

Tanári segédanyag

Ezzel a rövid áttekintéssel a tanárok dolgát kívánjuk megkönnyíteni. A Vénusz-átvonulás egyedi és igen ritka csillagászati esemény, történeti, tudományos és technológiai vonatkozásokkal.

I. Hogyan vezessük be a Vénusz-átvonulást?

1. A Csillagászati Egység és a Vénusz-átvonulás
2. Mikor lehet Vénusz-átvonulást megfigyelni?
3. A megfigyelések története
4. Exobolygók és átvonulások

II. Hogyan figyeljük meg az átvonulást?

1. Eszközök nélkül
2. Binokulárral vagy tükrös illetve lencsés távcsővel

III. Hogyan mérjük az időt?

1. A kontaktusok időpontjai
2. Mire van szükség?
3. Megfigyelés és eredmény

IV. A Csillagászati egység meghatározása négy egyszerű lépésben

1. Összefüggés a csillagászati egység és a napátmérő között
2. Valódi távolságok meghatározása a Nap felszínén
3. A Nap valódi átmérője
4. A végső képlet a Csillagászati Egység meghatározására

V. Hasznos kapcsok

I. Hogyan vezessük be a Vénusz-átvonulást?

1. A csillagászati egység és a Vénusz-átvonulás

A Nap-Föld távolság alapvető fontosságú a csillagászati távolságok meghatározásában, ugyanis a nagyobb távolságok meghatározásának kiindulópontja. Például egy naprendszerbeli bolygó távolságát a Naptól ki tudjuk fejezni a Nap-Föld távolsággal, ehhez csak a bolygó és a Föld keringési idejét kell ismernünk (Kepler tv.). A közelebbi csillagokra pedig alkalmazható az évi parallaxis módszere, amelyből a csillagászati egység ismeretében megkapjuk a csillag távolságát.

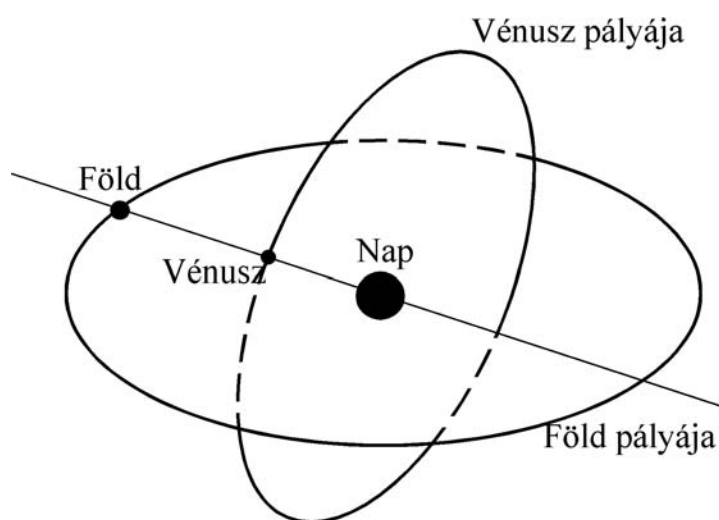
2004. június 8-án egy igen ritka csillagászati eseménynek lehetünk tanúi: a Vénusz áthalad a Nap korongja előtt. Az esemény egész Európából látható lesz, sőt Ázsia és Afrika nagy részén is, páratlan lehetőséget biztosítva a Nap-Föld távolság meghatározásához egy nagy, közös projekt segítségével.

2. Mikor lehet Vénusz-átvonulást megfigyelni?

Az átvonulás azt jelenti, hogy a földi megfigyelő a Vénusz korongját látja elhaladni a Nap korongja előtt. A Vénusz jóval gyorsabban halad napkörüli pályáján, mint a Föld, és az átvonulás alkalmával a Vénusz-korongot egy egyenes mentén egyenletes sebességgel látjuk haladni. Amikor a Vénusz így módon a Nap korongján látszik elhaladni, akkor ezt átvonulásnak nevezzük. Ilyenkor a Vénusz a Föld és a Nap között van.

Ha a Föld és a Vénusz keringési síkja pontosan ugyanaz lenne (mindketten az ekliptikán haladnának), minden belső együttállás során láthatnánk átvonulást, azaz körülbelül egyet évente. A valóságban a két pályasík $3,4^\circ$ -ot zár be egymással, ezért az átvonulások csak igen ritkán következnek be.

Ahhoz, hogy a Vénusz korongját a napkorongon lássuk, a Vénusz ekliptikai szélességének (szögtávolság a Föld pályasíkjától) a Nap látszó szögátmérőjének felénél kisebbnek kell lennie. Ez kevesebb, mint 16 szögmásodperc. A Vénusznak így nagyon közel kell lennie a csomóvonalához (a két keringési sík metszéspontja). Az alábbi ábra jól illusztrálja a leírtakat, a szögek a könnyebb láthatóság végett sokkal nagyobbak a valóságnál.



A fentiek következménye: két átvonulás következik be 8 éves időközönbséggel, és ilyen átvonuláspárok következnek be 120 évente. A mostani pár: 2004. június 8. és 2012., a legutóbbi pedig 1874. december 9. és 1882. december 6.

3. A megfigyelések története

Az 1761. június 6-i és az 1769. június 3-i átvonulást nagy nemzetközi megfigyelési program keretében figyelték meg sok ország tudósai a világ legkülönbözőbb helyeiről.

Az első Vénusz-átvonulás megfigyelést Jeremiah Horrocks végezte 1639-ben. Ő javasolta először a Nap-Föld távolság mérését az átvonulás segítségével. Sir Edmund Halley kezdeményezésével valósult meg az 1761-es és az 1769-es megfigyelési kampány. Az eredményeket Jean-Nicolas Delisle gyűjtötte össze. Ezeket az eredményeket fogjuk felhasználni ahhoz, hogy kiszámoljuk a Nap-Föld távolságot, és hogy felkészüljünk az idej átvonulásra.

A megfigyelőknek minél távolabb kellett elhelyezkedniük földrajzi szélesség szerint, hogy minél pontosabb lehessen a számított eredmény. Célszerű volt minél több megfigyelést szervezni minél több helyre azért is, mert közbeszólhatott az időjárás és persze az is, hogy egyáltalán eléri-e a megfigyelési helyet. A XVIII. sz. közlekedése még elég lassú és bizonytalan volt, jobban ki voltak szolgáltatva az időjárás szeszélyeinek is, nemegyszer pedig háborús területeken kellett átjutni, mint például az Indiai óceánon, ahol a franciák és az angolok csatáztak.

Az 1761-es átvonulás legfőbb értéke, hogy ez volt az első nemzetközi tudományos összefogás: 130 különböző expedíció indult a világ számos helyére.

Az 1769-es átvonulás során összesen 151 megfigyelő utazott el 77 különböző helyre: St Domingo, Kalifornia, a kanadai Hudson-öböl, Tahiti, Kola-félsziget, a szibériai Yakutsk, csak hogy néhányat említsünk. Számunkra a legfontosabb a lappföldi Vardöbe szervezett expedíció, ide ugyanis két magyar jezsuita szerzetes utazott el: Hell Miksa és Sajnovics János. Tudni illik, hogy a magyar nyelv történetének egyik legfontosabb lépése történt itt: Sajnovics János felismerte a lapp-magyar nyelvrokonságot.

4. Exobolygók és átvonulások

Az első Naprendszeren kívüli, más csillag körül keringő bolygó felfedezése óta (1995, Michel Mayor és Didier Queloz, Genovai Obszervatórium, Svájc) több mint 120 extraszoláris bolygót fedeztek már fel. Ezek közül a legtöbbet a bolygónak az anyacsillagra való gravitációs hatásából mutatták ki. Ez a módszer azonban pillanatnyilag csak óriásbolygók felfedezésére ad módot.

Kisebb, földszerű bolygók felfedezésére az alábbi módszer ad lehetőséget. Ha egy bolygó pont úgy kering csillagja körül, hogy tőlünk nézve elhaladhat előtte (úgy, ahogy a Vénusz fog most áthaladni a Nap előtt), akkor ez az átvonulás a csillag fényében kb. 0,01%-os fényességcsökkenést okoz, amit megfelelő berendezésekkel észlelni tudunk. Pillanatnyilag ez a módszer a legígéretesebb ahhoz, hogy földméretű bolygókat találjunk más csillagok körül, és így esetleg olyan bolygókat is, amelyen kialakult élet.

II. Hogyan figyeljük meg az átvonulást?

FIGYELMEZTETÉS! LEGYÜNK ÓVATOSAK!

SOHA NE TEKINTSÜNK KÖZVETLENÜL A NAPBA SZEMET VÉDŐ ESZKÖZ NÉLKÜL, EZ MÁSODPERCEKEN BELÜL TELJES VAKSÁGOT OKOZHAT!

MINDIG LEGYÜNK BIZONYOSAK ABBAN, HOGY MEGFELELŐ OPTIKAI SZŰRŐT HASZNÁLUNK SZEMÜNK VÉDELMÉRE

SOHA NE TEKINTSÜNK A TÁVCSÖVÖN KERESZTÜL KÖZVETLENÜL A NAPBA, MÉG SZŰRŐVEL SEM (EZT CSAK HIVATÁSOSAK TEHETIK MEG A MEGFELELŐ ISMERETEK BIRTOKÁBAN)!

1. Eszközök nélkül

A Földről nézve az átvonulás napján a Vénusz korongja 1 szögperc körülinek fog látszani, amelyet így műszer nélkül is láthatunk. Ez a méret összemérhető a nagyobb napfoltok méretével. Persze, műszer nélkül lehetetlen megfelelően pontos mérést (lásd III. pont) végezni. A szabadszemes megfigyelésnek két módja van.

Közvetlen megfigyelés speciális szemüveggel. Természetesen itt sem árt óvatosnak lenni. Vigyázzunk, hogy a szemüveg felületét ne sértsük, karcoljuk meg, és egyszerre 1 percnél hosszabb ideig ne nézzük a Napot.

A speciális szemüveget helyettesíthetjük hegesztőszemüveggel is. Ebben az esetben 14-es, vagy annál nagyobb számú üveget használjunk.

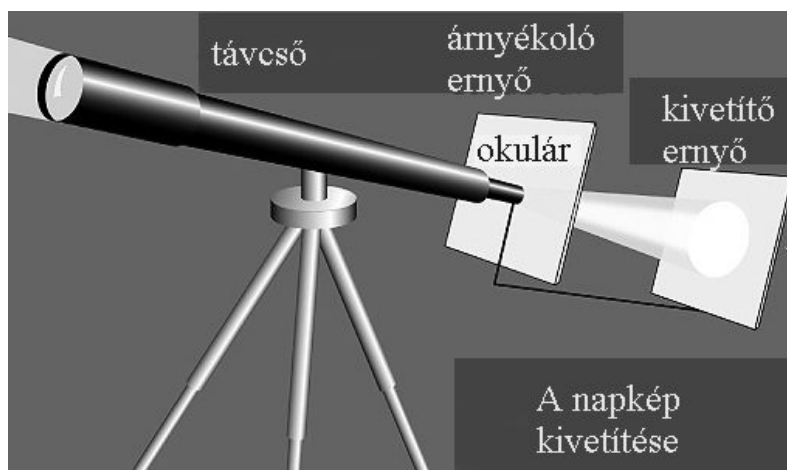
2. Binokulárral vagy tükrös illetve lencsés távcsővel

Közvetlenül távcsövön keresztül is megfigyelhetjük a jelenséget, azonban ilyenkor feltétlenül szükséges a napfény csökkentése megfelelő napszűrővel szemünk védelme érdekében. Távcsőboltokban lehet ilyen szűrőfóliát beszerezni, amit utána méretre vágva a távcső objektívja elé helyezve használhatunk. Ilyen módon azonban csak egy észlelő tudja az időpontokat feljegyezni, meghatározni, hiszen egyszerre csak egyvalaki tud a távcsőbe nézni.

Természetesen binokulár használata esetén mindkét elülső lencse elé kell szűrőt tenni. Ha esetleg csak az egyik felét kívánjuk használni, akkor ne feljtsük el letakarni a nem használt objektívet a kupakjával (biztonság kedvéért rögzítsük szigetelőszalaggal). Amennyiben távcsövet használunk, ne feledjük ugyanezt megtenni a keresőtávcsővel.

Fontos kiemelni, hogy a szűrőt csak az objektív elé szabad tenni, mert az okulárnál összegyűlő fényenergia már károsíthatja azt, felforrósítja és akár ki is égetheti, kitéve ezzel a szemünket a napfénynek.

Felhívjuk még a figyelmet arra, hogy a Föld forgása miatt a készülékünket mindig után kell állítani, kivéve ha óragépet is tudunk használni. Ha ilyen eszközt kívánna használni, akkor javasoljuk, hogy lépjen kapcsolatba valamelyik amatőr csillagászati egyesülettel.



Naptávcső kivetítéssel

Ebben az esetben is alkalmazhatjuk a kivetítéssel. Ez a legbiztonságosabb módszer és nincs szükség szűrőre sem. Sőt, ilyenkor akár egy egész csapat tudja külön-külön rögzíteni az időpontokat. Először is a tanulókat a távcső Nap felőli végére állítsuk, nehogy valaki óvatlanul belenézzen. Ezután célozzuk be a Napot a következő módon: állítsuk a távcsövet egészen addig, amíg az árnyéka a legkisebb nem lesz; ekkor

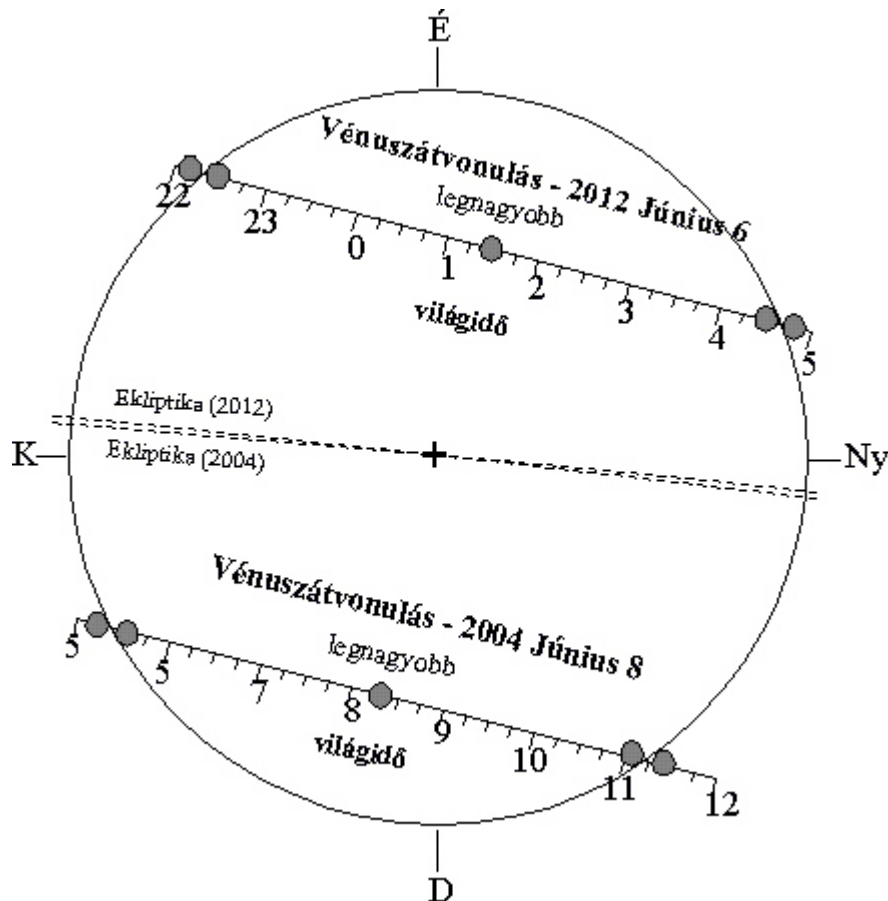
műszerünk pont a Nap felé néz. Azért kell ezt a módszert alkalmazni, mert mint már említettük, szabad, védtelen szemmel nem szabad a Napba nézni, különösen nem távcsövön keresztül. A távcsövön (vagy binokuláron) kívül két papírlapra lesz szükség, amit az ábrán látható módon kell felszerelni.

Az egyik papírlap a szórt fényt csökkenti, a másik pedig ernyőként szolgál. Minél távolabb tesszük az ernyőt, annál nagyobb, ám annál fénysegyenesebb képet kapunk. Körülbelül 10 cm-es átmérőjű napkép megfelelő fényes, és elég nagy (persze ez függ a használt távcső fényerejétől). Az élességet az okulár állításával tudjuk beállítani, természetesen közben az ernyőt figyelve.

Megjegyzés: A fentiekben sokszor felhívtuk a figyelmet a szemünk védelmére. A leírtak betartásával a napészlelés veszélytelen. Páratlan és felejthetetlen élmény nyújt, ezért nem szabad kihagyni!

III. Hogyan mérjük az időt?

Aki észleléseket akar készíteni és adatokat akar gyűjteni, hogy aktívan részt vegyen a Nap-Föld távolság valós idejű mérésének összeurópai programjában, annak meg kell határoznia a kontaktusok időpontjait, azokat a pillanatok, amikor a Vénusz érinti a napperemet.



A Vénusz pályája a napkorong előtt és a négy kontaktus.

1. A kontaktusok időpontjai

- I: Az a pillanat, melyben a Vénusz korongja először érinti a napperemet ("első kontaktus" T1)
- II: Az a pillanat, amikor a Vénusz korongja áthaladt a napperement és teljesen "belül" van a napkorongon ("második kontaktus" T2).
- III: Az a pillanat, amikor a Vénusz korongja először "érinti" a napperemet a másik oldalon ("harmadik kontaktus" T3).

IV: Az a pillanat, amikor a Vénusz korongja áthaladt a napperemen ("negyedik/utolsó" kontaktus" T4).

2 Mire van szükség az időméréshez?

- Egy jó óra

Vegye tekintetbe, hogy a világidőben (Universal Time, UT) kifejezett időpont két órával kevesebb, mint a magyarországi nyári időszámítás szerint, és az átmenet időpontjait rögzítse világidőben. A rádióvezérelt órák jó időmérők és könnyen hozzáférhetők. Kevésbé megbízhatók a GPS és a számítógépórák (még akkor is, ha atomórák korrigálják járásukat a weben keresztül)

- Eszköz az időpont rögzítésére

Az időpontot elegendő másodperces pontossággal meghatározni. Egy egyszerű kronométer megteszi, de minthogy lehetetlen egészen pontos mérést csinálni, az is elegendő, ha megfelelő időpillanatban rápillantunk az órára. A fekete csepp effektus miatt néhány másodpercig habozhat, mielőtt bizonyos lenne abban, hogy mikor történt a kontaktus. Elegendő egy másodpercet levonni a leolvasott értékből, hogy a reakcióidő miatti késést figyelembe vegye. Ne feledje, hogy világidőben (UT) kell rögzíteni az időpontot.

Az észlelő földrajzi helyzete

Az észlelő tartózkodási helyének földrajzi szélessége és hosszúsága egy földrajzi térképről meghatározható. Egy szögperces pontosság elegendő (ez kb két kilométernek felel meg). Javasoljuk GPS eszköz használatát.

3. Észlelések és eredmények

Ideális esetben mind a négy kontaktus időpontját UT-ben kell megbecsülni és kifejezni. A legkönnyebb a T3 és T2 a "fekete csepp" effektus ellenére. T4 nehezebb, de kevésbé, mint a T1, ami szinte lehetetlen. De a VT-2004 kampányban még akár egyetlen időponttal is részt lehet venni. Ezért forduljon a VT-2004 weboldalhoz, ahol korábban regisztrálta magát és írja be mért adatait. Az időpontot közvetlen észlelés, kivetítés vagy webkamera kép alapján is meg lehet állapítani.

A VT-2004 szerveren egy csatorna is hozzáférhető, melyen leadhatja digitális kamerával készített képeit feldolgozásra.

Aki saját maga szeretné elvégezni számításait a Csillagászati Egység meghatározására, tekintse meg a következő oldalakat ("Hasznos kapcsok")

Kontaktusok közelítő időpontjai néhány európai városra:

VÁROSOK	T1	T2	T3	T4
ATHÉN	5h 20m	5h 39m	11h 04m	11h 23m
BERLIN	5h 20m	5h 39m	11h 04m	11h 23m
BUDAPEST	5h 20m	5h 39m	11h 04m	11h 23m
DUBLIN	5h 20m	5h 40m	11h 04m	11h 24m
HELSINKI	5h 19m	5h 39m	11h 02m	11h 22m
MADRID	5h 20m	5h 40m	11h 05m	11h 25m
MOSZKVA	5h 19m	5h 38m	11h 02m	11h 21m
PÁRIZS	5h 20m	5h 40m	11h 05m	11h 24m
RÓMA	5h 20m	5h 40m	11h 05m	11h 24m

IV. A Csillagászati Egység meghatározása négy egyszerű lépésben: Egyszerűsített módszer a Csillagászati Egység kiszámítására

Bevezetés

Bemutatjuk a legegyszerűbb módszert a Csillagászati Egység kiszámítására a Vénusz észlelése alapján. A cél az, hogy a diákok megértsék az alap gondolatot. Több egyszerűsítést teszünk, hogy a szükséges háttértudás minimális lehessen. Pontosabb változatok találhatóak a VT-2004 3, 4 vagy 5 Oktatási Oldalokon (a szükséges tudásszinttől függően). A jelen változat nem használ trigonometriát vagy a parallaxisfogalmat.

A diákok csak a kör átmérőjét, arányosságokat és Kepler harmadik törvényét használják.

1. Összefüggés a Csillagászati Egység és a Nap átmérője között

Emlékeztetünk, hogy a Nap a Föld körüli látszólagos mozgása során a sugarú kört ír le, ahol a a Föld-Nap távolság (Csillagászati Egység). A Nap szögátmérője kb. 0,5 fok (melyet a diákok könnyen megmérnek) és Nap által leírt teljes kör 360 fok. A Nap valódi átmérőjét D -vel jelölve felírhatjuk a következő arányosságokat:

$$\frac{D}{0,5} = \frac{2 \pi a}{360}$$

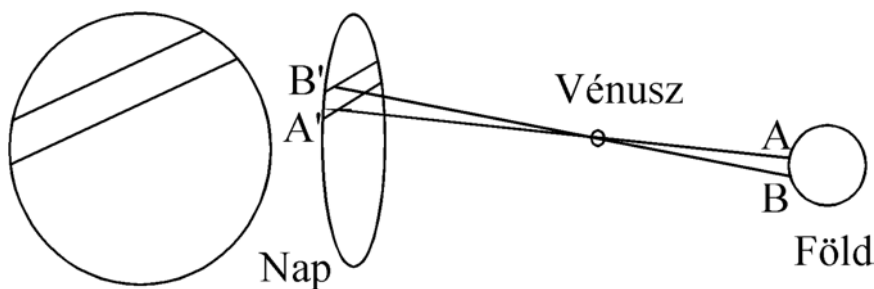
és az a Csillagászati Egység úgy kapható meg, ha ismerjük a Nap D valódi átmérőjét, mivel

$$a = 360 D / \pi \quad (1)$$

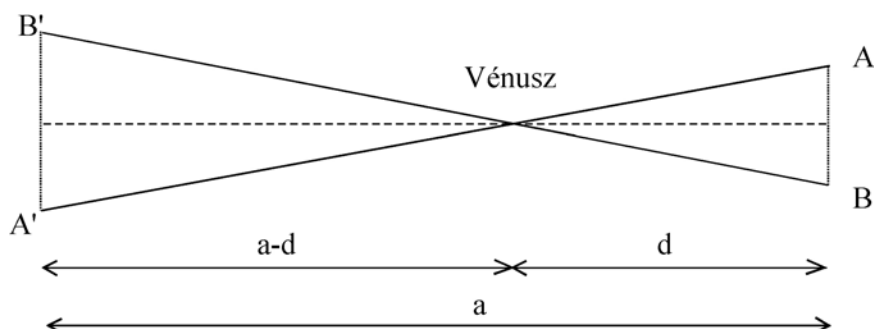
Ezért szükségünk van arra, hogy a Vénusz átvonulásából meghatározzuk a D napátmérőt

2. Valódi távolságok számítása a napfelszínen

Meg kell vizsgálnunk a Föld, a Nap és a Vénusz helyzetét az átvonulás alatt:



1. ábra



2. ábra

Tekintsük a 2. ábra két háromszögét.

Feltételezzük, hogy a Vénusz átvonulása a Föld felszínének két különböző, A és B pontjáról történik. Hogy leegyszerűsítsük a számításokat, feltételezzük továbbá, hogy A és B ugyanazon a meridiánon helyezkednek el (meridiánoknak nevezzük a földrajzi pólusokat összekötő gömbi főköröket).

A 2. ábrán az ABV és A'B'V háromszögek hasonlóak, így felírhatjuk a következő arányosságot (Thales tétele):

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{a-d}{d} \quad (2)$$

Az $(a - d)/d$ értékét Kepler harmadik törvényéből számíthatjuk

$$(a - d)^3 / a^3 = (T_V)^2 / (T_E)^2$$

ahol T_V és T_E rendre a Vénusz és a Föld keringési ideje:

$$T_V = 224,7 \text{ nap és } T_E = 365,25 \text{ nap}$$

Ílymódon $(a - d)^3 / a^3 = (224.7)^2 / (365.25)^2$, és ebből:

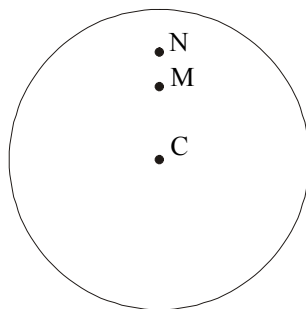
$$(a - d)/d = 2.61.$$

Behelyettesítve ezt az értéket az előző (2) összefüggésbe:

$$A'B' = 2.61 AB, \quad (3)$$

ahol az AB, a földfelszíni A és B pontok távolsága ismert. Így a Nap felszínén lévő A' és B' pontok távolsága megadható.

3. A Nap valódi átmérőjének kiszámítása



3. ábra

Felhasználjuk azokat az észleléseket, melyeket két különböző helyszínen végeztünk. Egy rajzon (3. ábra) megjelöljük az M és N pontokat, melyek a Vénusz pozícióját jelzik a földi A és B pontból nézve. Ezután az ábrán megmérjük a Nap Δ átmérőjét (mely a valóságban D-nek felel meg) és az MN távolságot (mely a valóságban A'B'). Felírhatjuk a következő arányt:

$$\frac{A'B'}{MN} = \frac{D}{\Delta}$$

(Figyeljünk arra, hogy A'B' és D a valódi értékek, a rajzról nyert értékek pedig MN és Δ). Ebből az összefüggésből kiszámíthatjuk a Nap valódi átmérőjét. Meghatározzuk a képről MN-t és Δ -t, aztán a (3)-ba helyettesítve:

$$D = 2.61 AB \frac{\Delta}{MN}$$

4. Végző formula a Csillagászati Egység meghatározására

Behelyettesítve a D értékét az (1) kifejezésbe, most már meghatározhatjuk az a-t, a Nap-Föld távolságot:

$$a = \frac{939.6 AB \Delta}{\pi MN}$$

felhasználva MN-t, és Δ -t a rajzról és a valódi AB távolságot a két észlelőhely között. Megjegyezzük, hogy AB nem a Föld felszínén mért távolság, hanem egy egyenes vonal azon a korongon, mely a Földnek a Nap-Föld irányra merőleges metszete, amint az 1 és 2 ábrán látható.

V. Hasznos kapcsok

magyarul:

Az ESO anyagainak fordításai, képek, animációk: <http://www.venuszatvonulas.load.hu>
A Magyar Csillagászati Egyesület anyagai: <http://venuszatvonulas.csillagaszat.hu>
Rövid összefoglaló: http://fenyi.solarobs.unideb.hu/ESO_Venus_Deb.html

angolul:

Mi látható június 8-án, a Vénusz-átvonulás animációja ([VT-2004 Animation A](#))

Történelmi észlelések és utazások ([VT-2004 Brief InfoSheets Section F](#))

Exobolygók ([VT-2004 Brief InfoSheet E1](#))

Biztonsági előírások ([Safety Instructions](#))

A kivetítés módszere ([VT-2004 Brief InfoSheet B2](#))

Észlelés távcsővel, kamerával és webkamerával ([VT-2004 Extended InfoSheet B2](#))

Egyszerű műszer. Venuscope (<http://www.venuscope.com>)

Világidő: ([VT-2004 Brief InfoSheet B3](#))

Részvételi feltételek a VT-2004 észlelési kampányban ([How to participate](#))

Saját számítások ([VT-2004 EduSheet 3](#))

Info gyermekeknek ([Kids Area](#))

Information in your own language, as available at the websites of the VT-2004 National Nodes ([In Your Region and in Your Language](#))

További animációk a Vénusz átvonulásáról ([VT-2004 Animations](#))

PowerPoint bemutató a Vénusz átvonulásáról ([R. Wielinga PPT](#))

Napfoltok: (http://bass2000.obspm.fr/solar_web.php)