

1. 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 ~ 149 millió kilométer, a Nap és a Föld átlagos távolsága)

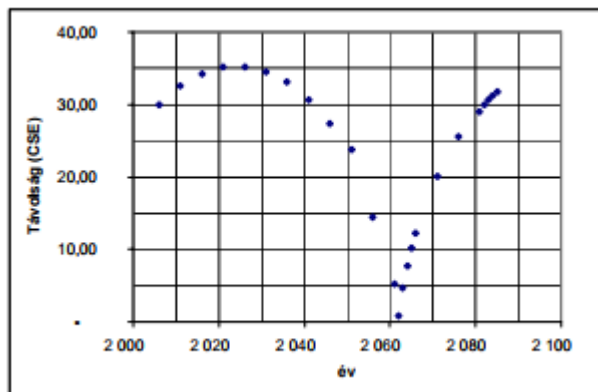
Év	2006	2011	2016	2021	2026	2031	2036	2041	2046	2051	2056	2061
Távolság (CSE)	30.005	32.589	34.271	35.138	35.229	34.547	33.064	30.702	27.325	23.715	14.416	5.153
Év	2062	2063	2064	2065	2066	2071	2076	2081	2082	2083	2084	2085
Távolság (CSE)	0.804	4.666	7.724	10.188	12.298	20.134	25.507	29.000	30.029	30.622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

Válaszoljon az alábbi kérdésekre a táblázat alapján!

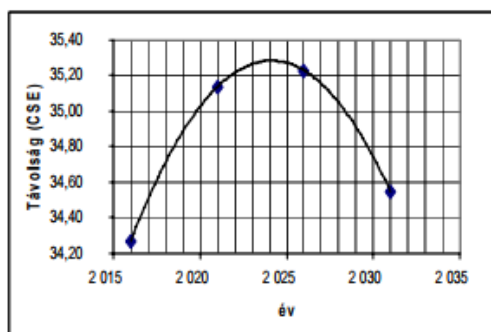
- Mikor tér vissza ismét napközelsébe a Halley-üstökös?
- Mekkora a Halley-üstökös keringési periódusa?
- Mikor járt legutóbb napközelségben a Halley-üstökös?
- Hogyan értelmezhetők a táblázat adatai Kepler első és második törvénye alapján? (Mit állíthatunk az üstökőpálya alakjáról általában és a Föld pályájához hasonlítva, valamint a Halley-üstökös sebességének és a Naptól mért távolságának összefüggéséről?) (2005. május)

**Megoldás:**

- A következő napközeli időpont meghatározása: **3 pont**  
A Halley-üstökös legközelebb 2062-ban lesz napközelségben.



- A következő naptávolsági időpont meghatározása: **2 pont**  
Az üstökös 2024-ban lesz legközelebb naptávolságban. (Az eredmény a táblázat elemzésével, grafikus ábrázolással egyaránt megkapható, minden elvileg helyes módszer elfogadható.  $\pm 2$  év hibahatáron belül ne vonjunk le pontot.)  
A periódusidő meghatározása: **4 pont**



Az egymást követő naptávoli és a napközeli időpontok különbsége a fél periódusidőt adja, a Halley-üstökös esetében ez 38 év (2062- 2024), a periódusidő pedig  $T = 76$  év. (Teljes értékű megoldás a táblázat adataiból való közvetlen leolvasása a periódusidőnek: pl. a 2006-os és 2082-es adatok összevetése. Az elvileg helyes  $\pm 2$  év hibahatáron belüli eredmény esetében maximális pont adható. Örökletes hibát követő, de elvileg helyes számítás során a részfeladatban  $\pm 2$  év pontatlanság tolerálható, ilyenkor a teljes részpontoszám megadható. Amennyiben a jelölt a 2026-os (naptávoli) és 2062-es (napközeli) adatokból számolva  $36 \times 2 = 72$  évben adta meg a periódusidőt, a b) részre 4 pont adható.)

A legutóbbi napközeli időpont meghatározása: **3 pont**

A legutóbbi napközeli helyzet ( $2062 - 76 = 1986$ ) 1986-ban volt. (Az elvileg helyes  $\pm 2$  év hibahatáron belüli eredmény esetében maximális pont adható. Örökletes hibát követő, de elvileg helyes számítás során a teljes részpontoszám megadható. )

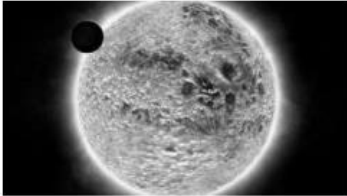
- c) A mozgás elemzése Kepler I. és II. törvénye alapján: Kepler I. törvényének megfelelően a Nap körül keringő üstökös olyan ellipszispályán mozog, amelynek egyik fókuszában a Nap áll. Mivel a Halley-üstökös esetén a naptávoli helyzetben a Naptól mért távolság sokkal nagyobb, mint a napközeli helyzetben, ezért az ellipszispálya – szemben a Föld pályájával – erősen elnyújtott. **3 pont**  
(Ha a jelölt nem nevesíti az ellipszispályával kapcsolatban Kepler I. törvényét, de megállapításai helyesek, 2 pont adható.)

Kepler II. törvénye szerint a Naptól az üstököshöz húzott vezérsugár egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrol. Az elnyújtott ellipszispálya miatt ez akkor teljesülhet, ha napközelen az üstökös sokkal nagyobb sebességgel halad, mint naptávokban. Ennek eredményeként naptávokban ugyanazon ellipszisíveket sokkal hosszabb idő alatt teszi meg, mint napközelen. **3 pont**

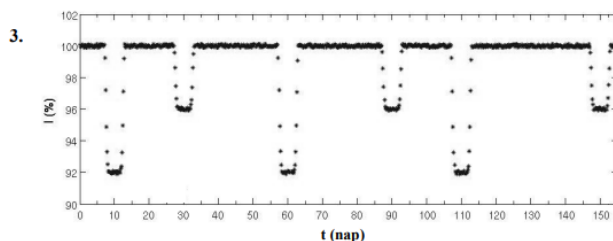
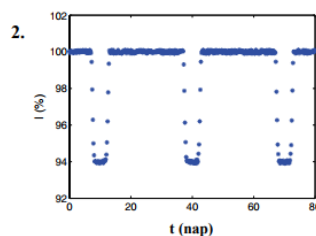
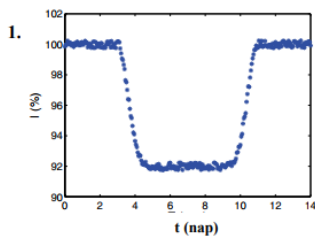
(Ha a jelölt nem fogalmazza meg pontosan Kepler II. törvényét, de utal arra, hogy az üstökös sebessége a naptávokban lényegesen kisebb, mint napközelen, s ez összhangban van Kepler II. törvényével, a 3 pont megadható. Ha a jelölt nem nevesíti a pálya menti sebességekkel kapcsolatban Kepler II. törvényét, de megállapításai helyesek, 2 pont adható.) .

**Összesen 18 pont**

2. 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?



(2011. május)

## Megoldás:

a) *A bolygó áthaladási idejének leolvasása a görbéről:*

**2 pont**

A bolygó kb. 8 nap alatt halad át a csillag előtt (a csillag fényességcsökkenésének kezdetétől a teljes fényesség újbóli eléréseig számítva).  
(Nem kell hibának tekinteni, ha a vizsgázó csak a kb. 6 napig tartó minimális fényességű időszak tartamát olvassa le, így a 6 nap is teljes pontszámot ér. Ez a megjegyzés a továbbiakban is érvényes.)

b) *A takarás mértékének megállapítása:*

**2 pont**

A csillag felületének 8%-át takarja ki a bolygó.

*A csillag, illetve a bolygó sugara közti viszony kiszámítása:*

**4 pont  
(bontható)**

A bolygó és a csillag látszólagos felületének viszonya 0,08.

$$\frac{r^2 \cdot \pi}{R^2 \cdot \pi} = 0,08 \quad (2 \text{ pont})$$

amiből  $\frac{2r}{2R} \approx 0,28$  arány adódik (2 pont).

c) *Az adatok helyes leolvasása:*

**4 pont  
(bontható)**

A bolygó a csillag látszólagos felületének kb. 6%-át takarja ki (1 pont).  
A bolygó 30 napos periódusidővel kering a csillag körül (2 pont).  
A bolygó áthaladási ideje kb. 2-8 nap (1 pont)  
(Mivel a grafikonról az áthaladás ideje csak rosszul látható, a becslést tág határok között kell elfogadni.)

d) *A közelítő időpontok helyes leolvasása:*

**2 pont  
(bontható)**

(2 pont akkor adható, ha mind a hat adatot helyesen olvasta le a vizsgázó. 1 pontot egynél nem több félreolvasás esetén lehet adni.)

*Az eltérő mértékű fényintenzitás-csökkenés magyarázata:*

**3 pont  
(bontható)**

A csillag körül két, különböző átmérőjű bolygó kering.

(A két bolygó felismerése 2 pont, a különböző átmérőre utalás 1 pont. Egyéb értelmes ötletekre, magyarázatokra 1 pont adható.)

*Az egymást követő fényintenzitás-csökkenések között eltelt időintervallumok eltérő voltának magyarázata:*

**3 pont  
(bontható)**

Hol az egyik, hol a másik bolygó takarja a csillagot. A két exobolygó keringési periódusa különböző.

(A két bolygó váltakozó lefedésére való utalás 1 pont, a különböző periódusidő kimondása 2 pont.)

**Összesen 20 pont**

3. 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

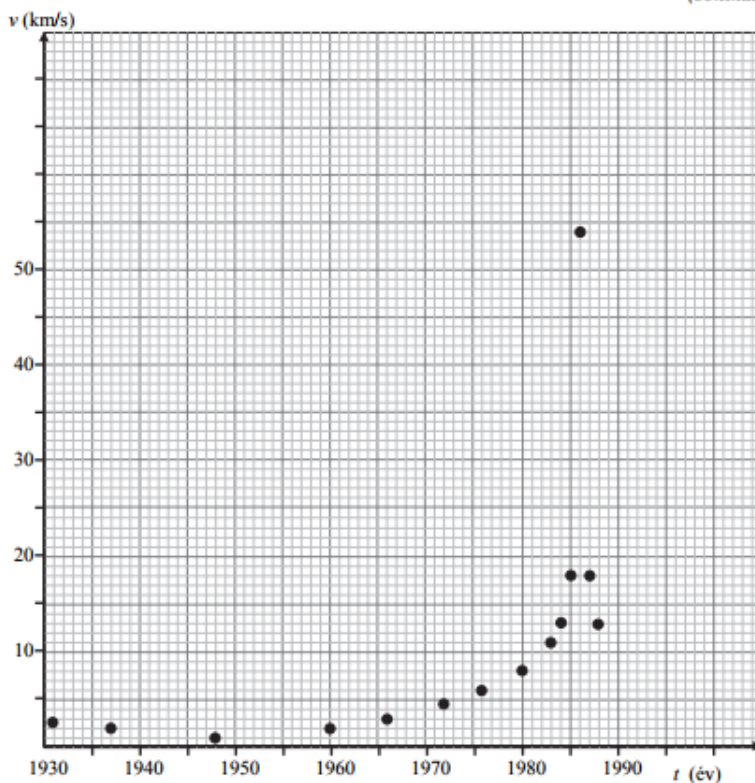
- a) Ábrázolja grafikonon a sebességértékeket a naptári évek függvényében!  
b) Határozza meg, hogy az égitest melyik évben járt napközelen, illetve mikor naptávolban! Válaszát indokolja!  
c) Mekkora az égitest keringésének periódusideje?  
d) Tudjuk, hogy az üstökös sebességének és Naptól vett távolságának 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?  
(2016. május)

**Megoldás:**

Adatok:  $R_1 = 0,586$  CsE

a) A grafikon elkészítése és a táblázatban lévő adatok ábrázolása:

8 pont  
(bontható)



A megfelelően megrajzolt és feliratozott tengelyek 1–1 pontot érnek, a táblázatban található adatok berajzolása pedig 6 pontot (14 vagy 13 helyesen berajzolt adat: 6 pont, 12–10 adat: 5 pont, 9–8 adat: 4 pont, 7–6 adat: 3 pont, 5–3 adat: 2 pont, 2–1 adat: 1 pont).

- b) *Annak felismerése, hogy az égitest sebessége napközben maximális, illetve naptávolban minimális:*

**2 pont**

Ezt a kijelentést nem kell indokolni (pl. a mechanikai energia megmaradásával), elég a tény rögzítése.

*A naptávol, illetve a napközeli időpontjának meghatározása:*

**2 + 2 pont**

A legkisebb, illetve a legnagyobb sebességhez tartozó évszámokat leolvassa:

Naptávol: 1948.

Napközeli: 1986.

- c) *A periódusidő meghatározása:*

**2 pont**

A napközeli és naptávoli időkülönbségének kétszerese: 76 év

- d) *A feladatszóvegben leírt összefüggés formális felírása és a Naptól vett legnagyobb távolság meghatározása:*

**4 pont  
(bontható)**

$$v_{\max} \cdot R_1 = v_{\min} \cdot R_2, \text{ amiből } R_2 = 35,2 \text{ CsE}$$

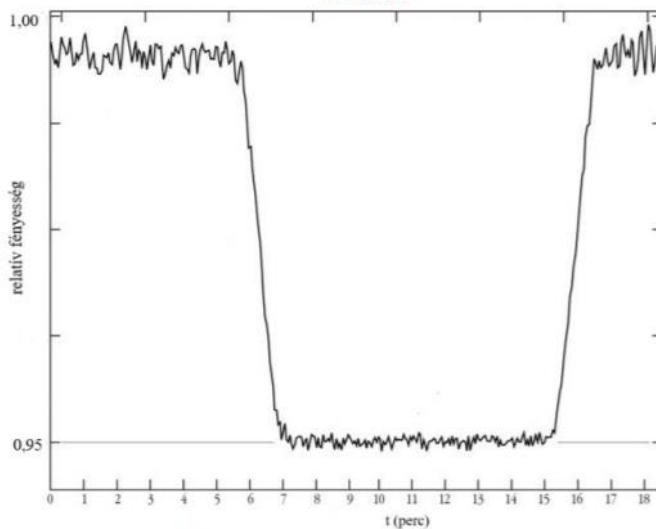
(képlet + rendezés + számítás, 2 + 1 + 1 pont).

**Összesen 20 pont.**

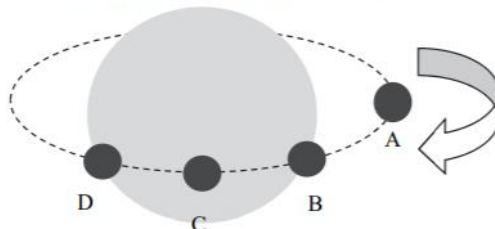
#### 4. Széteső bolygók

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-úrteleszkóp 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 fokos) 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.

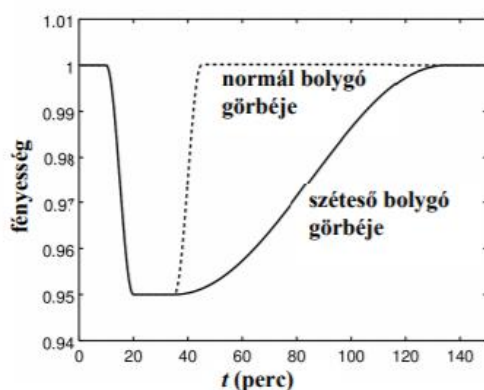
1. ábra



Kép forrása: [www.eso.org/public/images/eso9936c](http://www.eso.org/public/images/eso9936c)



2. ábra



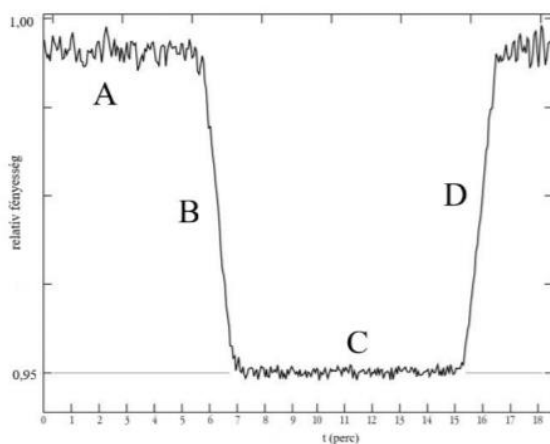
Forrás: <http://www.manyworlds.space/index.php/tag/disintegrating-planets/>

- a) 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!
- b) Jelöljön meg egy olyan pontot a 2. fényességgörbén, ahol nagy valószínűséggel már csak a bolygót követő csóva takarja el részlegesen a csillagot!
- c) Miért nem párolog el a Föld vagy a Mars a Nap hatására? Milyen két lényeges feltételnek kell teljesülnie ahhoz, hogy a bolygó elpárologása bekövetkezessen? (2018. október)

**Megoldás:** (17 pont)

a) A négy különböző pozíció megjelölése a fényességgörbén:

8 pont  
(bontható)



Minden helyesen megjelölt pozíció 2 pontot ér. A jelölés akkor tekinthető helyesnek, ha egyértelműen köthető a négy szakasz valamelyikéhez (alsó és felső platók, illetve az emelkedő és a csökkenő szakasz.) A „sarkokhoz” (fordulópontokhoz) helyezett betű nem fogadható el.

b) A keresett görbeszakasz egyértelmű azonosítása:

3 pont

Bármely, a folyamatos görbe jobb oldali emelkedő részén megjelölt pozíció elfogadható, ha az a szaggatott görbétől jól elválik.

c) Az elpárolgás két leglényesebb tényezőjének egyértelmű megnevezése:

6 pont  
(bontható)

A bolygónak elegendően közel kell keringenie a csillaghoz, hogy a felszíni hőmérséklete nagyon magas legyen (3 pont), valamint a bolygó saját felszíni gravitációjának elég kicsinek kell lennie (3 pont), hogy ne tudja visszatartani a légkörbe szökő anyagokat.

**Összesen 17 pont**



