



LLIÇONS I EXPERIÈNCIES PER A INICIAR-SE EN ASTRONOMIA

5. EL SISTEMA SOLAR

Dimensions del Sistema Solar

Ja s'ha dit en un capítol anterior que el Sistema Solar és molt gran en comparació amb el que estem acostumats a veure en el nostre entorn. La Terra, per si sola, ens sembla enorme: un avió que tarda tres quarts d'hora a anar de Barcelona a Madrid tardaria 40 hores a donar la volta sencera a la Terra (quasi dos dies volant sense parar).

Tot i això, la Terra és molt petita en comparació amb el Sol. El diàmetre del Sol és 109 vegades major que el del nostre planeta, i el diàmetre del Sistema Solar fins al planeta nan Plutó és 4.300 vegades el diàmetre del Sol.

Per a intentar comprendre estes proporcions aplicarem un mètode, que s'ha convertit en clàssic, que consisteix en reduir a una escala «tangible» les dimensions del Sistema Solar:

Experiència:

Cal proveir-se d'un globus inflable gran (es venen en comerços d'articles per a festes), preferiblement groc o, si no n'hi ha, blanc. Caldrà que es pugui inflar fins a un metre de diàmetre, per a la qual cosa es fa imprescindible l'ús d'una bomba d'aire (que pot ser de bicicleta o de matalàs de platja). Naturalment, representarà al Sol (fig. 5).

Després cal proveir-se de boles de diferents grandàries que representaran, a la mateixa escala, els planetes i la Lluna. Sol ser pràctic un recorregut per la cuina i, amb la col·laboració de l'infant, buscar «planetes» entre fruites, llegums, etc. L'important és trobar elements amb diàmetres el més semblants possible als que a continuació indiquem:

- Mercuri:** 3,5 mm (pot ser un gra de pebre, una llentia...)
- Venus:** 9 mm (un cigró, una avellana, una oliva arbequina...)
- La Terra:** 10 mm (un altre cigró, una avellana, un gra de raïm...)
- La Lluna:** 3 mm (un gra de pebre, o d'arròs que caldria suposar rodó...)
- Mart:** 5 mm (un pèsol, un gra de magrana...)
- Júpiter:** 100 mm (una taronja gran, una aranja...)
- Saturn:** 80 mm (una taronja, una poma...)



Fig. 5. El Sol, globus de gas. Els planetes es treuen de la caixa.



Fig. 6.- Els planetes i la Lluna miniaturitzats, però a les seves degudes proporcions.

Urà: 35 mm (una pruna, un tomaquet petit...)

Neptú: lleugerament més petit que Urà.

Als infants els encanta que Saturn tingui anells. Cal explicar-los que són els quatre planetes grans els que tenen anells, i per fer allò el que es adequat és retallar amb cartolines uns cercles que se circumscriuran a les fruites corresponents. Els diàmetres màxims són:

Júpiter: 20 cm

Saturn: 21 cm

Urà: 8 cm

Neptú: 10 cm

Excepte els de Saturn, els altres anells són molt fins i tènues, amb la qual cosa no queden ben representats sobre cartolina. Poden utilitzar-se làmines transparents d'acetat, pintant en elles les línies.

Material durador: Si no es vol tenir uns astres tan poc durables, suggerim utilitzar boles d'acer (de rodaments) o bales de jugar per als planetes petits, i boles de «porexpan» o de suro per als quatre planetes gegants (en comerços de subministraments industrials o de «bricolage»). Les boles poden decorar-se imitant els planetes. Per a pintar les boles d'acer ha de donar-se'ls primer una capa de laca (fig. 5 i 6).

Explicació:

Les boles donen una idea real de la relació de grandàries entre els astres. En particular permeten veure quant petit és el nostre planeta al costat del Sol i, inclús, al costat de Júpiter. Si les boles són d'acer i «porexpan» o suro permeten explicar, a més, que els planetes petits i la Lluna són tots ells d'alta densitat, amb una crosta semblant a la del nostre sòl. Són pesats i «durs». En canvi, els planetes gegants tenen una densitat molt baixa i pesen poc. Pot explicar-se també que Saturn és menys dens que l'aigua (és un cas únic) i que si es col·loqués sobre un immens oceà, suraria (la bola de «porexpan» o de suro permet fer la demostració en el lavabo). Aquests planetes estan compostos de gas i de líquid (hidrogen i heli, majoritàriament), amb un nucli sòlid molt reduït.

S'ensenya a l'infant a col·locar les boles per orde de distàncies al Sol (Mercuri, Venus, la Terra amb la Lluna, Mart, Júpiter, Saturn, Urà i Neptú). No estarà de més que les identifiqui amb les fotografies.

És hora d'explicar que cada planeta gira al voltant del Sol, situats tots quasi en el mateix pla, i que la Lluna gira entorn de la Terra. S'indicarà, també, que la Lluna és «el nostre» satèl·lit, però que hi ha més planetes que també tenen les seves «llunes»:

Mercuri i Venus no tenen cap satèl·lit. Mart té dos tan petits que no podríem reproduir-los a aquesta escala. Júpiter té quatre de grandàries molt semblants a la nostra Lluna (per tant poden destinar-se quatre grans de pebre al sistema jovian): Io, Europa, Ganímedes i Calisto; té, a més, molts altres molt petits. Saturn té Tità com a satèl·lit principal (un gra de pebre) i a Mimes, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea i Iapetus com a satèl·lits secundaris que seran grans de «meravella» o oues de caviar. Saturn té, així mateix, molts altres satèl·lits insignificants. A Urà cal acompanyar-lo amb cinc grans de pebre (Miranda, Ariel, Umbriel, Titania i Oberón) i a Neptú amb un (Tritó), a més d'altres menors.

Posicions reals

Si es desitja aprofundir més sobre el tema de la posició dels planetes en les seves respectives òrbites, es pot fer ús de la longitud heliocèntrica a fi de representar les seves posicions reals per a un dia determinat. Això permet reproduir els moviments dels planetes coneixent nombroses peculiaritats, tant de les seves configuracions orbitals com dels seus moviments aparents en el firmament.

Experiència:

Apel·lem a l'enginy del tutor perquè prepari l'escenari segons els elements de què disposi i segons la seva habilitat, ja que el que proposem pot realitzar-se amb un simple retolador o un bolígraf sobre un foli, o pot efectuar-se de forma corpòria utilitzant la col·lecció de planetes en miniatura que tenim. Naturalment, suggerim la segona opció.

Elements: paper o cartolina de més d'un metre quadrat, un transportador d'angles, una regla llarga (o un pal llarg), un cordill, un pivot per a subjectar el cordill (un clau, una xinxeta, o el dit de l'infant...), un retolador i la col·lecció de boles dels planetes. Però també és necessari tenir una taula amb les longituds heliocèntriques dels planetes. La majoria de programes informàtics de simulació del firmament proporcionen les coordenades

heliocèntriques; en tot cas suggerim «Ephemeris Generator»: <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>

L'escenari hauria de ser el paper o la cartolina sobre una taula o, millor, en el sòl; ha de ser gran perquè càpiguen folgadamente tots els planetes. En el centre es traça un cercle que representarà al Sol (no cal que sigui gran ni fa falta respectar cap escala; suggerim un cercle d'uns 3 cm de diàmetre). Concèntriques a ell es tracen les òrbites dels vuit planetes, és a dir, vuit cercles separats prou com perquè les boles dels planetes gegants puguin col·locar-se damunt sense interferir-se entre elles. Finalment ha de dibuixar-se un novè cercle que representarà la volta celeste i en el qual es traçarà una escala en graus (fig. 7).

Per a dibuixar cercles grans no serveixen ni els compassos comuns ni la impressora de l'ordinador. Però, veritat que tots sabem traçar cercles per mitjà d'un cordill subjectat a un pivot en el centre i amb un retolador lligat en l'altre extrem?

Llavors entra en acció el transportador d'angles.

Situant el seu centre en el Sol, ha d'utilitzar-se un regle per a prolongar la seva escala i traçar els graus en el cercle que representa el cel. És a dir, aquest cercle ha de dividir-se en 360°, encara que no cal tanta precisió i pot fer-se amb divisions de 10° en 10°.

Finalment el regle es col·loca de forma radial entre el centre (el Sol) i l'escala graduada del cercle extern. El regle es fa coincidir amb la longitud heliocèntrica per a cadascun dels planetes i es col·loca la bola del planeta en l'angle corresponent sobre el cercle de la seva òrbita.

Naturalment, **el punt de vista és la Terra**. El tutor ha d'explicar llavors que, segons hagin quedat situats els planetes respecte al Sol, aquests es veuran al vespre, a mitjanit o per la matinada, o no es veuran perquè la proximitat al Sol farà que queden immersos en la llum del dia. També podrà explicar el que són **conjuncions, oposicions i quadratures**. Podrà demostrar que Mercuri i Venus es veuen millor com més separats estiguin angularment del Sol i que, de vegades, poden passar per davant del Sol, com va ocórrer el 2003 i el 2004, respectivament. Podrà explicar que quan els planetes exteriors estan més prop de la Terra és en la seva oposició, i podrà mostrar les diferents velocitats orbitals canviant les longituds heliocèntriques de la data per les d'un mes després, o un any després. En fi, l'artefacte ofereix un munt de possibilitats summament didàctiques.

Serà bo complementar l'exercici a la nit amb la identificació dels planetes que siguin visibles aquell dia. Es podrà comprovar si les posicions relatives entre ells i el Sol es corresponen amb el que preveu l'artefacte i es podrà demostrar en la pràctica allò que s'ha vist en teoria sobre la cartolina. No ha d'oblidar-se assenyalar que la projecció del pla de la cartolina en el cel és l'**eclíptica**.

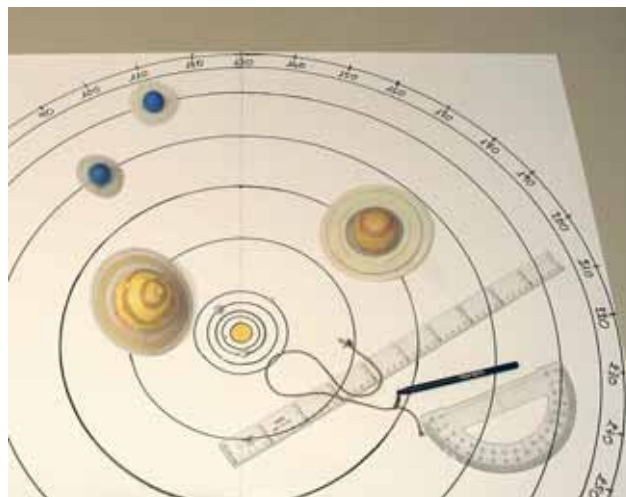


Fig. 7.- Hem col·locat la col·lecció de planetes en miniatura sobre una cartolina amb les òrbites. La graduació del perímetre permet situar cada astre en la seva posició correcta per a una data determinada segons la seva respectiva longitud heliocèntrica, prenent com a referència el punt central (el Sol). Per a traçar les òrbites s'ha utilitzat un cordill, una tatxa i un retolador. Després, a més, un transportador d'angles i un regle.

Les distàncies

La idea de grandàries que proporcionen les boles és convenient complementar-la amb la de les distàncies, encara que això resulti més difícil.

Experiència:

Tenint com a Sol a un globus d'1 metre de diàmetre, cal col·locar el gra de pebre de Mercuri a 45 metres de distància, amb la qual cosa és necessari instal·lar el centre d'operacions en el carrer o en el camp... A aquesta mateixa escala, el cigró de Venus quedarà a 80 metres del globus solar i la nostra Terra, a 120 metres.

Però és evident que així no és possible seguir. A aquesta escala, la pruna de Neptú hauriem de posar-la a 3.500 metres! (tres quilòmetres i mig!). Cal reduir l'escala.

En compte de tenir el Sol format per un globus d'1 metre de diàmetre, s'adoptarà ara una boleta o un cigró d'1 centímetre de diàmetre. Amb això, l'escala quedarà reduïda a una centèsima part i, encara que els planetes s'hauran tornat minúsculs (fent inservibles els llegums i la fruita), com a mínim es podran intuir les proporcions de les distàncies.

Ara, des de la boleta del Sol fins a cada planeta hi hauran:

Mercuri:	45 centímetres
Venus:	80 centímetres
La Terra:	120 centímetres
Mart:	180 centímetres
Júpiter:	6 metres
Saturn:	11 metres
Urà:	22 metres
Neptú:	35 metres

L'important és comprendre que la grandària dels astres del Sistema Solar és absolutament irrisori comparat amb les proporcions del propi Sistema.

L'estrella més pròxima

A la mateixa escala (el Sol d'1 cm de diàmetre), l'estrella més pròxima (Alfa Centauri) estaria situada... a 300 km! O sigui que si el Sistema Solar s'ha plantejat a Barcelona, Alfa Centauri estaria a Saragossa.



Fig. 8.- Nebulosa del mateix tipus de la que va formar el Sistema Solar. En el seu interior s'estan creant estrelles.

Resum de conceptes:

Els espais entre planetes són molt grans en comparació amb les seves dimensions; pot afirmar-se que dins d'aquests espais tan grans no hi ha res, excepte uns grans de pols (que representarien els asteroides i els cometes). I que en l'espai entre el Sistema Solar i Alfa Centauri ni tan sols hi ha pols.

Des d'Alfa Centauri fins a altres estrelles pot haver-hi distàncies semblants. En conseqüència, l'Univers, a més de ser enorme, està summament buit.

Per què els planetes són esfèrics?

Tractarem sobre la formació del Sistema Solar.

Explicació:

Fa cinc mil milions d'anys (molts!) el Sistema Solar no existia com a tal. En el seu lloc hi havia un núvol de gas i pols (una «**nebulosa**») (fig. 8). De forma semblant a com els núvols que veiem en el cel a vegades són molt tènues i a vegades es tornen molt densos, la nebulosa que hi havia en l'espai va començar a comprimir-se.

A poc a poc el gas que conformava la nebulosa va anar creant diverses zones de major densitat que es van convertir en cossos molt petits (als que denominem «**planetesimals**»). En el centre de la nebulosa es va acumular una massa molt major, denominada «**protoestrella**», que formaria el Sol. La nebulosa es movia molt lentament, però al comprimir-se, tot el sistema va començar a girar amb major velocitat a l'igual a com ho fa una patinadora quan tanca els braços mentre gira.

Els planetesimals van anar unint-se entre si per a formar masses més grans i de forma esfèrica. Com una bola que es fabrica unint molts petits trossos de «plastilina».

Experiència:

Qualsevol infant té plastilina a casa; si no, és fàcil adquirir-la. Val la pena.

L'infant ha de preparar grums petits de plastilina (de pocs mil·límetres) més o menys irregulars que representaran els planetesimals i que, naturalment, estaran solts. Després ha d'agrupar-los i modelar-los per a formar una bola que acabarà sent una massa esfèrica més o menys homogènia.

Explicació:

Quan s'escalfa molt un material sòlid es fon. Pot demostrar-se amb la cera d'una espelma, o amb la mateixa plastilina, que és més dura com més freda està.

En cada una de les boles integrades per grums planetesimals, a l'aglomerar-se, va ocórrer un procés pel

qual va augmentar la seva temperatura. L'augment de temperatura va ser tan elevat que les boles de planetesimals van acabar per fondre's, convertint-se en una massa pastosa com la lava d'un volcà en activitat.

La massa pastosa estava formada per molts materials, i uns pesaven més que altres. Per exemple, el ferro pesa més que la sorra o que la terra d'un test. A causa de la força de gravetat (després parlarem d'ella), dins d'una massa pastosa el més pesat se'n va cap al centre i el que és menys pesat es queda a la superfície. Aquest procés fa que el planeta o el satèl·lit acabi sent una bola d'una esfericitat més perfecta que la de la massa de plastilina modelada a mà.

Si es donés el cas que una massa planetària fos molt petita (com podria ser una massa formada per només 3 o 4 grums de plastilina, amb els que no tindríem prou per a fer una bola relativament gran), la seva temperatura no arribaria a ser prou elevada com per a convertir-se en pasta, i, en conseqüència, es quedaria amb una forma irregular. Diguem que com un cacauet. Llavors és un petit cos que gira entorn del Sol al que denominem «**asteroide**».

Per la seva banda, el major percentatge de la nebulosa inicial s'ha quedat en el centre del sistema, formant el Sol.

La gravetat

A cap infant li passa desapercebut que les coses cauen cap al sòl. Però, per què?

Explicació:

Qualsevol cosa té gravetat. Tot: el bolígraf, la taula, la persona... Tot! Aquelles coses que pesen més, tenen més gravetat que les que pesen menys. (S'ens ha de permetre la llicència de dir «pes» quan el que hauríem de dir és «massa», perquè el pes ve definit per la gravetat). Una taula té més gravetat que un llapis, encara que ambdós siguin de fusta.

La gravetat s'assembla una mica (no molt) al que succeeix amb els imants.

Experiència:

És probable que en la nevera hi hagi un parell d'imants per a subjectar papers de notes. Si a casa hi ha algun altre imant, és qüestió de fer-se també amb ell.

Se situen dos imants sobre la taula i es van acostant molt lentament amb petites empentes. Arribarà un moment en què, si són idèntics, ambdós es posaran a córrer per un igual i s'uniran.

Repetint l'experiència amb un imant de grandària o potència diferent (un gran i un altre petit) s'advertirà que, a l'aproximar-se, «el gran es menja al petit». El major té més potència d'atracció que el menor. També pot experimentar-se amb un sol imant i un petit objecte metàl·lic que pesi menys que l'imant (un clip de paper, p.e.).

Encara que la causa és distinta, amb la gravetat que atrau als astres succeeix un efecte semblant. Anem a simular-ho:

S'agafa un objecte que pugui tirar-se sense que es trenqui (per exemple, una goma d'esborrar). Estant dret es deixa anar la goma. Caurà vertical cap al sòl. Què ha succeït? Ja que TOTS els objectes tenen gravetat, la Terra també la té. I la Terra és molt més gran que una goma d'esborrar. En conseqüència, al deixar anar la goma aquesta ha caigut «atretra per la Terra» de la mateixa manera que l'imant gran va atraure al petit (fig. 9, A). Segons això, ja que la Terra és molt més petita que el Sol, el nostre planeta hauria de caure cap a ell. I no obstant això, no ho fa.

Vegem què passa si en compte de deixar caure la goma, li donem un lleuger impuls lateral. Recorre una trajectòria corba per a acabar en el sòl, però no ha caigut verticalment (fig. 9, B). Si la força al llançar la goma és quelcom má gran passarà el mateix, però anirà a caure més lluny (fig. 9, C).

Ara bé, si poguéssim donar a la goma un impuls molt fort, aquesta no cauria a terra (a la Terra), sinó que quedaria donant voltes al voltant del nostre planeta («en òrbita»), com en la fig. 9, D. (De fet, la goma cau contínuament cap a la Terra, però al ser aquesta rodona mai arriba a tocar-la).

Explicació:

Aquest últim exemple és el motiu pel qual la Terra no cau cap al Sol, ja que gira al seu voltant «amb un impuls molt fort». L'impuls li va ser donat progressivament quan la massa nebulosa que va formar a tots els planetes va començar a girar cada vegada més ràpid. D'aquesta manera, tots els planetes, que «pesen poc», giren entorn del Sol que «pesa més». I així, també, la Lluna gira entorn de la Terra. L'«impuls del moviment»

contraresta la gravetat.

Encara més: si poguéssim llançar la goma encara amb més força, en compte de quedar girant entorn de la Terra escaparia cap a l'espai i es perdria (fig. 9, E). És el que passa quan es llença una nau espacial cap a la Lluna o cap a planetes llunyans. El coet que la llença ha de donar a la nau un impuls molt fort perquè pugui vèncer la força de gravetat terrestre.

Ja que TOTS els objectes tenen gravetat, el tutor ha de preguntar al nen:

–Què passaria si jo estigués sol, aïllat en l'espai, com un astronauta surant molt, molt lluny de la Terra i del Sol, i, estirant el braç, deixes anar la goma?

Naturalment, l'infant ha de respondre que la goma caurà contra el cos del tutor.

Velocitat orbital

L'experiència de la fig. 9 ens demostra que un cos en moviment al voltant d'un planeta, si té la velocitat adequada ni caurà sobre ell ni s'escapà a l'espai (cas de l'exemple D). Aquesta velocitat ha

de ser més alta com més intensa sigui la força gravitacional que hagi de contrarestar. En conseqüència, un cos que estigui en òrbita molt prop d'un altre haurà de girar molt de pressa, mentre que un altre que de llunyà girarà més lentament. Mercuri dona una volta al voltant del Sol cada 88 dies mentre que Neptú triga 164 anys.

Velocitat de caiguda:

Quanta major sigui la gravetat d'un astre més ràpidament cauen les coses sobre ell. La Lluna és més petita que la Terra i, per tant, té menys gravetat. Els astronautes, quan van estar allà, caminaven fent bots molt grans perquè la gravetat els atreia menys que en la Terra. En el cas de la goma deixada en l'espai, cauria sobre nosaltres molt més lentament que si caigués sobre la Terra.

Òrbites:

Quan dibuixem els planetes girant entorn del Sol ho solem fer marcant les seves trajectòries en forma de cercle (fig. 10 A), i el mateix fem amb els satèl·lits que giren en torn dels planetes, com és la cas de la Lluna. Però això no és absolutament cert.

Abans del segle XVI els astrònoms sempre representaven les òrbites en forma de cercles, però quan confrontaven els moviments que havien previst dels planetes amb el seu comportament en el cel, mai els coincidien. Hi havia quelcom que fallava però que durant segles no van saber trobar.

La solució la va trobar el 1609 Johannes Kepler. Es tractava, simplement, de suposar que els planetes en compte de girar en òrbites perfectament circulars, ho fan en òrbites el·líptiques, és a dir, en «cercles allargats», com un meló (fig. 10 B). Aquest tipus de trajectòries fa que els planetes unes vegades estiguin més prop i altres més lluny del Sol (encara que amb molt poca diferència), a l'igual a com passa amb la Lluna respecte la Terra.

El tutor pot ampliar el tema, si ho desitja, entrant en el terreny de la geometria per a explicar què són els focus de les el·lipsis, que els planetes van més de pressa en aquella part de l'òrbita més pròxima a l'astre central, etc.

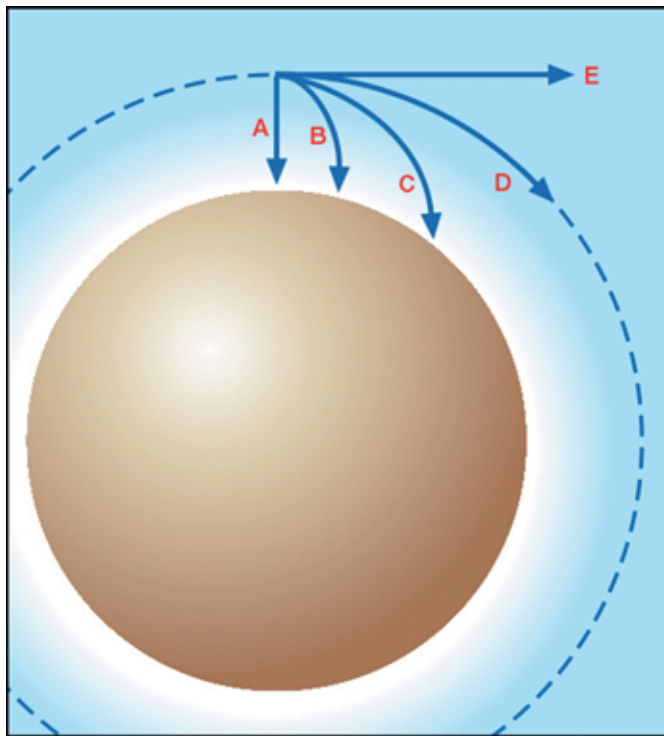


Fig. 9.- Caiguda d'un objecte sobre la Terra. El gràfic és molt senzill, per a la qual cosa el tutor pot dibuixar-lo en un paper o en una pissarra i anar traçant les línies a mesura que les va explicant.

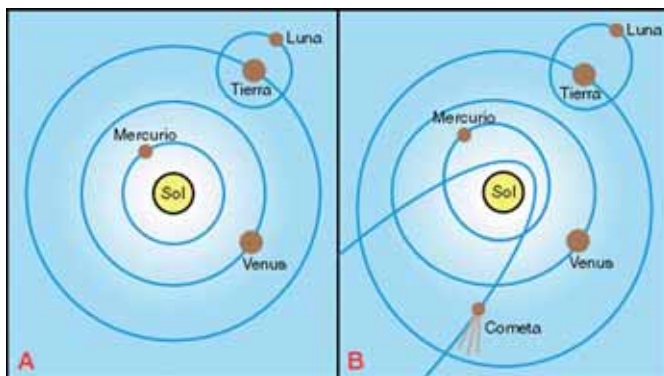


Fig. 10.- A = Òrbites circulars. B = Òrbites el·líptiques (aquí amb excentricitats exagerades).

Per què hi ha planetes molt grans i altres molt petits?

Sol cridar l'atenció el que hi hagi tanta diferència entre els planetes anomenats gegants i els altres, a la qual cosa podem afegir-hi el per què els planetes gasosos són els més allunyats del Sol.

Explicació:

Quan va començar a formar-se el Sistema Solar, el nucli principal, el Sol, va començar de seguida a emetre radiació. Aquesta radiació va donar lloc al que es denomina «vent solar», un corrent de partícules que surten del Sol i, a alta velocitat, es desplacen per tot el sistema.

El vent solar va actuar llavors, en certa manera, a com ho fa el vent en la Terra: Quan bufa vent, alça pols del sòl, i papers, plàstics... etc. El vent no és capaç d'alçar les pedres o els altres objectes perquè pesen més (no ens referim a un huracà).

Quan encara existia la nebulosa originària del Sistema Solar, abans de formar-se els planetesimals, les partícules sòlides (pesades, com pols i pedres) estaven barrejades amb el gas (bàsicament hidrogen i heli). Llavors el vent solar va ser capaç d'emportar-se lluny a les partícules de gas perquè pesen poc, però no a les sòlides. Els planetesimals que es van compactar fins a formar els planetes més pròxims al Sol ho van fer amb elements pesats, mentre que els planetesimals més allunyats ho van fer amb gas. Per això de Mercuri a Mart són planetes petits i densos (rocosos, pesats). Més lluny, el vent solar ja perdia intensitat i a penes podia arrossegar elements lleugers com l'hidrogen i l'heli, que van anar acumulant-se fins a formar els planetes de Júpiter a Neptú, tots ells grans i gasosos.

Al principi hem dit que la ciència evoluciona a base de teories que es van renovant successivament. L'explicació que acabem d'oferir és una teoria que, possiblement, hagi de revisar-se. Encara que aquesta explicació és la més acceptada i la que sol aparèixer en els llibres, els recents descobriments de planetes que giren al voltant d'altres estrelles estan generant dubtes sobre la seva validesa; no obstant això, en l'actualitat encara no hi ha una altra explicació millor.

Planetes a simple vista

De Mercuri a Saturn tots són prou brillants com per a veure bé a simple vista. Tan sols fa falta conèixer les seves èpoques de visibilitat i, en aquest sentit, és bo que l'adult ensenyi a l'infant a identificar cada planeta a mesura que es van veient en el firmament. La informació es troba, resumida, en la pàgina «Propers fenòmens» d'aquest portal web i, més detallada, a les pàgines d'efemèrides de la revista de l'Agrupació, **ASTRUM**.

Mercuri és difícil perquè, al ser prop del Sol, només pot percebre's durant els crepuscles, quan el Sol està per sota de l'horitzó. La visibilitat es restringeix a diversos períodes a l'any d'unes poques setmanes cadascun, a vegades al capvespre i a vegades per la matinada.

Venus és el planeta més lluminós de tots. Es veu també alternant períodes al vespre i a l'alba, però aquests són molt més llargs que els de Mercuri. Quan és visible al vespre (arribant fins a negra nit) el període de visibilitat és de deu mesos. És tan brillant que crida poderosament l'atenció. En l'època que estava de moda parlar d'ovnis, molta gent el confonia amb un artefacte d'aquest tipus. Amb un telescopi senzill o uns binoculars ja és possible veure la seva fase (té forma de petita «lluna»), la qual cosa serveix molt bé com a complement a l'explicació de les fases lunars (ja es veurà més endavant).

A **Mart** se l'anomena «el planeta roig». Quan està en les seves millors èpoques de visibilitat destaca en el cel per ser un astre molt lluminós de color clarament ataronjat. No obstant això, les temporades en què Mart es veu bé són relativament breus (uns pocs mesos) i es repeteixen cada dos anys i dos mesos. Amb telescopi és difícil veure-li detalls, excepte el casquet polar i alguna ombra fosca.

Júpiter i **Saturn** es distingeixen sense dificultat durant molts mesos. Els satèl·lits de Júpiter donen molt de joc, inclús amb binoculars, i els anells de Saturn, per descomptat que són d'allò més espectacular que pot veure's amb qualsevol instrument.

Urà està en el límit de visió si la nit és bona. Per tant sempre és assequible a uns binoculars, encara que amb el telescopi es veu millor. **Neptú** requereix un telescopi, però no cal que sigui potent.

El repte: veure tots els planetes.

Experiència

Si s'usa el **Planisferi Celeste giratori** editat per l'Agrupació per a mostrar a l'infant les posicions dels pla-

netes en el firmament, suggerim retallar i enganxar petits adhesius d'uns pocs mil·límetres per a indicar sobre l'eclíptica la posició del Sol i de cada planeta. Han de ser adhesius de suau adherència (tipus «Post-It») a fi que al treure'ls no malmetin el planisferi.

El descobriment dels planetes

L'esdeveniment més emocionant que pot succeir-li a un astrònom és descobrir un nou astre, sigui per casualitat o sigui perquè ja explorava el cel després de suposar que hauria de ser allà. Generalment, la troballa d'un nou astre comporta un gran honor i prestigi.

Ningú va descobrir els planetes de Mercuri a Saturn perquè són visibles a simple vista. Des de la més antiga civilització l'home es va adonar que entre les estrelles del fons del cel hi havia aquests cinc astres movent-se independentment, més el Sol i la Lluna. Però a partir d'Urà tots van ser descoberts per astrònoms proveïts de telescopis.

El descobriment d'Urà

En el segle XVIII un músic alemany establert a Anglaterra es va aficionar a construir-se telescopis i, la veritat, va acabar tenint els majors del món d'aquella època. Es deia William Herschel.

Una nit de 1781, quan provava un telescopi que acabava de construir, va veure un astre que li va semblar una mica més gran que l'insignificant punt d'una estrella. Li va cridar l'atenció i es va disposar a vigilar-ho, de tal manera que a la nit següent va advertir que s'havia mogut respecte a les estrelles. Va arribar encertadament a la conclusió que era un astre desconegut del Sistema Solar i va suposar (en això va errar) que es tractava d'un cometa llunyà (més endavant comentarem els cometes). No va passar molt de temps fins que es va demostrar que es tractava d'un planeta de la mateixa naturalesa que Júpiter o Saturn, encara que més petit i més apartat del Sol. Els amics de Herschel van creure que havien de rendir-li homenatge i van denominar «Herschel» al nou planeta, però la comunitat astronòmica no ho va acceptar, especialment perquè tots els altres planetes tenien noms procedents de la Mitologia. Finalment, es va denominar **Urà**.

El descobriment va causar tal sensació que el rei d'Anglaterra li va concedir a Herschel un sou permanent perquè deixés la música i es dedicés exclusivament a l'astronomia. Més endavant efectuaria altres descobriments importants.

La troballa de Neptú

Després de ser descobert Urà, la majoria d'astrònoms estaven convençuts que més enllà hi hauria altres planetes. Alguns es van posar a buscar un planeta «transuranià» utilitzant els seus telescopis de manera arbitrària (buscant aquí i allà, a la «tun-tun»), la qual cosa quasi mai sol donar bon resultat. Però va haver-hi qui després d'estudiar moltes matemàtiques (Urbain Leverrier va ser un dels més grans matemàtics de la història) va analitzar les possibilitats que existís el tal planeta i les possibilitats de trobar-ho.

Un parèntesi: Pertorbacions

Si poguéssim treure tots els astres de l'Univers i deixéssim només el Sol i un planeta (la Terra, per exemple), aquest giraria eternament entorn del Sol en una òrbita circular o el·líptica, movent-se amb absoluta regularitat, sempre igual.

Però en el Sistema Solar la Terra no està sola. Hi ha altres planetes, alguns amb una força de gravetat molt gran, com Júpiter i Saturn. I, segons ja hem dit, tot el que hi ha a l'espai és susceptible d'atraure a qualsevol altre cos amb major o menor força segons siguin la massa i la distància. Això s'anomena «causar pertorbacions» a un altre astre, és a dir, «pertorbar-lo», «molestar-lo», en el seu caminar.

Quan la Terra està en el costat oposat del Sol respecte a Júpiter, la influència gravitacional de Júpiter gairebé no es nota en el nostre planeta.

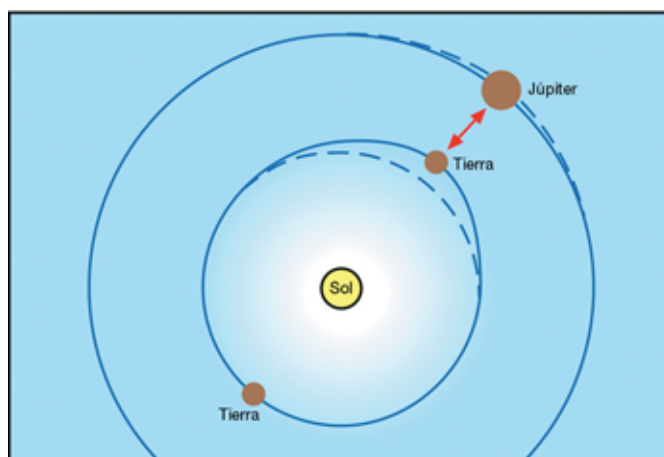


Fig. 11.- Influència gravitacional d'un astre molt massiu, com ara Júpiter, sobre el recorregut de la Terra (exagerada, es clar).

Però quan la Terra està entre el Sol i Júpiter, aquest planeta atrau lleugerament a la Terra cap a ell, de manera que la nostra òrbita deixa de ser una figura el·líptica perfecta. Júpiter causa pertorbacions a la Terra (fig. 11).

Les matemàtiques de Leverrier

Els astrònoms van veure de seguida que l'òrbita d'Urà no era tot el regular que havia de ser i ho van atribuir a les pertorbacions de Júpiter i Saturn. Però Leverrier va anar més enllà i va arribar a calcular que en la irregularitat del seu moviment havia d'influir, forçosament, un altre planeta situat més lluny i que encara no havia sigut descobert. Va ser tal la seva saviesa que va arribar a predir per mitjà de gran quantitat de càlculs que en una determinada data el planeta desconegut estaria en un punt concret del cel. I així va ser com en 1845, Johann Galle va trobar **Neptú** apuntant el telescopi al punt predit. No el va descobrir Leverrier perquè a ell els telescopis no li agradaven; tan sols li interessaven les matemàtiques, de manera que va deixar la seva busca en mans de Galle, un jove estudiant alemany.

La història es repeteix

L'entusiasme que va generar la troballa de Neptú va portar a altres matemàtics a estudiar de nou les pertorbacions dels planetes distants i a predir que hi hauria un altre «transneptunià». En especial, el nord-americà Percival Lowell va dedicar bona part de la seva vida i de la seva fortuna a calcular i buscar el pretès planeta, però no va tenir èxit. Va morir en 1915 sense haver-ho aconseguit.

No va ser fins a 1930 quan Clyde Tombaugh, un jove ajudant de l'observatori que havia fundat Lowell, va descobrir en una fotografia, entre nombroses estrelles, a un minúscul punt que va identificar com el planeta buscat: **Plutó**. Va haver-hi alegria d'una banda però decepció d'altra, ja que el planeta era molt més petit i dèbil del que esperaven. (En realitat aquesta havia sigut la causa per la qual no el va trobar Lowell, ja que el va tenir davant dels seus nassos en una fotografia però el va confondre amb una estrella).

Ara bé, no fa molts anys s'ha demostrat que els càlculs de Lowell no eren correctes, i que si Tombaugh el va descobrir prop del punt del cel que preveïen aquests càlculs va ser per pura casualitat.

En astronomia moltes vegades també es produeixen «patinades» i «cops de sort».

Finalment, la Unió Astronòmica Internacional va considerar que Plutó no es un planeta com els demès, si no un asteroide com molts altres que s'han descobert posteriorment a les llunyanies del Sistema Solar. I li va rebaixar la categoria qualificant-lo de «planeta nan».