemek. (megjegyzés: A csillagászok minden a héliumnál nehezebb elemet fémnek neveznek)

A csillagok élettartama:

Hogyan lehet egy csillag élettartamát kiszámolni?

A legegyszerűbb, legdurvább becslés az, hogy megnézzük hogy mekkora mennyiségű üzemanyag áll rendelkezésére, (hiszen ha elégett az üzemanyag, akkor van vége a csillag életének) ami durván a tömegével arányos, és ezt el kell osztani a sebességgel amivel az üzemanyagot fogyasztja, ami pedig a luminozitással arányos.

$$\text{csillag élete} = \frac{\text{tömeg}}{\text{luminozitás}} \quad (1)$$

Tehát legdurvábban a csillag élettartama az a tömeg és luminozitás hányadosával lesz arányos.

Azt nem tárgyaljuk részletesen hogy miért, de ha megnézzük hogy egy adott csillag luminozitása hogyan függ a tömegétől, akkor azt vesszük észre hogy a tömegfüggés nagyon erős. A HR diagramon balra haladunk a főágon, ahol a nagy luminozitású csillagok vannak.

Mekkora a tömege annak a csillagnak, ami a főág bal, illetve jobb szélén van?

Egy csillag nagyjából úgy keletkezik hogy el kell képzelni egy nagy gázfelhőt, amit valami külső hatás összenyom. Amikor már kellőképpen össze van nyomva, a saját gravitációja is besegít, és összeesik egy csillaggá. Közben forró és sűrű lesz a belseje, így ott beindul a fúzió.

A legnehezebb csillag sem nehezebb száz naptömegnél. Azért, mert ha egy olyan gázfelhőből keletkezne a csillag, aminek a kezdeti tömege több mint száz naptömeg, és a gravitáció hatására összeesik egy kicsi pontba, és nem áll meg csillag állapotban, hanem egyből egy fekete lyukká esik össze.

A 0.08 naptömeg, az az elképzelhető legkisebb naptömeg. Azért, mert ha ennél kisebb a gáz mennyisége, akkor ott nem lesz akkora nyomás és hőmérséklet, ami minimálisan szükséges ahhoz, hogy beinduljon a fúzió.

Ki fog derülni, hogy a Nap esetében a központi hőmérséklet 15 millió K, a 6000K a felszíni hőmérséklet, az majdnem nulla a maghoz képest. Ha 0.05 naptömegnyi gázt összehúszunk, annak igen meleg lesz a belseje, de ez nem elegendő a fúzióhoz. Ez a barna törpe. Mivel a gázt adiabatikusan összehúsztuk így fölmelegedett, folyamatosan energiát bocsájt ki, tehát van luminozitása. A felszíne kb. 1000K hőmérsékletű, és lassan kihűl, ez IR tartományban meg is figyelhető. Ez nem nevezhető csillagnak, mert nem termel energiát.

Modellek és mérések alapján megállapítható, hogy a luminozitás \sim tömeg^{3.5}. Ha ezt visszaírjuk az 1 képletbe, akkor az jön ki, hogy az élettartam \sim tömeg^{-2.5}. Azaz egy nagy csillag, arányaiban is sokkal gyorsabban égeti az üzemanyagot mint egy kicsi, így az élettartama jóval rövidebb.

Tegyük fel hogy a legnehezebb csillag 100 naptömegű, annak két nagyságrenddel nagyobb a tömege, tehát öt nagyságrenddel rövidebb az élettartama a főágon, mint a mi napunknak. A Napra azt szoktuk mondani, hogy 10 milliárd évet tölt a főágon, tehát $T_{\odot} \simeq 10^{10}y$ akkor a legnagyobb csillag élettartama 10^5y , azaz százezer év.

Ha kb. egy nagyságrenddel kisebb a tömeg, mint a mi napunk, az $10^{2.5} \simeq 1000$ -szer hosszabb élettartamot jelent. Mivel a mi napunk élettartama összemérhető az univerzum korával (13.7 milliárd év), akkor ehhez képest egy vörös kicsi csillagnak az ezerszeres élettartama végtelennek tekinthető.

Csillagok keletkezése:

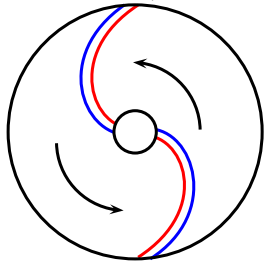
Mi indíthatja el egy csillag keletkezését?

A kérdés az, hogy ha van egy gázfelhő, mint pl. ami a galaxis korongjában van, mi nyomja annyira össze, hogy a saját gravitációja új csillaggá tudja összerántani? Három mechanizmust lehet elképzelni, amit most gyorsan felsorolunk:

1 Az egyik és legegyszerűbb, hogyha a gázfelhő közelében felrobban egy szupernóva. Ha egy csillag elérte az életének a végét és robbanásszerűen lelöki a külső rétegeit, az egy lökéshullámot indít el ebben a gázfelhőben, nekiütközik, és az hirtelen összenyomja az ott lévő gázt.

2 A másik a galaxis korongjában a spirálkarok. Már volt róla szó, hogy a galaxis korongjában nem együtt mozgó csillagok alkotják a spirálszerkezetet, hanem a spirálszerkezet egy körbemozgó sűrűség-hullám. Ahol a spirálkar elhalad, ott összerántja az anyagot. A csillagokat összébb húzza, de az ott lévő gázt is hirtelen összepréseli, így egy rakás új csillag keletkezik belőle. Ezért ahol a spirálkar éppen halad, ott nagyobb a sűrűség és ott alakulnak ki új csillagok, fényesnek a spirálkart.

Bármilyen csillag kialakulhat, de csak a kevésbé fényesek élnek sokáig. Mivel a luminozitás \sim tömeg^{3.5}, ha egy kicsit nehezebb csillag keletkezik, az sokkal fényesebb lesz. Mikor a spirálkar megérkezik, az új fényes kék csillagok dominálnak, de mire elhalad, ezek már fel is robbannak.



Ha egy jó távcsővel figyeljük ezt meg egy közeli galaxisban, akkor meg lehet látni a színek változását.

3 A harmadik a galaxisok ütközése, ez ugyan nem olyan gyakori, de mégis említendő. Ha két galaxis összeütközik, annyira ritkán vannak bennük a csillagok, hogy nem feltétlenül ütköznek össze. Vegyük az az eset, hogy nem ütköznek a magok, csak a két korong ér össze, ekkor "átcsúsznak" egymáson.

Lefényképezünk két egymáshoz közel lévő galaxist. Azt gondoljuk, hogy a gravitációjuk vonzza egymáshoz őket, de azt honnan tudjuk, hogy ütközés előtt vannak, vagy már át is mentek-e egymáson?

Ha ezek egybeecsúsznak, akkor a kicsi csillagok elmennek

egymás mellett, de a nagy gázfelhők összeütköznek, összenyomódnak, és egy rakás új csillag keletkezik. Ránézünk a két galaxisra, és megnézzük, hogy van-e bennük az átlagosnál szokatlanul több fényes kék csillag. Ha igen, akkor már átmentek egymáson. *Pl. az Androméda és a Tejútrendszer, kb. 7 milliárd év múlva össze fognak ütközni.*

Azt mondtuk, hogy nagy gázfelhőkből keletkeznek a csillagok. Arra a kérdésre, hogy mi indíthatja el ezt a folyamatot, ilyen sorrendben érdemes említeni őket.