



LLIÇONS I EXPERIÈNCIES PER A INICIAR-SE EN ASTRONOMIA

6. LA LLUNA

La Lluna atrau l'atenció dels infants, inclús sent molt petits. Per això la Lluna és un personatge de molts contes, apareix dibuixada en parets de guarderies i és protagonista de cançons. La Lluna és, sens dubte, un bon pretext per a fa notar als més petits que el cel també té el seu atractiu.

És important que els adults mostrin la Lluna als infants des de molt petits fent-los notar que no sempre és igual. A vegades es mostra estreta, fina, i a vegades grossa, amb la qual cosa se'ls planteja la primera incògnita astronòmica: com serà la pròxima vegada que la vegi?

Quan són més grans i miren pel telescopi, la Lluna és l'astre més fàcil i més agraït. Les experiències amb telescopi sempre haurien de començar per la Lluna, especialment si s'observa des de la ciutat.

Rotació

La Lluna mostra permanentment la mateixa cara a la Terra. Si es contempla la Lluna en diferents nits, sempre té el mateix aspecte (prescindint de les fases). Les taques més o menys fosques que se li veuen són permanents. En conseqüència, «no gira». Recordeu que les taques solars permeten observar com gira el Sol; en canvi, les taques de la Lluna mostren el contrari.

Experiència:

A l'infant cal explicar-li que això és així... però que no és així. Vegem el perquè:

L'adult i l'infant es posen drets, separats per uns dos metres. L'adult sosté en una mà, estirant el braç, un objecte que tingui dos cares; per exemple, el comandament a distància del televisor. Ensenya a l'infant la cara de davant i, després, lentament, l'adult va girant sobre si mateix, amb el braç estès, de manera que l'infant, sense moure's de lloc, veurà el comandament de perfil, després el veurà per darrera, després una altra vegada de perfil i, finalment, després d'una rotació completa, el tornarà a veure de front.

Explicació:

El comandament a distància equival a la Lluna, l'adult és la Terra i el propi infant és el Sol. En conseqüència, vista des del Sol (o des d'algun altre lloc qualsevol), a la Lluna se la veu girar perfectament. En canvi, vista des de la Terra, la Lluna (el comandament) mostra sempre la mateixa cara.

El fet és que la Lluna empra el mateix temps a fer una volta sobre si mateixa (rotació) que a fer una volta al voltant de la Terra (translació). Això es deu al fet que la gravetat de la Terra ha «fixat» a la Lluna, obligant-la a dirigir sempre la mateixa cara cap a la Terra. Això és, precisament, el mateix que fa l'adult al sostenir el comandament amb la mà.

Fases

Sorprendrem si diem que hi ha molts adults que encara no saben «com funciona» quelcom tan vist com



Fig. 12.- Les fases de la Lluna.

les fases de la Lluna? A l'auditori de l'Agrupació hi ha hagut mestres que ens han arribat a demanar que els-hi expliquem les fases (a ells, no als alumnes).

Experiència:

Abans que res, mostrar a l'infant les típiques fotografies de les fases de la Lluna (fig. 12).

Ara invertirem els papers respecte a l'exercici anterior. L'adult farà de Lluna i l'infant, de Terra. Fer-ho en una sala a mitja llum, amb una sola làmpada o una llanterna encesa sobre una taula. A uns dos o tres metres de la làmpada, l'infant, de peu. És important que la làmpada, el cap de l'infant i el cap de l'adult estiguin a un mateix nivell, per a la qual cosa possiblement caldrà pujar a l'infant a una cadira i col·locar algun suport sota la làmpada.

L'adult ha de donar la volta al voltant de l'infant, girant de manera que sempre estigui mirant-lo (mostrant-li «la mateixa cara», com el comandament del televisor de l'experiència anterior). Evidentment l'infant haurà de girar sobre si mateix per a seguir el moviment de l'adult, encara que això no representa a cap moviment real de la Terra.

Quan l'adult estigui oposat a l'infant respecte a la làmpada, l'infant veurà la cara de l'adult plenament il·luminada. Fer-li notar que el relleu de la cara (els ulls, el nas...) no produeixin ombres; que tot està uniformement il·luminat. És la «**Lluna plena**», que es produeix quan la Lluna està al costat contrari del Sol, vista des de la Terra.

Quan l'adult comença a donar la volta l'infant veurà com sorgeixen ombres (el nas comença a projectar ombra sobre el pòmul...) i que part de la cara va quedant fosca. Havent donat un quart de volta en sentit contrari a les agulles del rellotge, estaran en «**quart minvant**»; la Lluna es veu il·luminada únicament en la seva meitat que dóna al costat del Sol. El relleu accentua al màxim les ombres.

Quan hagi donat mitja rotació, l'adult estarà entre la làmpada i l'infant. La cara de l'adult estarà totalment a l'ombra. Serà la «**Lluna nova**».

A mesura que segueixi la rotació, la cara de l'adult començarà a il·luminar-se pel costat de la làmpada. En el quart («**quart creixent**») tornarà a tenir mitja cara il·luminada (la part contrària al quart minvant), amb les ombres accentuades. Després, al moure's, continuarà augmentant la il·luminació fins a arribar, de nou, a la «cara plena» («**Lluna plena**»).

Resum de conceptes:

Les fases de la Lluna són un simple efecte d'il·luminació. Depèn del lloc on estigui la Lluna respecte al Sol i a la Terra per a veure-la il·luminada d'una manera o d'una altre. El relleu lunar (les muntanyes i els cràters) produeixen ombres que són molt accentuades en els quarts, però nul·les en la Lluna plena. Per això per a mirar la Lluna amb telescopi el millor és fer-ho en les dates al voltant dels quarts, mai quan la Lluna està plena.

Quan es repeteixen les fases és que la Lluna ha donat una volta completa a la Terra.

- La Lluna nova no es veu perquè està a contrallum del Sol i aquest enlluerna.
- El quart creixent es veu al vespre. La fase (zona il·luminada de la Lluna) mira cap al Sol, és a dir, cap a ponent. Té forma de lletra «**D**».
- La Lluna plena està en el lloc del firmament oposat al Sol; per tant, quan s'amaga el Sol per l'oest surt la Lluna per l'horitzó est.
- El quart minvant es veu per la matinada i la fase mira cap a llevant. Té forma de lletra «**C**».

La Lluna menteix

Després de la fase nova, la Lluna creix i se'ns presenta en forma de **D** (inicial de «decréixer»). En canvi, després de la fase plena, la Lluna decreix i se'ns presenta en forma de **C** (inicial de «créixer»).

D'aquí que es digui que la Lluna és mentidera: quan la Lluna sembla una **D**, de decreixent, està realment creixent, mentre que quan sembla una **C**, de creixent, és minvant.

Aquesta afirmació només és vàlida per a l'hemisferi nord de la Terra; en l'hemisferi sud la Lluna mai menteix.

Un sistema Terra-Lluna en miniatura

Si per a efectuar la demostració anterior no s'ha necessitat cap artefacte més que la làmpada i les persones, ara proposem un altre mètode per a mostrar fàcilment a l'infant les fases de la Lluna, encara que en aquest cas ha de preparar-se prèviament el material.

Experiència:

Cal buscar dos boles que representin la Terra i la Lluna, com les del sistema planetari en miniatura, encara que en aquest cas seran més pràctiques les de materials durs que les fruites. Si la bola major mesura 4 cm de diàmetre la menor ha de mesurar 1 cm, encara que poden ser d'altres grandàries amb tal de mantenir les proporcions. Les boles han de clavar-se a cadascun dels extrems d'un llistó de fusta de 120 cm de longitud (fig. 13).

El tutor i l'infant surten a l'aire lliure, a ple Sol. I ja tenim els tres elements: el Sol (que és el real), més la Terra i la Lluna en miniatura. Movent el llistó es poden reproduir els moviments de la Lluna al voltant de la Terra. Acostant l'infant a la bola de la Terra veurà les fases en la bola de la Lluna si el llistó es col·loca adequadament respecte al Sol. I les ombres de les boles permetran explicar tant els eclipsis de Lluna com els de Sol, sent una alternativa a l'experiència que proposem en l'apartat següent.



Fig. 13.- La petita bola de la Lluna a l'extrem esquerra del llistó, i la Terra en el dret. La il·luminació solar pot mostrar les fases i els eclipsis si es mou adequadament el llistó. En aquesta imatge l'infant està veient la bola de la Lluna a la mateixa grandària aparent que la Lluna real en el cel.

Eclipsis

Al realitzar l'experiència de les fases lunars amb el primer mètode, és segur que hi haurà hagut un moment en què l'infant haurà produït ombra a l'adult, i un altre moment en què l'adult haurà produït ombra a l'infant. O bé les boles es fan ombra entre si. És hora d'explicar què són els eclipsis.

Quan el cap de l'infant ocasiona ombra a la cara de l'adult (just en el moment de la **Lluna plena**), es produeix un **eclipsi de Lluna**. Ralentitzant el moviment, l'infant veurà l'eclipsi parcial (ombra a una part de la cara) i l'eclipsi total.

En el punt oposat de la «òrbita», l'adult tancarà la làmpada a l'infant. Serà un **eclipsi de Sol**. En aquest cas, fer notar a l'infant dues coses: que la Lluna està a contrallum (**Lluna nova**) i que l'ombra de la Lluna es projecta sobre la Terra (o sigui, que en la cara de l'infant hi ha ombra). A l'infant se li mostra llavors una fotografia d'un eclipsi total de Sol i se li explica que el disc negre és, precisament, la Lluna il·luminada «per darrere», a l'igual com el cap de l'adult està il·luminat per darrere.

Qüestió de mesures:

Si l'infant és espavilat i ha captat bé la lliçó dels llegums i les fruites, potser planteji la qüestió: «—...Però si el Sol és tan gran i la Lluna tan petita, com pot aquesta tapar el Sol?».

Explicació:

Acudir al paper i al bolígraf per a traçar el típic gràfic de les proporcions entre les grandàries i les distàncies Sol-Terra-Lluna (fig. 14). O bé es pot mostrar com quelcom tan petit com un dit de la mà pot ocultar un arbre o una casa. Nomès cal què l'infant approximi molt el dit a l'ull.

En el sistema Terra-Lluna es dona una casualitat enorme, única en tot el Sistema Solar: que la distància a què es troba la Lluna respecte al nostre planeta és tal que, vista en el cel, el seu disc apareix amb la mateixa grandària que el disc del Sol, que és molt més gran i està molt més lluny. A aquesta casualitat es deu el que es produeixin tant eclipsis de Sol **totals** com eclipsis **anul·lars**.

Per a entendre-ho cal recordar el què s'ha dit abans sobre les òrbites: que el recorregut que fa la Lluna entorn de la Terra no és circular, sinó el·líptic. Com que l'òrbita de la Lluna és quelcom allargada, com un meló, hi ha dies en què està més a prop de la Terra que altres. La diferència és petita, i per això no l'apreciem a simple vista.

El gràfic de la fig. 15 permet explicar amb claredat que quan la Lluna està prop de la Terra, el seu disc en el cel és prou gran com per a cobrir el disc del Sol (**eclipsi total de Sol**), i que quan està més lluny, al veure's una mica més petita, no arriba a tapar-lo totalment, de manera que en el moment màxim de l'eclipsi queda

visible un «anell de Sol» (d'aquí la denominació d'**eclipsi anul·lar**).

Per què no hi ha un eclipsi en cada lunació?

Cada vegada que la Lluna fa una volta a la Terra haurien de produir-se dos eclipsis: un de Lluna i un altre de Sol, segons s'ha vist amb l'experiència de la làmpada i les ombres.

Però el recorregut de la Lluna no està perfectament alineat amb la Terra i el Sol (la seva òrbita està una mica inclinada). És com si l'adult, al girar entorn de l'infant, no tingués el seu cap a la mateixa alçada que la de l'infant. Diguem que unes vegades la Lluna passa «per sota» i altres «per sobre» del Sol. El resultat és que mentre el cicle de les fases de la Lluna es dona amb la freqüència d'una vegada cada mes, únicament sol haver-hi un parell d'eclipsis de cada classe a l'any.

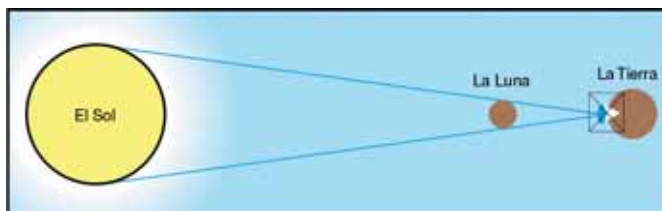


Fig. 14.- La Lluna és petita però està suficientment prop de la Terra com per a cobrir completament el disc solar.

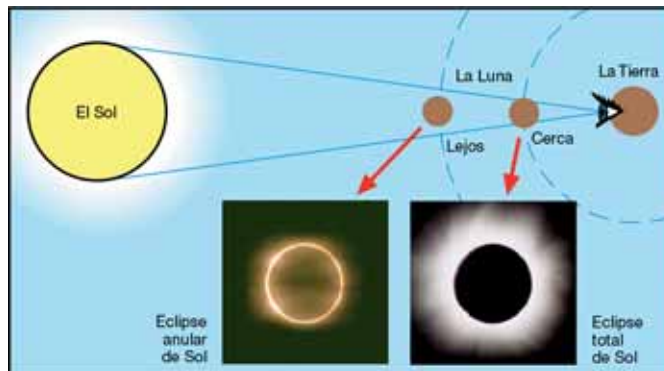


Fig. 15.- La variació de la distància entre la Lluna i la Terra fa que, a vegades, la Lluna no cobreixi per complet el disc del Sol durant un eclipsi.

El color en els eclipsis de Lluna

En el moment total d'un eclipsi el nostre satèl·lit no queda mai completament fosc. Per això els eclipsis totals o pròxims a totals resulten molt espectaculars ja que l'ombra, que no és negra, adquireix una coloració rogenca, a vegades amb matisos d'altres colors.

Aventura:

Amenitzarem la lliçó explicant una aventura que va ser un fet real:

El senyor Cristòfol Colom (sobre qui el tutor s'encarregarà de fer la deguda presentació) l'any 1504 va realitzar el seu quart viatge a Amèrica a bord del seu vetust vaixell tipus caravel·la, arribant a l'illa de Jamaica. Com a bon navegant que era, portava un llibre amb les posicions de les estrelles que li servien de referència per a determinar la situació de la nau en ple oceà (els navegants antics sempre coneixien la seva posició gràcies a les estrelles i al Sol; però aquest és un altre tema). En el llibre també figuraven efemèrides astronòmiques, és a dir, la relació dels principals fenòmens indicant la data i l'hora en què estava previst que succeïssin (en aquella època les efemèrides no eren molt precises: a vegades s'equivocaven).

Colom va arribar a Jamaica després de molts mesos de navegació i precisava urgent avituallament per a ell i per als seus tripulants, però els indígenes no es van prendre a bé la presència de tan estafoliaris estrangers muntats en tan estafoliaris vaixells (ells només coneixien lleugeres canoes). Les coses van anar a pitjor i els indígenes, molt superiors en número, es van tornar hostils cap als espanyols. Colom, llavors, va tenir una idea genial. Pel llibre d'efemèrides sabia que el dia 24 de febrer (una data pròxima) es produiria un eclipsi total de Lluna. Sense encomanar-se a cap sant, es va aventurar: va fer saber al cap de la tribu que si no els deixaven tranquils i no atenien les seves peticions, la «deessa» Lluna (que els indígenes adoraven) s'enfadaria, enrogiria i faria caure sobre ells totes les seves ires.

Colom es va aventurar, i molt (possiblement no tenia una altra solució) donat que hagués pogut succeir que el dia 24 estigués ennuvolat... o que les efemèrides erréssin. El cas és que, per sort, es va veure l'eclipsi. La Lluna va enrogir i els



Fig. 16.- L'«eclipsi de Colom» a Jamaica; any 1504.

indígenes van quedar esbalaïts... i espantats. No cal ni dir-ho que Colom i els seus van partir amb totes les provisions que van cabre en les caravel·les i en «honor de multituds», honorats com a grans personatges que eren capaços de mantenir tractes amb els déus (fig. 16).

Explicació:

Els eclipsis de Lluna són rogencs a causa de l'atmosfera de la Terra. El nostre planeta té al seu voltant la capa d'aire que ens serveix per a respirar (causa del vent, dels núvols, de la suspensió de pols que, a vegades, fa que les sortides o les postes de Sol siguin rogenques...). Quan es produeix un eclipsi de Lluna és evident que la llum del Sol passa rasant al perímetre de la Terra i en aquest perímetre hi ha l'atmosfera. De la mateixa manera que l'atmosfera fa enrogir moltes postes de Sol, també durant un eclipsi enrogeix la tènue llum solar que es projecta sobre la Lluna.

Es diu que no hi ha mai dos eclipsis de Lluna iguals. En el moment de produir-se el fenomen potser el perímetre de la Terra estigui net de núvols, que correspongui a regions oceàniques o a continentals, que hi hagi pols sobre algun desert o cendres de volcans... etc. Cadascun d'aquests factors és susceptible de variar lleugerament tant la intensitat com la coloració de la suau resplendor que cobreix la Lluna en el moment de l'eclipsi.

Experiència:

Introduïm un nou element a l'experiment de la làmpada, amb l'infant en el centre fent de Terra i el tutor fent de Lluna: mentre es reproduïx el moviment de translació del tutor-Lluna entorn de l'infant-Terra per a generar eclipsis de Lluna, l'infant ha de sostenir junt amb el seu cap, de costat, una làmina d'acetat de color preferiblement roig o taronja (de les que serveixen per a separar les pàgines en un dossier), o bé un tros de cel·lofana de color. El cap de l'infant produirà ombra sobre la cara de l'adult, però aquesta ombra adquirirà tints rogencs si la làmina és d'aquest color.

Observació dels eclipsis de Lluna:

Si bé els eclipsis poden veure's perfectament a simple vista, els millors instruments són uns binoculars o un telescopi a pocs augments. Si s'usen binoculars és recomanable recolzar-los sobre un trípode o un suport, no suportar-los a mà (en el mercat hi ha adaptadors per a això). Una càmera fotogràfica amb teleobjectiu també proporciona excel·lents imatges.

Resum de conceptes:

Si la Terra no tingués atmosfera, l'ombra que projectaria a l'espai seria totalment fosca. Llavors durant un eclipsi total la Lluna s'enfosquiria per complet, sense tints de color.

Eclipsis de Sol

Mentre els eclipsis de Lluna es veuen ben sovint, l'observació dels de Sol és més espaciada. Encara que, com a mitjana, hi ha un parell d'eclipsis l'any d'ambdós tipus, en el transcurs del temps i sense moure's del seu lloc, una persona veurà molts més eclipsis de Lluna que de Sol. La raó és que un eclipsi de Lluna es veu des de més de la meitat de la Terra (des de tots els llocs que tinguin la Lluna sobre l'horitzó), mentre que els de Sol únicament poden veure's des de la zona del nostre planeta sobre la qual es projecta l'ombra de la Lluna.

Com en el cas dels de Lluna, no tots els eclipsis de Sol són totals. En molts d'ells el nostre satèl·lit només arriba a cobrir una part del disc solar («**eclipsis parcials**»). I en altres, que són totals, la major part de la gent els veurà únicament parcials, excepte aquelles persones que es troben situades dins d'una franja relativament estreta de

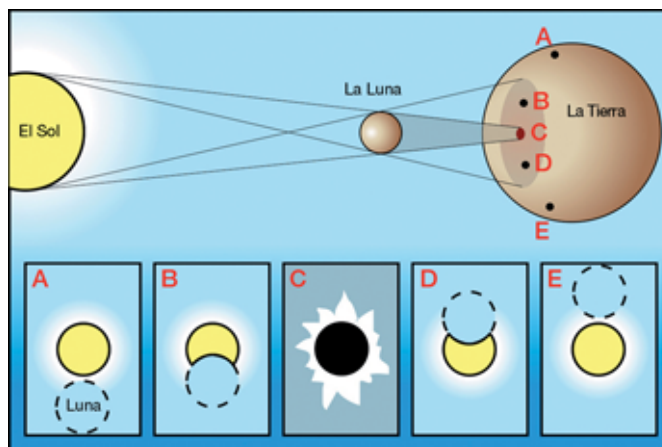


Fig. 17.- Aspectes d'un eclipsi de Sol segons el lloc de la Terra on es trobi l'observador. En A i E no serà visible l'eclipsi. En B i D l'eclipsi serà només parcial. En C serà total. Com sigui que l'ombra es desplaça, la zona de visibilitat no és un cercle, sinó una franja.

la Terra per la qual passa l'ombra de la Lluna. En conseqüència, veure un eclipsi total de Sol sense moure's de casa és summament difícil. L'última vegada que va succeir en la península Ibèrica va ser el 1912, a Galícia, encara que abans, casualment, s'havien pogut veure eclipsis totals en 1900 i 1905, les franges de visibilitat dels quals van creuar tota la península. A Canàries s'en va veure un el 1959. (Fig. 17).

Per a observar un eclipsi de Sol és necessari utilitzar les mateixes tècniques i les mateixes precaucions que ja s'han descrit per a les taques solars. De totes maneres, com els eclipsis són visibles a simple vista, sol ser freqüent que la gent se les en-

ginyi per a mirar el Sol amb filtres més o menys foscos. En aquest sentit, hem de recomanar que, sobretot, **no es miri el Sol si no és a través dels moderns filtres especials de provada qualitat**, evitant l'ús de pel·lícules fotogràfiques velades, radiografies, reflexos en bassals d'aigua, etc., procediments que s'usaven anys arrere però que no ofereixen suficients garanties. També són útils els filtres de vidre fosc que usen els soldadors (els més densos) i que poden adquirir-se en ferreteries o en comerços de subministraments industrials.



Fig. 18.- Les protuberàncies es veuen a simple vista durant un eclipsi total de Sol com a petits punts de color rogenc sobre el contorn negre de la Lluna.

Anècdota:

Ja hem explicat que les protuberàncies solars són erupcions d'altíssima temperatura que emergeixen del disc del Sol cap a alçaes considerables. Sense instruments especials únicament són visibles en els breus moments de la totalitat d'un eclipsi de Sol. Es veuen com a punts rosats sobreixint del contorn fosc de la Lluna ja que el disc solar està al darrere. Això era sabut des de molt antic. (Fig. 18).

Quan després de la invenció del telescopi es va veure que a la Lluna hi ha cràters, es va suposar que les protuberàncies visibles durant els eclipsis eren el foc de volcans actius situats en el contorn lunar. Uns astrònoms opinaven que era així i altres optaven per creure que eren d'origen solar.

En 1860 va succeir un eclipsi total de Sol visible precisament des d'Espanya, venint aquí científics de molts països. Feia molt poc que s'havia inventat la fotografia i, per primera vegada, va ser aplicada per al registre del fenomen. L'italià Angelo Secchi estava a Castelló i l'anglès Warren de la Rue a Miranda d'Ebre (Burgos). Ambdós van fotografiar simultàniament l'eclipsi. Al comparar les seves respectives imatges, com havien sigut obtingudes des de punts geogràfics distints, van advertir que les protuberàncies no apareixien en els mateixos llocs del contorn lunar, amb la qual cosa va quedar demostrat d'una vegada per sempre que no eren volcans de la Lluna sinó fenòmens del Sol.

Més sobre els moviments de la Lluna

Hem vist experimentalment les fases de la Lluna. Ara cal realitzar pràctiques reals.

Experiència:

Sabem que, a vegades, resulta difícil que un alumne es presti a realitzar exercicis als què hagi de dedicar la seva atenció durant un període de temps de diversos dies. No obstant això, per a seguir l'evolució de la Lluna en el cel no hi ha més remei. Tot és qüestió d'establir una hora del fosquejar perquè durant uns dies el noi miri el cel, encara que només siguin cinc minuts. Serà més fàcil, naturalment, si no molesten els núvols.

Un parell de dies després de la Lluna nova es proposa la localització del fi creixent que es veurà mentre fosqueja en direcció a ponent. Si el cel no està molt net, és possible que no es distingeixi fins al tercer dia. La Lluna mostrarà llavors la «llum cendrosa». Recomanem l'ús de binoculars, preferentment recolzats sobre un trípode.

És interessant anotar en un paper la data, l'hora, i fer un apunt de la posició de la Lluna respecte al paisatge, encara que es tracti de les teulades i les xemeneies de les cases veïnes.

Explicació:

La llum cendrosa, denominada així pel seu color cendra, cobreix la part del disc lunar que està en l'ombra

i que, en pura lògica, hauria de ser fosca i invisible.

Si fóssim astronautes situats a la Lluna, en els dies pròxims a la Lluna nova veuríem a la Terra plenament il·luminada («Terra plena»). El seu resplendor, encara sent de nit, ens permetria veure l'entorn lunar amb més claredat de com la Lluna plena il·lumina els nostres paisatges, ja que la Terra és més gran i, a més, reflexa millor que la Lluna la llum solar. Per tant, la llum cendrosa és la resplendor que il·lumina el sòl lunar en les nits de «Terra plena».

Continuem l'experiència:

L'endemà o, com a màxim, al cap de dos dies, es repeteix l'observació de la Lluna, si és possible a la mateixa hora. Haurà avançat la fase (estarà entre nova i creixent) i haurà canviat de posició en el cel, la qual cosa podrà comprovar-se amb facilitat si es mira l'apunt realitzat el dia anterior. És qüestió d'omplir un nou full amb l'apunt actualitzat. No oblidar els binoculars.

La mateixa operació ha de repetir-se en nits successives o alternes fins després de la Lluna plena. El dia corresponent al quart creixent es fa notar a l'infant que la Lluna es troba en angle recte respecte al Sol, i el dia de la Lluna plena se li fa notar que es troba «**en oposició**» al Sol, recordant les posicions de quan s'experimentava amb la làmpada. És convenient que cada dia dibuixi el que veu.

En el 11è o 12è dia de la lunació (comptant a partir de la Lluna nova), amb els binoculars ha d'observar-se el Golf de l'Iris, una enorme formació semicircular situada cap al nord del disc lunar. Es tracta d'un gran cràter semicobert per les colades de lava que es van escampar per la zona. En els dies assenyalats la llum del Sol li arriba rasant, accentuat el relleu.

A mesura que s'acosta la Lluna plena comencen a veure's bé les «**radiacions**», aurèoles brillants que caracteritzen a uns pocs cràters. Quan la Lluna és plena, les radiacions i els contrastos de to dels mars són, pràcticament, els únics detalls que poden albirar-se amb binoculars.

Explicació:

Les **radiacions** són degudes a la superposició en el sòl lunar de materials de major poder reflectant ejectives pels impactes que van donar lloc als seus cràters respectius (s'explica més endavant). La persistència d'aquets materials, distribuïts en franges radials entorn dels cràters, denota que es tracta de cràters de recent formació (dir «recent» pot significar centenars de milions d'anys). Les radiacions més evidents són les que parteixen del cràter Tycho, que arriben a cobrir més de la meitat de l'hemisferi lunar i que són molt cridaneres a través de binoculars. També es veuen bé les dels cràters Copernicus i Kepler.

Per les dates de la Lluna plena pot veure's, així mateix amb binocles, un punt lluminós molt intens no lluny dels dos últims cràters mencionats. És Aristarchus, el cràter més brillant, suposadament el més recent dels relativament importants. El tutor pot localitzar tots estos detalls i molts altres amb l'ajuda d'un mapa lunar.

Rematem l'experiència:

No és probable que l'experiència prossegueixi en nits successives ja que la Lluna cada vegada surt més tard per l'horitzó. El quart minvant ha de veure's a partir de la segona meitat de la nit, encara que també pot veure's al matí, sobretot si és aviat.

A l'infant cal mostrar-li que la Lluna també és visible de dia. Per això la fase minvant la pot veure des del carrer quan va a escola, sempre que sigui en les dates adequades. Així mateix, el quart creixent el pot veure al vespre a ple sol.

Resum de conceptes

Aquestes últimes experiències sobre el comportament de la Lluna en el cel han de quedar clarament relacionades amb l'experiment de la làmpada que ens ha permès simular les fases de la Lluna en l'habitació. Els moviments realitzats en aquella ocasió han de ser memorats ara davant del cel, advertint que la volta completa de la Lluna (abans era el tutor entorn de l'infant; ara és la Lluna entorn de la Terra) es realitza en 27,5 dies a la velocitat de quasi «un pam» cada dia. En efecte, respecte a les estrelles del fons, la Lluna es veu cada nit uns 12° més cap a l'est que en la nit anterior. Estirant el braç i obrint la mà, l'angle que determina «un pam» equival aproximadament a 15°.

El moviment de translació de la Lluna entorn de la Terra es realitza amb una volta cada 27,5 dies, però això cal diferenciar-ho del període de repetició de les fases («lunació») que és de 29,5 dies.

Com és la Lluna?

Avui en dia tots els infants saben, des de petits, que la Lluna està plena de cràters, de muntanyes en forma de cercles... o de forats. Però, per què hi ha forats en la Lluna? Anem més enllà en les preguntes: per què hi ha la Lluna?

Recordant experiències:

Quan fèiem boles de «plastilina» (veure l'apartat del Sistema Solar) vam dir que els planetes es van formar al conglomerar-se planetesimals, com els grums de trossos molt petits de plastilina. A les hores, en el Sistema Solar regnava una anarquia quasi total. S'havien format molts planetesimals, molts més dels que acabarien integrant els planetes que ara coneixem. Molts d'ells erraven en recorreguts sovint distorsionats per la força de gravetat dels cossos majors i xocaven entre ells, esmicolant-se encara més. Altres queien al Sol.

Entre els cossos errants hi havia alguns que tenien ja un certa grandària i aspecte de planeta. Un d'ells va acabar xocant amb la Terra, no de front sinó una mica de gairó. El cos es va trencar en milions de trossos, junt amb una part de l'escorça terrestre. Els trossos van formar un anell al voltant de la Terra i amb el temps van acabar formant la Lluna.

El cos, molt calent i pastós, va adquirir forma arrodonida tal com hem explicat. Després va començar a formar-se-li una crosta en tota la superfície, perquè la superfície, a l'estar en contacte amb el fred de l'espai, va ser el primer a refredar-se. Podríem dir que «allò» ja era la Lluna. D'això fa... 3.800 milions d'anys!

Un infern

Un infern havia de ser la superfície de la Lluna llavors. D'una banda, l'interior tenia una temperatura molt alta, amb els materials fosos com la lava dels volcans. Però així com els volcans de la Terra són pocs i aïllats, la Lluna tenia grans focus de lava per tota la seva superfície. (Seria convenient ensenyar a l'infant un documental o fotografies amb la lava emergint d'un volcà en forma de riu). Però, a més, no cessaven de caure-li damunt «pedres» més o menys grans procedents de l'espai, restes de l'anarquia de planetesimals que hem comentat.

Cada vegada que una «pedra» (a la que d'ara en avant anomenarem «**meteorit**») xocava contra la crosta lunar, produïa una enorme explosió i alçava grans quantitats de matèria que queia en forma de cercle entorn del punt de l'impacte.

Si l'impacte es produïa en una zona on la crosta estava prou solidificada, el resultat era una muntanya circular a la que avui anomenem «**cràter**», generalment amb un pic en el centre (fig. 19). En el moment de l'impacte, tant el meteorit com el material de la superfície es trencaven, sortint trossos disparats en totes direccions; els que se n'anaven cap amunt, al caure formaven una petita muntanya en el centre del cràter.

Però si l'impacte es produïa en una zona on la crosta era dèbil o prima, el «forat» provocat per l'explosió resultava immediatament inundat per la lava procedent del subsòl, donant lloc al que avui qualifiquem de «**circ**» (fig. 20). Així es van formar també les grans extensions aparentment llises que veiem en la Lluna i que denominem «**mars**», encara que mai hagin contingut aigua. Després



Fig. 19.- Cràters lunars típics, formats per impactes sobre la crosta sòlida.



Fig. 20.- Cràter lunar l'interior del qual es va inundar de lava.

la lava es va refredar i es va solidificar, com quan deixem reposar un pastís en la nevera després d'haver-ho confeccionat essent líquid dins d'un motlle.

La formació de cràters per impactes meteòrics va ser un fenomen molt comú en tot el Sistema Solar, especialment en els seus orígens, afectant tots els astres als que ja s'havia format la crosta. (Els astres gasosos, com els planetes gegants o el Sol, absorbien els meteorits que, a l'introduir-se al seu interior, es fonien). Els impactes, al ser abundants, van crear cràters dins de cràters més vells.

Anècdota:

Quan Galileu va mirar per primera vegada la Lluna amb el seu rudimentari telescopi li va semblar veure muntanyes i, entre elles, unes grans extensions llises, més fosques. Va pensar que la Lluna seria un astre semblant a la Terra i, ja que hi havia muntanyes, les zones llises serien els mars (no se li va ocórrer que podien ser deserts). A les zones llises les va denominar «mare» (mar, en llatí). Des de llavors se les qualifica així, encara que aviat es va veure que a la Lluna no hi havia ni mica d'aigua (recentment s'hi ha trobat gel d'aigua, però això no es veu amb telescopi). Després, els «mars» van ser batejats amb noms sorprenents: mar de les Pluges, mar dels Núvols, mar dels Vapors, oceà de les Tempestats... quan cap d'aquests fenòmens s'hi pot produir mai allà.

Experiència:

Posi's en un plat una capa de farina d'un centímetre de grossor, aproximadament. Bombardegi's amb grans d'arròs. Quant major sigui la força de l'impacte, major serà el cràter, molt superior a la grandària del gra, el qual quedarà soterrat (fig. 21).

Cràters, muntanyes...

Hi ha cràters a la Lluna molt grans. Deixant a banda els mars (que, en realitat, també són cràters), el cràter més gran que pot veure's amb telescopi s'anomena Clavius i mesura 240 quilòmetres de diàmetre. Més o menys la distància que hi ha de Tarragona a la frontera francesa, de manera que si situéssim la ciutat de Tarragona sobre la muralla del cràter, Barcelona i Girona quedarien dins. A l'interior de Clavius hi ha altres quatre cràters de considerable grandària, de formació posterior, naturalment, i molts altres més petits. Les muntanyes que ho contornegen són la meitat d'altres que la muntanya més alta de la Terra, l'Everest (aquest mesura 8.880 metres i les de Clavius arriben als 4.600 metres).

Però de ser altes, les muralles de Clavius ho són poc comparades amb les muntanyes més altes de la Lluna: els Monts Leibnitz arriben a quasi 10.000 metres i, per tant, són més altes que l'Everest.

Experiència:

Podem suposar que el tutot disposa de telescopi, amb la qual cosa li serà fàcil mostrar la Lluna al seu alumne. En cas contrari, i en el cas que no visqui molt lluny, sempre pot portar-ho a una de les sessions d'observació de la Lluna de què organitza l'Agrupació Astronòmica de Sabadell.

Ha de fer-se el dia del quart creixent o en els dies pròxims anteriors o posteriors, a fi que el relleu lunar estigui contrastat al màxim pel joc de llums i ombres; no fer-ho en Lluna plena.

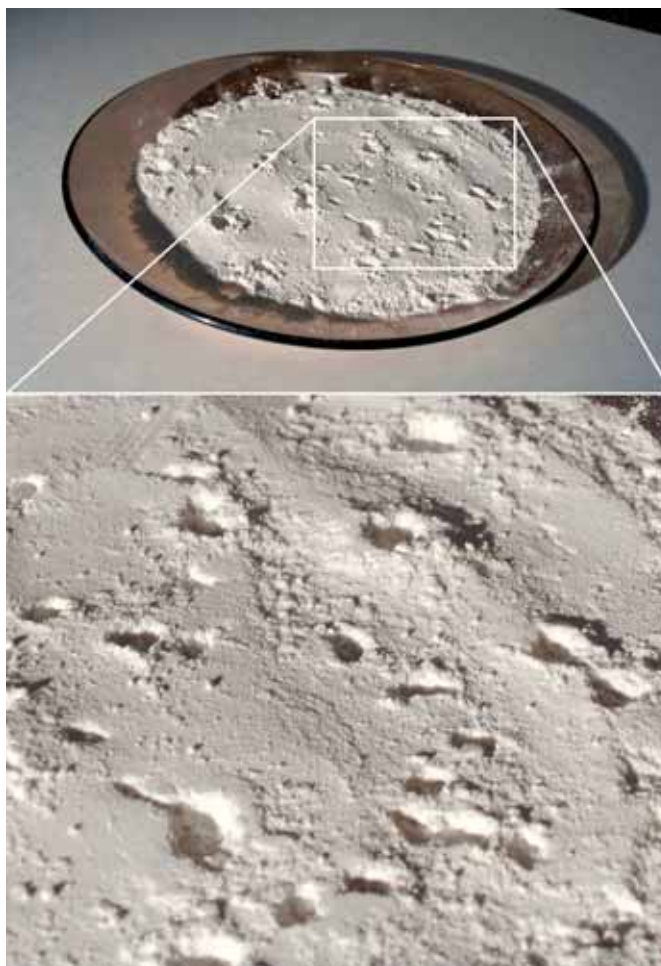


Fig. 21.- Cràters d'impacte... en un plat de farina.

És recomanable que la primera observació es realitzi amb el telescopi a poca potència perquè l'infant vegi la Lluna en el seu conjunt, advertint les zones clares i fosques. A continuació, quan ja ha vençut les possibles dificultats amb l'ocular (les primeres vegades sol ser habitual no encertar amb la posició de l'ull), s'observaran amb atenció els detalls utilitzant oculars de major potència.

Ensenyar a l'infant a no tirar una simple ullada, sinó a fixar la seva atenció en un detall concret (per exemple, en un sol cràter, en una serralada, etc.) i durant una bona estona que intenti veure quants més detalls millor. Si es tracta d'un noi o noia creixent, proposar-li que dibuixi el que vegi, sempre referint-nos a un detall no molt gran. Per a això ha d'utilitzar un paper sobre un suport rígid i un llapis (no són tan apropiats els bolígrafs ni els retoladors). I ha d'ensenyar-se-li a identificar els detalls amb l'ajuda d'un mapa lunar.

Advertència:

Quan s'observa la Lluna a través de telescopi, la seva orientació rares vegades coincideix amb la del mapa que es té a la mà. Segons sigui la configuració del telescopi, la Lluna apareixerà invertida de dalt a baix, i inclús, de dreta a esquerra. La raó està en el tipus de sistema òptic de cada telescopi.

Sota el punt de vista astronòmic el que la imatge estigui invertida no té cap importància. La Lluna, com qualsevol altre astre, quan surt per l'horitzó està cara amunt i quan es ponent està cara avall. L'única incomoditat es presenta al manejar el mapa, però això se salva amb una mica de pràctica.

Si es vol completar el tema, pot mostrar-se al nen a través del telescopi un element urbà distant, com una antena o una grua. Veurà com s'inverteix la seva orientació. Si, a més, s'utilitza un prisma zenital, al girar-lo la imatge també gira.

L'ambient lunar

Sabem perfectament com és el nostre planeta perquè estem en ell. Però, com és la Lluna des del punt de vista d'un astronauta que passeges per la seva superfície?

Per descomptat que l'ambient és molt diferent del nostre. Per a començar, nosaltres estem acostumats als dies lluminosos, amb el cel blau a ple sol i amb núvols. En la Lluna no succeeix res d'això. El cel sempre és completament negre, tatxonat d'estrelles, visibles perfectament a ple sol. Mai pot haver-hi núvols perquè no hi ha atmosfera. Per això el seu cel no és blau i per això és imprescindible que els astronautes portin vestits pressuritzats amb sistema autònom de respiració, com els submarinistes.

Al no existir atmosfera, no hi ha un mitjà que suavitzés les temperatures. En la Lluna de dia es donen temperatures prou superiors als 100°C (aquí tenim calor als 30°) i de nit es poden aconseguir els 200° sota zero. Posar la mà al sol significaria tenir-la a més de 100° sobre zero i posar-la a l'ombra significaria tenir-la a 200° sota zero.

El paisatge és gris clar. No hi ha colors ocres, ni marrons, perquè no hi ha la varietat de roques i de terres que tenim aquí, i no hi ha colors verds perquè no hi ha vegetació, ja que les plantes necessiten atmosfera per a respirar. Tampoc hi ha rius ni mars amb aigua, perquè l'aigua líquida és impossible que existeixi.

S'ha descobert la presència d'aigua en determinats punts de la Lluna que es troben permanentment a l'ombra (prop dels casquets polars). Aquestes descobertes es refereixen sempre a gel, mai a aigua líquida, i tampoc a gel en estat pur.

El sòl de la Lluna està totalment cobert de pols; un pols molt fi que mai es mou perquè, al no haver-hi atmosfera, no hi ha vent que l'alci. Les emprentes dels astronautes quedaran perdurables durant milions i milions d'anys...

En la Lluna els dies no tenen una duració de 24 hores com en la Terra, sinó 713 hores (29 dies i mig), que és el temps que tarden les fases a repetir-se. I no es veu la Terra sortir per l'horitzó est i amagar-se per l'oest com aquí veiem a la Lluna, sinó que la Terra es veu sempre fixa en un mateix punt del cel (la causa està en que la Lluna no té moviment de rotació respecte al nostre planeta, segons ja hem comentat). Vist en el cel lunar, el nostre planeta és magnífic. Es mostra de color blau, destacant els núvols per la seva intensa brillantor blanca; els continents són més difícils d'apreciar ja que ofereixen menor contrast. I té fases, com les de la Lluna. En un instant determinat, la fase lunar i la terrestre són complementàries.