

# El nou mètode de la ciència

*Per entendre correctament el que va suposar Descartes a la 'història del pensament hem de considerar el que estava passant els coneixements científics de l'època.*

*Al llarg de 2000 anys es va acceptar com explicació verdadera del que, referit al cosmos, va explicar Ptolomeo basant-se en la concepció física d'Aristòtil. El nou planteig heliocèntric que va fer Copèrnic (basant-se en el que ja deien els antics grecs), les hipòtesis de Kepler i les observacions de Galileo, van trencar la antiga concepció i van aportar una nova concepció del que és la ciència.*

*Esquemàticament es pot dir el següent:*

## **DIFERÈNCIES ENTRE LA CIÈNCIA MEDIEVAL I LA CIÈNCIA MODERNA.**

**Aquest esquema pot ajudar-nos pedagògicament a comprendre els canvis, però convindria no ser mecànic i lineal, ni excessivament esquemàtic quan es parla de la ciència medieval o antiga, perquè sense el desenvolupament matemàtic medieval, la ciència moderna no hauria estat possible.**

<b>CIÈNCIA MEDIEVAL:</b>	<b>CIÈNCIA MODERNA:</b>
<b>Cosmos tancat.</b>	<b>Univers obert.</b>
<b>Geocentrisme.</b>	<b>Heliocentrisme.</b>
<b>Autoritat.</b>	<b>Observació i experiència.</b>
<b>Qualitativa.</b>	<b>Quantitativa .</b>
<b>Cosmos finalista.</b>	<b>Estructura mecànica del món.</b>

*A la vegada que en el terreny de la ciència s'investiga un nou mètode, Descartes va voler crear un mètode tan rigorós i exacte que evites per sempre els errors.*

**El que es diu a partir d'ara està tret, de Ramon ALCOBERRO.**

## **ELS FUNDADORS DE L'ASTRONOMIA MODERNA.**

*Quatre savis genials - Copèrnic, Kepler, Galileu i Newton- són considerats els fundadors de l'astronomia moderna. Però l'envergadura de la seva obra sobrepassa de molt l'àmbit de la nova física per tal d'influir decisivament en la imatge que els humans tenen no tan sols del món sinó d'ells mateixos. Entre el llibre de Copèrnic (1543) i el de Newton (1687) transcorren menys de cent cinquanta anys, però la ciència i la comprensió de l'home i del món passen per una profunda mutació que en bona part cal atribuir a aquests quatre pioners.*

*Abans estem encara al món de l'Antiguitat, que conserva les idees dels grecs clàssics: hi ha un món celestial i un món sublunar; la terra és el centre de l'Univers, els seus materials són impurs i obeeixen a regles capricioses. Els cossos celestials, en canvi, són purs i els seus moviments són perfectes i eters. Això no vol dir que tots els astrònoms medievals fossin platònics o aristotèlics.*

*La major part d'estudiosos de l'època sabien que la gran quantitat d'hipòtesis ad hoc necessàries per salvar el geocentrisme era poc elegant i massa complexa. Hi ha discussions inacabables, però s'oblida interrogr la Naturalesa. I no es disposava tampoc d'un mètode matemàtic prou reballat.*

Però després de Copèrnic, Kepler, Galileu i Newton ha triomfat una nova visió del món, matematitzada i poc relacionada amb l'aparença. Com s'acostuma a dir: el **Cosmos** [finit, tancat] se substitueix per l'**Univers** [infinit, però mesurable, científicament comprensible]. La imatge que els humans tenen del món físic queda esberlada. La Terra ha perdut la seva centralitat, però els materials de la terra i del cel han trobat la seva unitat: la matèria i les seves lleis són universals. La ciència reposa ara sobre principis mecànics sòlids, té un mètode fecund –ahora experimental i racional– i totes les ciències que neixen d'ara endavant prendran com a model la Mecànica Celeste de Newton. Es posa en marxa la civilització moderna.

Cal entendre, a més, el ressò d'aquesta aportació científica a la llum del procés contra Galileu. Per primer cop una construcció científica fa posar en crisi –i desplaça– la imatge que una societat té de si mateixa. Per primer cop també un savi es veu obligat a definir públicament l'estatut de la seva tasca, davant la resistència que provoquen les seves hipòtesis. Hi ha, doncs, una doble problemàtica. Epistemologia i física es reconsideren globalment. I això marca una crisi de consciència i una crisi de civilització.

### **NICOLAU COPÈRNIC (1473-1543).**

Copèrnic és un astrònom polonès, que va fer els seus estudis sota l'emparedat del seu oncle bisbe. Va seguir cursos d'astronomia a Cracòvia i després a Itàlia (Pàdua, i Bolònia). Des de 1503 va ser canonge a Frauenburg (prop del Bàltic), càrrec que va conservar fins a la mort. Sembla que ja cap a 1510 havia expressat la seva nova concepció de l'Univers: el Sol està al centre del sistema planetari i la Terra és un planeta, situat entre Venus i Mart que dóna una volta completa al Sol en un any, alhora que gira sobre si mateixa en un dia, donant així origen a l'aparença de la ortida i la posta dels astres.

Però la seva ambició era presentar als especialistes un sistema tan perfeccionat com el de Ptolomeu. Dificultats inevitables –perquè persistia a emprar els moviments circulars i uniformes i pensava que el Sol era una estrella fixa– el van portar a complicar el seu sistema i a sobrecarregar-lo –com Ptolomeu– amb engranatges ficticis (epicicles i excèntriques). Per altra banda emprava documentació imprecisa i tal vegada el cel boirós del Bàltic tampoc no li permetia millorar massa les seves observacions.

Quan es va decidir a publicar el seu manuscrit (1543) era massa tard per a ell. L'obra impresa a Nuremberg va arribar a Frauenburg, segons diuen els biògrafs, el dia de la seva mort. En aquest llibre que porta per títol: *De les revolucions dels cossos celestes, té bona cura de fer esment d'alguns astrònoms grecs (però omet Aristarc de Samos, que avui ens sembla el més proper a Copèrnic). Però aquestes opinions estaven sepultades per segles d'oblit.*

Quins fets determinen la seva concepció astronòmica? En primer lloc el Sol juga un paper eminent –i únic– en el seu sistema planetari. És el que ens il·lumina i ens escalfa. Quan Copèrnic en parla es posa líric i tendeix a atorgar-li arreu el primer lloc en tot. Per altra banda, dos dels planetes, Mercuri i Venus, no se separen gaire del Sol, que els arrossega en la seva cursa anyal aparent a través del Zodíac. I si aquests dos planetes giren al voltant del Sol, per què no ho farà la Terra? La Terra i els altres planetes giren al voltant del Sol en cercles concèntrics a temps desiguals. Les distàncies mútues entre els planetes varien en gran manera i és això el que provoca les diferències en la seva lluisor, quan els contemplem. Per tant, els suposats retrocessos dels planetes esdevenen pures aparences; són fruit només del moviment de l'observador terrestre sobre l'òrbita de la Terra, segons les lleis de la perspectiva que projecta a cada instant la imatge del planeta sobre la tela de fons, més llunyana, de les constel·lacions.

La nova teoria, escrita en llatí i difícil de seguir per les seves complicacions finals va tenir poc èxit entre els astrònoms i gairebé no va arribar al gran públic. Només el combat lliurat per Galileu quasi un segle més tard produiria un escàndol però també canviaria la imatge del món. Amb Copèrnic tenim un Sol immòbil i uns planetes que es mouen al seu voltant. La Terra, però, perdia el seu privilegi ancestral. L'home deixava de fiar-se del que percebia ingènuament.

En tot cas, la publicació de les teories de Copèrnic no va tenir conseqüències de caire

teològic i polític, mentre que les de Galileu van provocar una polseguera teològica i epistemològica que encara dura. Ens podríem preguntar per què hi ha una diferència de tracta tant important i la resposta és òbvia. Osiander, el deixeble de Copèrnic encarregat de vigilar l'edició del títol: De les revolucions dels cossos celestes va tenir la precaució d'afegir un prefaci explicant que la teoria presentada era només una hipòtesi destinada a facilitar els càlculs astronòmics i no una temptativa d'explicació de la realitat física. Això era una estratègia prudent que evitava que hom pogués acusar-lo d'heretgia. Si hi ha "afer Galileu" és, precisament i estricta, perquè el físic florentí treu totes les conseqüències de la teoria copernicana.

### **JOAN KEPLER (1571-1630).**

Es deu a Joan Kepler el fet d'haver-nos desembarassat de l'imperatiu de les òrbites circulars. Kepler és, a més, un personatge bàsic perquè elaborà les tres lleis que completen la revolució iniciada per Copèrnic. Socialment resulta inseparable de l'àmbit científic de Praga i cal tenir clar que hi ha encara en Kepler una seriosa barreja entre ciència i màgia. A més, Kepler es va interessar per qüestions d'òptica d'una manera molt més profunda que Galileu.

Les tres lleis de Kepler diuen:

- 1.-** Les òrbites planetàries són el·líptiques -no circulars- i el Sol està situat en un dels focus.
  - 2.-** La velocitat orbital de cada planeta és tal que una línia imaginària (radi vector) que uneixi el centre del planeta amb el centre del Sol escombra àrees idèntiques en períodes de temps idèntics.
  - 3.-** Els quadrats dels períodes de dos planetes són proporcionals als cubs de les seves distàncies mitjanes al Sol.
- les Harmonies del Món (1618)- són de caire empíric, no mecàniques. La simple observació dels períodes de revolució proporciona amb rigor les dimensions de totes les òrbites -en relació amb la de la Terra, per exemple. Aquestes lleis empíriques serviran de base a l'obra de Newton.

### **GALILEO GALILEI (1564-1642).**

A l'abril de 1609, el florentí Galileo Galilei -a qui des d'ara anomenarem Galileu com sempre s'ha fet a Catalunya fins que ens ha caigut a sobre una laga de cursis- professor de física i matemàtiques a Pàdua va saber que uns olandesos anaven per fires i mercats venent ulleres de llarga vista i va intentar fabricar-se-les, comptant amb la simple indicació que s'associen en els dos extrems d'un tub una lent còncava i una lent convexa (en l'ocular). Galileu es dedica a les lents i aconsegueix ulleres llargavistes molt perfeccionades, primer de 8 augments i després de 30. Amb aquests instruments científics, que aplica a l'estudi del cel funda l'astronomia física. En primer lloc percep en totes les constel·lacions miriades d'estels que mai ningú no havia vist abans. Aquest simple fet ja mostrava que els astres no tenen en l'home llur raó de ser. La Via Làctia li revela, tot seguit, les seves increïbles acumulacions d'estrelles, visiblement distribuïdes en profunditat, el que arruïna la ficció d'una esfera d'estrelles fixes sòlida, la paret de la qual seria la volta celeste. En conseqüència la idea de la rotació sincrònica o en vint i quatre hores de tot el conjunt al voltant de la Terra resulta insostenible: és la Terra, doncs, la que gira al seu voltant en 24 hores.

Galileu s'assegura que els seus telescopis no li indueixin a error en la seva observació d'objectes terrestres: el telescopi amplifica la visió sense alterar-la. Quan Galileu observa la Lluna no veu en absolut l'astre esfèric, llis, dels antics, sinó una Terra en miniatura, un sòl rugós, amb muntanyes, valls, planes i muntanyes que s'il·luminen només quan el Sol s'aixeca. La Terra brilla amb la llum prestada pel Sol i Galileu comprèn que la llum de la Lluna és estrictament el reflex de la Terra.

El gener de 1610, Galileu descobreix els quatre principals satèl·lits de Júpiter i els veu girar amb una regularitat perfecta: existeix, doncs, al sistema planetari, com a mínim un centre que no és la Terra. I els satèl·lits no presenten retrogradacions: els retrocessos dels planetes són només aparents.

*Més tard Galileu descobreix les taques solars, incompatibles amb la suposada perfecció d'aquest astre noble i aquest descobriment li permet calcular la rotació del Sol sobre si mateix. La rotació dels astres li sembla una propietat general.*

*Per últim Galileu descobreix que Venus presenta un cicle complet de fases com la Lluna, el que invalida el sistema de Ptolomeu que no atribuïa a aquell planeta més que un exigu creixent.*

*Convençut ara de la veritat del sistema heliocèntric, Galileu se sent obligat a donar-lo a conèixer. Malgrat tota mena de problemes i confiant en la força de la veritat i en els seus protectors, publica a Florència i en italià el Diàleg sobre els dos grans sistemes del Món (1632). La conseqüència és el procés, l'abjuració sota amenaça i finalment la residència vigilada a Acetri, prop de Florència fins a la seva mort -i la mort de la seva filla monja, víctima de tota classe de tortures psicològiques al convent. Però la derrota de Galileu és ressonant i mai cap derrota no ha estat tan fructífera. El maltractament infringit a Galileu desperta indignació i encara avui desacredita els seus enemics. Però així la ciència conquereix la seva independència i el sistema proposat per Copèrnic només trobarà objeccions purament formals.*

*Galileu és també el fundador de la física, en el seu mètode i en els seus capítols essencials. Prepara experiments i tradueix els seus resultats en llenguatge matemàtic. Descobreix el principi d'inèrcia*

*-en absència d'una força externa un mòbil conserva la seva velocitat- i el principi clàssic de relativitat -experiències a l'interior d'un laboratori no permeten distingir si un objecte està immòbil o en translació rectilínia i uniforme. Aquests estudis posen les bases de la dinàmica i preparen l'obra de Newton.*

### **LA NATURALESA ESTÀ ESCRITA EN LLENGUATGE MATEMÀTIC.**

*A Il Saggiatore (1623) Galileu formula la idea que està al darrera de la nova física: la realitat o la naturalesa és geomètrica. En el que resulta potser el paràgraf més repetit de la seva filosofia ho escriu d'una manera ben clara (cap.6):*

*La filosofia està escrita en aquest gran llibre contínuament obert davant dels nostres ulls (em refereixo a l'univers); però no la podem entendre si abans no aprenem a comprendre la llengua en què està escrit. Està escrit en llenguatge matemàtic i els seus signes són els triangles, cercles i altres figures geomètriques, sense les quals és humanament impossible entendre res; sense ells és com endinsar-se vanament en un laberint ben fosc.*

*Hi ha quatre hipòtesis galileanes que seran implícits de tota ciència moderna i, per extensió del concepte mateix de modernitat:*

- 1. El dualisme aristotèlic és del tot fals. Només hi ha una realitat que és la natura.*
- 2. La natura és quantitativa i geomètrica. L'eina adient per a comprendre-la és la matemàtica.*
- 3. No hi ha cap diferència entre el món lunar i el món subllunar. Si una llei és vàlida en un punt de l'Univers, ha de ser vàlida en les mateixes condicions en qualsevol altre punt.*
- 4. En un cos, repòs i moviment són estats inercials. El moviment i el repòs és completament independent de la seva naturalesa i del lloc on es troben. Per tant és falsa la superioritat -clàssica- del repòs sobre el moviment igual que ho és la teoria aristotèlica de la causa final com a explicació dels canvis.*

*Aquesta nova física implicava també una reconsideració global de la ciència i de la tècnica. El món cal explicar-lo com una gran màquina i no com un gran organisme (com l'havia pensat, per exemple, Bruno). Hi ha encara una segona conseqüència d'aquest nou plantejament: la meta-física (ciència de les essències, de les substàncies...) queda desconnectada de la nova física. Les conseqüències d'això per a la filosofia -el que s'anomenen "les dues cultures"- encara s'arrossegueu.*