

# Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia

## Szakkör 2020-2021

### 7. Szituációs tréning

Dálya Gergely, Benkóczy Levente, Császár Kornél, Knoch Júlia, Világos Blanka  
(Bécsy Bence, Csörnyei Géza, Kalup Csilla)

2021. február 13.

#### 1. feladat

Ahogy lassan magadhoz térsz, lázasan kutatni kezdesz az emlékeidben, hogy mi is történhetett. Az utolsó emléked az, hogy a fizika szertárban az emelt szintű érettségi méréseit csinálod órakon keresztül. Utoljára a zseblámpaizzó ellenállását akartad megmérni Wheatstone-híddal, de biztosan valamit fordítva köthettél be, mert ehelyett egy párhuzamos univerzumban ébredtél fel. Sajnos azonban nincs időd elgondolkodni rajta, hogy melyik is lehetett a zsebtelep pozitív pólusa, hiszen a Naprendszer a földönkívüliek támadása alatt áll! A földönkívüliek (akik egy 100 Mpc távolságban lévő galaxisban élnek, ahol mindegyik csillag a Naphoz hasonló) el akarják pusztítani a Napot, és ennek érdekében 100 fényév távolságban elhelyeztek egy antianyagból álló gömböt, amely a Nap gravitációs vonzása miatt egyre közeledik csillagunkhoz; ha eléri azt, akkor az annihiláció során felszabaduló energia az egész Naprendszert megsemmisíti. A gömb kezdősebessége nulla. (Párhuzamos univerzumbeli) fizikatanárod, és az emberiség egésze tőled várja a veszély elhárítását.

A párhuzamos univerzum mindenben pontos mása a mi univerzumunknak, az alábbi három dologtól eltekintve:

1. A Nap néhány száz fényéves környezetében semmi más csillag nincsen, így csak a Nap gravitációja befolyásolja a gömb mozgását. A Föld és a többi bolygó hatása elhanyagolható.
2. Ebben az Univerzumban Elon Musk kedvenc fizikusa nem Tesla, hanem Hubble. Ennek megfelelően nem elektromos autókra kezdett el dolgozni, hanem cége, a *Hubble* kifejlesztett egy speciális eszközt, amely egy gombnyomással képes kiterjeszteni a kozmológia törvényeit a kis méretskálákra is. A prototípusban ráadásul az ember kedve szerint beállíthatja a Hubble-állandó értékét is. Párhuzamos Univerzumbeli Elon, mint régi jó barátod, szívesen a rendelkezésedre bocsátja új találmányát.
3. A mi Univerzumunkban lévő CERN-hez képest az itteni 1-2 évvel előrébb jár, így már sikerült bebizonyítaniuk, hogy az antianyag a gravitációs kölcsönhatásban pontosan ugyanúgy viselkedik, mint a hagyományos anyag. Otthon ez még nem egy eldöntött kérdés.

Legalább mekkorára kell állítsd a Hubble-állandó értékét, hogy a Naprendszer megmeneküljön? Bekapcsolás után milyen színűnek fogjuk látni a földönkívüliek galaxisát?

## 2. feladat

A másik feladatban szereplő űrlényeknek minden igyekezetünk ellenére sajnos sikerült elpusztítania a Naprendszert. Az emberiség egy részét még ki tudtuk időben menekíteni, és a túlélők közül néhány bátor felfedező veled az élen elindult, hogy lakható bolygót keressen. A bolygónak olyan távolságban kell keringenie a csillagától, hogy létezessen rajta víz folyékony formában. Azt a tartományt, amire ez teljesül, lakhatósági zónának nevezik, és a régi Naprendszerben ez nagyjából 0,97 CSE és 1,37 CSE közé esett. Emlékeztet még arra is, hogy a Nap sugara  $R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8$  m, a tömege  $M_{\odot} = 1,99 \cdot 10^{30}$  kg és a felszíni hőmérséklete  $T_{\odot} = 5780$  K volt.

- a) Becsüld meg, hogy mekkora lenne egy bolygó felszíni hőmérséklete a néhai Naprendszer lakhatósági zónájának közepén keringve! A bolygóról feltehetjük, hogy a tengely körüli forgása viszonylag gyors és a Napból érkező elnyelt sugárzást feketetestként sugározza ki. Az albedó legyen  $\alpha = 0,12$  és a bolygó belső hőtermelési folyamataitól eltekinthetünk. Van bármi ellentmondás a várt és kapott eredmény közt? Válaszod magyarázd meg néhány mondatban. Milyen paraméterektől függhet a lakhatósági zóna mérete, ha eltekintünk a bolygófelszín tulajdonságaitól?
- b) Űrhajótok elérte a célpontját: egy hívogató narancssárga főszorozatbeli csillag ( $\lambda_{\max} = 600$  nm). Az átmérőjét nagyjából a Nap átmérőjének 0,8-szorosára becslitek. A csillag körül keringő átalatok megfigyelt bolygók adatait az alábbi táblázatban látjátok. A rendszer mely bolygói töltik idejük legalább egy részét a lakhatósági zónán belül? Van köztük olyan, amelyik mindig ott tartózkodik?

Bolygó	Fél nagytengely [CSE]	Excentricitás
a	0,3	0,17
b	0,55	0,05
c	0,8	0,01
d	1,3	0,1

- c) Felmerül bennetek, hogy építsetek egy napvitorlát a hajótokra, hogy gyorsabban haladjatok a csillagrendszerből való távozáskor. (Tekintsünk el az idegen csillagrendszerben tartózkodás technikai nehézségeitől.) A napvitorla visszaveri a fényt, így a fotonok rugalmas ütközés során a vitorlának impulzust adnak át. Na de mennyire lehet hatékony egy ilyen napvitorla? Számoljátok ki, hogy lehetséges-e olyan vékony alumíniumfóliát kifejteni, hogy azt a fénynyomás kisodorja a csillagrendszerből! Az alumínium sűrűsége  $\rho_{Al} = 2700$  kg/m<sup>3</sup> és felső becslésként közelíthetünk azzal, hogy a vitorla a beérkező fényt maradéktalanul visszaveri.

### 3. feladat

Kedvenc űrlényeink súlyos pusztítása után minden lehetőséget figyelembe vett az emberiség. Egy fedési kettőst vizsgáltak – hátha a Tatooine lenne a megfelelő új bolygó. Egy fedést megfigyeltek, amikor is a rendszer összfényessége  $\Delta m = 0,106^m$ -t csökkent.

Tegyük fel, hogy a csillagok tökéletes körpályán keringenek egymás körül, és éppen éléről látunk rá a rendszerre, tehát a fedések centrálisak.

A kisebb csillag hőmérséklete  $T_1 = 4200$  K, a nagyobb csillag hőmérséklete  $T_2 = 6500$  K. A csillagok sugara *nem* egyezik meg, a „kisebb” és „nagyobb” jelző erre utal.

- Milyen alakú a rendszer fénygörbéje? (Csak egy sematikus skiccelés erejéig.)
- Mekkora fényességcsökkenésre számíthatnak a másik típusú fedésnél (tehát amikor éppen fordítva fedik egymást)? Tegyük fel, hogy most a nagyobb amplitúdójú csökkenést látták.
- Mekkora a kisebb csillag sugara, ha a nagyobbé  $R_2 = 1,37 R_\odot$ ?

*Segítség: Az egyes csillagokból érkező intenzitás arányos az adott csillag éppen megfigyelhető felületének keresztmetszetével.*

### 4. feladat

Egy szórakozott űrlény kicsi űrhajóján ébred mély álmából. Egy csillag körül körpályán keringve találja magát. Némi kezdeti pánikolás után rájön, hogy ismert csillag körül kering, viszont elég távol az otthonától, így a csillagról csak a színe és otthonától való távolsága ismert: a legtöbb fényt 292 nm-es hullámhosszon sugározza és 26000 fényév távolságban található. Hatalmas megkönnyebbüléssel tapasztalja, hogy bőven van üzemanyag a hajójában, így haza tud jutni akkor is, ha jelenlegi sebességéhez képest 200 km/s-mal kell gyorsítania a csillag gravitációs terének elhagyásához, ami eléggé biztató. Ahhoz, hogy megtudja, mennyivel kell pontosan gyorsítania, elkezd megfigyeléseket végezni.

Űrhajója rendkívül erős, állítható áteresztőképességű fényszűrővel, valamint ismert fókusztávolságú kameraobjektívvel rendelkezik, így a kis földönkívüli rendkívüli türelmével megállapítja a háttércsillagok megfigyelésével, hogy a csillag körüli keringésideje 1088000 s. Eközben megmérte a tökéletesen gömb alakúnak látszó csillag szögátmérőjét:  $6,8^\circ$ .

Ezt követően a megfelelő pillanatban bekapcsolja járműve hajtóműveit és menetirányban rövid idő alatt 1 km/s-ot gyorsít. Némi várakozás közben folyamatosan figyeli a csillag látszó átmérőjét, ebből megállapítja, hogy apasztronban az  $6,6^\circ$  látszó nagyságú.

- Mekkora a csillag átlagos sűrűsége?
- Mekkora a csillag sugara?
- És a tömege?

Ezután a kis űrlény pedig már egyszerűen kiszámolja a szökési sebességet és elindul hosszúkás és unalmas útjára hazafelé, nem is sejtve, hogy kimaradt a nagy invázióból...

*Tipp: az a) részhez: ezt meg lehet oldani csak a körpályán keringés idejével és a látszó átmé-  
rővel. A b)-részhez: van egy nem túl bonyolult összefüggés egy ellipszispályán keringő test kerületi  
sebessége és a fókuszponttól való távolsága között, tanácsos ezt használni. Fontos viszont, hogy ne  
két ilyen összefüggésből próbálj meg egyenletrendszert csinálni, mert az hosszú lesz. Helyette egy  
ilyen egyenletet vegyél és az abban lévő ismeretleneket próbáld meg máshogy kifejezni! Hanyagold  
el az űrhajó tömegét és a fénynyomást! (Az utóbbi mondat mindhárom részre vonatkozik!)*

## 5. feladat

Az emberiség első intersztelláris küldetéseként egy szondát indítottunk el egy ismeretlen csillag-  
rendszerbe.

- a) Az első meglátogatandó bolygó felé közeledve a szondának el kell döntenie hogy milyen pályára kell állnia a bolygó körül. Tudjuk, hogy a leszállóegység optimális indítási magassága  $9,271 \cdot 10^6$  m (a bolygó középpontjától), valamint hogy a pálya excentricitása  $e = 0,7$ . Mekkora legyen a pálya fél nagytengelye?
- b) Leszállás után az 1200 kg tömegű rover meg akarja határozni, hogy mennyi kőzetmintát vihet vissza felszálláskor. Tudjuk hogy a bolygó holdjának szinodikus periódusideje 39,5 óra, valamint hogy a bolygó 50 óra alatt fordul meg a tengelye körül. A rover mérései alapján a hold lenyugváskor  $3,92 \cdot 10^7$  méterre van. Hány kg mintát vihet magával a rover ha a hajtóművek  $8,4 \cdot 10^3$  N súlyt tudnak felemelni?

(A bolygó tömege megegyezik a Földével)