

1. A Gliese 581 egy, a Földtől kb. 20 fényévre lévő csillag. A csillagot tanulmányozva a csillagászok megállapították, hogy négy bolygó kering a csillag körül. A bolygók keringési idejét és a csillagtól vett távolságukat a mellékelt táblázat tartalmazza. Azt is sikerült megállapítani, a bolygók közül kettő is, a Gliese 581c, illetve a Gliese 581d a csillagrendszer „lakható” zónájában lehet, azaz abban a tartományban, amelyben lehetséges folyékony halmazállapotú víz a bolygó felszínén.

a) Egészítse ki a táblázatot, írja be a hiányzó adatokat!

b) Tegyük fel, hogy sikerül megbizonyosodnunk arról, hogy az egyik bolygó felszínén valóban található folyékony halmazállapotú víz. Vajon levonhatjuk-e ebből azt a következtetést, hogy a felszín átlagos hőmérséklete biztosan kisebb, mint 100°C? Válaszát indokolja!

c) Egy földi szervezet 2008 októberében egy nagy rádióadó segítségével üdvözlő üzenetet küldött a Gliese 581 irányába. Legkorábban mennyi idő múlva várhatunk választ az üzenetünkre?

Bolygó jele	Távolság (millió km)	Keringési idő (nap)
Gliese 581a	4,5	3,15
Gliese 581b	6	
Gliese 581c		12,9
Gliese 581d	33	66,8

(2010. október)

Megoldás:

a) *Kepler harmadik törvényének alkalmazása a csillag körül keringő bolygókra:*

3 pont

(Amennyiben az összefüggés paraméteresen nem szerepel, de később nyilvánvaló, hogy a vizsgázó ezt az összefüggést használja a táblázat adataival, a teljes pontszám jár.)

A Gliese 581b-re behelyettesítés és számítás:

2 + 2 pont

A táblázatból vett értékeket használva:

$$\frac{(3,15 \text{ nap})^2}{(4,5 \cdot 10^6 \text{ km})^3} = \frac{T_b^2}{(6 \cdot 10^6 \text{ km})^3}, T_b = 4,8 \text{ nap}$$

vagy:

$$\frac{(66,8 \text{ nap})^2}{(33 \cdot 10^6 \text{ km})^3} = \frac{T_c^2}{(6 \cdot 10^6 \text{ km})^3}, T_c = 5,2 \text{ nap}$$

(A keringési idő kiszámításához elég csak az egyik ismert adatpárt alkalmazni. Mivel az adatok bizonytalansága miatt a keresett időre eltérő érték jön ki a két ismert adatpárból, az eredményre bármilyen, a 4,5 nap = 5,5 nap intervallumba eső értéket el kell fogadni. A mértékegységek hiánya a képletek felírásakor nem számít hibának, de a válasz csak mértékegységgel együtt fogadható el.)

A Gliese 581c-re behelyettesítés és számítás:

2 + 2 pont

$$\frac{(3,15 \text{ nap})^2}{(4,5 \cdot 10^6 \text{ km})^3} = \frac{(12,9 \text{ nap})^2}{A_c^3}, A_c = 11,5 \cdot 10^6 \text{ km}$$

vagy:

$$\frac{(66,8 \text{ nap})^2}{(33 \cdot 10^6 \text{ km})^3} = \frac{(12,9 \text{ nap})^2}{A_c^3}, A_c = 11 \cdot 10^6 \text{ km}$$

(A keringési távolság kiszámításához ismét elég csak az egyik ismert adatpárt alkalmazni. Az adatok bizonytalansága miatt a keresett távolságra bármilyen, a 10,5 = 12,1 · 10⁶ km intervallumba eső értéket el kell fogadni. A mértékegységek hiánya a képletek felírásakor nem számít hibának, de a válasz csak mértékegységgel együtt fogadható el.)

b) *A helyes válasz megadása és indoklása:*

2 + 3 pont

A folyékony víz jelenlétéből nem következik, hogy a hőmérséklet 100 °C alatt van, mert a víz forráspontja a felszínen uralkodó légköri nyomástól is függ.

c) *A válasz megadása:*

4 pont

(bontható)

Mivel a csillag körülbelül 20 fényévre van és a rádiójelek fénysebességgel haladnak (1 pont) az űrben a jelek kb. 20 év alatt érnek oda (1 pont), és egy esetleges válasz is 20 év alatt ér vissza (1 pont). Így leghamarabb 40 év elteltével várhatunk választ (1 pont).

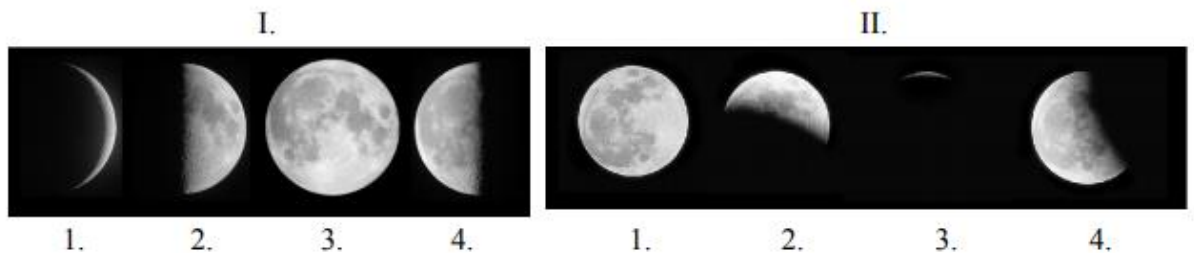
Összesen 20 pont

2. A mellékelt ábrákon a Holdról készített sorozatképeket láthatunk. Az első sorozatot körülbelül négy hét leforgása alatt készítették, a második sorozatot mindössze néhány óra alatt.

a) Milyen jelenséget ábrázol az első, illetve a második képsorozat?

b) Mindkét sorozatban láthatók olyan képek, ahol a Hold egy része sötétben marad. Mi az oka ennek az első, illetve a második képsornál?

c) Válassza ki a két képsorozat egyikét (jelölje is a képsorozat fölött lévő szám bekarikázásával, hogy melyiket), és készítsen rajzot, amely a Nap, a Föld és a Hold kölcsönös helyzetét ábrázolja a sorozat egyes képeinek készítésekor! A rajzon jelölje meg a megfelelő sorszámokkal, hogy melyik helyzet melyik képhez tartozik!



(2011. május id.)

Megoldás:

a) Az első, illetve a második képsorozaton látható jelenségek megnevezése:

2 + 2 pont

Az első képsorozat a Hold fázisait mutatja, a második képsorozat pedig egy holdfogyatkozást ábrázol.

b) Az elsötétedés okának megfogalmazása az első, illetve a második esetben:

2 + 2 pont

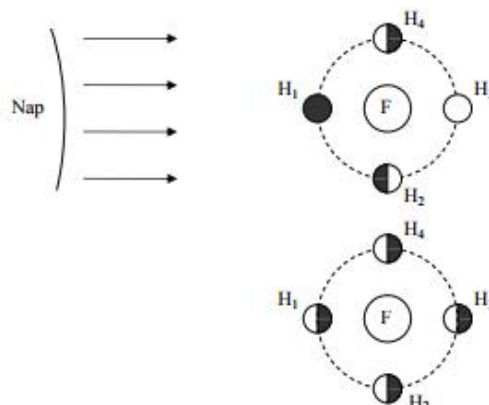
Az első esetben a Hold, a Föld és a Nap kölcsönös helyzete olyan, hogy nem látjuk a teljes megvilágított félgömböt a Földről.

A második esetben a Hold a Föld által vetett árnyékban tartózkodik, tehát nem éri a Naptól érkező fényt, így sötétnek látjuk.

c) I. választása esetén

A Hold fázisait bemutató ábra készítése:

10 pont
(bontható)



A Nap, a Föld és a Hold Föld körüli pályájának rajza (2 pont). Nem szükséges feltüntetni a Napot, amennyiben pl. nyilak jelölik a Nap irányából érkező sugárzást. Pontszerű fényforrás is elfogadható, azonban fényforrás hiányában itt nem jár pont.

A Hold helyzeteinek rajza a holdfázisoknak megfelelően (2-2 pont).
 Egy jó helyre és jó fázisban megrajzolt Hold ér két pontot, egyébként nem jár pont.
 A fázis megadása történhet számozással a kép szerint (H₁, stb.) vagy a holdfázis szemléltetésével a rajzon. Ez utóbbi szintén kétféleképpen lehetséges, a kétféle ábrának megfelelően. Az elsőnél a Hold Földről nézett alakjait rajzoltuk be, a másodiknál a Hold „távolabbi űrből” nézett alakját rajzoltuk be, ami mindig egy félig megvilágított gömb, de a Föld felé nem mindig ez fordul. Bármelyik ábrázolásmód elfogadható, amennyiben következetes.

(Mivel a körüljárási irány és nézet kapcsolata nem vizsgálendő, ezért H₂ és H₄ címke felcserélhető.)

II. választása esetén
 A holdfogyatkozás fázisait bemutató ábra készítése:

10 pont
 (bontható)

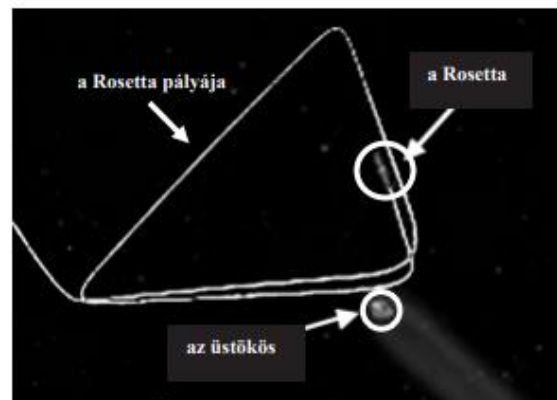
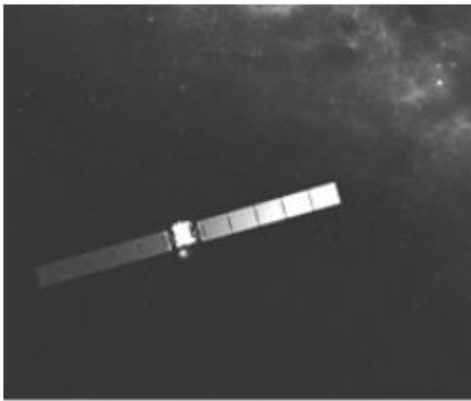


A Nap, a Föld és a Hold Föld körüli pályáivének, valamint a Föld által vetett árnyék rajza (2 pont, bontható)
 (Elfogadható, ha a vizsgázó egy pontszerű fényforrás miatt keletkező árnyékot rajzol. A teljes/részleges árnyék külön tárgyalása vagy berajzolása nem szükséges.)

A Hold helyzeteinek rajza a számozott felvételeknek megfelelően: (2-2 pont)
 Amennyiben a helyzetek számozása helyes, a különböző mértékű satirozások hiánya nem számít hibának.

Összesen 18 pont

3. A következő szöveg egy internetes hírportál cikkéből származik, amely a Rosetta nevű űrszonda útjáról szól. „A Rosetta több mint tíz évig repült a bolygók között. Közel 6,4 milliárd kilométert tett meg, ötször kerülte meg a Napot. Háromszor a Föld és egyszer a Mars mellett elrepülve, a bolygók gravitációs lendítő hatását kihasználva veselkedett neki a hosszú utazásnak. Útközben két kisbolygót is felkeresett, s az útja során volt olyan két és fél év, amikor hibernálva száguldott a Naprendszer külső vidékén. Idén januárban sikeresen felébresztették, mostanra pedig 100 kilométerre megközelítette az üstököst.” (Origo Tudomány rovatának cikke 2014.08.06.) Az alábbi képek közül a bal oldali a Rosetta űrszondát, a jobb oldali a Rosetta pályájának egy, már az üstökösmaghoz viszonylag közeli részletét mutatja. Válaszoljon az alábbi kérdésekre annak ismeretében, hogy a távoli égitestek, illetve a kis tömegű üstökös gravitációs hatását elhanyagolhatónak tekintjük!



- a) Körülbelül hány km/s átlagsebességgel haladt a Rosetta a Földről az üstökösmag felé?
- b) A képen látható, hogy a szondának „szárnyai” vannak. Mik ezek és mi célt szolgálnak?
- c) A Rosetta az üstökösmaghoz közeledve az ábra alapján közel háromszög alakú pályán halad. Milyen mozgást végez az űrszonda a pályájának egyenes vonalú szakaszain? Mi ennek az oka?
- d) Mi történik, miközben kanyarodik az űrszonda? Milyen módszerrel változtatja meg sebességének nagyságát és irányát?
- e) Milyen változáson megy keresztül az üstökösmag, amikor a Nap közelébe ér? Ennek milyen látható következményei vannak?
- (2015. október)

Megoldás:

Adatok: $s = 6,4 \cdot 10^9$ km, $t = 10$ év

- a) A Rosetta átlagssebességének kiszámítása:

3 pont
(bontható)

$$v_{\text{átlg}} = \frac{s}{t} = \frac{6,4 \cdot 10^9 \text{ km}}{10 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} = 20,3 \frac{\text{km}}{\text{s}} \approx 20 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

(képlet 1 pont, számítás 2 pont)

- b) A „szárnyak” feladatának megnevezése:

4 pont
(bontható)

A „szárnyak” napelemtáblák (2 pont), amelyek az energiaellátás (2 pont) egy részét biztosítják.

- c) Az egyenes vonalú mozgás elemzése:

4 pont
(bontható)

Az űrszondára az egyenes vonalú haladása közben nem hat erő, a tehetetlenség törvényének (2 pont) engedelmessége egyenletes mozgást (2 pont) végez.

(Bármilyen egyenes vonalú mozgás elfogadható (1 pont), ha a vizsgázó dinamikailag értelmezi (3 pont).)

- d) Az űrszonda irányváltatásának elemzése:

4 pont
(bontható)

Irányváltatáskor a szonda pályamódosító rakétákat vagy hajtóműveket (2 pont) kapcsol be, amelyek a megfelelő irányba kilövellő gáz által kifejtett erő segítségével (2 pont) megváltoztatják az űrszonda sebességének irányát és nagyságát.

(A rakétaelvre, a lendület-megmaradásra vagy az erő-ellenőrző törvényére való hivatkozás esetén jár a 2 pont.)

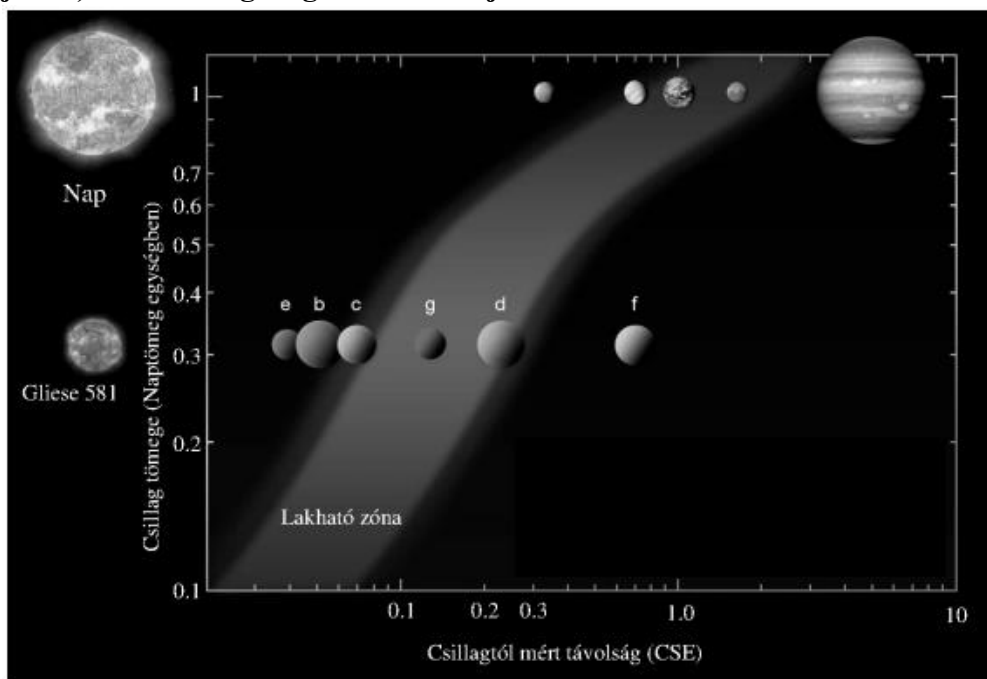
- e) A napközeli üstökös jellemzése:

1 + 1 + 1 + 1 + 1 pont

Az üstökös felszínén lévő víz, fagyott gázok, egyéb illékony anyagok a Nap közelében, annak sugárzása hatására párolognak, s különösen ritka légkört hoznak létre a mag körül. Ez a kóma. A napszél hatására a porból és az ionizált gázrészecskékből hosszán elnyúló (akár több száz ezer kilométeres) csóva keletkezik. A csóva a Nappal átellenes oldalon helyezkedik el.

Összesen 20 pont

4. A csillagászok egy csillag körüli „lakható zónának” nevezik azt az övezetet, amelyben, ha ott bolygó kering, akkor annak felszínén elképzelhető folyékony halmazállapotú víz. (Természetesen az, hogy ténylegesen van-e víz a bolygó felszínén, illetve, hogy milyen halmazállapotban, az nagyon sok egyéb tényezőtől is függ.) A mellékelt ábrán a világos sáv jelöli a lakható zóna körülbelüli kiterjedését és elhelyezkedését attól függően, hogy milyen nagy a csillag tömege. A vízszintes tengelyen a csillagtól való távolság, a függőleges tengelyen pedig a csillag tömege van feltüntetve. (A tengelyek nem lineáris, hanem logaritmikus beosztásúak.) Az ábrán szintén fel van tüntetve két csillag – a Nap, illetve a Gliese 581; utóbbi egy tőlünk 22 fényévre lévő, ún. vörös törpecsillag. Ezen kívül be van jelölve néhány körülöttük keringő bolygó, a csillagtól vett távolságuknak megfelelően berajzolva. (A bolygókat ábrázoló gömbök mérete nem áll arányban a csillagtól vett távolságukkal, hanem csak az egymáshoz viszonyított méretüket jelöli.) Az ábra segítségével válaszoljon az alábbi kérdésekre!



- a) Melyik bolygók találhatóak a Nap lakható zónájában? Nevezzen meg egyet, amelyik már egyértelműen túl közel, és egyet, amelyik már egyértelműen túl messze van!
- b) Melyik bolygók találhatóak a Gliese 581 lakható zónájában? Nevezzen meg egyet (az ábrán látható betűjelével), amelyik már egyértelműen túl közel, és egyet, amelyik már egyértelműen túl messze van!
- c) A két csillag közül melyiknek a lakható zónája található a csillaghoz közelebb? Mi lehet ennek az oka?
- d) Hasonlítsa össze a Vénusz és a Gliese 581 „f” jelű bolygójának keringési idejét! Melyik bolygó keringési ideje a nagyobb? Válaszát részletes számítás nélkül, az ábráról leolvasható adatok alapján, szövegesen indokolja! (Tegyük fel, hogy mindkét bolygó csillag körüli pályája kör alakú.) (2016. május id.)

Megoldás:

- a) *A Nap lakható zónáján belüli, illetve kívüli bolygók megnevezése:*

*4 pont
(bontható)*

Az ábra szerint egyértelműen a Nap lakható zónáján belül található a Föld (1 pont) és a Mars (1 pont). (A Vénusz határeset, sem megemlítése, sem pedig hiánya nem számít hibának.) A Merkúr (1 pont) már egyértelműen túl közel, a Jupiter (1 pont) pedig már egyértelműen túl messze van. (A Jupiter helyett bármely más annál távolabb lévő bolygó pl. a Szaturnusz is elfogadható, bár az ábrán nincs feltüntetve.)

- b) *A Gliese 581 lakható zónáján belüli, illetve kívüli bolygók megnevezése:*

*4 pont
(bontható)*

Az ábra szerint egyértelműen a Gliese 581 lakható zónáján belül található a g (1 pont) és a d (1 pont) jelű bolygó.

Az e, a h, vagy a f jelű már egyértelműen túl közel vannak (bármelyiknek az említése esetén jár az 1 pont), az i (1 pont) jelű pedig már egyértelműen túl messze.

- c) *A lakható zóna csillagtól való távolságának elemzése:*

*6 pont
(bontható)*

A Gliese 581 lakható zónája van közelebb a csillaghoz (2 pont).

Mivel a Gliese 581 egy "vörös törpecsillag", kisebb, mint a Nap (2 pont) és kevésbé meleg, kevesebb hőt sugároz (2 pont).

Vagy: Mivel ez a csillag az ábrából leolvashatóan kisebb, mint a Nap (2 pont), kevésbé meleg, kevesebb hőt sugároz (2 pont).

- d) *A Vénusz és a Gliese 581 f keringési idejének összehasonlítása:*

*6 pont
(bontható)*

A nevezett bolygók csillagjuktól vett távolsága körülbelül egyenlő (1 pont). Egy csillag körül körpályán keringő bolygóra ható gravitációs erő egyenlő a centripetális erővel:

$$F_g = G \Rightarrow m_b \cdot R \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \gamma \frac{m_b \cdot M_{cs}}{R^2} \quad (2 \text{ pont}), \text{ amiből a keringési időre:}$$

$$T^2 = \frac{R^3 \cdot (2\pi)^2}{\gamma \cdot M_{cs}} \quad (1 \text{ pont}). \text{ Mivel a két csillag közül a } \underline{\text{Nap nehezebb, mint a Gliese 581}}$$

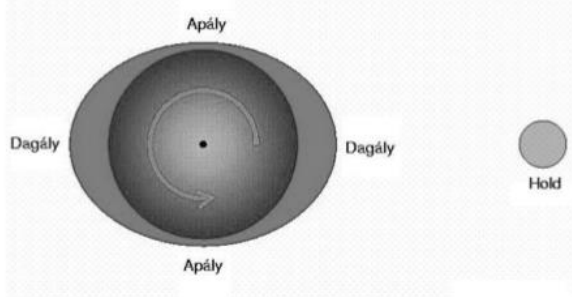
(1 pont), a Vénusz keringési ideje kisebb (1 pont). (Teljes értékű a megoldás az is, ha

a vizsgázó bármilyen megfontolással, pl. a Kepler törvényekből a $T^2 \propto \frac{1}{M_{cs}}$ arányossá-

got felírja. Az arányossági tényezőt nem szükséges levezetni. Vagy ha a vizsgázó a képletek részletes elemzése nélkül helyesen következtet, pl.: A Gliese 581 tömege kisebb, mint a Nap tömege, ezért ugyanakkora távolságban kisebb gravitációs gyorsulást hoz létre, így az ugyanakkora sugarú körpályán az „f” bolygónak lassabban kell haladnia.)

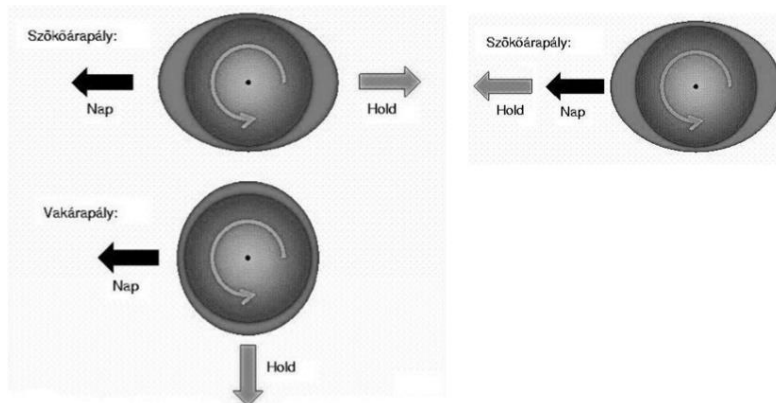
Összesen 20 pont

5. Az árapály jelenséget a Hold, illetve a Nap gravitációs hatása okozza. Az égitestek hatására az óceánok vízfelülete kidudorodik a Nap és a Hold felé eső oldalon, és a rendszer összehangolt mozgásának hatására az azzal ellentétes oldalon is, az egyszerűsített ábrának megfelelően. A dagálypúp alatt a Föld a nyíl irányának megfelelően elfordul forgási periódusával összhangban.



<https://docplayer.hu/2377118-A-hold-plachy-emese-mta-csft-csi.html>

A Hold és a Nap árapálykeltő hatása erősíti egymást, amikor ezen égitestek egy egyenesbe esnek a Földdel, és gyengítik, ha a Földhöz képest egymásra merőleges irányban helyezkednek el. Erősítéskor nagyobb dagályhullám (szökőárapály) jön létre, gyengítéskor kisebb dagályhullám (vakárapály) söpör végig az óceánok felületén.



- Mi az oka a Hold fázisainak? Milyen holdfázisok esetén van szökőárapály és mikor van vakárapály?
- Hányszor van dagály egy napon egy adott földrajzi helyen?
- Körülbelül milyen gyakran van szökőárapály? Körülbelül mennyi idő telik el a szökőárapály és a vakárapály ideje között? Válaszát indokolja!
- Milyen árapály van napfogyatkozáskor? Milyen árapály van holdfogyatkozáskor?

(2019. május)

Megoldás:

- a) *A holdfázisok és az árapály kapcsolatának megadása:*

8 pont
(bontható)

A Hold fázisait a Nap, a Föld és a Hold relatív helyzete (2 pont) határozza meg.
(Részletesebb leírás nem szükséges.)
Szökőárapály telihold (2 pont) és újhold (2 pont) idején van.
Vakárapály félhold idején (2 pont) fordul elő.

- b) *Az árapály napi gyakoriságának megadása:*

2 pont

Naponta kétszer (2 pont) van apály és dagály egy adott helyen.

- c) *A szökő- és vakárapály gyakoriságának meghatározása és annak indoklása:*

6 pont
(bontható)

Szökőárapály körülbelül kéthetente (2 pont) van. Szökőárapály és vakárapály között körülbelül egy hét (2 pont) telik el. Ezeket az határozza meg, hogy a Hold körülbelül négy hét alatt (2 pont) kerüli meg a Földet.

- d) *A nap-, illetve holdfogyatkozás és az árapály kapcsolatának megadása:*

4 pont
(bontható)

Napfogyatkozáskor szökőárapály (2 pont), holdfogyatkozásakor szintén szökőárapály (2 pont) van.

Összesen: 20 pont

6. Az Európai Űrügynökség (ESA) Horizont 2000 tudományos programjának egyik „alapmissziója” a Rosetta-úrprogram, amely a 67P/Csurjumov–Geraszimenko üstökös (67P/C–G) magjának és közvetlen környezetének hosszú időn keresztül való részletes vizsgálatát tűzte ki célul. A mintegy 6,5 év keringési idejű üstökös Nap körüli ellipszispályáján naptávolban 5,68 CsE-re, napközben pedig 1,24 CsE-re jár a Naptól (1 CsE = 1 csillagászati egység, azaz a Nap– Föld középtávolság, mintegy 149,6 millió kilométer). A Jupiter Naptól mért távolsága alig ingadozik, körülbelül 5,2 CSE, keringési ideje 11,86 év.

a) Készítsen arányos vázlatot az üstökös közelítő pályájáról a Nap körül! A vázlaton jelölje a Nap helyét és a Föld, valamint a Jupiter közelítő pályáját! Rajzolja be a pálya fél nagytengelyét is!

b) Hol lesz az üstökös sebessége a legnagyobb, napközben vagy pedig naptávolban? Válaszát indokolja!

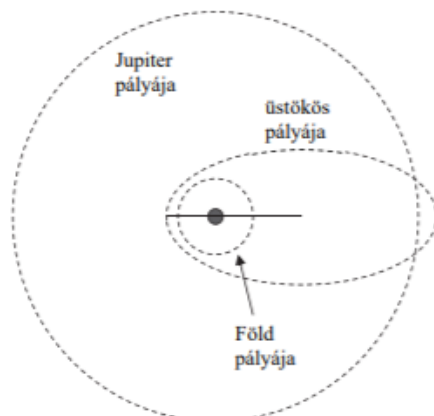
c) Hogyan magyarázható az a tény, hogy a Naptól a Jupiternél is távolabbra eljutó üstökös keringési ideje lényegesen kisebb a Jupiterénél?

(2019. október)

Megoldás:(15 pont)

a) *Arányos rajz készítése az üstökös pályájáról a szöveg alapján:*

**8 pont
(bontható)**



A fentihez hasonló rajz készítése, amelyen a következő jegyek szerepelnek:

Szerepel középen a Nap (1 pont).

A Föld pályája fel van tüntetve, közel kör alakú (1 pont).

A Jupiter pályája fel van tüntetve, közel kör alakú (1 pont), és körülbelül ötször nagyobb a sugara, mint a Föld pályájáé (1 pont). (Körülbelül négyszeres és hatszoros között bármit el kell fogadni.)

Az üstökös pályája elnyúlt ellipszis (1 pont), a távolabbi pontja kissé túlnyúl a Jupiter pályáján (1 pont), a napközeli pontja megközelíti a Föld pályáját, de nem éri el (1 pont).

A fél nagytengely be van rajzolva (1 pont).

b) *A sebességre vonatkozó kérdés megválaszolása és helyes indoklása:*

**3 pont
(bontható)**

Napközben (1 pont) lesz nagyobb a sebesség, mert Kepler 2. törvénye szerint az üstököshöz húzott sugár adott idő alatt mindig egyenlő területet fed le, azaz ha kisebb az üstököshöz húzott sugár, nagyobb sebesség szükséges (2 pont). (Bármilyen helyes indoklás elfogadható. Pl.: A gravitációs erőter konzervatív, így napközben nagyobb a mozgási energia. Vagy: A perdületmegmaradás miatt.)

c) *A keringési időre vonatkozó kérdés magyarázata:*

**4 pont
(bontható)**

Mivel a pálya fél nagytengelye kisebb, mint a Jupiter pályájának fél nagytengelye (2 pont), Kepler 3. törvényének értelmében a keringési idő kisebb (2 pont). (Nem szükséges az arányokat expliciten felírni, a 3. törvényre való hivatkozásért a teljes pont jár.)

Összesen: 15 pont

7. Az interneten könnyen elérhető az a videófelvétel, melyen 1971-ben az amerikai Apollo 15 űrhajósa, Dave Scott egyszerre elejt egy nehéz geológiai kalapácsot és egy könnyű sólyomtollat. A képen az ejtés előtt látható az űrhajós a két eszközzel a kezében. A videófelvételen látszik, hogy a kalapács és a toll egyszerre ér „holdat”. Mivel a Hold tömege jóval kisebb, mint a Földé, a holdi gravitációs gyorsulás csak kb. $1,62 \text{ m/s}^2$, a földi érték hatoda, így a tárgyak meglehetősen „lassan” esnek le. Sajnos nehéz volt igazán jó minőségű felvételeket készíteni, mert a Holdon a napos és az árnyékos felületek között a kontraszt sokkal nagyobb, mint a Földön.



- a) Milyennek érzi az űrhajós a kezében tartott kalapács súlyát a földi állapothoz képest, és miért?
- b) Milyen erő(k) hat(nak) a Holdon az elejtett (éppen zuhanó) tárgyakra? Milyen mozgást végeznek ezek a tárgyak? (A Hold tengely körüli forgásától, keringésétől eltekinthetünk.)
- c) Mekkora a kalapács, illetve a toll gravitációs gyorsulása a Holdon? Miért ér le egyszerre a két test a Holdon végrehajtott ejtési kísérletben, és miért nem ér le egyszerre a Földön végrehajtott kísérletben? Mi történik másképp, és mi a különbség oka?
- d) Hányszor hosszabb ideig tart a kalapács esése azonos magasságból a Holdon, mint a Földön, ha a közegellenállást elhanyagoljuk?
- e) Mi a magyarázata annak, hogy a Holdon a napos és az árnyékos felületek között a kontraszt sokkal nagyobb, mint a Földön?

(2020. május)

Megoldás: (20 pont)

- a) *A kalapács holdbéli súlyának elemzése:*

3 pont
(bontható)

Az űrhajós a kalapácsot könnyebbnek érzi (2 pont), mint a Földön, mert a Hold felszínén kisebb a tömegvonzás (1 pont). (A Hold kisebb tömegvonzására vagy tömegére való hivatkozás is elfogadható, a súly kvantitatív kiszámítása nem szükséges.)

- b) *A szabadesés elemzése a Hold felszínén:*

4 pont
(bontható)

A Holdon zuhanó tárgyakra csak a gravitációs erő (2 pont) hat, a tárgyak ennek hatására egyenletesen gyorsuló (2 pont) mozgással haladnak.

- c) *A földi, illetve holdbéli körülmények közepette végrehajtott kísérletek közti különbség elemzése:*

7 pont
(bontható)

A Holdon mindkét test egyformán gyorsul (2 pont), gyorsulásuk egyaránt $1,6 \text{ m/s}^2$, ezért érnek le egyszerre. A Földön a közegellenállási erő (2 pont) is hat a zuhanó tárgyakra. Ez a tollat erősen fékezi (1 pont), a kalapácsot viszont alig (1 pont), ezért a toll lassabban ér le (1 pont).

(Amennyiben a vizsgázó azt írja, hogy a Földön a kalapácsra nem hat a közegellenállási erő, vagy hogy az csak a tollra hat, 2 pontot kell levonni.)

- d) *Az esési idők arányának közelítő meghatározása:*

4 pont
(bontható)

Adott magasságból a leesés ideje:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (2 \text{ pont}),$$

ezért a Holdon, ahol a gravitációs gyorsulás kb. hatszor kisebb, mint a Földön, $\sqrt{6} \approx 2,5$ -szer (2 pont) lassabban esik le a kalapács.

- e) *A Hold napos és árnyékos felületei közötti kontraszt magyarázata:*

Mivel a Holdnak nincs légköre (1 pont), ezért szórt fény hiányában a felületek vagy közvetlenül meg vannak világítva, vagy semennyire sem (1 pont), eltekintve a minimális tükröződésektől.

(Bármely azonos tartalmú helyes megfogalmazás elfogadandó.)

2 pont
(bontható)

Összesen 20 pont

8. A „Vérhold” 2018. július 27-ről 28-ra virradó éjszaka láthattuk az „évszázad holdfogyatkozását”. A teljes holdfogyatkozás ideje 1 óra 43 perc volt, ami majdnem elérte a fogyatkozás lehetséges leghosszabb, 107 perces időtartamát. A Hold a Föld árnyékkúpjának szimmetriatengelyéhez közel haladt el, úgynevezett centrális holdfogyatkozást észlelhattunk. A Hold ráadásul ellipszispályájának a Földtől legtávolabbi szakaszán tartózkodott, sebessége lecsökkent. Ez idő alatt a Hold vöröses fényben derengett, innen a sajtó által felkapott „vérhold” elnevezés. A jelenség oka, hogy miközben a Nap fénye áthalad a Föld légkörén, a levegőben lévő apró szennyeződések (por, vulkáni hamu stb.) szóródik, a fény egy része irányt vált, aminek mértéke hullámhosszfüggő. Leginkább a kékes árnyalatú összetevők szóródnak, legkevésbé a vörös színűek. Ezért a légkörön áthaladó, kezdetben fehér fényből a kékes összetevők nagy része kiszóródik, a fény vöröses árnyalatúvá válik. Ennek a vöröses fénynek egy része világítja meg az egyébként árnyékban lévő Holdat.

- a) Készítsen szemléltető ábrát a Nap, a Föld és a Hold helyzetéről teljes holdfogyatkozás esetén, és magyarázza el a teljes holdfogyatkozás jelenségét!
- b) Miért növelte meg a jelenség időtartamát, hogy a holdfogyatkozás centrális volt?
- c) Miért lehetünk biztosak benne, hogy a Hold a lehető legkisebb sebességgel haladt a pályáján, ezzel is megnyújtva a jelenség időtartamát? Melyik, égi mozgásra vonatkozó törvény magyarázza ezt meg?
- d) Mit állíthatunk a Föld légkörében a fényszórás mértékéről kis, illetve nagyobb hullámhosszok esetén?
- e) Mikor van napfogyatkozás, és miért nem eshet ugyanarra a napra holdfogyatkozás?
- (2020. október)

Megoldás: (17 pont)

- a) *A teljes holdfogyatkozást ábrázoló szemléltető ábra készítése:* **5 pont**
(bontható)
- A Nap, a Föld és a Hold feltüntetése és megfelelő sorrendje: 2 pont.
A teljes árnyék határainak jelölése: 2 pont.
A Hold a teljes árnyékban van: 1 pont.
- b) *A fogyatkozás centrális jellegéből fakadó időnövekedés magyarázata:* **3 pont**
(bontható)
- Mivel a Föld árnyékkúpjának szimmetriatengelye közelében a legszélesebb a Föld árnyéka (2 pont), ezért a Hold ekkor teszi meg a leghosszabb utat árnyékban (1 pont).
- c) *A Hold sebességére vonatkozó kérdés megválaszolása és a Kepler-törvény megnevezése:* **3 pont**
(bontható)
- Mivel a Hold az ellipszispályája legtávolabbi szakaszán járt (1 pont), Kepler II. törvényének értelmében (1 pont) a sebessége kisebb volt (1 pont), mint más szakaszokon.
- d) *A fényszórásra vonatkozó kérdés megválaszolása:* **2 pont**
(bontható)
- A kisebb hullámhosszak jobban szóródnak, mint a nagyobbak (2 pont).
(Amennyiben a vizsgázó csak színeket ír, de nem köti össze azokat a hullámhosszakkal, csak 1 pont jár!)
- e) *A napfogyatkozás bemutatása, az egyidejű nap- illetve holdfogyatkozás lehetetlenségének indoklása.* **4 pont**
(bontható)
- Napfogyatkozáskor a Hold a Föld és a Nap között van. (2 pont)
(Bármilyen magyarázó ábra elfogadandó.)
A két állapot között, figyelembe véve a Hold Föld körüli keringési idejét, legalább két hétnél kell eltulnia. (2 pont)
(A válaszban nem kell konkrét időtartamnak szerepelnie, elegendő jelezni, hogy egy napnál jóval hosszabb időről van szó.)

Összesen: 17 pont

9. Veszély az úrból

„Veszélyesen megközelíti a Földet egy aszteroida!”— olvassuk egyre gyakrabban. Amennyiben egy nagy sebességgel haladó szilárd kődarab „eltalálja” a Földet, a légkörbe belépve a levegő súrlódásától nagymértékben felmelegszik, és magas hőmérsékleten felizzó anyaga erős fényt bocsát ki. (Ilyenkor már meteoroknak nevezzük.) Kisebb meteorok így még a magas légkörben hamuvá égnek, elpárolognak, megsemmisülnek. Ilyenkor az éjszakai égbolton rövid felvillanást, ún. „hullócsillagot” látunk. Nagyobb kődarabok a légkört maguk körül felmelegítve erős lökéshullámot is kelthetnek, ún. légköri robbanást okozhatnak. Ezek a Föld felszínén is nagy pusztítást tudnak végezni. Ilyen volt 2013-ban az Oroszország Cseljabinszk régiója felett felrobbant meteor, amely miatt több ezer ház ablaka betört, és számos tető is megrongálódott. A körülbelül 100 m átmérőjű vagy annál nagyobb sziklák energiájának zöme a Földbe való becsapódáskor szabadul fel, nagy pusztítást végezve a becsapódás környezetében, vagy extrém esetben akár globális katasztrófát okozva. Az alábbi táblázatban egy aszteroida légkörbe való belépésekor mérhető mozgási energiájának értékeit találjuk az aszteroida átmérőjének függvényében, ha az aszteroida sebessége a légkör elérésekor 17 km/s, a sűrűsége 2600 kg/m³. Az energiát a táblázatban nem joule-ban adtuk meg, hanem „kt”, azaz „kilotonna” egységekben, ami ezer tonna TNT felrobbanása során felszabaduló energiával egyenlő. 1 kt = 4,184 · 10¹² J. (Összehasonlításul: a hiroszimai atomrobbanás során 15 kt energia szabadult fel.)

átmérő	energia (légkör felső határán)
10 m	47 kt
20 m	376 kt
50 m	5900 kt
100 m	47000 kt



- Milyen formában (milyen módokon) adhatja le energiáját egy, a Föld légkörébe belépő, majd a Földdel ütköző aszteroida?
- Mit nevezünk hullócsillagnak?
- A Holdat is érik és érték aszteroidák. Mi ennek a bizonyítéka a Hold felszínén?
- Vajon a Holdon is vannak „hullócsillagok”? Válaszát indokolja!
- Körülbelül mekkora mozgási energiával érkezik a légkör határához egy a szövegben szereplő sebességgel és sűrűséggel rendelkező, 40 m átmérőjű aszteroida? (Az aszteroidákat tekintsük gömb alakúaknak!)

(2021. május)

Megoldás: (18 pont)

a) Az energialeadás módjainak felsorolása:

6 pont
(bontható)

fény- vagy hősugárzás (1 pont – az egyik említése elegendő)
levegő felmelegítése (1 pont)
léggöri robbanás / lökéshullám keltése (2 pont – az egyik említése elegendő)
becsapódás, földbe ütközés / tökéletesen rugalmatlan ütközés (2 pont)

b) A hullócsillag fogalmának meghatározása:

3 pont
(bontható)

Olyan kicsiny aszteroida (1 pont), amely a Föld légkörében felizzik, és fényt bocsájít ki.
(2 pont)

c) A Holdat is érő aszteroidák hatásának bemutatása:

2 pont

A holdkráterek a Holdba csapódó aszteroidák hatására jöttek létre.

d) Annak magyarázata, hogy miért nincsenek a Holdon hullócsillagok:

2 pont

A Holdnak nincs légköre, így az aszteroidák nem égnek el, és nincs fényjelenségre vezető folyamat. (Bármilyen helyes megfogalmazás elfogadható.)

e) Az aszteroida energiájának meghatározása:

5 pont
(bontható)

Mivel az aszteroidák térfogata, és így tömege az átmérő harmadik hatványával arányos
(2 pont), a 40 m átmérőjű aszteroida energiája $2^3 = 8$ -szor nagyobb lesz, mint a 20 m
átmérőjű (2 pont) aszteroida energiája. Így $E = 8 \cdot 376 \text{ kt} = 3008 \text{ kt} \approx 3000 \text{ kt}$. (1 pont)

Vagy:

$$E = \frac{1}{2} M \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \cdot \rho \cdot v^2 \quad (2 \text{ pont}), \text{ amibe behelyettesítve:}$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi \left(\frac{40}{2}\right)^3 \cdot 2600 \cdot 17000^2 = 1,259 \cdot 10^{16} \text{ J} \approx 3000 \text{ kt}$$

(behelyettesítés + számítás, 1 + 2 pont)

A csak J-ban kifejezett érték is teljes pontot ér.

Összesen: 18 pont

A fénysebesség mérése

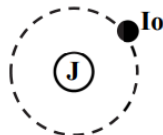
Az első sikeres fénysebességmérést Olaf Römer (1644-1710), dán csillagász végezte. Módszere a következő volt. Megfigyeléseit akkor kezdte, amikor a Föld éppen a Nap és a Jupiter közé ért. Ekkor megmérte a Jupiter Io nevű holdjának keringési idejét oly módon, hogy megfigyelte azt a két egymás utáni időpontot, amikor az Io feltűnt a Jupiter takarásából kilépve. Az Io a Jupiter négy nagy holdja (Galilei-holdak) közül a legbelső. Ezután várt egy fél évet. Ezalatt az Io 103-szor megkerülte a Jupitert, a Föld a Nap ellentétes oldalára került, míg a Jupiter elmozdulása a Nap körüli pályája mentén nem volt jelentős. Az Io első mérésben meghatározott keringési ideje alapján Römer kiszámolta, hogy mikor kell a bolygónak 103 keringés után kilépnie a Jupiter árnyékából, de azt tapasztalta, hogy a Jupiter mögül való felbukkanása 1200 s-ot késett a számított időponthoz képest. Ebből azt a következtetést vonta le, hogy a késés oka abban keresendő, hogy a Föld messzebb került a Jupitertől, így az Io fényének hosszabb utat kellett megtennie a Földig, azaz Römer szeméig a második esetben, mint az első megfigyeléskor, és ehhez 1200 másodpercre volt szüksége.

a) Egészítse ki az alábbi vázlatot! Rajzolja be a Föld helyzetét Olaf Römer megfigyelésének első, illetve második mérése során! Jelölje, hogy melyik pozíció melyik méréshez tartozik!

b) A szövegbeli adatok alapján becsüljük meg, hogy mekkorának mérte Römer az Io keringési idejét!

c) Mekkorának adódik a fény sebessége a fenti mérésben, ha a Nap és Föld távolságát körülbelül 150 000 000 kilométernek tekintjük?

d) Mit állíthatunk a megadott szöveg alapján a másik három Galilei-hold keringési idejéről az Io-hoz viszonyítva? Válaszát indokolja!



(2022. október)

Megoldás: (16 pont)

- a) *A Föld pozíciójának berajzolása az első, illetve a második mérés során:*

2 + 2 pont

A Föld pozícióit elég a Napot a Jupiterrel összekötő egyenes közelébe rajzolni, különösen a második (Jupitertől távolabbi) esetben. Amennyiben a vizsgázó nem jelöli, hogy melyik pozíció melyik méréshez tartozik, csak egy-egy pont jár a két pozícióért.

- b) *Az Io keringési idejének meghatározása:*

**4 pont
(bontható)**

A szövegből kiolvasható, hogy fél év alatt (1 pont) 103-szor kerül meg az Io a Jupitert (1 pont), tehát:

$$T = \frac{365}{2 \cdot 103} = 1,77 \text{ nap} = 42,5 \text{ óra} \quad (\text{képlet} + \text{számítás}, 1 + 1 \text{ pont}).$$

- c) *A fénysebesség meghatározása a szövegben szereplő adatok segítségével:*

**4 pont
(bontható)**

Mivel a Föld–Jupiter távolság a két mérés között 300 millió km-rel lett nagyobb (1 pont), és ezt 1200 s alatt (1 pont) teszi meg a fény,

$$c = \frac{3 \cdot 10^8}{1200} = 250000 \frac{\text{km}}{\text{s}} \quad (\text{képlet} + \text{számítás}, 1 + 1 \text{ pont}).$$

- d) *A Galilei-holdak keringési idejére vonatkozó állítás megfogalmazása és indoklása:*

**4 pont
(bontható)**

A többi Galilei-hold keringési ideje nagyobb (2 pont), mert a Jupitertől vett keringési távolságuk is nagyobb (2 pont), mint az Io távolsága.

Összesen: 16 pont