Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia
Szakkör 2016-2017
3. Asztrofizika II. és Műszerismeret

Dálya Gergely, Csörnyei Géza, Bécsy Bence

2016. november 26.

1. Bemelegítő feladatok

B.1. feladat

A Gaia űrtávcsövet 2013. decemberében bocsátotta fel az Európai Űrügynökség (ESA). Az űrtávcső a Nap-Föld rendszer L2-es Lagrange pontjában kering, és célja a Tejútrendszerbeli csillagok különböző adatainak pontos megmérése. A csillagok éves parallaxisát $0,02$ mas pontossággal képes megmérni. Milyen távol van az a legtávolabbi csillag aminek még meg tudja mérni a távolságát? Becsüljük meg, hogy a műszer $0,5$ m $\times$ 1 m-es, 1 gigapixeles, 106 CCD-ből álló detektorának egyetlen pixelén egy ilyen távoli csillagból hány foton halad át 1 s alatt!
(Előző szakkörről)

B.2. feladat

Mennyi idő alatt éri szemünket ugyanannyi fény a Vegából, mint a Napból 1 másodperc alatt? A Vega látszó fényessége $m_V = 0,03^m$, a Napé $m_\odot = -26,74^m$.

B.3. feladat

Határozzuk meg a Deneb ($m = 1{,}25^m$, $\pi = 2.29$ mas) luminozitását, ha tudjuk, hogy a Nap luminozitása $3{,}846 \cdot 10^{26}$ W, abszolút fényessége pedig $4{,}83^m$!

B.4. feladat

Bence távcsöve egy 76/900-as Newton, vagyis az objektív fókusztávolsága 900 mm, átmérője pedig 76 mm. Zsombornak viszont egy sokkal drágább műszere van, egy 150/1200-as Skywatcher. Ha mindketten ugyanazt a 12 mm-es fókusztávolságú Plössl okulárt használják, mekkora az általuk elérhető nagyítások aránya? Mekkora a két távcső fényereje?

B.5. feladat

Mekkora legyen egy 21 cm-es hullámhosszon érzékeny rádiótávcső antennájának átmérője, hogy annak szögfelbontása megegyezzen egy 15 cm átmérőjű tükrös távcsőével? Miért érdekes a 21 cm-es hullámhossz?

2. Nehezebb feladatok

N.1. feladat

A Barnard-csillagot 2004-ben és 2014-ben is észleljük, és azt tapasztaljuk, hogy a pozíciója $51,5''$-cel megváltozott. Mennyi idő múlva lesz a Barnard-csillag a Naprendszerhez a legközelebb és ekkor mennyi lesz a távolsága? A Barnard csillag parallaxisa 545,4 mas, radiális sebessége $-110,6$ km/s.
Tanács: A gravitációs kölcsönhatást hanyagoljuk el, és vegyük úgy, hogy a Barnard csillag a Naprendszerből nézve egyenes vonalú egyenletes mozgást végez.
(Előző feladatsorról)

N.2. feladat

A PNLF (Planetary Nebula Luminosity Function) egy távolságmérési módszer, melynek lényege, hogy a megfigyelések szerint a környező galaxisokban a planetáris ködök fényessége felülről korlátos; azaz van egy érték amelynél a ködök nem lehetnek fényesebbek és ez az érték minden galaxisra ugyanannyi. A mérések alapján ez a maximális abszolút fényesség $M^* = -4,48$. Az elmélet fontos részét képezi az is, hogy a különböző galaxisokban a planetáris ködök számának abszolút fényesség szerinti eloszlása leírható az

$$N(M) \sim e^{0.307M}(1 - e^{3(M^*-M)}) \tag{1}$$

képlettel, ahol M az abszolút magnitúdó. Ez a képlet a látszó magnitudókra is teljesül, mivel az észlelt planetáris ködöket azonos távolságban látjuk. Azonban ekkor m^*-ba már nem helyettesíthetjük be a fent említett maximális fényességértéket. A kettő képlet között a különbség csak egy állandó értékű szorzó lesz. Ha egy galaxisra meg tudjuk határozni az m^* értéket (a maximális fényességű planetáris köd látszó fényességét), akkor ennek segítségével, és a távolságmodulus képlet használatával ki tudjuk számolni a galaxis távolságát.

Az NGC55 jelű galaxisban mérték a planetáris ködök számának fényesség szerinti eloszlásának vizsgálatakor $m_1 = 22.90^{mg}$ fényességű planetáris ködből 3-at, $m_2 = 23.38^{mg}$ fényességűből 5-öt észleltek. Milyen távol van a galaxis, feltételezve, hogy ezen értékek pontosan illeszkednek a galaxis PNLF függvényére?

Tanács: A fentiek szerint arányosság áll fenn a ködszám és a függvény között, az arányossági tényező nem ismert, de egy galaxisra ugyanaz, így ha képezzük két ilyen kifejezés hányadosát, akkor ez az ismeretlen állandó ki fog esni! A két egyenletben az m^* ugyanaz.

N.3. feladat

A Nap becsült fősorozaton töltött ideje 10 milliárd év. Becsüljük meg ezt az időt egy olyan csillagra, amelynek tömege 5 $M_\odot$!
Tanács: Használjuk fel a tömeg-luminozitás relációt, amely szerint $L \propto M^{3,5}$!

N.4. feladat

A Vénusz -4,6^m maximális fényességével a legfényesebb bolygó. Azonban albedója mindössze $\alpha = 0,65$. Számítsd ki, hogy mennyi lenne a fényessége ha a rá eső fényt teljesen visszaverné, azaz ha albedója 1 lenne.

N.5. feladat

Mekkora legyen minimum az általunk használt távcső objektívjének fókusztávolsága, ha azt szeretnénk, hogy a Nap képe mindig ráférjen a szokványos 22×16 mm-es CCD chipre?

3. Diákolimpia szintű feladatok

D.1. feladat

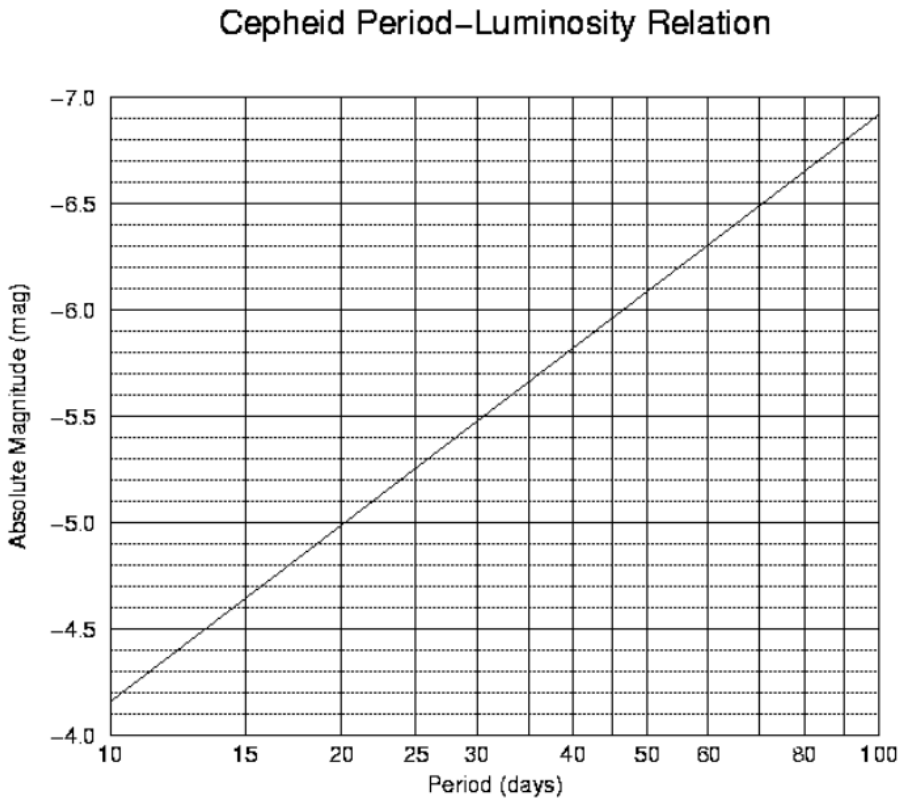
Legyen egy csillagrendszer olyan, hogy 1 db 1 magnitudós, 2 db 2 magnitudós, stb. csillag van benne egészen odáig, hogy 5 magnitudós csillagból 5 van a halmazban. Mekkora az összfényessége a rendszernek? *Extra kérdés: Mekkora lenne a rendszer fényessége ha folytatnánk, úgy hogy n db n magnitudós csillag van, és n-nel tartanánk a végtelenhez?*

D.2. feladat

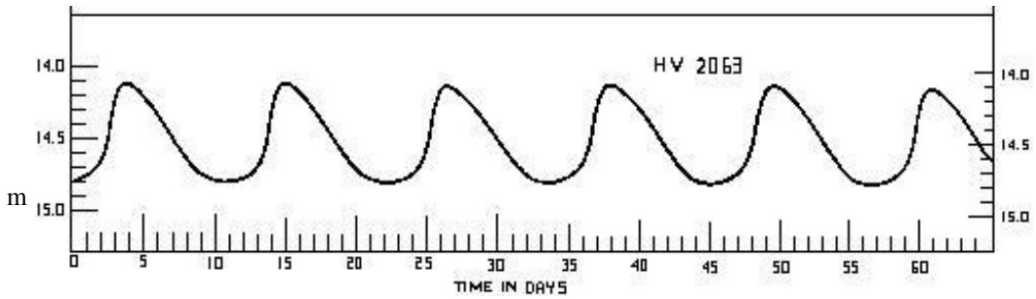
Az M74 spirálgalaxis vizuális fényessége 9,2^m. (a) Becsüljük meg a galaxis felületi fényességét, ha tudjuk, hogy a galaxisra lapjáról látunk rá és látszó átmérője $d = 10'$.
Tanács: Tételezzük fel, hogy a galaxis fényességeloszlása egyenletes.
(b) Tegyük fel, hogy a galaxis fényét a Napunkkal azonos felszíni hőmérsékletű csillagok sugárzása adja. Becsüljük meg ekkor, hogy a csillagok a mögöttük lévő égterület mekkora részét „takarják ki". A nap Földről látszó szögátmérője 30', fényessége -26.74^m.
Tanács: Gondoljuk meg, hogy a felületi fényesség hogyan függ a távolságtól.

D.3. feladat

A 1. ábra a klasszikus cefeidákra érvényes periódus–fényesség relációt mutatja. A 2. ábrán egy Lokális Csoport-beli galaxisban észlelt cefeida fénygörbéje (látszó fényesség az idő függvényében) látható. (a) A két ábra felhasználásával becsüld meg a cefeida tőlünk mért távolságát. (b) Ismételd meg a becslést azt feltételezve, hogy a cefeida irányában a csillagközi extinkció értéke $A = 0,25^m$



1. ábra: Periódus–luminozitás reláció



2. ábra: Fénygörbe

D.4. feladat

Gergő szeretne egy 15 cm átmérőjű tükrös távcsövet készíteni. Kulin György hagyományait követve a főtükröt saját kezűleg szeretné kicsiszolni. Milyen mélyre kell a tükör anyagába csiszolnia a tükör közepén, hogy 2 m fókusztávolságú távcsövet kapjon?
Gergő megelégszik a gömbtükör nyújtotta képi minőséggel, ezért nem foglalkozik paraboloid tükör csiszolásával.