

Gravitáció, közép

- 1) 2006 okt. 3/A A mellékelt táblázat a Naphoz legközelebbi 4 bolygó keringési időit és pályagörbéik félnagy tengelyeinek hosszát (a) mutatja. (A félnagy tengelyek Nap-Föld távolságegységben vannak megadva.)
- Ábrázolja az a^3 értékeket a T^2 értékek függvényében!
 - Milyen általános összefüggést (törvényt) igazol a grafikon?
 - A megfigyelések szerint az Uránusz keringési ideje 84 év. A kapott összefüggés alapján számítsa ki az Uránusz pályája félnagy tengelyének hosszát Nap-Föld távolságegységben!

bolygók	T (év)	a (egység)
Merkúr	0,241	0,387
Vénusz	0,615	0,723
Föld	1	1
Mars	1,881	1,523

- 2) 2006 máj./3/B A Halley-üstökös Naptól mért távolságát mutatja az alábbi táblázat az adott év január elsején, csillagászati egységekben kifejezve. Figyeljen arra, hogy a megadott időskála nem egyenletes!

(A csillagászati egység: 1 CSE \sim 149 millió kilométer, a Nap és a Föld átlagos távolsága)

Válaszoljon az alábbi kérdésekre a táblázat alapján!

- Mikor tér vissza ismét napközeli a Halley-üstökös?
- Mekkora a Halley-üstökös keringési periódusa?
- Mikor járt legutóbb napközeli a Halley-üstökös?
- Hogyan értelmezhetők a táblázat adatai Kepler első és második törvénye alapján? (Mit állíthatunk az üstököspálya alakjáról általában és a Föld pályájához hasonlítva, valamint a Halley-üstökös sebességének és a Naptól mért távolságának összefüggéséről?)

Év	2006	2011	2016	2021	2026	2031	2036	2041	2046	2051	2056	2061
Távolság (CSE)	30.005	32.589	34.271	35.138	35.229	34.547	33.064	30.702	27.325	23.715	14.416	5.153
Év	2062	2063	2064	2065	2066	2071	2076	2081	2082	2083	2084	2085
Távolság (CSE)	0.804	4.666	7.724	10.188	12.298	20.134	25.507	29.000	30.029	30.622	31.175	31.690

- 3) 3.A A jövő űrturistája a Mars felé vezető útjára egy matematikai ingát s egy rugón rezgő testet visz magával. Az inga és a rezgő rendszer periódusideje a Földön megegyező és ismert, ahogy az inga hossza, a tömegek nagysága és a rugóállandó is. Az űrhajó először Mars körüli pályára áll, majd leszáll a bolygó felszínére. A Mars felszínén a gravitációs gyorsulás 0,38 g (ahol g a Föld felszínén mért nehézségi gyorsulás). Válaszoljon az alábbi kérdésekre, válaszait indokolja!

- Változik-e az inga lengésideje a Mars körüli pályán, illetve a Mars felszínén a Földön tapasztaltakhoz képest?
- Változik-e a rezgő test rezgésideje a Mars körüli pályán, illetve a Mars felszínén a Földön tapasztaltakhoz képest?
- Lehet-e az inga, illetve a rezgő test segítségével következtetni a Mars körül keringő űrhajó pálya menti mozgásának sebességére?
- A Mars felszínére való leszállás után az inga, illetve a rezgő test segítségével lehet-e következtetni az ott uralkodó gravitációs viszonyokra?
- Lehet-e az ingát, illetve a rezgő rendszert tömegmérésre használni?
- A mérések szerint a Mars felszínén a matematikai inga lengésideje a rezgő rendszer periódusidejének 162%-a. Magyarázza meg ezt a tapasztalatot, igazolja a számértéket!

- 4) 2008 máj. Egy Föld körüli körpályán keringő műhold pályamenti sebessége $v_1 = 3,9$ km/s, távolsága a Föld felszínétől 20 000 km. A műhold pályamódosítást hajt végre, és a Föld felszíne fölött 30 000 km magasságban lévő körpályára áll. Mekkora lesz az új pályán a műhold keringési ideje és pályamenti sebessége? ($R_{\text{Föld}} \approx 6400$ km)

5) 2008 máj.2.2. Egy, a GPS (helymeghatározó) rendszerhez tartozó műhold 20180 km sugarú körpályán egyenletesen kering a Föld körül az Egyenlítő síkjában, a Föld tengely körüli forgásával megegyező irányban. Egy másik műholdnak kétszer akkora a tömege és geostacionárius pályán kering a Föld körül 35786 km magasságban. (A geostacionárius műholdak mindig az Egyenlítő síkjában keringenek, és a Föld ugyanazon pontja felett vannak.)

- Lemarad-e a kisebb tömegű műhold a Föld egy kiválasztott, Egyenlítőn fekvő pontjához képest?
- Mekkora utat tesz meg pályáján a kisebb tömegű műhold 1 óra alatt? (A Föld sugara 6380 km, forgásának periódusideje 24 óra.)

6) 2010 okt.3/A 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.

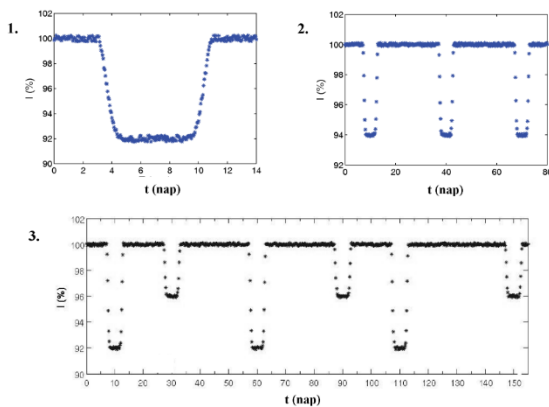
- Egészítse ki a táblázatot, írja be a hiányzó adatokat!
- Tegyük fel, hogy sikerül megbizonyosodnunk arról, hogy az egyik bolygó felszínén valóban található folyékony halmazállapotú víz. Vajon levonhatjuk-e ebből azt a következtetést, hogy a felszín átlagos hőmérséklete biztosan kisebb, mint 100°C?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

7) 3/A Az exobolygók (azaz a mi Naprendszerünkön kívüli bolygók) egy része olyan pályán kering a csillagja körül, hogy a Földről nézve áthalad a csillag előtt. Ilyen exobolygókat, különösen a nagyobbakat, fel lehet fedezni úgy, hogy a csillag fényességét folyamatosan mérve észleljük, amikor a bolygó áthalad előtte, ugyanis ilyenkor a bolygó részleges takarása miatt a mért fényesség lecsökken. Az első grafikon mutat egy tipikus mérési görbét, ahol a csillagfény intenzitásának százalékos csökkenése van feltüntetve.

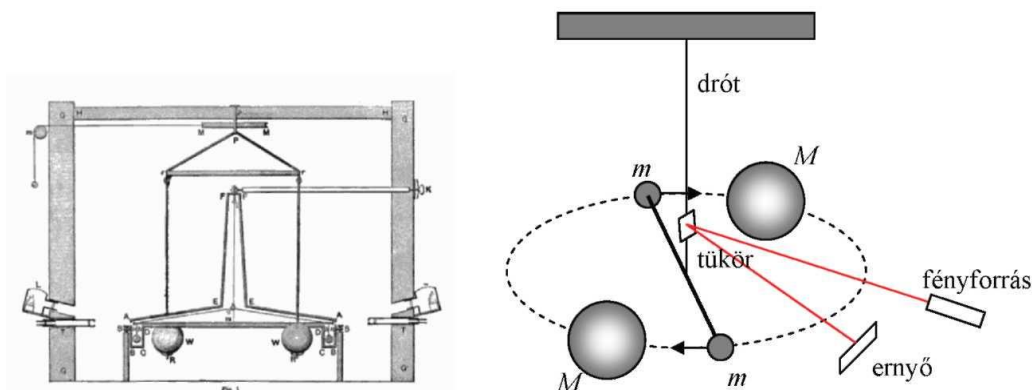
- Körülbelül mennyi idő alatt haladt át a bolygó a csillag előtt?
- Mit mondhatunk a görbe alapján a csillag és a körülötte keringő bolygó átmérőjének viszonyáról (arányáról)?
- A második ábra egy másik csillag fényintenzitásának az előzőnél hosszabb időn át mért változását tartalmazza. A csillag felületének mekkora hányadát takarja ki a bolygó? Mekkora a keringés periódusideje és nagyságrendileg mennyi idő alatt halad át a csillag előtt a bolygó?
- A harmadik grafikon egy harmadik csillag fényintenzitásának mérési eredményét mutatja. Olvassa le a grafikonról a fényintenzitás csökkenések közelítő időpontjait! Mi lehet a magyarázata annak, hogy a fényintenzitás-minimumok eltérő mértékűek? Hogyan értelmezhető az egymást követő fényintenzitás-minimumok között eltelt időintervallumok eltérő nagysága?





8) 2013 maj.3/A Henry Cavendish a 18. században úgynevezett torziós ingával mérte meg két ólomgolyó között a gravitációs erőt. A torziós vagy csavarodási inga szögelfordulása a csavaró hatás mértékével egyenesen arányos. A mért értékek ismeretében Cavendish a Föld tömegét, illetve a gravitációs állandót is ki tudta számítani. A kísérletben egy vízszintes rúd két végére kis ólomgömböket helyezett, ezt a rudat egy vékony torziós szálra függesztette fel. Két nagy tömegű ólomgömböt pedig az ábrán látható módon közel helyezett a kis gömbökhöz, és megmérte a torziós szálra függesztett rúd elfordulását. A mérés elvi vázlat a jobb oldali ábrán látható. Ennek segítségével válaszoljon az alábbi kérdésekre!

- Mitől fordul el a rúd? A nagy gömböket miért kell a kis gömbök ellentétes oldalára helyezni? Mi történne, ha azonos oldalra helyeznénk a nagy gömböket (azaz a rajzon mindkét gömbpárnál jobb oldalt lenne a nagy gömb és bal oldalon a kicsi)? Mi történne, ha ugyanakkora tömegű platinagömböket tennénk az ólomgömbök helyére, s így végeznénk el a kísérletet?
- Mit kell tudni a torziós szálról ahhoz, hogy a gravitációs erőt ki tudjuk számítani?
- Mi a szerepe a rúd hosszának? Nő vagy csökken a rúd elfordulási szöge, ha ugyanakkora ólomgömböket hosszabb rúd végére rögzítünk? Miért?
- Értelmezze a vázlat alapján, hogyan tette könnyen mérhetővé Cavendish a rúd kicsiny elfordulását!



- 9) 2013 okt.2. A Marsra nemrégiben sikeresen leszállt a "Curiosity", azaz "Kíváncsiság" nevű, 900 kg tömegű marsjáró, amely az élet jeleit keresi a vörös bolygón.
- A megadott értékek segítségével határozza meg a Mars felszínén a gravitációs gyorsulás értékét és a Curiosity súlyát! (A Mars tengely körüli forgásától tekintünk el!)
 - Mekkora a Mars felszínén a Marsra vonatkoztatott első kozmikus sebesség?

A keresett értékeket számítsa ki a rendelkezésre álló adatok alapján! Számítások hiányában a feladat nem értékelhető!

A gravitációs állandó: $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$, a Mars tömege $M_{\text{Mars}} = 6,42 \cdot 10^{23} \text{ kg}$,

a Mars sugara $R_{\text{Mars}} = 3400 \text{ km}$.

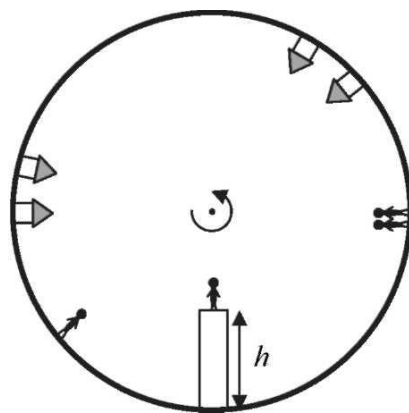
- 10) 2014m/2. Egy gömb alakú, gömbszimmetrikus anyageloszlású, 9000 km sugarú bolygó körül két űrszonda kering körpályán. Az egyik szonda sebessége 4800 m/s, a pályájának sugara 50 000 km. A másik szonda pályájának sugara 30 000 km.
- Mekkora a bolygó átlagsűrűsége?

b) Mekkora a második szonda sebessége?

A gravitációs állandó: $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$.

11) 2. Arthur C. Clarke egyik regényében feltűnik a Naprendszerben egy idegen űrhajó. Ez egy 20 km átmérőjű, hosszú henger, amely 4 percenként megfordul a tengelye körül. Üreges belsejében egy egész kis világot hordoz magában, amely a henger palástjának belső oldalán helyezkedik el. A „földön álló” (azaz a henger belső palástján tartózkodó, a hengerrel együtt forgó) űrhajósok úgy érzik, mintha gravitációs erő szorítaná őket a talajhoz.

- Mekkora erővel nyomja a „talaj” egy, az űrhajóban a „földön” álló, 80 kg tömegű űrhajós talpát? Mekkora ebben a világban a mesterséges „gravitációs” gyorsulás a talajon?
- Hány kilométer magasra kell felmásznia egy megfelelően magas toronyházban az űrhajósnak, ha azt akarja elérni, hogy a rá ható mesterséges gravitáció az eredeti érték harmadára csökkenjen?
- Az űrkolónia lakói a hétvégén a földi sportrendezvényekhez hasonlóan szeretnének távol- és magasugróversenyeket szervezni. Ehhez arra van szükségük, hogy az általuk a „talajon” érzékelt mesterséges gravitációs gyorsulás pontosan a földi értékkel legyen egyenlő ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$). Mekkora kell átállítani ennek érdekében az űrhajó tengely körüli forgásának periódusidejét? (Azt az időt, amely alatt körbefordul a tengelye körül a henger.)

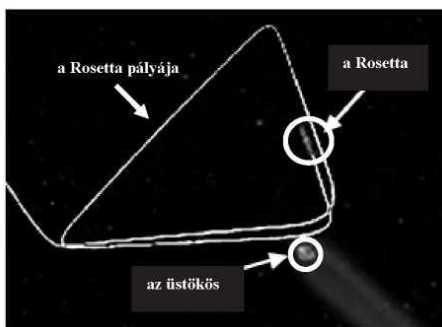
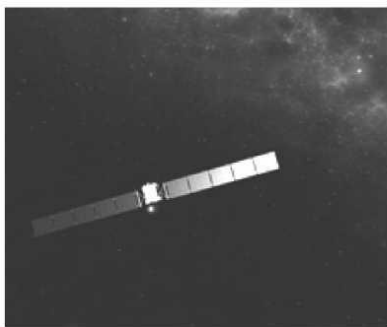


12) 2015m/1. Két elektron egymástól 1 m távolságra van egy adott pillanatban. Az elektronok vákuumban vannak.

- Mekkora elektrosztatikus erő ébred közöttük ekkor?
- Mekkora gravitációs erő ébred közöttük ekkor?
- Mekkora a két erő nagyságának aránya? Hogyan változik ez az érték, ha az elektronok közti távolság megváltozik? Válaszát indokolja! Az elektron tömege $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, töltése $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$,

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}, \quad k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

13) 2015.o. 3/A 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!

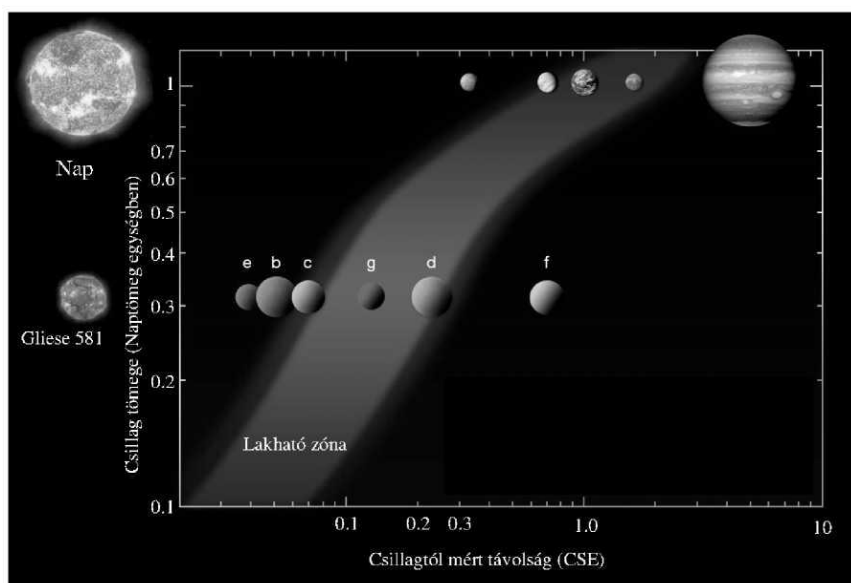
- Körülbelül hány km/s átlagsebességgel haladt a Rosetta a Földről az üstökösmag felé?
- A képen látható, hogy a szondának „szárnyai” vannak. Mik ezek és mi célt szolgálnak?
- A Rosetta az üstökösmaghoz közeledve az ábra alapján közel háromszög alakú pályán halad. Milyen mozgást végez az űrszonda a pályájának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

14) 2016.m. 3/A Az alábbi táblázatban egy, a Nap körül elnyújtott ellipszispályán keringő üstökös sebességadatai vannak feltüntetve különböző időpontokban (mindig az adott esztendő február 6-án). Az üstökös a Naptól 0,586 csillagászati egység távolságra van, amikor a legközelebb jár hozzá. (1 csillagászati egység = 1CsE, a Nap és Föld átlagos távolsága.)

t	1931	1937	1948	1960	1966	1972	1976	1980	1983	1984	1985	1986	1987	1988
v (km/s)	2.9	2.0	0.9	2.1	3.1	4.5	5.8	7.9	11.1	13.2	17.7	54.0	17.7	13.2

- Ábrázolja grafikonon a sebességértékeket a naptári évek függvényében!
- Határozza meg, hogy az égitest melyik évben járt napközelsben, illetve mikor naptávolban! Válaszát indokolja!
- Mekkora az égitest keringésének periódusideje?
- Tudjuk, hogy az üstökös sebességének és Naptól vett távolságának szorzata megegyezik, amikor az üstökös pályájának a Naptól legtávolabbi, illetve amikor a Naphoz legközelebbi pontján halad. Mennyi az üstökös Naptól vett legnagyobb távolsága csillagászati egységben kifejezve?

15) 2016.m2/3/B 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.)



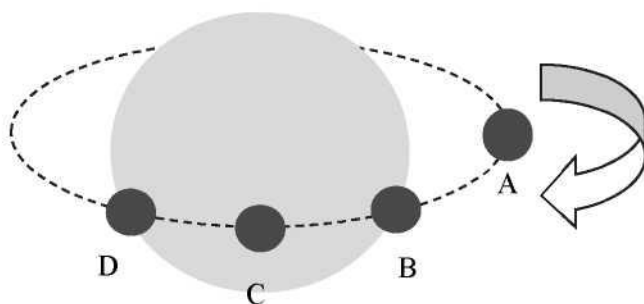
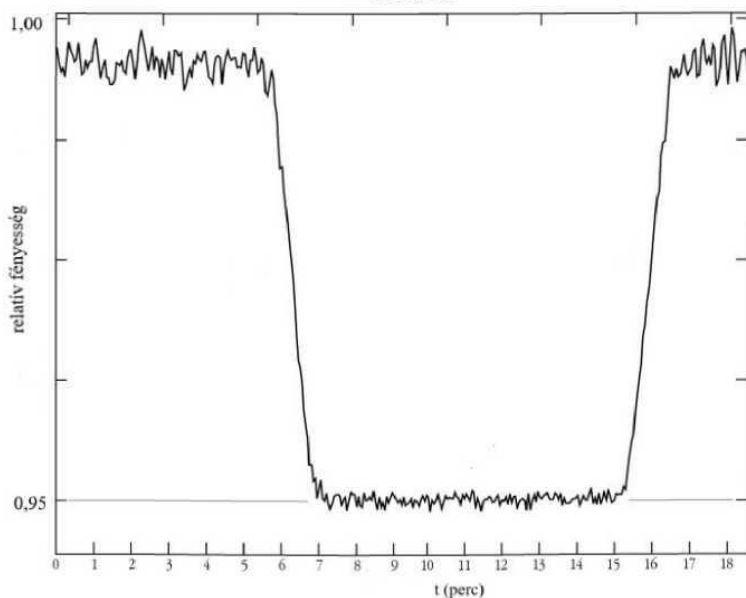
Az ábra segítségével válaszoljon az alábbi kérdésekre!

- Melyik bolygók találhatók a Nap lakható zónájában? Nevezzen meg egyet, amelyik már egyértelműen túl közel, és egyet, amelyik már egyértelműen túl messze van!
- Melyik bolygók találhatók 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!
- A két csillag közül melyiknek a lakható zónája található a csillaghoz közelebb? Mi lehet ennek az oka?
- 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.)

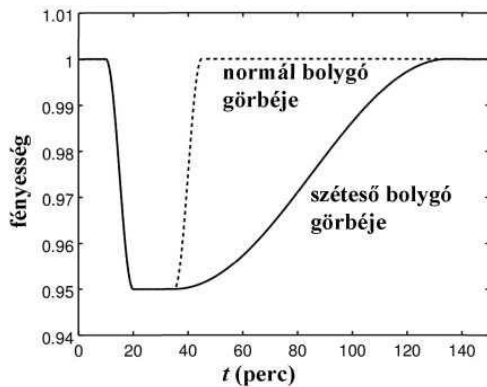
16) 2018.o.1 Széteső bolygók

Naprendszerünkön kívüli, távoli csillagok körül keringő bolygók felfedezésének egyik módszere, hogy folyamatosan figyeljük egy csillag fényerősségének alakulását. Amikor egy, a csillag körül keringő bolygó köztünk és a csillag között halad el, a csillag egy részét eltakarja, így a csillag mért fényessége egy rövid időre lecsökken. Amennyiben tehát a megfigyelt csillag fényessége rendszeres időközönként rövid időre lecsökken, tudhatjuk, hogy a csillag körül bolygó kering. Az 1. ábra egy ilyen fényességgörbét mutat, alatta a csillag és a körülötte keringő bolygó helyzetének vázlatát láthatjuk, négy különböző pozícióban. A közelmúltban meglepő fényességgörbéket rögzítettek a Kepler-űrteleszkóp műszerei. A megfigyelt csillag fényessége csökkent ugyan, de a csillag fényességét az idő függvényében ábrázoló görbe időben aszimmetrikusnak bizonyult. (A 2. ábrán a folytonos görbe mutatja a normálistól eltérő viselkedést). A tudósok szerint a fényességgörbe arra utal, hogy a bolygót jelentős kiterjedésű, gázokból és porból álló csóva követi (a 2. ábra melletti fantáziarajz). Ez úgy lehetséges, ha a bolygó kicsi és nagyon közel kering a csillaghoz. Ekkor felszíni hőmérséklete nagyon magas (akár több ezer fokok) így a felszín anyaga folyamatosan párolog. Ugyanakkor gravitációja gyenge, nem tudja megtartani "légkörét", az folyamatosan az űrbe szökik, egy forró gázokból és porból álló „csóvát” alkotva. Egy ilyen bolygó sorsa azonban meg van pecsételve. Folyamatos párolgása addig tart, amíg teljesen el nem tűnik.

1. ábra



2. ábra



- Az 1. ábra alatt a csillag körül keringő bolygó helyzetének vázlata látható, abból a pozícióból, ahonnan a Kepler-űrtávcső a fényességgörbét rögzítette. A vázlaton a pálya mentén négy pozíció betűvel van megjelölve. Állapítsa meg és jelölje be, hogy melyik pozíció melyik szakaszhoz köthető az 1. fényességgörbén!
- Jelöljön meg egy olyan pontot a 2. fényességgörbén, ahol nagy valószínűséggel már csak a bolygót követő csóva takarja el részlegesen a csillagot!
- Miért nem párolog el a Föld vagy a Mars a Nap hatására? Milyen két lényeges feltételnek kell teljesülnie ahhoz, hogy a bolygó elpárologgása bekövetkezhessen?