

# LLIÇONS I EXPERIÈNCIES PER A INICIAR-SE EN ASTRONOMIA

## 8. COMETES I METEORITS

Els infants, des de ben petits, saben que hi ha astres amb cua. Si més no alguna vegada hauran retallat estrelles de Betlem de cinc puntes i una cua corbada. Curiosament si quelcom va haver-hi a Betlem no va ser, precisament, un astre amb cua.

### Restes de la formació del Sistema Solar

Els asteroides són corpuscles que no van arribar a conglomerar-se com les boles de plastilina per a formar planetes, però no són les úniques partícules que queden de la matèria primitiva. Ja s'ha dit en apartats anteriors que en tot l'espai del Sistema Solar hi havia partícules que van anar caient progressivament als astres ja formats al ser atretes per la força de gravetat i que les restants partícules (els asteroides) són les que es van salvar d'aquesta «neteja». Toit i això, cap a les zones perifèriques de tot l'espai planetari, molt més enllà del cinturó de Kuiper, romanen gran quantitat de residus primitius en forma de petits blocs compostos principalment per gel d'aigua i pols o minúscules pedres. Algú va dir, molt encertadament, que són com «boles de neu bruta». Els denominem «**cometes**», i no són molt grans: mesuren uns pocs quilòmetres de grandària i solen tenir formes irregulars.

### Experiència:

Recepta: s'agafa en el pati o en un test una cullerada de terra ben fina. Es posa en un recipient petit de plàstic no rígid (com, per exemple, un got de picnic) i s'afegeixin dos o tres cullerades d'aigua. Es barreixa tot (fent una espècie de fang) i es col·loca en el congelador, amb el permís de qui sigui el responsable del congelador.

Al cap d'unes hores, es treu del congelador i es llença el got. A les mans tindreu el nucli d'un cometa (fig. 24).

### Un tros de gel brut a l'espai

El tros de gel brut tret del congelador «crema» els dits perquè està a uns quants graus sota zero, i aviat comença a deixar anar aigua amb la temperatura ambient. Deixa anar aigua, però també va deixant anar les partícules de terra que se li havien introduït. Si es deixa sobre un colador i sobre un got, no passarà molt de temps fins que hi hagi una altra vegada aigua en el got i terra en el colador. Al augmentar la temperatura s'han diferenciat ambdós elements.

Però a l'espai no passa exactament així perquè l'aigua en estat líquid no pot existir-hi. Si escalféssim aquest bloc a l'espai, el gel se sublimaria, és a dir, es convertiria directament en gas. I al mateix temps, com succeeix en el colador, també deixaria anar les partícules de terra.

### Això és un cometa

Els blocs de gel brut situats més enllà del cin-



Fig. 24.- Això és, en miniatura, el nucli d'un cometa.

turó de Kuiper estarien permanentment allà i mai ens haguéssiem assabentat de la seva existència si no fos perquè algun astre que es va acostar a ells (potser una estrella veïna; això és una hipòtesi) amb la seva força de gravetat els va pertorbar, escampant alguns d'ells.

De tant en tant algun d'aquests blocs escapats del grup és atret per la força de gravetat del Sol i se submergeix a la zona «planetària» del Sistema Solar. O sia, abandona el seu confinament en les regions perifèriques per a endinsar-se cap a les regions centrals.

Depenent de la direcció que tingui la seva trajectòria, pot anar directament cap al Sol i caure sobre ell, pot passar per les proximitats del Sol i perdre's després de nou en l'espai, o pot passar també a prop, però després adoptar una trajectòria el·líptica i repetir d'ara en avant les aproximacions (fig. 25). En aquest procés, normalment té un paper molt important la gravetat de Júpiter.

En tots aquests casos, és evident que el bloc de gel roman molt de temps allunyat del Sol i només durant uns pocs mesos pot dir-se que està relativament a prop.

Mentre el cometa està lluny no és més que un tros de gel brut com quan teníem el nostre confinat dins del congelador. Però quan s'apropa al centre del sistema, a l'arribar aproximadament a l'altura de les òrbites de Júpiter o de Mart, es troba ja en una zona en què es nota la calor del Sol. Llavors s'inicia el que ens ha succeït a les nostres mans: el gel comença a fondre's per les seves capes més externes. Però, recordeu, a l'espai no es converteix en aigua, sinó en gas.

El bloc de gel desprèn gas i també pols. Ambdós elements queden subjectes per la força de gravetat del propi nucli i formen al seu voltant una aurèola que es denomina «coma» (fig. 26). Llavors és quan el cometa es fa visible per als telescopis ja que abans era massa petit.

El cometa es continua acostant al centre del Sistema Solar i la seva temperatura augmenta. Cada vegada deixa anar més gas i més pols. És quan intervé un nou factor: el «**vent solar**».

Recordeu que al tractar sobre la formació dels planetes hem fet referència a què la radiació solar actua com un vent que «engrandeix» les zones més pròximes fent que les partícules que pugui haver-hi en elles siguin allunyades en direcció contrària al Sol. Seria quelcom així com si en el bloc de gel que hem tingut entre els dits tingués una aurèola de fum al seu voltant i que, de sobte, comencéssim a bufar. El fum formaria una **cua** darrera del gel, en direcció contrària a la nostra boca.

Però hi ha més: el nucli de cometa deixa anar gas i petites pedres o pols. Aquestes últimes pesen més que el gas, i al vent solar li costa arrossegat-les. El gas s'aparta ràpidament, formant una cua estreta i llar-

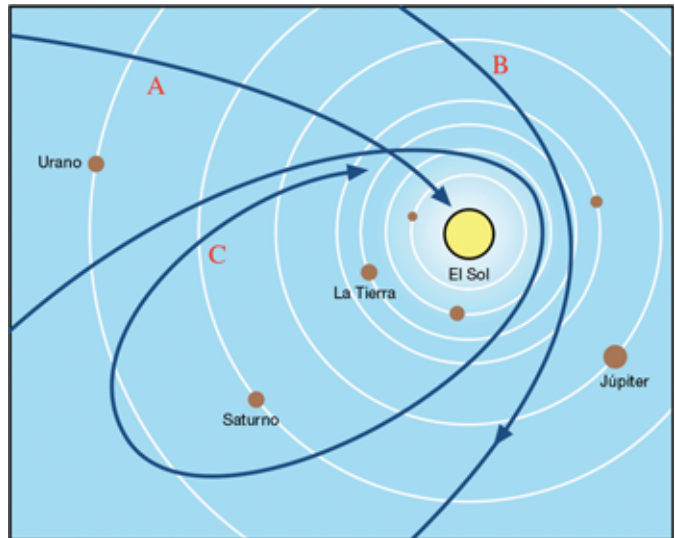


Fig. 25.- Un cometa quan s'acosta al Sol pot adoptar diferents trajectòries. Amb la trajectòria A caurà directament al Sol. Amb B no tornarà mai més o ho farà al cap de centenars o de milers d'anys. Amb C es converteix en periòdic.



Fig. 26.- El nucli d'un cometa quan està molt lluny del Sol no té res al seu voltant (A), però a mesura que s'acosta comença a deixar anar gas i pols (B) que queden formant la coma al seu voltant. Al continuar acostant-se apareixerà la cua. A i B són imatges de prop; C és l'aspecte que presenta la coma vista des de la Terra.

ga, mentre que la pols s'aparta lentament, amb la qual cosa forma una cua més ampla, més difusa i, generalment, més curta. El gas es veu de color blavós i la pols d'una tonalitat ataronjada (fig. 27).

## Les cues, darrera o davant?

Quan a la Terra hi ha un foc, el fum és impel·lit per l'acció del vent; per tant el fum marxa sempre en sentit contrari al costat d'on bufa el vent. Si no fa vent i és el foc el que es desplaça (cas de les antigues màquines de tren), el fum es queda darrera respecte al sentit de marxa del tren. Si fa un vent més fort que la velocitat del tren, el fum anirà segons el porti el vent, encara que sigui per davant de la màquina.

Hem dit que el gas i la pols que formen la cua dels cometes són impel·lits per l'acció del vent solar. A l'espai no hi ha cap altre element que afecti el moviment del gas i de la pols. En conseqüència les cues dels cometes sempre van en sentit contrari a la posició del Sol, independentment del moviment del cometa.

Això dóna lloc a un fenomen curiós: quan un cometa s'acosta al Sol, la cua queda darrera seu. Quan un cometa s'allunya, la cua va per davant (fig. 28). De pas vegeu que quan el cometa està lluny no té cua.

## Als cometes no se'ls veu córrer

A vegades es representa als cometes movent-se a gran velocitat pel cel perquè, ja que tenen un desplaçament orbital ràpid, sol ser creença generalitzada que a simple vista es veu com corren. Això no és cert en absolut.

Quan es veu un cometa cal fixar-se molt bé en punts de referència del cel (en les estrelles del fons) per a advertir, en el transcurs de les hores, que s'ha mogut. D'una nit a la següent s'adverteix el seu desplaçament si es compara amb la posició de les estrelles.

## Anècdota:

L'argument de la pel·lícula «La nit més bella», protagonitzada per José Sacristan, Victoria Abril i Fernando Fernán Gómez, gira entorn del pas del cometa Halley. Cap al final del film hi ha l'escena del pas del cometa, el qual travessa ràpid el cel durant només uns segons, moments en què el protagonista està distret (per culpa de la noia) i es perd la visió del fenomen. Això és una solemne tonteria, com també és una tonteria que utilitzin telescopis... posats al revés!

Moralitat per a l'alumne: no s'ha de fer molt cas del que es veu al cinema o a la televisió.

## Els cometes són efímers

El gel, una vegada tret del congelador, comença a fondre's. Si li posem de nou, haurà perdut una mica d'aigua i pols, però el que resta seguirà congelat. Podem tornar a treure'l, amb la qual cosa perdrà, de nou, una mica d'aigua i pols, i així repetidament.

Aquestes operacions podem fer-les unes quantes vegades, però arribarà el moment en què el nostre «cometa en miniatura» s'esgotarà.

Als cometes de veritat els succeeix el mateix. Si són dels que s'acosten una sola vegada al Sol, quan tornen a l'espai profund hauran perdut quelcom de massa, però no els-hi passarà res més. Ara bé, si són dels que cada cert període d'anys



Fig. 27.- Les cues diferenciades d'un cometa: la de gas és blavosa i la de pols, rogenca. (Cometa Hale-Bopp).

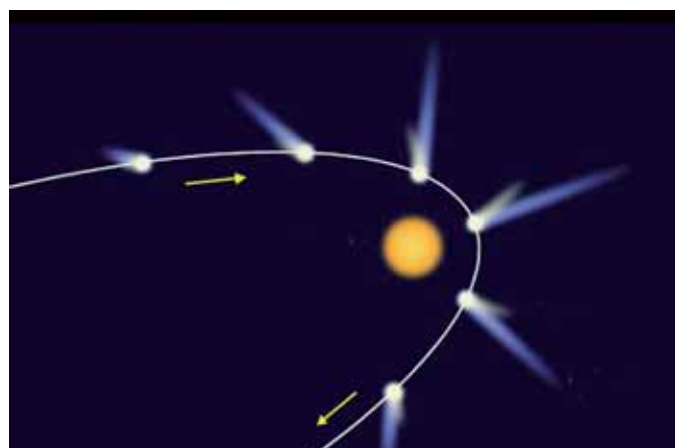


Fig. 28.- Les cues dels cometes estan per darrera o per davant respecte a la direcció del seu moviment, segons sigui la posició del Sol.

s'acosten a les proximitats del Sol, en cada pas van perdent matèria, de manera que arribarà un moment en què desapareixeran. En realitat, quan ja són molt petits acaben trencant-se a trossos. Els astrònoms han pogut veure diverses vegades cometes desgastats que es trenquen.

## Els residus dels cometes

Queda clar que els cometes, al acostar-se al Sol, van deixant per l'espai gas i partícules de pols més o menys petites (les més grans poden arribar a ser com a petites pedres). L'espai que hi ha des del Sol fins a Júpiter, aproximadament, està prou «brut» de partícules abandonades pels cometes. Dins d'aquesta zona de «brutícia» és per on es mou la Terra.

Les partícules de pols deixada per les cues dels cometes cauen a la Terra si aquesta, en el seu moviment, es troba amb elles.

—Has vist caure alguna vegada una pedreta procedent d'un cometa?



Fig. 29.- Rastre d'una estrella fugaç. Les estrelles del fons són traços perquè s'han mogut durant el temps de realitzar la fotografia.

## Estrelles fugaces

Avui en dia, amb la pol·lució lluminosa de les ciutats, és probable que molts nens i xicots ja més grans no hagin vist mai una estrella fugaç. Cal explicar-los el fenomen partint de zero.

### Estrelles que cauen

A vegades, estant a la nit en el camp, es veu aparèixer sobtadament una estrella que corre i que desapareix després d'uns breus segons. Solen tenir trajectòries rectes. La majoria són dèbils, però de vegades n'hi ha alguna de molt brillant. Se les anomena «**estrelles fugaces**» o «**meteors**». Si són brillants reben el nom de «**bòlids**». (Als cotxes de carreres se'ls anomena «bòlids» perquè van molt de pressa, com les estrelles fugaces) (Fig. 29).

Antigament ningú sabia de què es tractava. Molts creien que eren estrelles que queien perquè, realment, aquesta és la impressió que donen (cal tenir en compte que tampoc se sabia què eren les estrelles).

Hi ha èpoques de l'any en què es veuen molt poques, però n'hi ha altres, com a mitjan agost, a l'octubre i al novembre, que en poden aparèixer moltes en poques hores. Quan es veuen moltes es diu que hi ha una «**pluja d'estrelles**», la qual cosa es produeix cada vegada que la Terra travessa l'òrbita d'un cometa. Encara que el cometa estigui lluny, la seva òrbita està «bruta» de les partícules que va deixar anar en els últims passos. El fet que passi cada any per les mateixes dates és degut a que el nostre planeta passa per la mateixa zona una vegada a l'any.

Doncs bé, cada estrella fugaç no és més que una pedra despresada d'un cometa.

### Experiència:

En temps moderns és difícil que els infants tinguin llumins al seu abast, i potser ni tan sols saben de què es tracta.

Agafar un llumí i mostrar a l'infant com al fregar-lo en el rascador s'escalfa fins al punt d'encendre's. Després es veurà que al cap de poc es consumeix i ell mateix s'apaga. El mateix els succeeix a les pedres que cauen a la Terra.

A falta de llumins, fer que l'infant es fregui fort les mans; notarà com se li escalfen.

### Explicació:

A l'espai no hi ha res que impedeixi que les partícules puguin moure's sense que els-hi succeeixi res.

No obstant això, quan una pedra es troba amb la Terra ho fa a gran velocitat (entre 30 i 75 quilòmetres... per segon!). Com sigui que la Terra es troba rodejada per l'atmosfera (el gas que respirem), quan la pedra s'aproxima arriba un moment en què es troba amb aquest gas.

L'aire actua com el rascador de la caixa de llumins. Quan la pedra frega amb el gas augmenta immediatament la seva temperatura de manera que s'encén i emet la llum que veiem a la nit i que ens la fa confondre amb una estrella que corre. Igual que el llumí, es consumeix ràpidament i s'apaga. Dels llumins ens queda la cendra; de les estrelles fugaces queda també una lleugera cendra en forma de pols pràcticament invisible.

## Meteorits

Les pedres que cauen dels cometes solen ser molt petites. La majoria de les que es veuen a la nit tenen grandàries que no sobrepassen uns pocs mil·límetres, com una llentia o un cigró. Tot i això, de vegades, excepcionalment, cau alguna pedra de grandària major. Pot haver-se després d'un cometa o pot ser un petit asteroide.

En aquest cas és possible que la pedra arribi a travessar l'atmosfera de la Terra sense haver tingut temps de cremar-se en la seva totalitat. Llavors, en compte de desintegrar-se en el cel pot arribar a xocar contra el sòl. Exactament el mateix que quan a la Lluna es formen cràters.

És habitual que quan cau una pedra gran d'aquest tipus la gent la vegi travessant el cel, encara que sigui de dia, perquè sol ser molt espectacular. Una vegada en el sòl, si es localitza (la majoria de les vegades cauen al mar o en llocs inaccessibles), es recull i, després d'estudiar-la, es guarda en un museu. A aquesta pedra, caiguda de l'espai, se l'anomena «**meteorit**». A molts museus d'Història Natural o de Geologia es poden veure meteorits exposats.

## Cràters en la Terra

Plantejament lògic: Si a vegades els meteorits o asteroides petits cauen a la Terra, travessant l'atmosfera i xocant contra el sòl, significa que en el nostre planeta pot haver-hi cràters com en la Lluna...

Efectivament, n'hi ha (fig. 30). A l'actualitat s'en coneixen uns 140 distribuïts per tots els continents, però si tenim en compte que l'aigua cobreix tres quartes parts de la superfície, podrien ser més de cinc-cents, i inclús el doble, ja que els que es coneixen es troben en països molt habitats i, per tant, ben estudiats, mentre que són escassos els descoberts en grans extensions d'Àsia, Àfrica i Sud-amèrica per haver sigut poc explorades.

Pot veure's la simulació de la formació d'un cràter meteoric en la Terra a: [http://www.steinheim.com/video/krater\\_3.mpg](http://www.steinheim.com/video/krater_3.mpg)

## Experiencia:

Reprenem la craterització que al tractar de la Lluna hem realitzat sobre un plat de farina amb impactes d'arròs. Si deixem en pau la farina una vegada està plena de cràters (o sia, si guardem el plat en un armari, per exemple), l'endemà es mantindrà igual. Tindrà els mateixos cràters.

Si col·loquem el plat crateritzat de farina sobre una taula i bufem sobre ell amb atenció, es veurà com els cràters, poc a poc, es van fonent fins a desaparèixer. Finalment, la farina tornarà a estar llisa i només algun gra d'arròs emergent donarà a entendre que allà van haver-hi cràters d'impacte.

## Explicació:

El primer cas és el que succeeix a la Lluna, a Mercuri i a molts satèl·lits. En aquests astres no hi ha atmosfera i, per tant, no hi ha ni vent ni pluja que esborri amb el temps els cràters. Per això avui dia veiem a la Lluna pràcticament els mateixos cràters que hi havia quan va acabar l'etapa de caiguda de meteorits sobre els planetes primitius, fa uns tres mil milions d'anys.

El segon cas és el que succeeix a la Terra. El nostre planeta té atmosfera dins de la qual actuen molts agents erosionadors: el vent, la pluja, els terratrèmols, la vegetació, l'home...). Poc a poc, en l'esdevenir dels anys, els cràters deguts a impactes meteorics es van esborrant i tan sols ens és possible identificar els més recents (encara que faci milions d'anys que es van formar, a escala còsmica això pot ser poc de temps).



Fig. 30.- Cràter meteoric en la Terra de quasi un quilòmetre de diàmetre, situat a Austràlia. L'impacte es va produir fa tres-cents mil anys.

## Hi ha cràters meteòrics a Espanya?

S'han efectuat diversos estudis i hi ha algunes conques muntanyoses que podrien ser d'origen meteòric, però la forta erosió que les afecta fa pràcticament impossible estar segurs d'això. Tan sols es dona un cas prou evident: a uns 30 km de Saragossa (en Azuara, Belchite) hi ha un cercle muntanyós de 30 km de diàmetre que se suposa és un cràter meteòric; inclús se li ha calculat una antiguitat de 130 milions d'anys. Al ser tan gran, quan s'està dins a penes s'aprecia la forma de cràter. En tots aquests casos la millor manera de veure'ls és des d'avions volant molt alt o des de satèl·lits.

## Pot caure un meteorit damunt nostre?

És la pregunta típica cada vegada que es tracta el tema. La resposta és que sí, es clar, però que seria una casualitat tan enorme que, en la pràctica, resulta gaire bé impossible. De totes maneres hi ha relats de meteorits caiguts en zones urbanes, com un que va travessar una casa de tres pisos als Estats Units, un altre que va abonyegar un automòbil...

## Els dinosaures

Un altre tema recurrent és el de l'extinció dels dinosaures. Avui tots els infants saben que va haver-hi unes enormes bestioles anomenades dinosaures, i molts tenen també nocions de la seva extinció a causa de l'impacte d'un gran meteorit fa uns 65 milions d'anys, al final del cretaci.

El tutor pot confirmar que, efectivament, a l'actualitat aquesta és la teoria més plausible per a explicar les causes de l'extinció, encara que ha de deixar-se un marge d'inseguretat donat que no tots els científics estan d'acord amb ella. És el que dèiem a la segona lliçó: la ciència avança a base de la formulació de teories que després es confirmen o es rebutgen, però mentrestant cal admetre-les amb reserves.

En tot cas, els dinosaures no s'haurien extingit per l'impacte directe del meteorit. Va haver succeir que l'efecte de l'explosió vagi ser tan gran que va alterar l'atmosfera, ocasionant grans núvols de pols i fum que, a la llarga, van acabar amb molts dels vegetals que servien de suport als animals.