

Csillagászati Laboratórium I.

3. óra: A Jupiter holdak keringése

1. A labor célkitűzése

A labor során egyszerű mérésekkel célunk meghatározni a Jupiter tömegét. Ehhez a négy Galilei holdnak különböző időpontokban mért pozícióit használjuk fel. A mért idő-távolság grafikonokra sinus görbék illesztésével meghatározzuk a pályáik félnagy tengelyét illetve keringési periódusaikat. Felhasználva Kepler III-ik törvényét megbecsülhetjük a Jupiter tömegét.

2. A mérés elméleti háttere

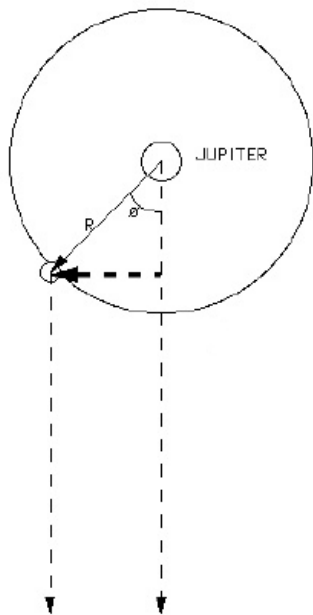
Már a XVII-ik század elején Galileo Galilei távcsővel megfigyelte, hogy a Jupiter körül négy hold kering. Ez a négy hold az Io, az Europa, a Ganymedes és a Callisto (Jupitertől való növekvő távolságuk függvényében). Ez a bolygó-hold rendszer modellt mutatott arra, hogy miként is keringhetne a Földünk a Nap körül. Kepler törvényeiben ezen bolygómozgásokra ad leírást. Kepler III-ik törvénye kimondja, hogy a bolygók keringési idejük négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a félnagy tengelyeik köbei. Ez ma már tudjuk, hogy a Newton-féle gravitációs törvénynek a következménye. Kepler törvénye képletbe öntve:

$$\frac{A^3}{T^2} = \frac{G(M + m)}{4\pi^2} \quad (1)$$

Hogyha elhanyagoljuk a bolygó tömegét (amit nyugodtan megtehetünk), illetve a tömeget Naptömeg egységben, a félnagy tengelyt Csillagászati Egységben (CSE) illetve a keringési időt földi években adjuk meg, akkor a képlet a következő módon egyszerűsödik:

$$\frac{A^3}{T^2} = M \quad (2)$$

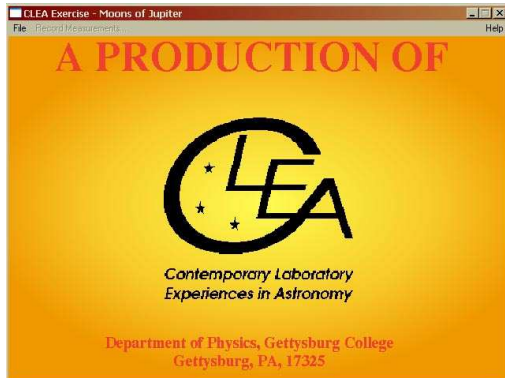
Méréseink a Jupiterre, illetve holdrendszerére irányulnak, a „mini Naprendszerre”. Nyilvánvaló, hogy mi a keringésnek csak a vetületét látjuk, így a holdaknak a Jupitertől való távolságát is csak egy $\sin \theta$ taggal „szorozva” látjuk. Mivel ezen pályák excentricitása igen kicsi (gyakorlatilag nulla), ezért egy körpályának a vetületét látjuk, amiről pedig jól tudjuk, hogy egy sinus görbe. Ezen sinus görbének az amplitúdójának és periódusidejének meghatározásával, alkalmazva Kepler III-ik törvényét, megkaphatjuk a Jupiter tömegét. Mivel négy holdra is meghatározhatjuk, ezért méréseinket pontosabbá is tudjuk tenni.



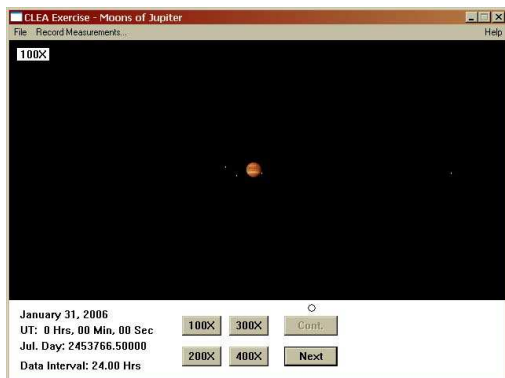
1. ábra. A holdpálya látóirányú vetülete

3. Bejelentkezés - a program elindítása - mérés

Az SMS\$ Windows-ba való bejelentkezés után indítsátok el a Jupiter Moons CLEA programot. A program elindítása után egy alap bejelentkező felületet mutat. Itt a „File” menüponton belül válasszátok ki a „Log in”-t.



2. ábra. A bejelentkező ablak



3. ábra. A mérési felület

gépre az `scp` parancs segítségével. Az `scp` program egy egyszerű parancssoros program, melynek segítségével gépről gépre tudunk másolni adatokat. Használata viszonylag egyszerű elvet követ: mit és honnan másolunk hova. Egy kicsit érthetőbben: legyen a *titan*-on egy `jupiter.dat` nevű adatfájlunk a `gaspara` könyvtárban, a `home`-ban. Ezt szeretnénk az aktuális gépre másolni, az itteni `home` könyvtáron belül található `labor1` könyvtárba. Ezt akkor a „mit és honnan hová” elv alapján így tudjuk írni, hogy:

```
$ scp user@titan.physx.u-szeged.hu:gaspara/jupiter.dat /home/user/labor1
```

Ha esetleg alapból a `/home/user/labor1` könyvtárban vagyunk, akkor azt egy „.”-tal helyettesíthetjük, azaz:

```
$ scp user@titan.physx.u-szeged.hu:gaspara/jupiter.dat .
```

A „pont” mindig az aktuális könyvtárat jelöli.

Ezen program logikus használatával másoljátok vissza a *titan*-ról az adatfájlt a gépetekre. Valamilyen szerkesztő programmal (`mcedit`, `nedit`, `joe`, `nano`, `pico`, `vi` ...) a fejlécét tüntessétek el a fájlak, hogy csak a Julián dátum, illetve a négy hold pozíciója maradjon benne.

A megjelenő ablaknál a „Student’s name” ponthoz, ha akartok, írjatok valamit, de nem muszáj. A következő ablaknál a „File → Run ...” pontokon végigmenve indítsátok el a mérést. Ezeken továbblépve megjelenik a mérési ablak maga. Logikusan látható, hogy négy darab különböző nagyításban lehet nézni a Jupitert (illetve a Galilei holdakat). A kurzort mozgatva és az egyes holdakra kattintva, megtudhatjuk, hogy melyik holdat látjuk, illetve azt, hogy hány Jupiter átmérőnyire van a Jupitertől a hold. Azaz az adatok, melyekre szükségünk lesz, az a Név, $X = \star$ (Jup. Diam.), és a Julián dátum. Ha lehet jobb nagyításban végezni valamelyik hold mérését, akkor azt úgy végezzétek el. Illetve látható, hogy az X mennyiséghez egy „E” vagy egy „W” betűt is kiír a program. Ez logikusan azt mondja, hogy „east” vagy „west”, azaz, hogy a Jupiter melyik oldalán található a hold. Ha a gép automatikus „Record Measurements” fülecskét használjátok, akkor itt megfelelően az egyiket negatív számként menti el.

A „Record Measurements” fülecskére kattintsatok rá, minden egyes mérésnél, s oda írjátok be, hogy melyik hold mekkora távolságnál volt az adott mérésnél. Miután bírtátok „Ok”-ra arákattintva elmenti az adatokat. Csináljátok **18 darab** egymás utáni mérést. Miután befejeztétek a méréseket, a „File → Data → Save” menüpontokban a méréseket egy fájlba mentsetek el. Ezen ASCII adatfájlt ha a programon kívül nyitjátok meg, akkor láthatjátok, hogy egy fejlécből, illetve magukból az adatokból áll.

A gépen található Winscp programot fogjátok használni arra, hogy ezt a fájl a *titan*-ra másoljátok. A gyakorlaton a laborvezető által megadott azonosító illetve jelszó használatával, mindenki egy saját mappába másolja fel a fájlt. Ha nincs saját mappátok, akkor azt hozzátok létre.

Ezután a gépet újra lehet indítani Linux rendszer alatt. A korábban a *titan*-ra másolt fájlt mindenki másolja vissza a

Gnuplot használatával ábrázoljátok a mérési pontokat, és illesztetek rájuk sinus görbéket. Az illesztett görbéknek az amplitúdóját illetve periódusidejét jegyezzétek fel, illetve a jegyzőkönyvben adjátok meg táblázatos formában.

Az illesztésekről készítesetek eps formátumú ábrákat a gnuplot segítségével. Ezen ábrákat a jegyzőkönyvbe illesszétek be, ábrafelirattal és magyarázattal.

A mérési adatokból, mind a négy holdra mért értékek alapján határozzátok meg a Jupiter tömegét Naptömeg egységekben.