

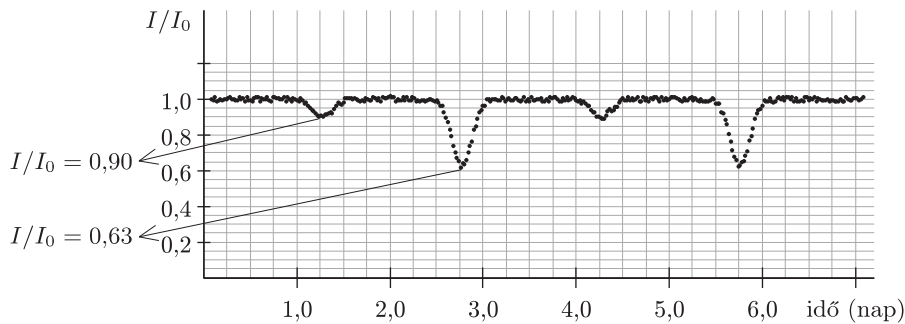
## Kettőscsillagok

A kettőscsillag rendszerek két csillagból állnak, melyek közös tömegközéppontjuk körül keringenek. Galaxisunkban a csillagoknak csaknem a fele kettőscsillag rendszert alkot. A Földről nem könnyű megállapítani a legtöbb ilyen csillag rendszer kettős természetét, mert a két csillag közötti távolság sokkal kisebb, mint a tőlünk mérhető távolság, így a távcsövekkel csak egyetlen fénylő pontot látunk. Ezért inkább fotometriát (fényességmérést) és spektroszkópiát (színképelemzést) használunk, ilyen módon észlelhetjük az adott csillag intenzitásának vagy színképének a változásait, melyek segítségével eldönthetjük, hogy az adott rendszer kettős vagy sem.

**Kettőscsillagok fényességmérése.** Ha pontosan a két csillag mozgásának síkjában vagyunk, akkor az egyik csillag időről időre elhalad a másik előtt, és ezért az egész rendszer fényének intenzitása időben változni fog a mi megfigyelési helyünkön. Az ilyen kettős rendszereket *eklíptikus kettős* rendszereknek nevezzük.

1. Tegyük fel, hogy a két csillag mindegyike körpályán mozog a közös tömegközéppontjuk körül állandó  $\omega$  szögsebességgel, és mi pontosan a kettős rendszer mozgásának síkjában vagyunk. Ugyancsak tegyük fel, hogy a két csillag felületi hőmérséklete  $T_1$  és  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ), valamint sugaraik  $R_1$  és  $R_2$  ( $R_1 > R_2$ ).

A fény Földről mérhető teljes intenzitását az idő függvényében az 1. ábra mutatja.



1. ábra. A kettőscsillag rendszerből érkező fény relatív intenzitása az idő függvényében. A függőleges tengely skálázása  $I_0 = 4,8 \cdot 10^{-9} \text{ W/m}^2$  értékhez viszonyított. Az idő napokban van mérve

A gondosan elvégzett mérések szerint a csillagokból érkező fény intenzitásminimumai a mindkét csillagból jövő fény maximális  $I_0$  intenzitásának ( $I_0 = 4,8 \cdot 10^{-9} \text{ W/m}^2$ ) 90, illetve 63 százalékával egyenlők. Az 1. ábrán a függőleges tengely az  $I/I_0$  intenzitás arányt mutatja, míg a vízszintes tengelyen az idő van feltüntetve nap egységekben.

**1.1. (0,8 pont)** Olvasd le a mozgás periódusidejét!

Válaszodat add meg **másodperc** egységben két értékes jegy pontossággal!

Mekkora a rendszer szögsebessége radián/másodperc (rad/s) egységben?

Jó közelítéssel igaz, hogy egy csillagról érkező sugárzás olyan abszolút feketetést sugárzásnak felel meg, mint ami egy akkora sugarú lapos korongról érkezne, mint a csillag sugara. Ezért a csillagról érkező intenzitás  $AT^4$ -nel arányos, ahol  $A$  a korong területe és  $T$  a csillag felszínének hőmérséklete.

**1.2. (1,6 pont)** Az 1. ábrán található grafikon segítségével határozd meg a  $T_1/T_2$  és  $R_1/R_2$  arányokat.

**Kettős rendszerek színképelemzése.** Ebben a részben a kettőscsillag rendszer kísérleti színkép adatai alapján kiszámítjuk a kettőscsillag néhány csillagászati jellemzőjét.

Az atomok sugárzást nyelnek el vagy bocsátanak ki bizonyos jellegzetes hullámhosszakon. Következésképpen egy csillag észlelhető színképe elnyelési (abszorpciós) vonalakat tartalmaz a csillag felszíni légkörében található atomoknak megfelelően.

A nátrium jellegzetes sárga színképvonalának ( $D_1$  vonal) hullámhossza:  $5895,9 \text{ \AA}$  ( $10 \text{ \AA} = 1 \text{ nm}$ ). Vizsgáljuk meg az előző részben szereplő kettős rendszer esetén az atomi nátriumnak ezt a hullámhosszát. A kettőscsillagról érkező fény színképe Doppler-eltolódást szenved, mert a csillagok hozzánk képest mozognak. A két csillag sebessége különböző. Ennek megfelelően a két csillag elnyelési hullámhossza különböző mértékben tolódik el. Igen pontos hullámhosszmérésekre van szükségünk ahhoz, hogy a Doppler-eltolódást észlelhessük, mert a csillagok sebessége sokkal kisebb a fénysebességnél. A kettős rendszer tömegközéppontjának hozzánk képesti sebessége ebben a feladatban sokkal kisebb, mint az egyes csillagok pályamenti sebessége. Ezért az összes Doppler-eltolódást kizárólag a csillagok pályamenti sebességével hozhatjuk kapcsolatba. Az 1. táblázat az általunk vizsgált kettős rendszer csillagjainak mért színképét mutatja.

1. táblázat: A kettőscsillag rendszer elnyelési színképe a nátrium  $D_1$  vonalának esetében

t/nap	$\lambda_1$ (Å)	$\lambda_2$ (Å)	t/nap	$\lambda_1$ (Å)	$\lambda_2$ (Å)
0,3	5897,5	5893,1	2,7	5895,6	5896,4
0,6	5897,7	5892,8	3,0	5896,7	5894,5
0,9	5897,2	5893,7	3,3	5897,3	5893,1
1,2	5896,2	5896,2	3,6	5897,7	5892,8
1,5	5895,1	5897,3	3,9	5897,2	5893,7
1,8	5894,3	5898,7	4,2	5896,2	5896,2
2,1	5894,1	5899,0	4,5	5895,0	5897,4
2,4	5894,6	5898,1	4,8	5894,3	5898,7

(Megjegyzés: Nem szükséges grafikont készíteni ennek a táblázatnak az adataiból.)

**2. Használd az 1. táblázatot!**

**2.1. (1,8 pont)** Jelölje az egyes csillagok pályamenti sebességét  $v_1$  és  $v_2$ ! Határozd meg  $v_1$  és  $v_2$  értékét! A fény sebessége:  $c = 3,0 \cdot 10^8$  m/s. Hanyagold el a relativisztikus hatásokat!

**2.2. (0,7 pont)** Határozd meg a csillagok tömegarányát ( $m_1/m_2$ )!

**2.3. (0,8 pont)** Jelölje  $r_1$  és  $r_2$  az egyes csillagok távolságát a tömegközéppontjuktól! Határozd meg  $r_1$  és  $r_2$  értékét!

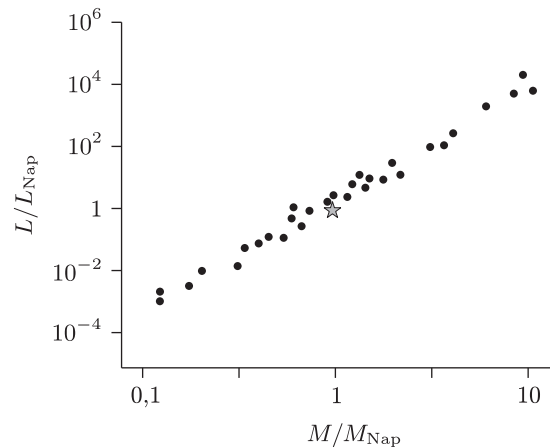
**2.4. (0,2 pont)** Jelölje  $r$  a csillagok közötti távolságot! Határozd meg  $r$  értékét!

**3. A csillagok között ható egyetlen erő a gravitációs erő.**

**3.1. (1,2 pont)** Határozd meg az egyes csillagok tömegét egy értékes jegy pontossággal! Az univerzális gravitációs állandó  $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$  m<sup>3</sup>kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>.

### A csillagok általános jellemzői

**4. A legtöbb csillagban ugyanolyan módon történik az energiatermelés. Ezért lehetséges egy empirikus (megfigyelésen alapuló) összefüggést felállítani a csillagok  $M$  tömege és az úgynevezett  $L$  luminozitása (a csillag által kisugárzott összes teljesítmény) között. Ezt az összefüggést ilyen alakban is megadhatjuk:  $L/L_{\text{Nap}} = (M/M_{\text{Nap}})^\alpha$ , ahol  $M_{\text{Nap}} = 2,0 \cdot 10^{30}$  kg a Nap tömege és  $L_{\text{Nap}} = 3,9 \cdot 10^{26}$  W a Nap luminozitása. A 2. ábra ezt az összefüggést mutatja log-log diagram alakjában.**



**2. ábra.** Egy csillag luminozitása a tömegének függvényében hatványfüggvény szerint változik. A grafikon log-log diagram. A csillaggal jelölt csillag a mi Napunkat mutatja, melynek tömege  $2,0 \cdot 10^{30}$  kg és luminozitása  $3,9 \cdot 10^{26}$  W

**4.1. (0,6 pont)** Határozd meg  $\alpha$  értékét 1 értékes jegy pontossággal!

**4.2. (0,6 pont)** Jelölje  $L_1$  és  $L_2$  a kettős rendszer csillagainak luminozitását az előzőekben tanulmányozott kettős-csillag esetén! Határozd meg  $L_1$  és  $L_2$  értékét!

**4.3. (0,9 pont)** Add meg fényév egységekben, hogy mekkora  $d$  távolságra van tőlünk a kettőscsillag!

A távolság meghatározásakor használd az 1. ábrán található adatokat! Egy fényév az a távolság, amit a fény egy év alatt tesz meg.

**4.4. (0,4 pont)** Mekkora a két csillag közötti maximális  $\theta$  látószög a földi észlelési pontból nézve?

**4.5. (0,4 pont)** Legalább mekkora legyen egy optikai távcső  $D$  apertúra- (nyílás-) mérete, hogy megfelelő felbontóképességet biztosítson a két csillag külön-külön észleléséhez?