

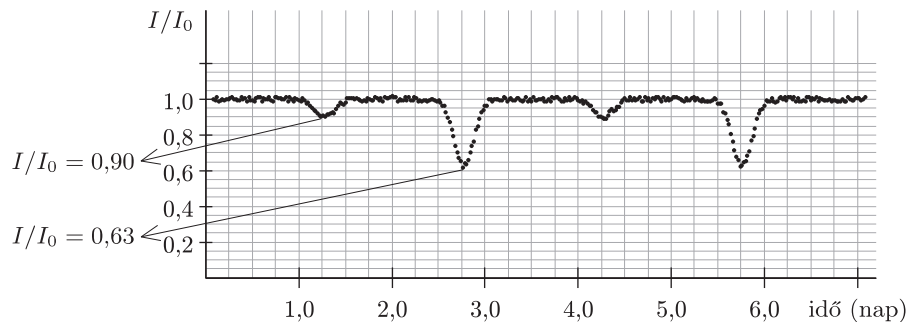
Kettőscsillagok

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 ω 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 feketetest 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	λ_1 (Å)	λ_2 (Å)	t/nap	λ_1 (Å)	λ_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!

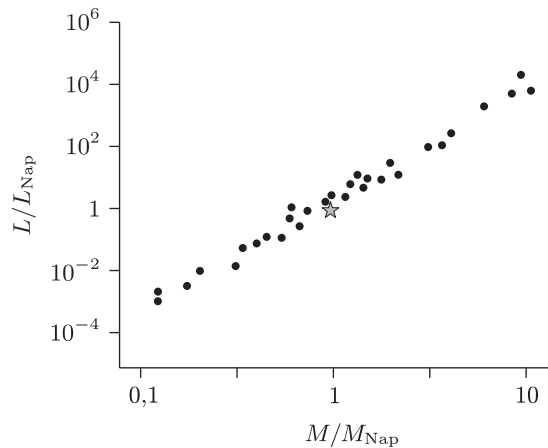
3. A csillagok között ható egyetlen erő a gravitációs erő.

3.1. (1,2 pont) Határozd meg az egyes csillagok tömegét egy értékes jegy pontossággal!

Az univerzális gravitációs állandó $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$ m³kg⁻¹s⁻².

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 α 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 θ 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?