

Novembre – 2007

## Exercicis de treball cooperatiu

### *Comprovació de les lleis de Kepler*

Quan Kepler va enunciar les seves lleis no s'imaginava que algun dia es podria aplicar a altres sistemes planetaris. Pocs anys més tard, Galileu va aconseguir un dels primers telescopis i va utilitzar-lo per observar el firmament. Un dels descobriments que va fer són els 4 astres que giraven al voltant de Júpiter. En un moment en que encara es discutia si la Terra era el centre de l'Univers, la imatge d'uns satèl·lits que giraven al voltant de Júpiter era un argument clau per als defensors de l'heliocentrisme. Els 4 satèl·lits més grans de Júpiter (ara se'n coneixen molts més) s'anomenen Io, Europa, Ganimedes i Calisto.

La pregunta que ens plantejem és: Compleix aquest mini-sistema planetari les lleis de Kepler? Per respondre-la, utilitzarem el programa Celestia, que ens permetrà veure el sistema de Júpiter i mesurar-ne els períodes i els semieixos majors de les òrbites (són gairebé circulars), i d'aquesta manera provar si es compleix o no la tercera llei de Kepler per a aquest sistema.

#### 1.- Preparar el sistema

Obriu el programa *Celestia*. Aneu a *Navigation / Go to Object*. S'obre una finestra que heu d'omplir amb les següents dades:

*Object:* Jupiter      *Lat.:* 90.000      *Long.:* 0.000      *Distance:*  $5 \cdot 10^6$  (km)

Això us situarà sobre el pol Nord de Júpiter, a una distància de 5 milions de km, amb prou perspectiva com per veure els 4 satèl·lits.

Aneu ara a la opció *Render / View Options* i seleccioneu les opcions que s'indiquen a continuació:

*Show:* Orbits, Planets, Ring Shadows, Stars, Stars as Points.

*Label:* Moons

*Information Text:* Terse

*Filter Stars:* Distance = 1000000

Cliqueu *OK* i ara veureu les òrbites i els noms dels satèl·lits en la seva posició actual. Seleccioneu *Navigation / Follow selection* i ara les òrbites dels satèl·lits apareixeran en color blau i l'òrbita de Júpiter al voltant del Sol apareixerà en color vermell.

Ara podem seguir el moviment dels satèl·lits en temps real. L'experiment a aquesta velocitat trigaria del ordre de 3 setmanes, de manera que per poder-ho dur a terme en una classe haurem d'accelerar-lo considerablement. Si premeu la lletra *L* del teclat tot va 10 vegades més ràpid (A l'extrem superior dret posa *10x faster*). Premeu dos vegades més la tecla *L* perquè vagi 1000 vegades més ràpid que a la realitat. Si us passeu, la lletra *K* us permet reduir la velocitat.

#### 2.- Les observacions

Observeu el moviment dels 4 satèl·lits que se us han indicat. Heu de mesurar el període de cada un. Necessitareu una referència per a decidir en quin punt

considerem que comença i acaba cada òrbita. Podeu utilitzar el moment en que passen (aparentment) a prop d'alguna estrella o el moment en què travessen la línia de l'òrbita de Júpiter (això darrer és més còmode, i donat que Júpiter triga molt més a completar la seva òrbita al voltant del Sol del que tarden els satèl·lits en completar-ne la seva al seu voltant, pràcticament es pot considerar una referència fixa).

Podeu aturar la simulació prement la barra d'espai en qualsevol moment. A la cantonada superior dreta indica la data i l'hora. Recolliu les dades en una taula com aquesta:

	Inici òrbita: data i hora		Final òrbita: data i hora		Període (s)
Io					
Europa					
Ganímedes					
Calisto					

Les òrbites són pràcticament circulars, de manera que podeu mesurar el radi amb un regle sobre la pantalla, i us servirà com a semieix major. La distància real és òbviament molt més gran, però la proporció es mantindrà, i per tant les dades ens seran útils. Per obtenir valors reals podeu utilitzar el radi de Júpiter (apareix a la pantalla), fent una proporció amb la mida que mostra el planeta a la pantalla.

Recolliu les dades en una taula.

Calculeu els valors de  $T^2/L^3$  per a cada un dels satèl·lits.

Representeu  $T^2$  vs.  $L^3$  en un gràfic i comproveu si s'ajusten a una recta.

Valoreu els resultats obtinguts. Quina conclusió obteniu?

### 3.- Ampliació

Si premeu el botó dret del ratolí mentre el moveu cap avall la vista s'allunyarà de Júpiter i veureu més satèl·lits. Com són les seves òrbites? Compleixen la primera llei de Kepler?

Per a aconseguir una vista més semblant a la que es pot veure amb l'observació mitjançant telescopis des de la Terra, situeu-vos sobre l'equador de Júpiter (latitud =  $0^\circ$ ), i elimineu la visualització d'òrbites i dels noms de les llunes.