



Athletica Galactica

Kárpát-medencei Középiskolai
Csillagászati és Asztrofizikai Verseny

2021/2022

II. FORDULÓ

2021. NOVEMBER 23.

15:00–17:00

VERSENYZŐ
KÓDJA / ÉVFOLYAMA

..... /

(A KÓDODAT MINDEN OLDAL TETEJÉN ADD MEG!)

ELÉRT PONTSZÁM: / 100

I. Tesztkérdések (IGAZ/HAMIS)

10 p

Jelöld \times -szel a helyesnek gondolt válaszokat! Figyelem! A kérdéseknél több válasz is igaz lehet, vagy akár egy sem! Kérdésenként a teljesen jó megoldás 2 pontot, legalább két jó döntés 1 pontot ér.

- a) A csillagok látszó fényessége nem csak a luminozitásuktól, a távolságuktól is függ, ezért utóbbiak összevethetőségére szolgál az abszolút fényesség. Melyik állítás igaz és melyik hamis? (2 p)

| | | |
|---|---|--|
| I | H | A 10 pc-nél távolabbi csillagok abszolút fényessége kisebb, mint a látszó fényességük. |
| I | H | A 10 pc-nél távolabbi csillagok abszolút fényessége a látszó fényességüknél nagyobb. |
| I | H | A két fényesség ismeretében meghatározható a csillag távolsága. |

- b) A cefeida típusú pulzáló változócsillagok fontos szerepet töltenek az ún. kozmikus távolságlétra felállításában. Melyik állítás igaz és melyik hamis? (2 p)

| | | |
|---|---|---|
| I | H | A cefeidák pulzációs periódusa az 500 napot is meghaladhatja. |
| I | H | Összefüggés van a pulzációs periódusuk és az abszolút fényességük között. |
| I | H | Az Androméda-ködben található cefeidákat már Edwin Hubble is vizsgálta. |

- c) A csillagszínképekben megfigyelhető vonalak Doppler-eltolódásából mozgási sebességet származtathatunk. Vöröseltolódás esetén a sebesség pozitív, ami a megfigyelő és a forrás távolodását jelzi, kékeltolódás esetén pedig negatív, azaz ekkor a megfigyelő és a forrás közeledéséről van szó. Melyik állítás igaz és melyik hamis? (2 p)

| | | |
|---|---|--|
| I | H | A hullámhossz-eltolódás a sebesség negyedik hatványával arányos. |
| I | H | Egy színképben vagy csak vörös-, vagy csak kékeltolódott vonalak fordulhatnak elő. |
| I | H | Egy színképben vörös- és kékeltolódott vonalak is előfordulhatnak egyszerre. |

- d) A csillagászat egyik legfontosabb diagramja a Hertzsprung–Russel-diagram (HRD), amely „alapváltozatában” a csillagok abszolút fényességét ábrázolja a csökkenő effektív hőmérsékletük függvényében. Melyik állítás igaz és melyik hamis? (2 p)

| | | |
|---|---|--|
| I | H | A HRD-n a fősorozati csillagok elhelyezkedése független a tömegüktől. |
| I | H | A HRD-n a csillagok nagy része jól felismerhető mintázatok mentén csoportosul. |
| I | H | A HRD-n a fehér törpék a jobb felső sarokban helyezkednek el. |

- e) Az ősrobbanás legfontosabb bizonyítéka a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás (CMB, Cosmic Microwave Background) létezése. Melyik állítás igaz és melyik hamis? (2 p)

| | | |
|---|---|--|
| I | H | A CMB hőmérséklete $\sim 7,2$ K. |
| I | H | A CMB izotrop (irányfüggetlen), hőmérsékletében fluktuáció nem figyelhető meg. |
| I | H | A CMB az ősrobbanást követő első három percben létrejött. |

..... / 10 p

II. Csillagásztörténeti kvíz

10 p

Jelentős történelmi és csillagászati eseményeket sorolunk fel két oszlopban. Ezek érdekessége, hogy mindegyik történelmi esemény évében történt jelentős csillagászati esemény is, némelyiknél alig 1-2 hét időkülönbséggel! A feladatod, hogy párosítsd a történelmi és a csillagásztörténeti eseményeket. A megoldásodat a második oszlopbeli esemény betűjelének táblázatba írásával adhatod meg. Minden helyes párosításért 1 pontot kapsz, úgyszintén a helyes évszámért is. Ha egy párosítás nem jó, de az ott álló évszám megegyezik a csillagászati esemény évével, akkor azért is jár az 1 pont. (10 p)

| | történelmi esemény | csillagászati esemény | megoldás | | |
|---|--------------------------------------|---|----------|------|----|
| | | | szám | betű | év |
| 1 | Amerika felfedezése | A Az arecibói rádiótávcső megnyitása | 1 | | |
| 2 | Az amerikai-mexikói háború kezdete | B A galaxisok távolodásának felfedezése | 2 | | |
| 3 | Osztrák-magyar kiegyezés | C Ensisheimi (német) meteorithullás | 3 | | |
| 4 | J. F. Kennedy meggyilkolása | D A Neptunusz felfedezése | 4 | | |
| 5 | A nagy gazdasági világválság kezdete | E A Tempel-1 üstökös felfedezése | 5 | | |

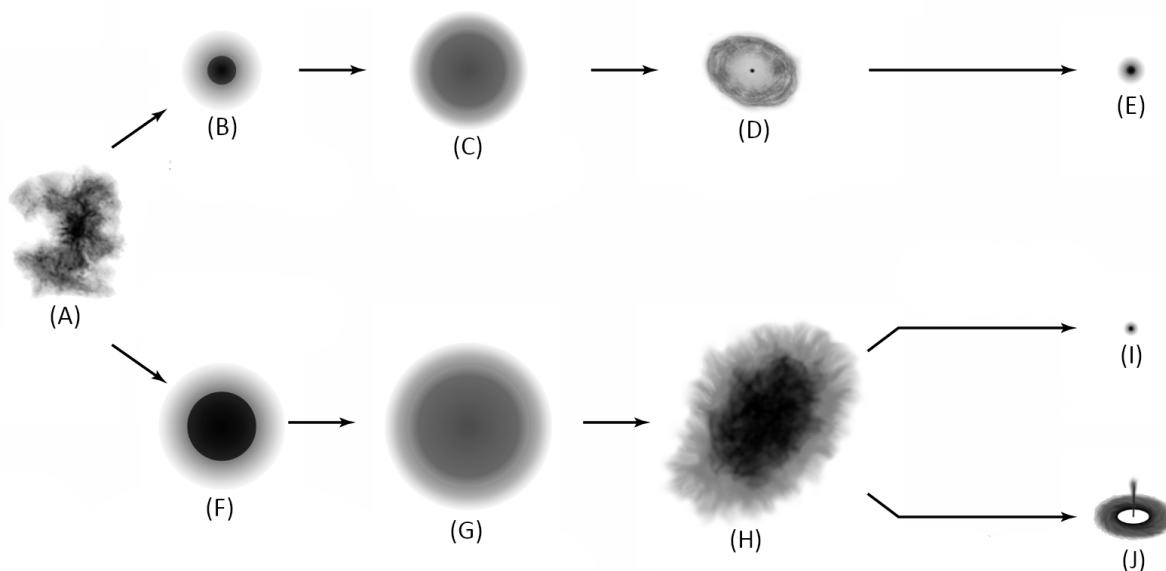
..... / 10 p

III. Rövid feladatok

III/1. A csillagok fejlődésének főbb fázisai

10 p

Az alábbi ábra születésüktől pusztulásukig mutatja sematikusán a csillagok fejlődésének főbb fázisait, betűkkel jelölve azokat. Az ABC sorrendben felsorolt fázisok mellé írd oda a megfelelő betűjeleket! Minden helyes válasz 1 pontot ér. (10 p)

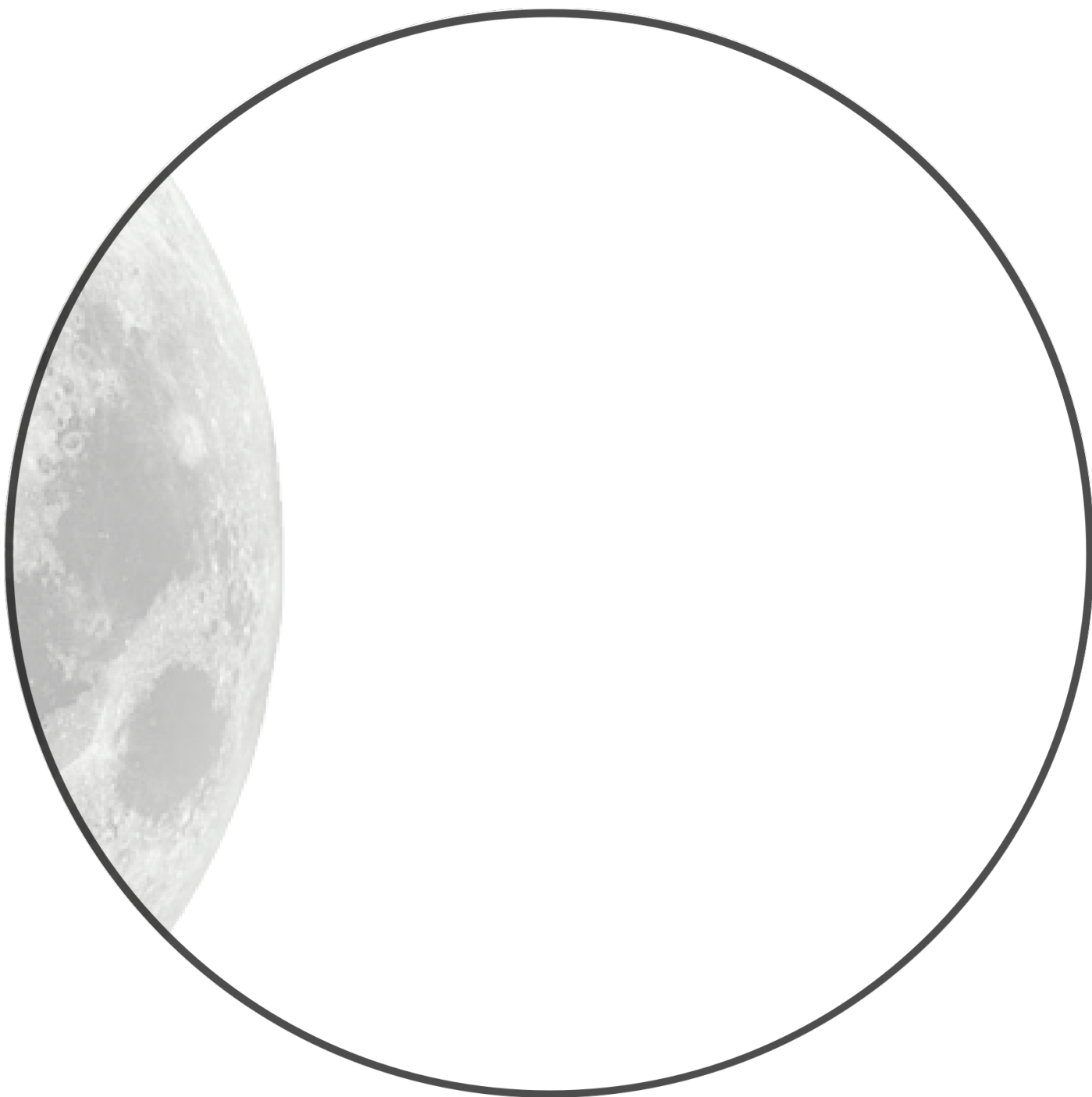


| fejlődési fázis | betű |
|---------------------------------|------|
| fehér törpe | |
| fekete lyuk | |
| kis tömegű főszorozati csillag | |
| nagy tömegű főszorozati csillag | |
| neutroncsillag | |
| molekulafelhő | |
| planetáris köd | |
| szupernóva-robbanás | |
| vörös óriás | |
| vörös szuperóriás | |

..... / 10 p

III/2. Látómező méretének meghatározása a Hold segítségével**10 p**

Az alábbi ábra a Hold egy részét mutatja egy távcső okulárjának látómezejében. (A látómező a nyomtatófestékekkel történő takarékoskodás miatt fehér, és ugyanezen okból a Hold is „halványabb” a megszokottnál.) Vonalzó (és esetleg körző) segítségével határozd meg a látómező méretét ívpercben, ha ismerjük a Hold közepes látszó átmérőjét ívpercben! A szükséges „szerkesztési” műveleteket és méréseket az ábrán végezd, de a szövegdobozban magyarázd is el, hogy mit és miért csináltál! (10 p)



IV/1. Por által okozott vörösödésből származó távolság-bizonytalanság

10 p

Egy $M_{\text{bol}} = -2,8$ abszolút bolometrikus fényességű csillag látszólagos vizuális fényessége $m_V = 8,4$. A galaktikus vörösödési térképek alapján a csillag irányában a maximális intersztelláris vörösödés értékét megadó színexcesszus: $E(B - V) = (B - V) - (B - V)_0 = 0,15$. A szelektív extinkciós együttható értéke legyen $R_V = 3,1$, a bolometrikus korrekció értéke pedig $BC = -0,8$. Mekkora a vörösödésmentes, illetve a legnagyobb vörösödéssel számolt távolságértékek relatív eltérése? (10 p)

..... / 10 p

IV/2. A Proxima Centauri b „napállandója”**15 p**

A Proxima Centauri 1,9-szer hidegebb, 6,5-szer kisebb méretű és 8,2-szer kisebb tömegű, mint a Nap. Bolygója, a Proxima Centauri b 11 nap periódussal kering körülötte. Határozd meg, hogy a Proxima Centauri b „napállandója” hányszorosa a Föld napállandójának! A napállandó a csillagtól d távolságban lévő, a látóirányra merőleges egységnyi felületen egységnyi idő alatt átáramló energia. A Nap és a Proxima Centauri sugárzását tekintjük feketetest-sugárzásnak!

(15 p)..... / **15 p**

IV/3. Gömbhalmaz a Tejútrendszerben

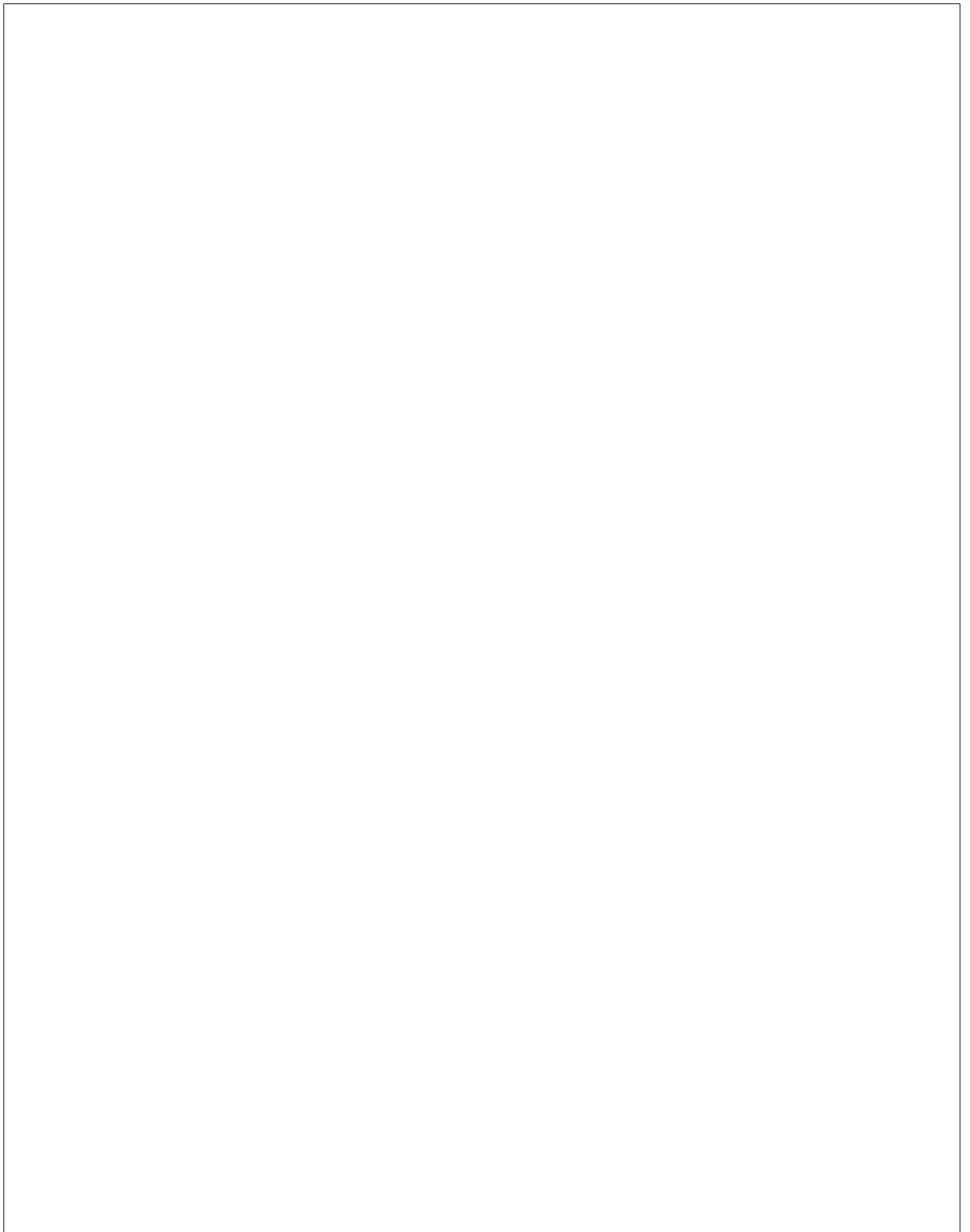
15 p

Nyári éjszakáink legszebb csillaghalmaza a Herkules csillagképben található M13, amelynek látszó átmérője $20'$, összfényessége $5,8^m$ (V szűrőben), a mérések szerint távolsága a Földtől 6800 pc, iránya pedig a Tejútrendszer középpontjával kb. $62,5^\circ$ szöget zár be. Tejútrendszerünkben nagyjából 150 ilyen kompakt, gravitációsan kötött csillaghalmazt, azaz gömbhalmazt ismerünk, amelyek elnyúlt ellipszispályán keringenek a Tejútrendszer tömegközéppontja körül, az idő nagy részében a központtól távol.

Tekintsünk el a Tejútrendszer lapos korongjában eloszló anyagmennyiségtől, és csak a központi dudort („bulge”), valamint a centrumban található szupernagy tömegű fekete lyukat vegyük figyelembe. A központi fekete lyuk tömege legyen $3,6 \cdot 10^6 M_\odot$, távolsága a Földtől 8300 pc. A „bulge” alakját tekintsük gömbnek, amelynek átmérője 2000 pc, és a jelenlegi becslések szerint kb. $2 \cdot 10^{10}$ csillag alkotja. A csillagok eloszlását tekintsük gömbszimmetrikusnak, így a vonatkozó mechanikai tételek értelmében gravitációs hatásuk azonos a középpontba koncentrált össztömegük hatásával. Ezt használjuk is ki a számolásunk során! Tekintsük az összes csillagot Napunkkal azonos tömegűnek és vele azonos fényességűnek!

Ha további adatokra is szükséged van, használd a konstanstáblázatot!

- A fenti adatok alapján adj becslést a gömbhalmaz össztömegére! Az eredményt ezerre kerekítve add meg! (7 p)
- Hol van a Tejútrendszer centrumától mérve galaxisunk tekintetbe vett két nagy alkotóeleme (a bulge és a központi fekete lyuk), valamint a gömbhalmaz alkotta kettős rendszer tömegközéppontja? Válaszodat parszekben add meg! (4 p)
- Tegyük fel, hogy az M13 jelenlegi pozíciójában éppen akkora távolságra van a Tejútrendszer középpontjától, mint amekkora pályájának fél nagy tengelye! Adj becslést gömbhalmaz Tejútrendszer középpontja körüli keringési idejére! (2 p)
- Mekkora a gömbhalmaz valódi mérete? Válaszodat parszekben, egészen kerekítve add meg! (2 p)

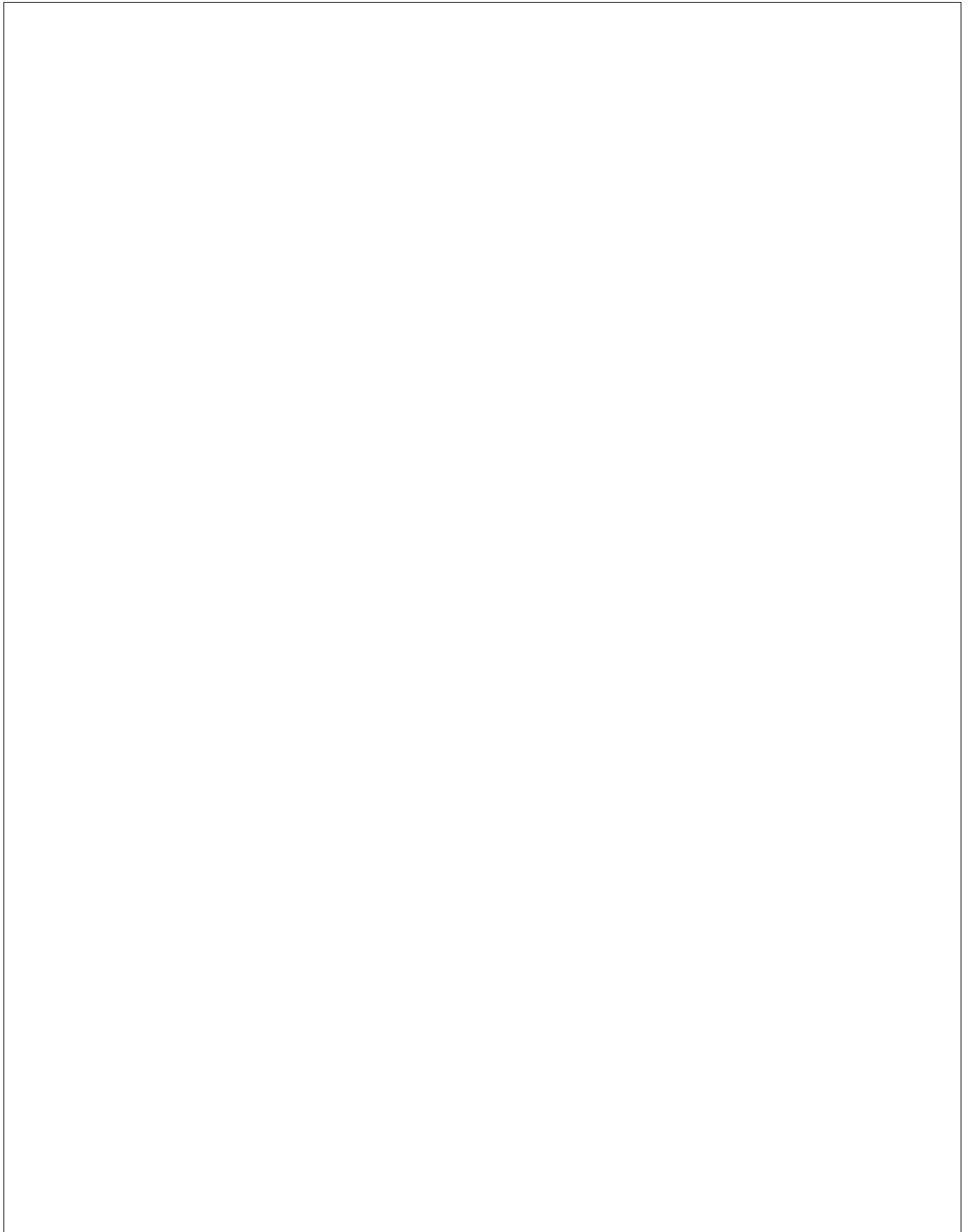


IV/4. A napszél és a csillagközi anyag találkozása

20 p

A napkorona felső rétegeiből töltött részecskék (protonok) áramlanak ki, ez az ún. napszél, amelynek következtében a Nap folyamatosan tömeget veszít, bár ennek üteme sokkal kisebb a termonukleáris fúzióhoz köthető tömegvesztésénél. A töltött részecskék szuperszonikus sebességgel mozognak addig, míg a csillagközi tér anyagának nyomása szubszonikus sebességre nem lassítja őket. Ez a sebességátmenet az ún. terminációs lökés (termination shock), amelyet a Voyager-űrszondák is vizsgáltak, miközben elhagyták a Naprendszeret.

- a) Tegyük fel, hogy a napszél gömbszimmetrikus, azaz minden irányban ugyanakkora sebességgel és számban áramlanak ki a részecskék! Határozd meg a Nap napszél miatti $\Delta M/\Delta t$ tömegvesztési ütemét, ha ismerjük az r távolságban érvényes $\rho = \rho(r)$ sűrűségét és $v = v(r)$ kiáramlási sebességét! *Segítség:* Vizsgáld az r és az $r + \Delta r$ sugár közötti gömbhéjat, amelyre $\Delta r \ll r$! (6 p)
- b) A Föld távolságában a napszél részecskéinek számsűrűsége $n = 7 \text{ cm}^{-3}$, kiáramlási sebessége pedig $v = 500 \text{ km s}^{-1}$. Határozd meg $\Delta M/\Delta t$ konkrét értékét ezekkel az adatokkal, és azt $M_{\odot} \text{ év}^{-1}$ egységben add meg! (2 p)
- c) Amint a napszél részecskéi távolodnak a Naptól, a sebességük (egyre csökkenő ütemben) nő, amíg el nem éri az u_{∞} aszimptotikus sebességet, amely megegyezik a Nap felszínére vonatkozó szökési sebességgel. Határozd meg u_{∞} -t, és az eredményt km s^{-1} egységben add meg! (4 p)
- d) A terminációs lökésnél a részecskék az u_{∞} (szuperszonikus) sebességükről annál jóval kisebb (szubszonikus) sebességre lassulnak. A határ definiálására azonban másik lehetőségünk is van: az ott van, ahol a csillagközi anyag p_{ISM} nyomása egyenlő lesz a napszél mozgásienergia-sűrűségével, azaz E_{kin} mozgási energia térfogategységre vonatkoztatott ε_{kin} értékével. A $\Delta M/\Delta t$ és u_{∞} korábban kiszámított értékét felhasználva határozd meg a határ Naptól mért távolságát, ha $p_{\text{ISM}} = 10^{-13} \text{ Pa}$! A választ csillagászati egységben add meg! (7 p)
- e) A Voyager-1 űrszonda a terminációs lökést a Naptól 94 CSE távolságban, míg a Voyager-2 űrszonda 84 CSE távolságban detektálta. Milyen következtetést vonhatunk le ebből a határ alakjára vonatkozóan? (1 p)



...../ 20 p