

A csillagok élete

**Alexandre Costa, Beatriz García,
Ricardo Moreno, Rosa M Ros**
Fordította Simon-Zsók Anett

*International Astronomical Union
Escola Secundária de Loulé, Portugal*

*ITeDA and Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
Colegio Retamar de Madrid, Spain
Technical University of Catalonia, Spain*



Célok

- A látszó és abszolút magnitúdó közötti különbség megértése
- A Hertzsprung-Russel diagram megértése – a csillagok színe és magnitúdója közötti összefüggések
- Szupernóva, neutroncsillag, fekete-lyuk és pulzár fogalmak megértése

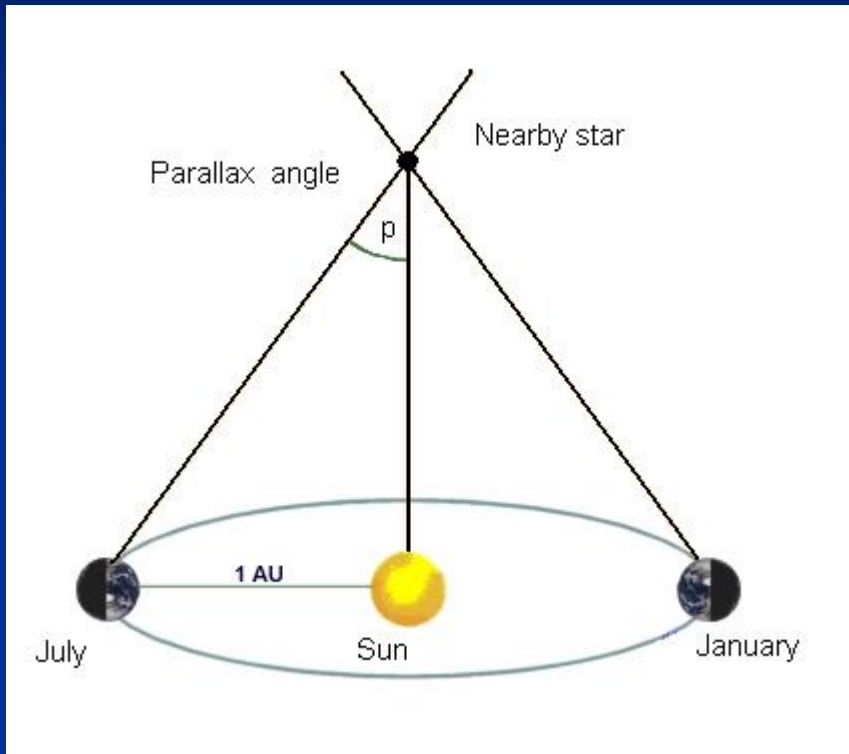


1 Foglalkozás: A parallaxis szemléltetése



- Nyújtsuk ki az egyik karunkat magunk elé, a hüvelykujjunktat felfele tartva
- Először csak a bal, majd a jobb szemeden keresztül szemléld a háttérret. Mit veszel észre?
- Most ismételd meg az eljárást úgy, hogy az ujjod az orrod magasságában van. Mit veszel észre?

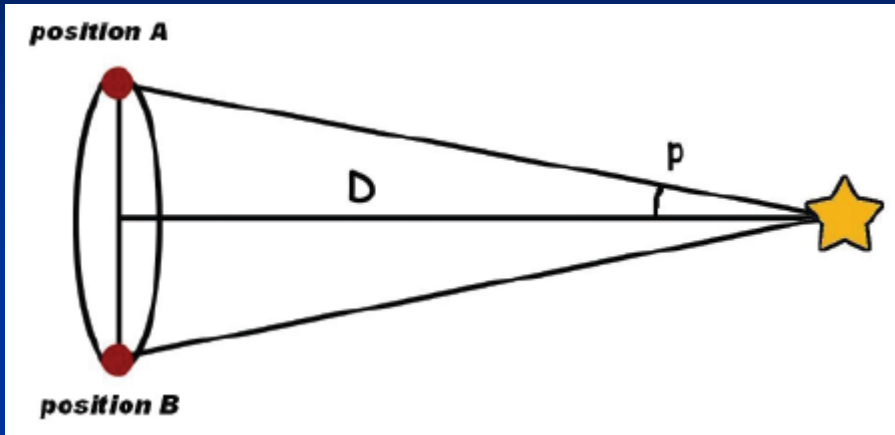
Parallaxis



Forrás: Columbia University.

- A parallaxis a testek egymáshoz viszonyított helyzetének változása eltérő irányokból nézve.
- A Földről nézve fél év alatt a közeli csillagok helyzete változik
- Ezzel a módszerrel számítható ki a közeli csillagok távolsága

Parallaxis



$$D = \frac{AB/2}{\tan p} = \frac{AB/2}{p}$$

$$D \cong \frac{150\,000\,000}{2\pi/(360^\circ \times 60 \times 60)} = 30\,939\,720\,937\,064 \text{ km} = 3,26 \text{ l.y.}$$

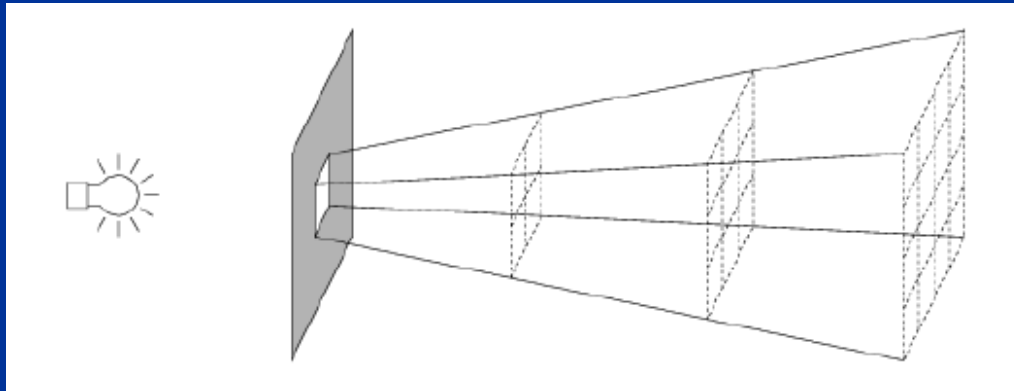
1 parszek = 3,26 fényév

$$d = 1/p$$

2. Foglalkozás: Az inverz négyzetes törvény

A csillagok minden irányba bocsátanak ki elektromágneses sugárzást.

Egy D távolságon levő csillag intenzitását (I) úgy kapjuk meg, hogy a csillag luminozitását (L -erő típusú mennyiség) elosztjuk a D sugarú gömb felszínével



$$I = \frac{L}{4\pi D^2}$$

2. Foglalkozás: Az inverz négyzetes törvény

Ha megkészezzük a távolságot a megvilágított felület négyszer lesz nagyobb, a fény intenzitása (egységnyi felületen áthaladó sugárzás erőssége) pedig négyszer kisebb lesz.

A fény intenzitása fordítottan arányos a fényforrás távolságának négyzetével.



Magnitúdó-skála

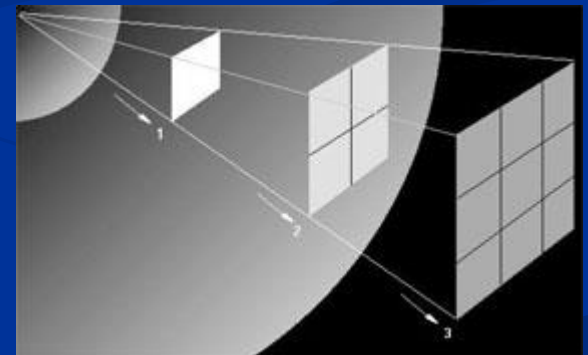
A különböző csillagok különböző fényességűek.

Lehet, hogy az égen a legfényesebb csillagnak, kicsi a luminozitása, viszont közel van hozzánk.

Azonban az is meglehet, hogy nagy a luminozitása, de messze van tőlünk.

A fényesség meghatározása:

$$B = \frac{L}{4\pi D^2}$$



Magnitúdó-skála

Hipparkhosz Nikaiában született (a mai Törökország területén) Kr.e 190-ben.

Ma úgy tartják, hogy Rodosz szigetén halt meg (Görögország) Kr.e 120-ban.

Kb. Kr.e 125-ben alkotta meg a csillagok fényességének skáláját, a magnitúdóskálát.



Magnitúdó-skála

Hipparkhosz besorolása szerint 1-es magnitúdójúak a legfényesebb csillagok, az ennél halványabbak a 2-es magnitúdójúak, és így tovább egészen 6-os magnitúdóig, ezek a csillagok voltak a szabad szemmel még épp látható csillagok.

A skálát napjainkban is használjuk (némi változtatással, de az elv ugyanaz): minnél nagyobb a magnitúdó, annál halványabb a csillag.

A csillagok magnitúdója alatt, a csillagok fényességét értjük.



Magnitúdó-skála

1850-ben Robert Pogson azt javasolta, hogy öt magnitúdónyi csökkenés 100-szoros sugárzási áramot jelentsen.

Ez a magnitúdó-skála meghatározása, amelyet napjainkban használnak a csillagászok.



Pogson törvény

Számolás szempontjából hasznos, hogy az összefüggéshez a logaritmus skálát használjuk:

$$2,5 * \lg (B_1/B_2) = m_2 - m_1$$

Például:

- A Szíriusz magnitúdója -1,5 (ő az északi égbolt legfényesebb csillaga)
- A Vénusz magnitúdója -4
- A Hold magnitúdója -13
- A Nap magnitúdója -26,8



Látszó és abszolút magnitúdó

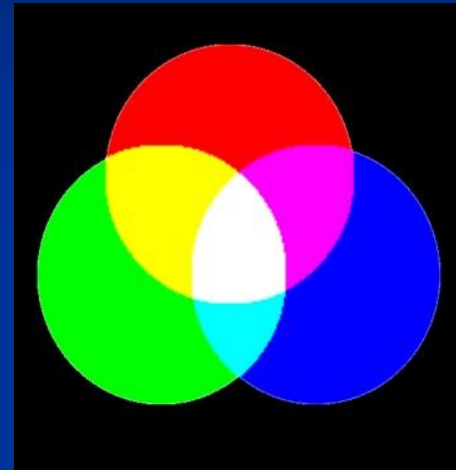
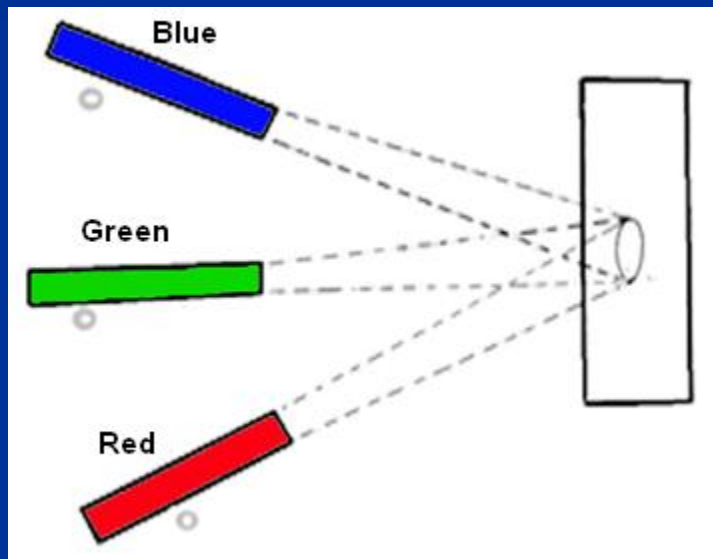
- Egy fényes, de távoli csillag látszó fényessége (m) lehet ugyanannyi, mint egy közelebbi, de halványabb csillagé.
- A csillagászok kidolgozták az abszolút magnitúdó fogalmát (M), ami azt mutatja meg, hogy 10 parszek (36 kb. fényév) távolságból milyen fényesnek látnánk egy adott csillagot.
- Az abszolút magnitúdó segítségével össze tudjuk hasonlítani a csillagok valódi és látszó fényességét.
- A matematikai összefüggés m és M között:

$$M = m + 5 - 5 \lg d$$

ahol d a csillag távolsága

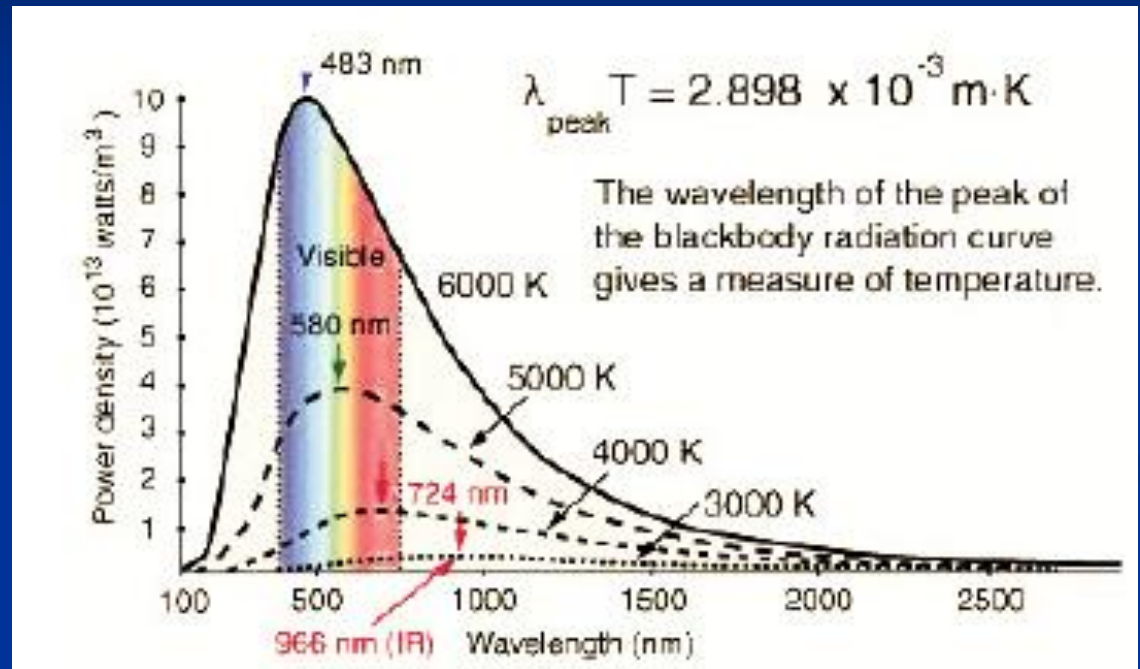
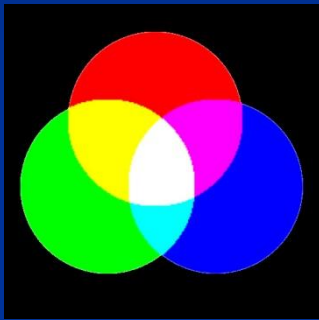


3. Foglalkozás: A csillagok színei



3. Foglalkozás: A csillagok színei

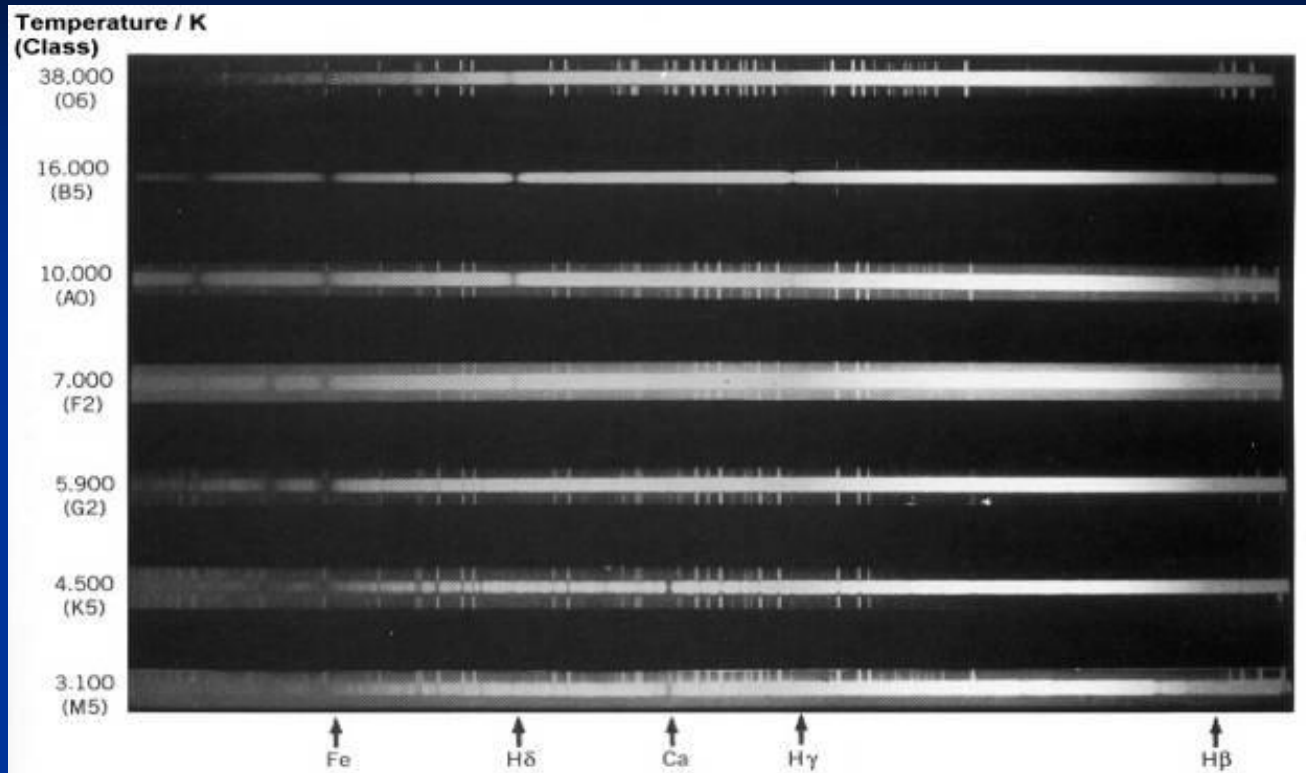
Hőmérsékletüktől függően a csillagok különböző színűek.



A közepes-hőmérsékletű csillagok sugárzási tartománya a zöld fény hullámhosszával egyezik meg. Ugyanakkor ezek a csillagok kék és vörös színnek megfelelő hullámhosszú fényt is kibocsájtanak. Ezeket összességében fehérnek érzékeljük.

Ezért nincsenek zöld csillagok! 😊

Színképosztályok



Összefüggés a csillagok színképosztálya, színe és hőmérséklete között

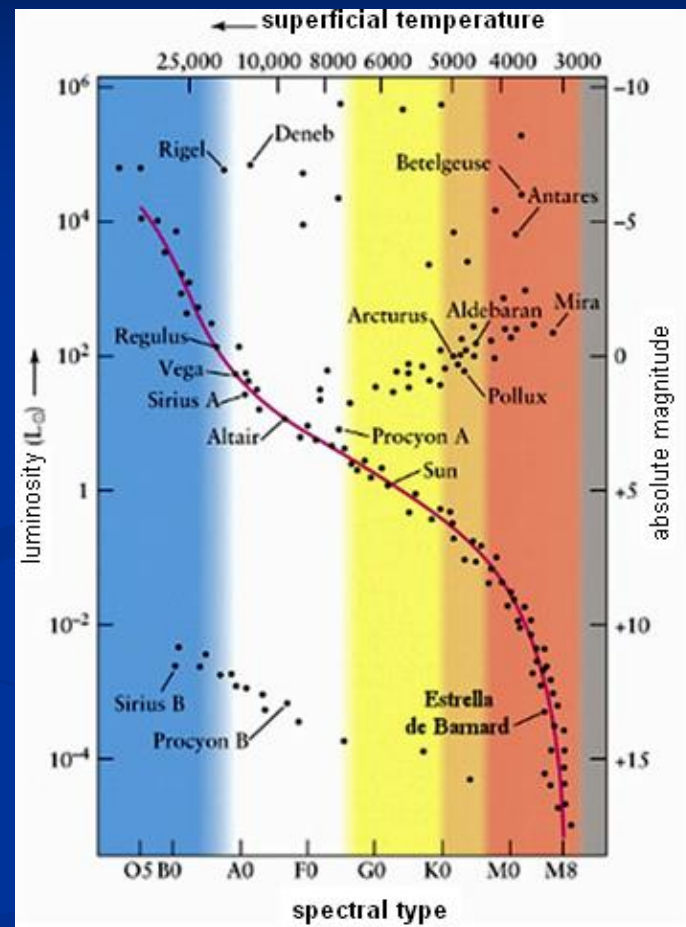


Hertzsprung-Russell diagram

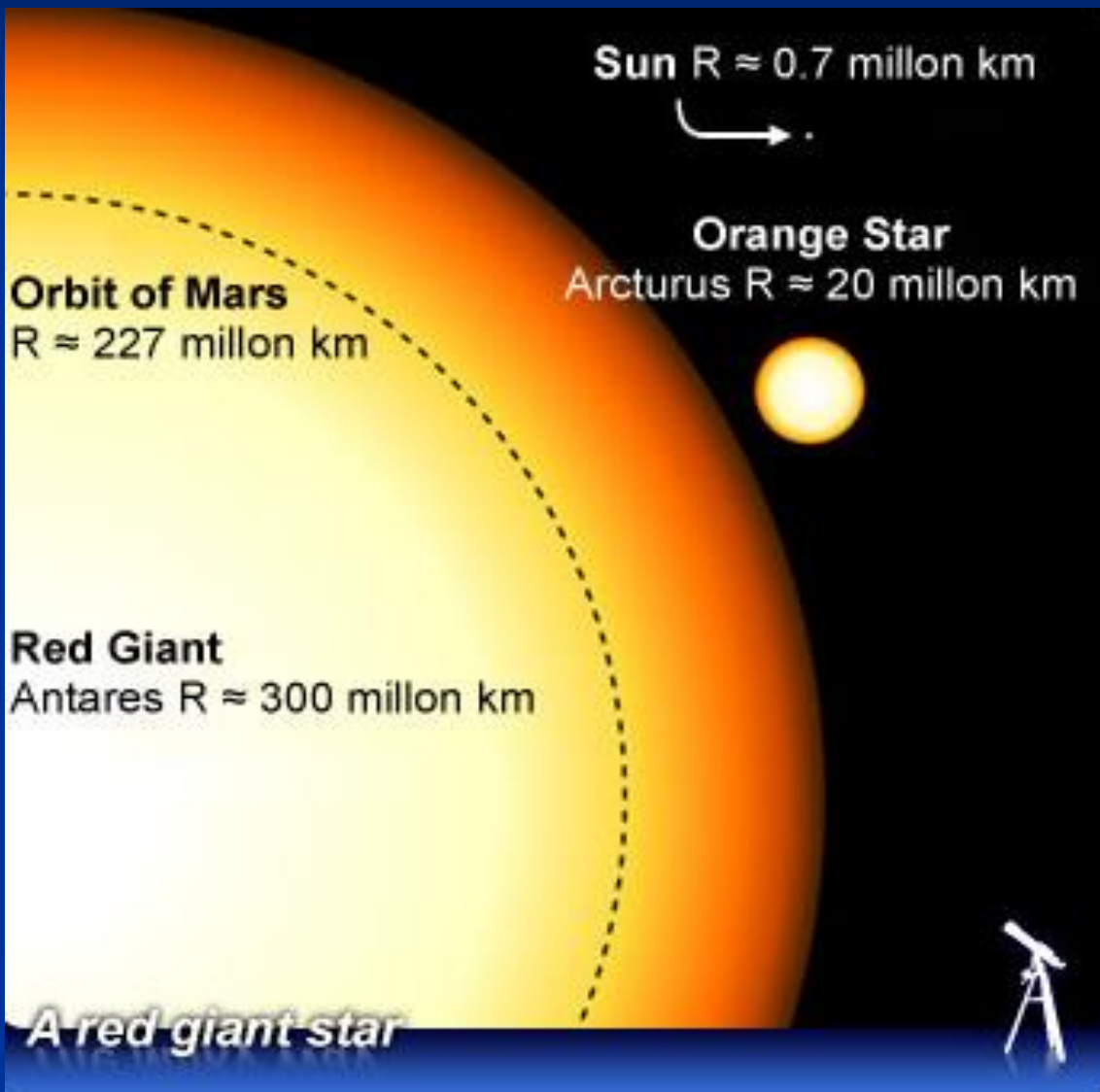
A csillagokat a felszíni hőmérsékletük és az abszolút fényességük alapján egy diagramon ábrázolhatóak.

Általánosságban a csillagoknak jól meghatározott helyük van a diagramon.

A csillag helye segít meghatározni a típusát és azt, hogy éppen melyik fejlődési szakaszban van.



A vörös óriáscsillagok fejlődése



A csillagok tömegüktől függően különböző módon fejlődnek.

A fehér törpecsillagok fejlődése



A kisebb tömeggel rendelkező csillagok, mint a Napunk, életük végén fehér törpévé válnak. Ez egy olyan módja a csillagok „halálának”, ami nem jár katasztrofikus eseményekkel (pl. robbanás)



Hélix-köd



Credit: NASA / ESA / HST

A köd központi csillaga (fehér pötty a képen) egy fehér törpe, egy „halott” csillag, ami már nem termel energiát fúziós reakciók útján. Azért látjuk fehérnek, mert nagyon magas a felszíni hőmérséklete.



Macskaszem-köd



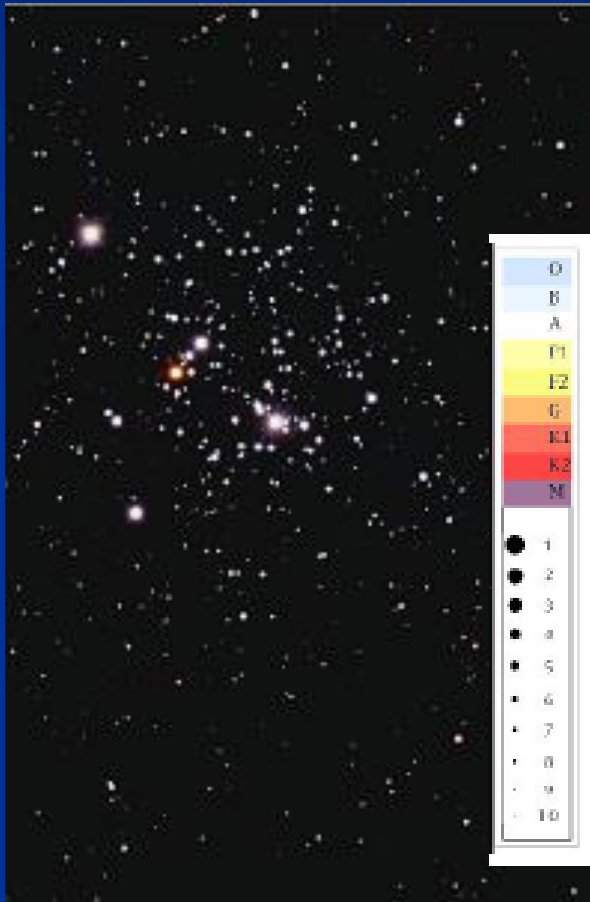
A Macskaszem-köd egy páratlan szépségű planetáris-köd. A két képen ugyanaz az objektum látható, a bal oldali képen látható tartományban (Hubble űrtávcső felvétele), a jobb oldali pedig röntgen tartományban (Chandra űrtávcső felvétele) lett megörökítve.

4. Foglalkozás: A nyílthalmazok életkora

Egy csillaghalmaz korát úgy lehet meghatározni, hogy a HR diagramját olyan csillaghalmazok HR diagramjával hasonlítjuk össze, amelyeknek ismert az életkora.



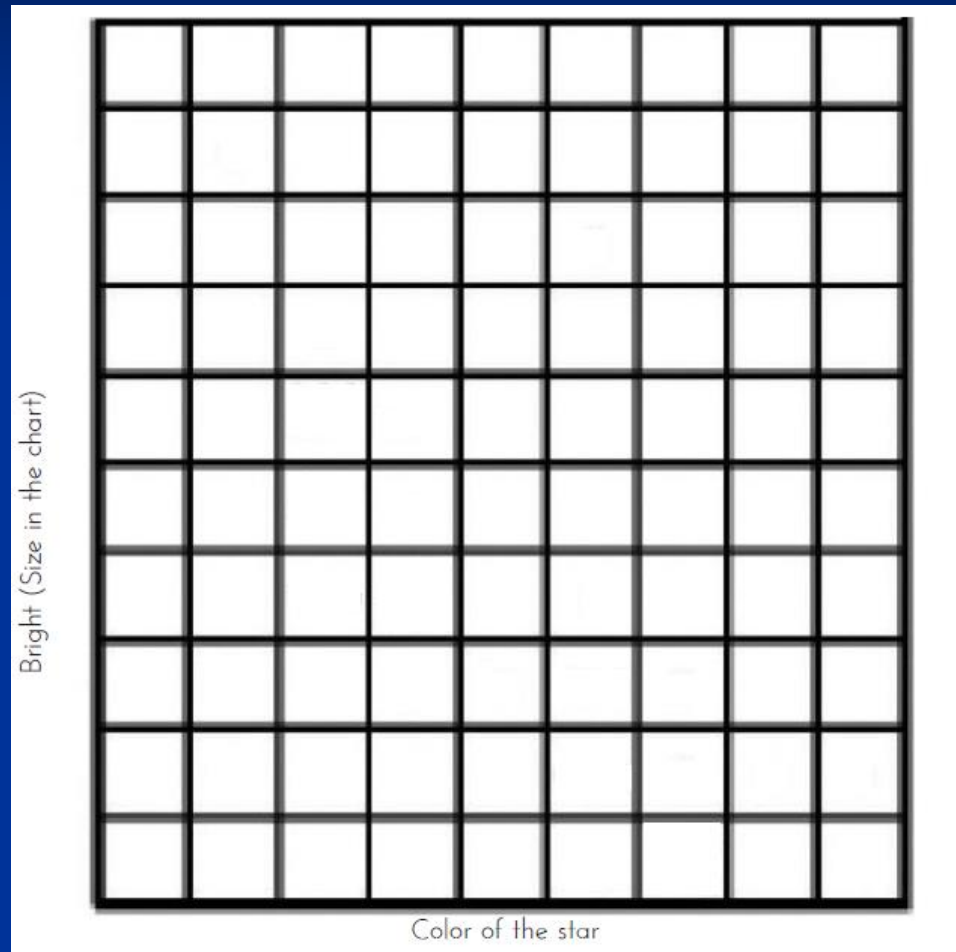
4. Foglalkozás: A nyílthalmazok életkora



- Rajzoljunk egy 4 cm-es négyzetet a csillaghalmoz középpontjába
- Mérjük meg a csillag fényességét úgy, hogy a csillag méretét a mellékelt ábrán levő pöttyökhöz hasonlítjuk.
- Becsüljük meg a csillag színét a mellékelt színskála segítségével.

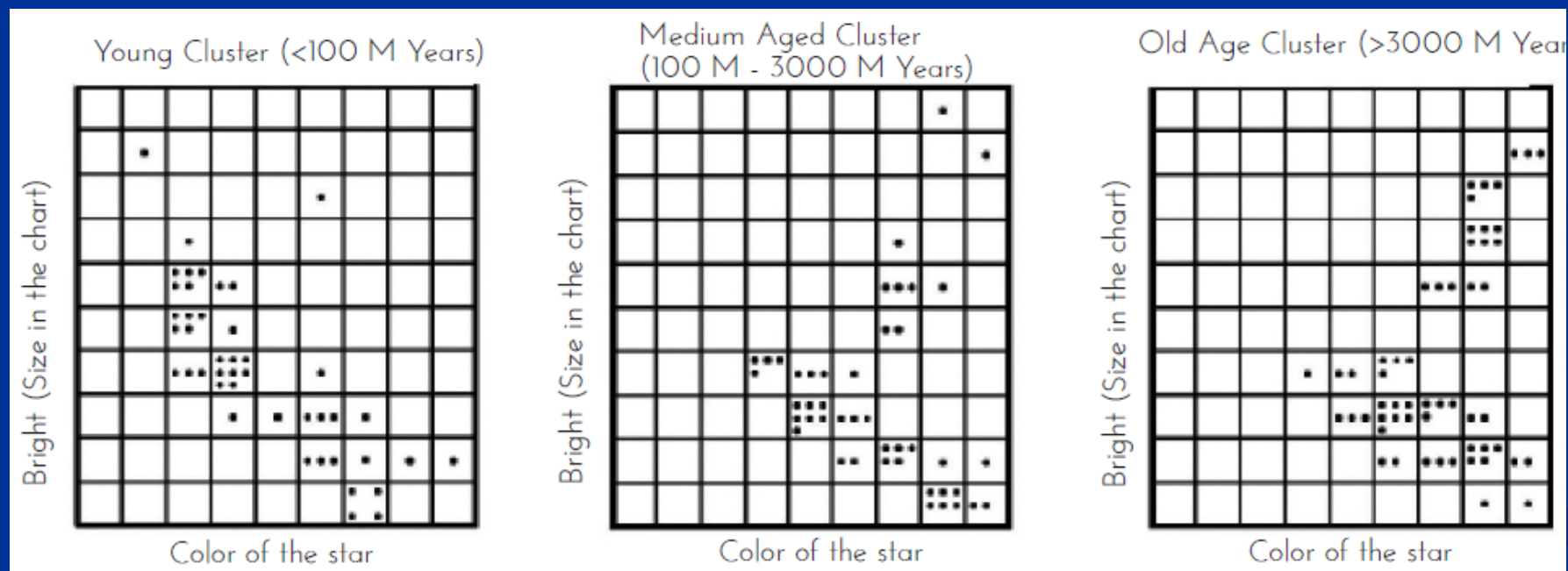
4. Foglalkozás: A nyílthalmazok életkora

- Helyezzük el a csillagot a mellékelt rácson.
- Ismételjük meg az eljárást más csillagokkal.

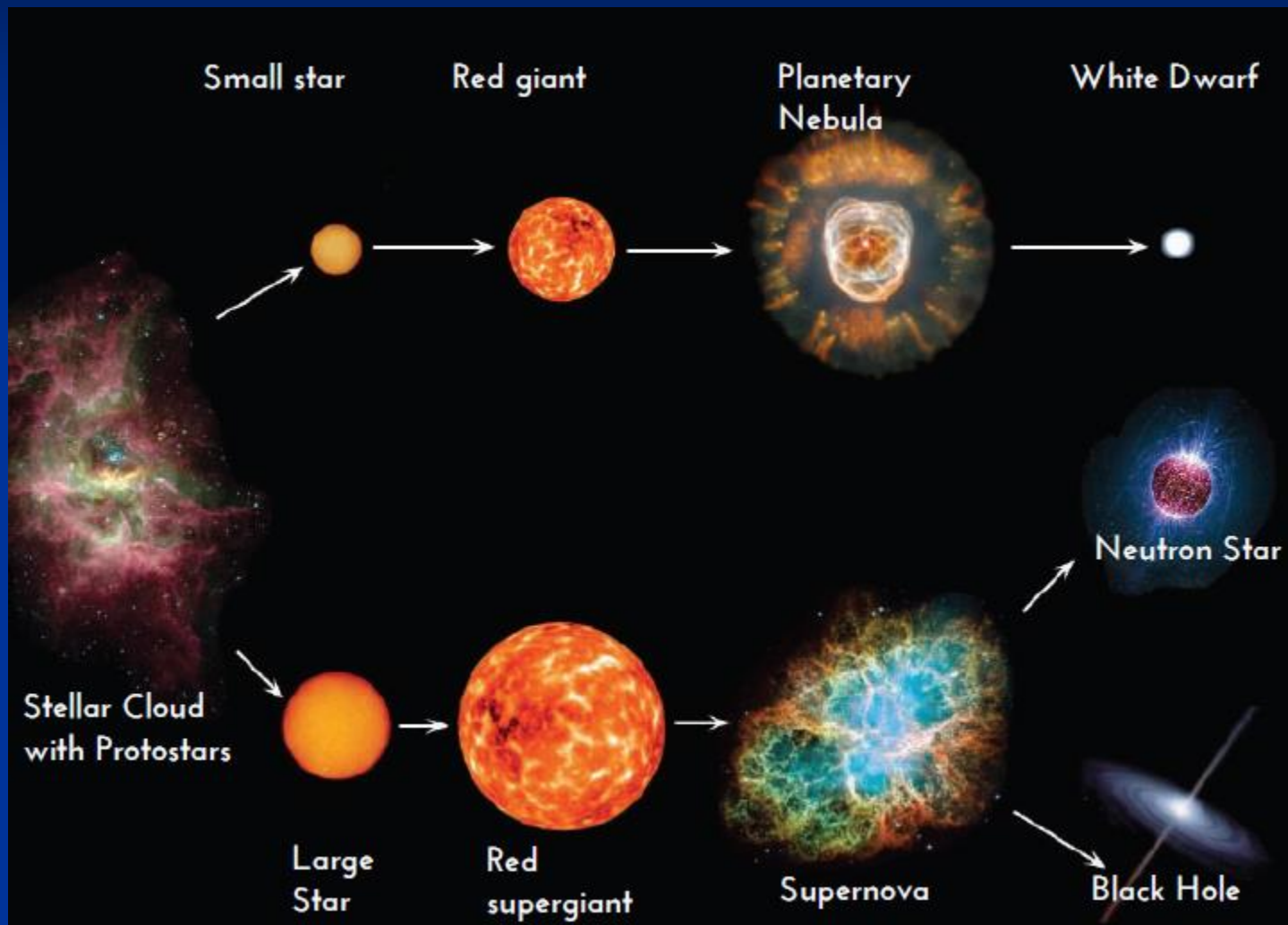


4. Foglalkozás: A nyílthalmazok életkora

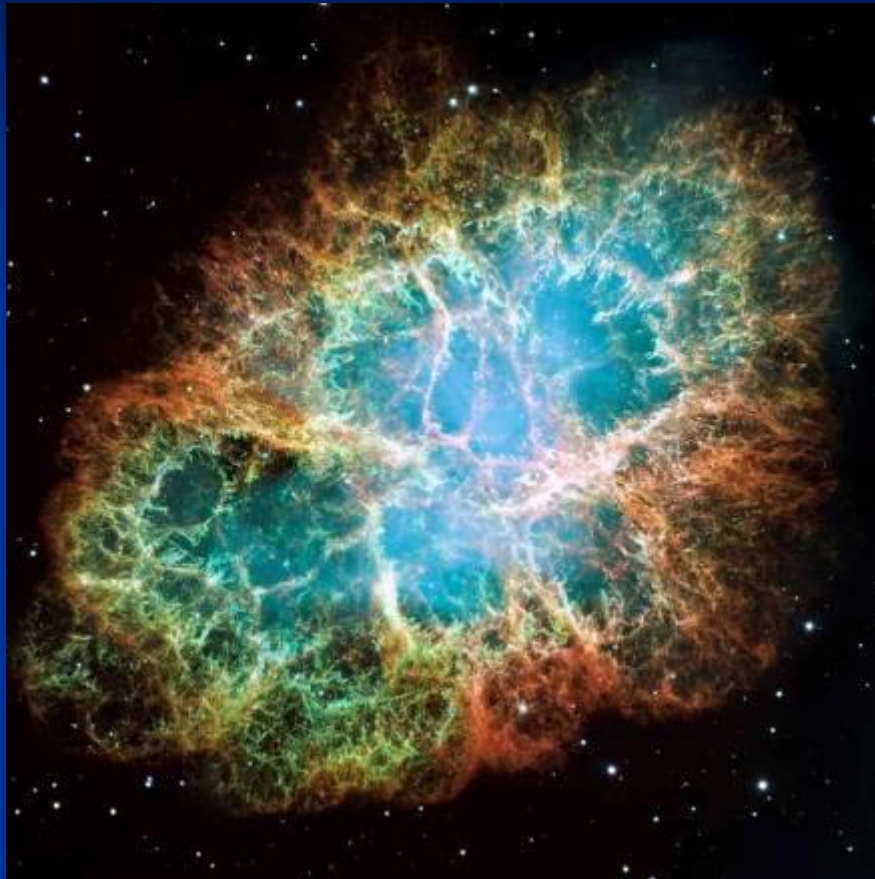
Hasonlítsuk össze a kész diagramot az alábbiakkal.
Mennyire idős az általunk vizsgált nyílthalmaz?



Egy csillag élete a tömegének függvényében



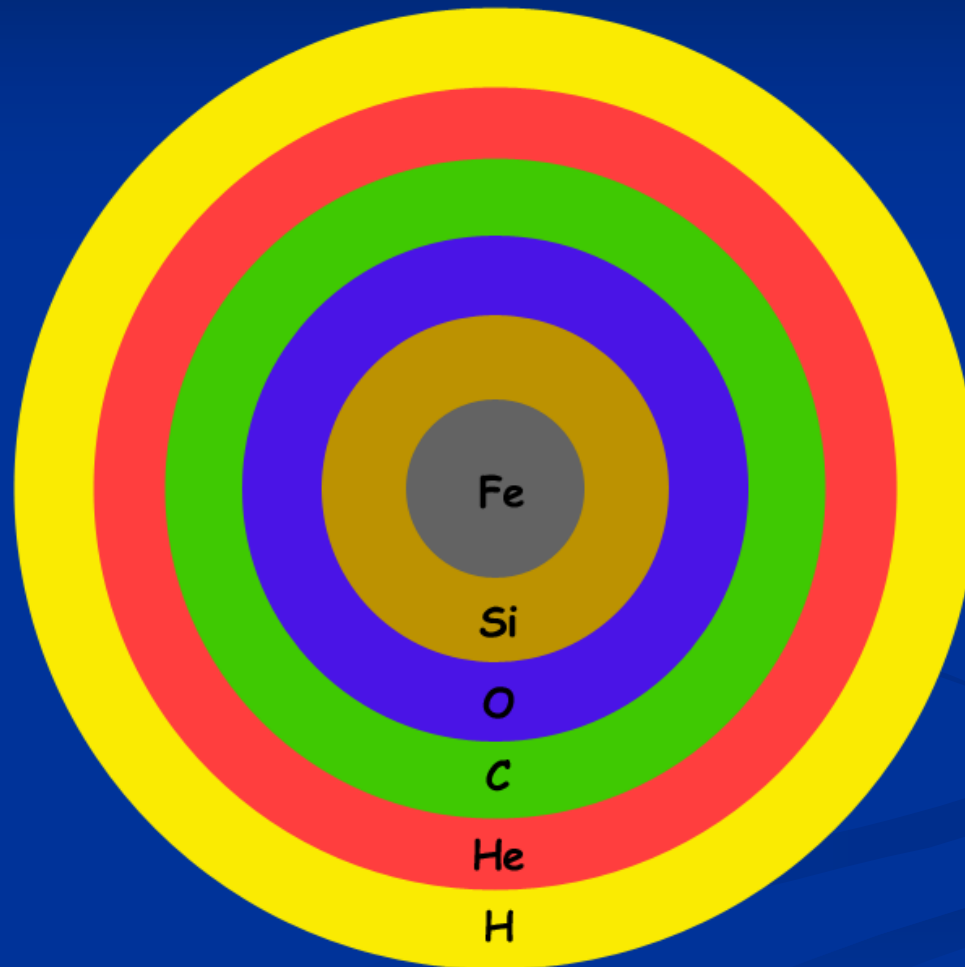
Nagy tömegű csillagok halála

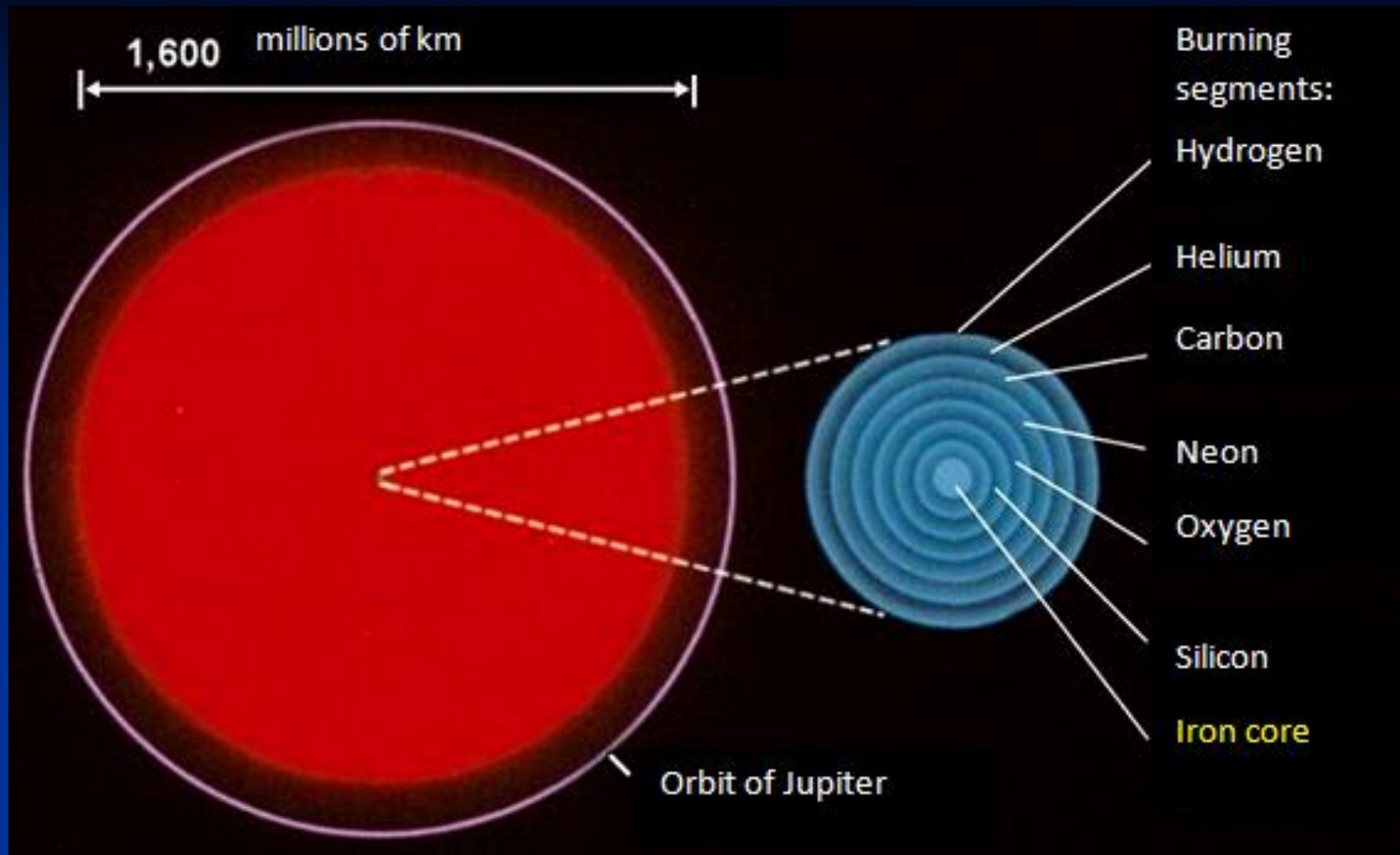


M1: A Rák-köd, a Bika csillagképben egy olyan szupernóva-maradvány, amelyet i.u. 1054-ben jegyeztek fel.



Egy nagytömegű csillag felépítése, szupernóva robbanás előtt





Egy nagytömegű csillag felépítése,
szupernóva robbanás előtt



Egy 20 naptömegű csillag élete:

- 10 millió évig olyan fúziós reakciók mennek végbe, amely a hidrogént héliummá alakítja (főszorozat)
- 1 millió évig héliumot használ el
- 300 évig szenet használ el
- 200 napig oxigént használ el
- 2 napig szilíciumot használ el: ezután bekövetkezik a szupernóva robbanás



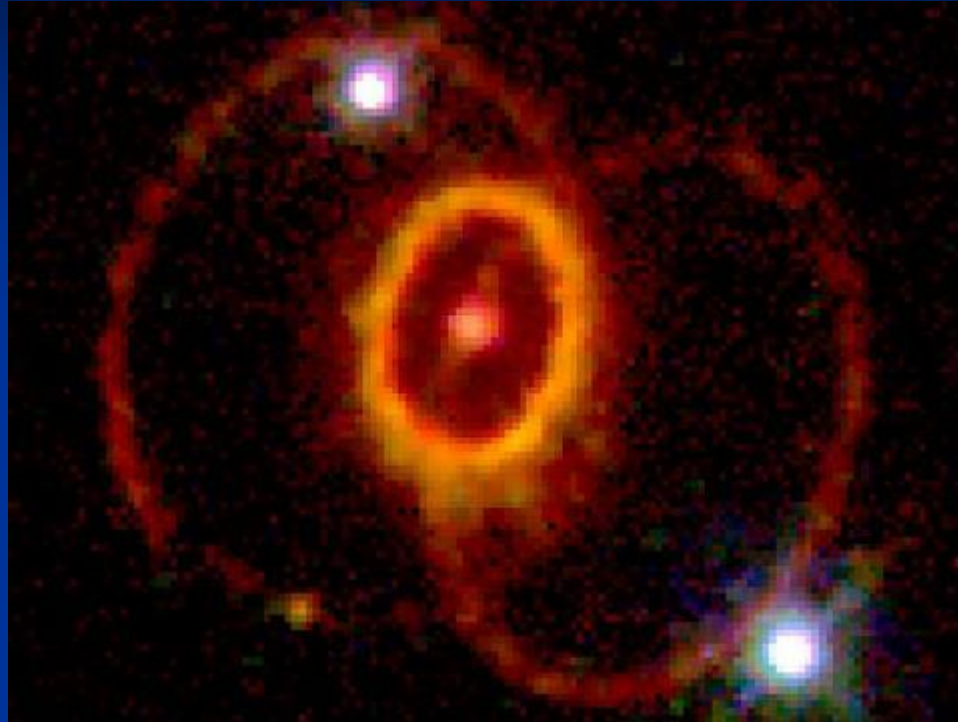
1987A szupernóva



A 1987A jelű szupernóvát 1987-ben észlelték a Nagy Magellán Felhőben. A Nagy Magellán felhő 168000 fényévre helyezkedik el Földünktől.



A 1987A szupernóva 10 évvel később



A szupernóva-robbanás után az anyag nagyon nagy sebességgel távolodik el a csillagtól.

Az alábbi kép az SN 1987A-ról 1997-ben készült a Hubble űrtávcső által.





Egy példa egy távoli galaxisban történő szupernóva-robbanásra. Átlagban évszázadonként minden galaxisban történik egy szupernóva-robbanás.

A Tejút-galaxisban az utóbbi négyszáz évben nem jegyezték fel szupernóva robbanást.



5. Foglalkozás: Szupernóva-robbanás szemléltetése

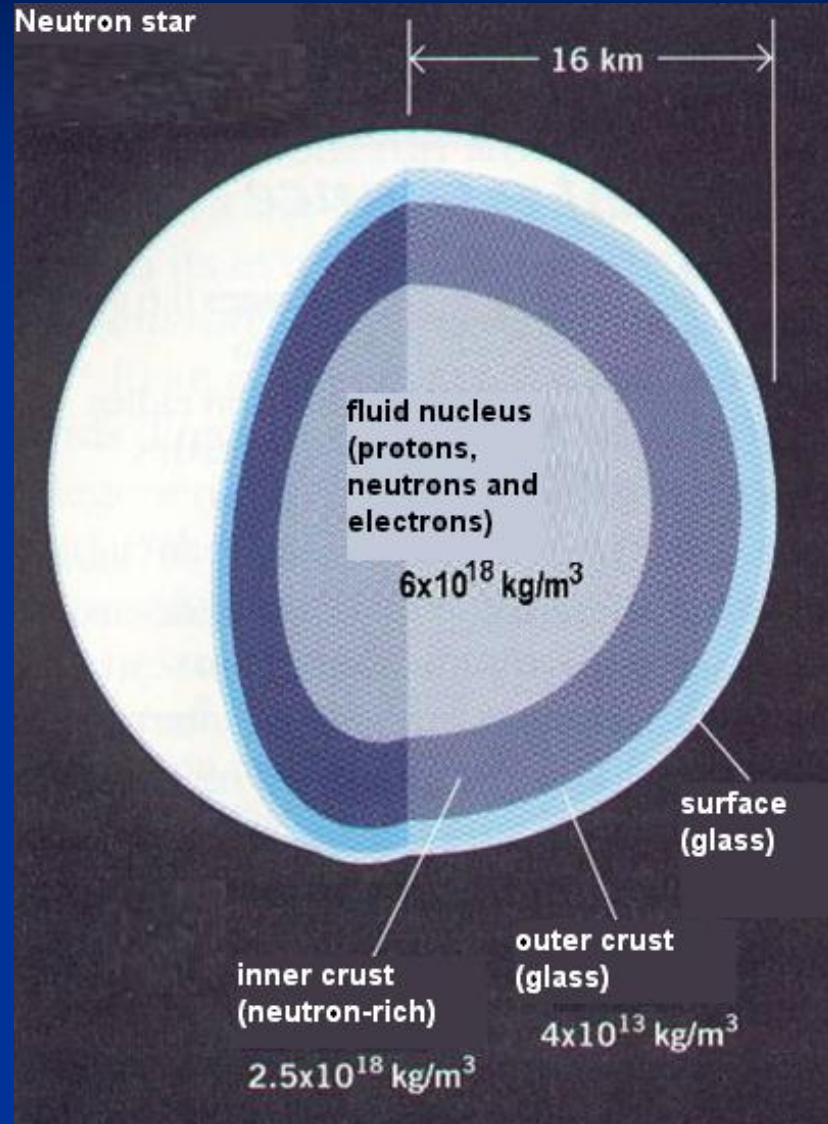
Amikor a csillag szupernóva-robbanást szenved el a könnyebb atomok a külső rétegekből belezuhannak a csillag belsejébe, ahol ütköznek a nehezebb atomokkal. Ezután pedig visszapattannak a szilárd csillagmagról.



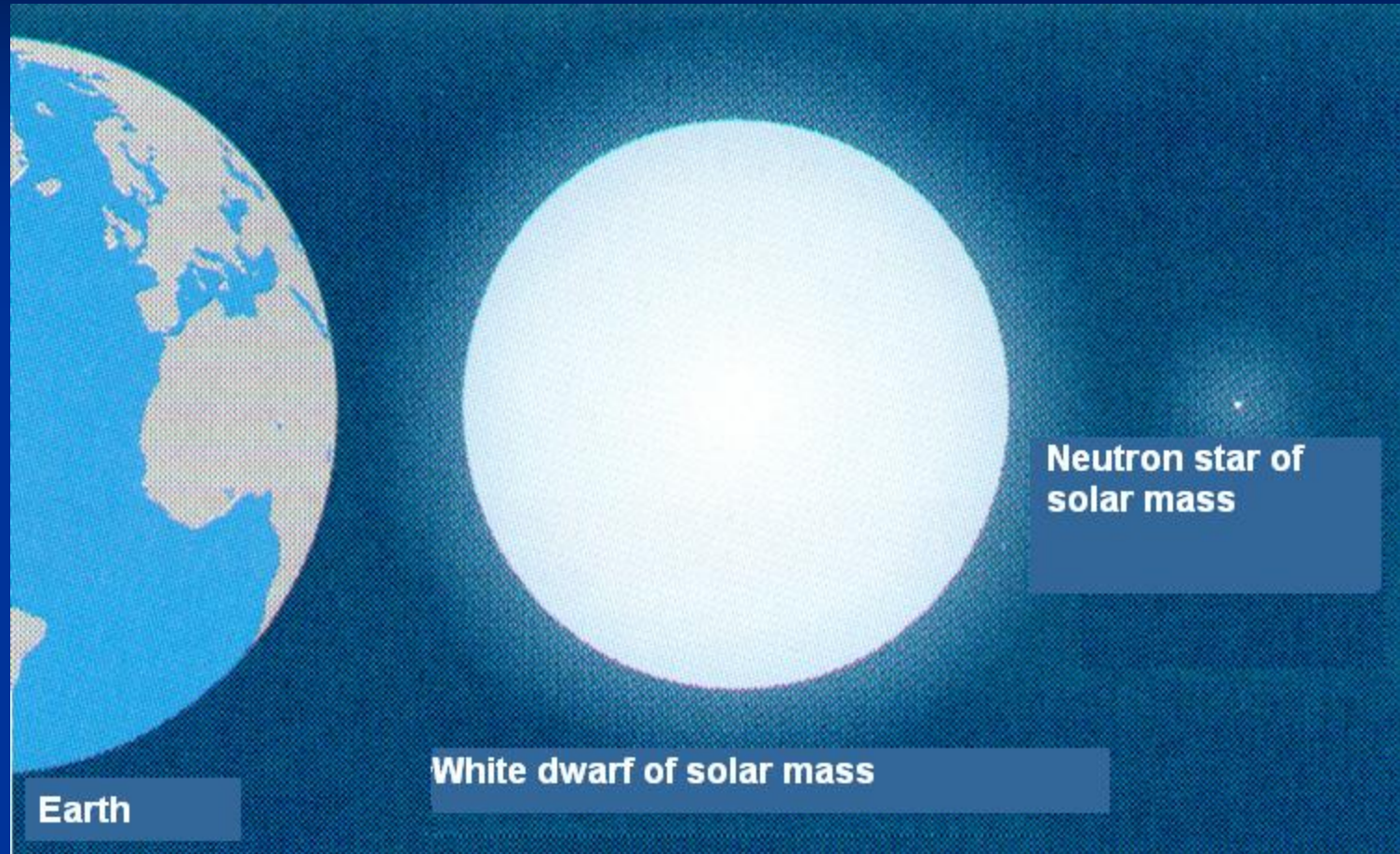
Az alábbi modellben, a föld képezi a neutroncsillag szilárd magját. A kosárlabda szemléltet egy nehéz atomot, a teniszlabda pedig, egy könnyű atomot, ami a csillag külső héjából indul.

Neutroncsillagok

A nagytömegű csillagok életük végén neutroncsillagokká vagy pulzárrá is válhatnak.



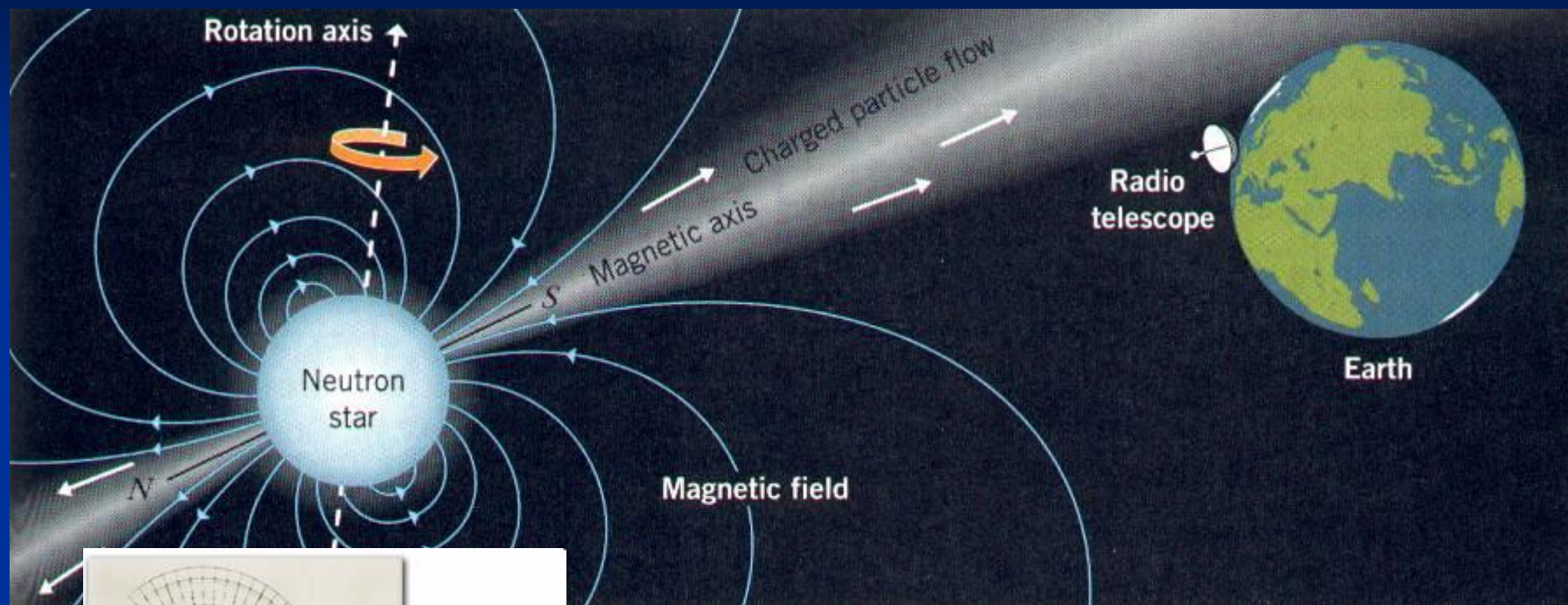
Neutroncsillagok



Méretbeli összehasonlítás



Pulzárrok



Így nézhet ki a Földről a sugárzás,
amelyet egy neutroncsillag bocsájt ki

Jocelyn Bell Burnell, fedezte fel
a pulzárrok 1967-ben



6. Foglalkozás: A pulzárok szemléltetése

A pulzár egy nagyon gyorsan forgó neutroncsillag, ami mágneses térrel rendelkezik.

A mágneses pólusokról érkező röntgensugarak a tengelyforgás miatt egy távoli megfigyelő számára periodikus pulzálásként látszanak. A pulzálás csak akkor lép fel, ha a mágneses tengely nem esik egybe a forgási tengellyel.



Mounting



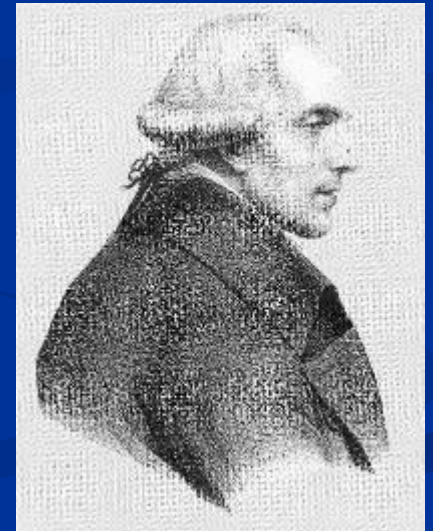
Turning



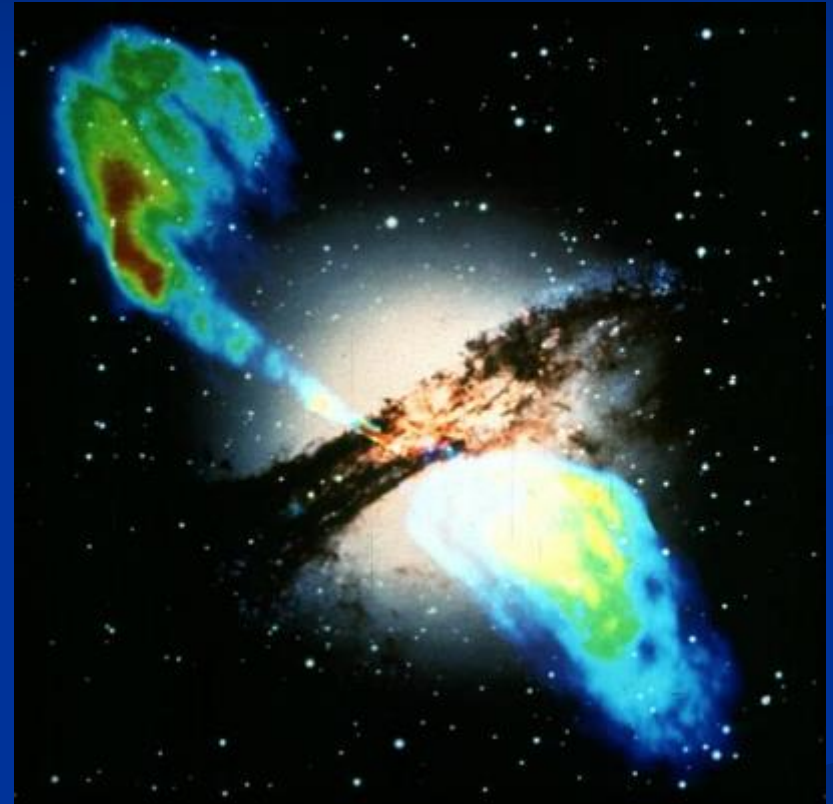
A fekete-lyukak

John Mitchell és Simon Laplace vetették fel, hogy egy elegendően nagy tömegű, de kis méretű csillagnak olyan erős lenne a gravitációs tere, hogy a felszínéről semmi sem tudna elszakadni

Ha egy csillag a saját gravitációja által egyre összébb húzódik, akkor a szökési sebesség egyre nagyobb lesz, míg eléri a fény sebességét, vagyis az ilyen objektum közeléből a fény sem tud távozni. Ezeket az optikai tartományban láthatatlan csillagokat nevezték el később fekete-lyukaknak.



Csillagfejlődés: A fekete-lyukak



A galaxisok közepén nagyon nagy tömegű fekete lyukak vannak.

7. Foglalkozás: Hogyan modellezzük a tér görbületét?

Szükségünk van egy rugalmas anyagra és egy vízzel töltött lufira



A teniszlabda nem egyenesen, hanem görbült úton fog haladni

7. Foglalkozás: Hogyan modellezzük a tér görbületét?

Géz vagy más hálós anyag is használható. Minél inkább nyújtjuk a hálós anyagot annál mélyebb lesz a középponti mélyedés. (ez már fekete-lyukhoz hasonlít)



Köszönöm a
figyelmet!