

# NEWTON i el problema de la gravetat

Joaquín Llambies

Professor de Filosofia · IES Pedreguer

Les ments en algun lloc, els cossos ocupant algun lloc i Déu en tots els llocs.

**Sens dubte, Isaac Newton** forma, des de fa temps, part de la cultura popular com a genial descobridor de la força d'atracció de la gravetat. Nogensmenys, no són tan coneguts els profunds problemes amb els quals va haver de lluitar per a contestar a una pregunta aparentment preliminar i bàsica: quina és la causa de la gravetat?

En efecte, els diferents intents de respondre aquesta pregunta provocaran incessants problemes i contínues tensions a Newton qui, si bé d'una banda es veurà clarament inclinat a trencar amb els supòsits del mecanicisme dominant amb la finalitat de poder oferir una resposta a aquesta pregunta, d'una altra, sentirà sempre la incomoditat d'haver d'introduir-se en un terreny que ell mateix va qualificar d'hipotètic o conjectural.

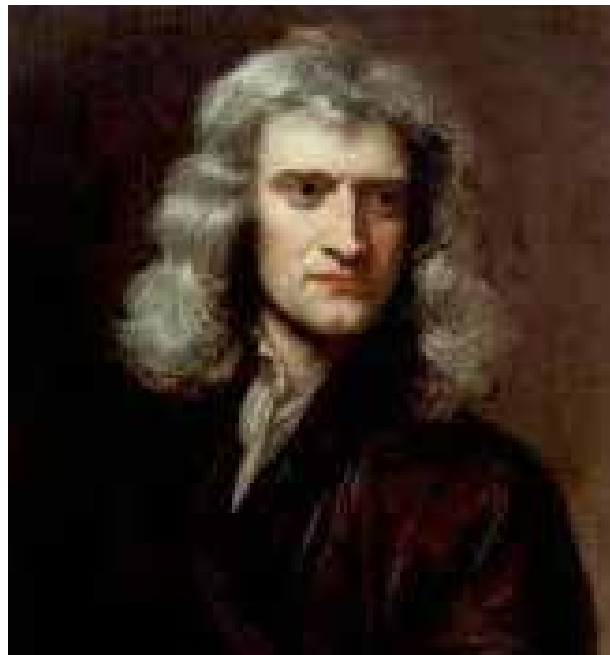
D'aquesta manera, en un primer moment que comprendria, més o menys, des de 1660 fins a 1670, Newton s'inclinà, fonamentalment, per l'adopció d'un èter mecànic que poguera explicar la gravetat per mitjà d'impulsos mecànics, respectant així els principis de la física mecanicista que prohibien taxativament l'acció a distància. Al contrari, una segona etapa, anomenada com a etapa de «maduresa» i compresa entre 1670 i 1710, es caracteritzaria per la progressiva eliminació de l'èter alhora que es consolida un esquema explicatiu basat en forces immaterials amb la capacitat, ara sí, d'exercir la polèmica acció a distància.

Exposarem molt breument les propostes realitzades per Newton durant la primera etapa per a, després, centrar-nos amb molt més detall sobre les propostes de la segona etapa. El motiu pel qual farem açò, és a dir, centrar-nos bàsicament en la segona etapa, és que durant la mateixa es produeix la primera edició de l'obra magna de Newton, els *Philosophiae naturalis principia mathematica*, al 1687. Per aquesta raó, pensem que l'esquema conceptual amb què Newton aborda el problema de la gravitació en el context d'esta obra fonamental no és ja el corresponent a l'èter sinó el desenvolupat durant esta segona etapa de maduresa.

Comencem, doncs, exposant com intenta Newton explicar la gravetat durant la primera etapa del seu pensament. Coneixem les idees de joventut de Newton sobre aquesta qüestió gràcies, sobretot, a un quadern de notes que porta per títol *Questiones quaedam Philosophiae*. I en ell podem veure que, malgrat que Newton nega ja en aquesta obra la tesi cartesiana de la coextensió de matèria i espai, acceptant el buit atomista, utilitza, però, corrents de partícules, a l'estil cartesià, per a explicar les accions a distància.

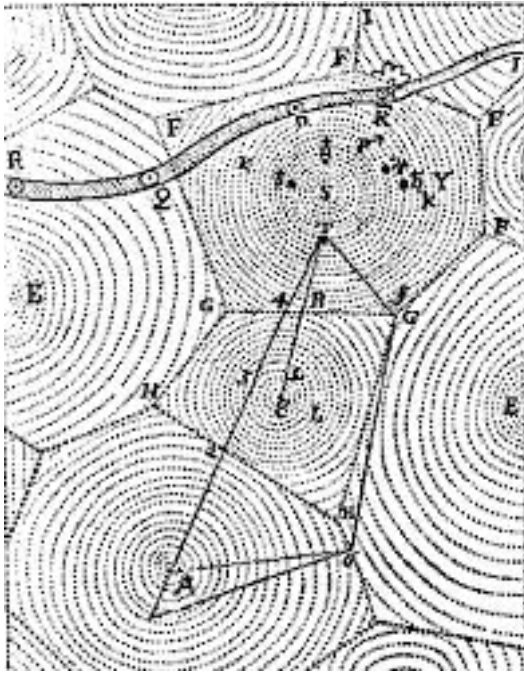
Aquests corrents de partícules constitueixen, en efecte, un mitjà material o èter format per partícules materials denses amb la capacitat d'actuar sobre la matèria ordinària i transmetre moviment per impulsos mecànics. Es produiria, així, una mena de "pluja" d'èter dirigida cap al centre de la Terra i que donaria compte de la gravetat com a resultat del seu impac-

«Certes forces immaterials (per exemple, la gravetat) poden actuar sobre cossos distants sense necessitat de transmissió a través d'un mitjà material interposat»



Isaac Newton a l'edat de 46 anys, dos anys després de la primera edició de la seua obra magna: els *Philosophiae naturalis principia mathematica*

te contra els cossos materials que, en conseqüència, serien impulsats en aquesta mateixa direcció (cap al centre de la Terra). D'altra banda, a mesura que les partícules etèries s'apropen a l'esmentat destí, es van condensant, pateixen transmutacions i tornen a ascendir com a components atmosfèrics donant lloc a un cicle de tipus vorticial. En efecte, les partícules transmutades ascendrien fins a transformar-se de nou en èter, el qual tornaria, llavors, a baixar mantenint, així, actiu el cicle. Finalment, per explicar la proporcionalitat existent entre la gravetat i la massa, es postula que les partícules etèries penetren dins dels cossos exercint una pressió per impuls sobre els seus àtoms components. No obstant això, com ja vam veure, a mesura que van descendint la seua grandària, va



Isaac Newton a l'edat de 46 anys, dos anys després de la primera edició de la seua obra magna: els *Philosophiæ naturalis principia mathematica*

augmentant per agregació, de tal manera que quan, finalment, inicien la fase d'ascens no interactuen ja amb els àtoms pel fet que ja no poden penetrar pels porus dels cossos.

Veiem, doncs, en aquesta primera etapa, un Newton que, malgrat les seues discrepàncies amb Descartes, es troba compromès en la pràctica amb explicacions tan mecanicistes com les de l'autor francès, intentant reduir suposades accions a distància a corrents de partícules (èter) que transmeten el seu impuls per impacte. És, no obstant això, cert que aquesta explicació vorticial de la gravetat deixarà de ser possible en el moment en què aquesta comence a ser concebuda com a atracció mútua, cosa que Newton farà a mitjan dels anys huitanta. En efecte, segons la hipòtesi etèria, l'agent impulsor s'identifica amb les partícules d'èter, sense que el cos central jugue cap paper en la transmissió del moviment. A més, el mateix èter serà, com veurem, explícitament eliminat en el *Llibre II* dels *Principia* com a condició de possibilitat del moviment orbital planetari.

Passem ara a la segona etapa, l'etapa de «maduresa», que comprèn, com vam dir, l'ampli període comprès entre els anys setanta del segle XVII i la primera dècada del XVIII. Esta segona etapa es caracteritza sobretot pel fet que les explicacions basades en agents i forces immaterials o espirituals són cada vegada més freqüents i importants, de manera que les interaccions no mecàniques van guanyant terreny. Conseqüentment, l'èter anirà tenint cada vegada un menor protagonisme fins a arribar al punt en què quedarà, com vam dir, eliminat i substituït per l'espai buit dels *Principia*.

En aquest sentit, l'obra *De Gravitatione et Aequipondio Fluidorum*, escrita poc abans de finalitzar la dècada dels setanta, mai publicada per Newton i no coneguda fins al segle XX, ha aportat nova informació molt rellevant per a conèixer com pensava el Newton d'aquesta època (molt influït per Henry More). En el *De Gravitatione*, Newton du a terme una severa i exhaustiva crítica de les nocions cartesianes d'espai i moviment. Segons Newton, al contrari d'allò que havia defès Descartes, per a poder determinar realment

quin és l'estat (de moviment o repòs) d'un cos hem de comptar amb un sistema de referència veritablement immòbil. Ara bé, quin és aquest sistema? Newton afirma que és l'espai buit (que no pot moure's fora d'ell mateix). Estem, com es pot veure, en les antípodes del cartesianisme perquè aquest autor considerava, com ja sabem, que no podia haver-hi espai al marge de la matèria. Tot el contrari, Newton està defensant que l'espai pot continuar existint amb total independència dels cossos materials presents en ell. És més, es podria fer desaparèixer tota la matèria sense que això afectara gens l'espai. Aquest té, per tant, segons Newton, una existència prèvia i independent de la matèria. No podria haver-hi matèria sense espai que la continguera, però sí espai sense matèria, espai buit. D'aquesta manera, l'espai tridimensional del geometra cobra cos físic i en ell adquirixen el seu vertader sentit la llei d'inèrcia amb les seues implicacions de moviment rectilini i velocitat uniforme. Però aquesta substanciació de l'espai no només ens porta al fet que aquest siga previ i independent de la matèria, sinó que també ens fa veure que qualsevol cosa que existisca manté una relació essencial amb ell.

«L'espai és una disposició de l'ésser com a ésser. Cap ésser existeix, ni pot existir, sense estar relacionat amb l'espai d'alguna manera. Déu està en tots els llocs, les ments creades estan en algun lloc, i el cos està en l'espai que està ocupant; i qualsevol cosa que, ni estiga en tots els llocs, ni estiga en algun lloc, no existeix» (Newton, *De Gravitatione*).

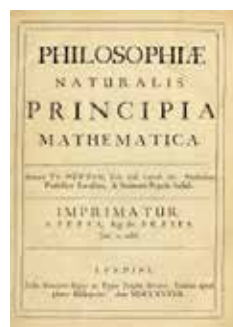
L'espacialitat es converteix, així, en una propietat comuna a totes les coses existents. L'espacialitat no és, per tant, l'atribut essencial exclusiu de la matèria, com defensava Descartes; de fet, més aviat, ho seria, en tot cas, la impenetrabilitat. L'espacialitat, tot el contrari, és propietat comuna a totes les coses existents: és com el seu punt de trobada. També l'esperit o la ment és espacial, encara que no material. I és aquest element comú, l'espacialitat, el que explica la possible interacció entre ment o esperit i matèria.

Per això diu Newton, que les ments estan en algun lloc, o siga, que són espacials; encara que, com no són materials, no ocupen eixe espai en el qual estan. Al contrari, els cossos materials sí que ocupen o omplien l'espai en el qual estan. Déu, per la seua banda, està en tots els llocs.

Aquesta possibilitat d'interacció, establida per la comuna espacialitat de tot, explica, segons Newton, tant



Treballs científics no publicats per Newton. Entre ells: el *De Gravitatione et Aequipondio Fluidorum*



Il·lustració 4 Els *Principia*, obra magna de Newton i una de les més importants en la història de la física

el fet que nosaltres puguem moure a voluntat el nostre cos com que el fet que Déu pugui, amb molta més facilitat, moure, també a voluntat, qualsevol cos material ubicat en l'espai.

«D'igual manera que cada home és conscient de poder moure el seu cos a Voluntat, i a més creu que tota la resta d'homes gaudeix igualment de la mateixa capacitat de moure els seus cossos per mitjà del pensament només; la lliure capacitat de moure els cossos a Voluntat no pot, de cap manera, ser-li negada a Déu, atès que la seua facultat de pensament és infinitament més gran i més ràpida.» (Newton, *De Gravitatione*)

S'explica així com certes forces immaterials (per exemple: la gravetat) poden actuar sobre cossos distants sense necessitat de transmissió a través d'un mitjà material interposat. Basta amb el fet que els esmentats cossos materials estiguen ubicats en l'espai.

Si continuem ara avançant en la progressió intel·lectual de Newton, veurem com l'espai autònom, subsistent, independent de tota matèria que, com acabem de veure, apareix ja clarament en el *De Gravitatione*, torna a presentar-se com a noció bàsica en la primera edició dels *Principia* de 1687. L'obra consta, com és sabut, de tres Llibres. En el primer d'ells, "El moviment dels cossos", es desenvolupa pròpiament la mecànica racional, entesa com a ciència dedicada a l'estudi en abstracte de les relacions matemàtiques existents entre els moviments i les forces que els produeixen. Serà en aquest llibre on es dissenyarà el model general d'explicació, basat en una composició de moviments, que permetrà, per fi, donar resposta al problema planetari. En efecte, una vegada acceptat el principi d'inèrcia rectilínia, sorgeix la pregunta: per què els planetes en moviment inercial no abandonen les seues òrbites per la tangent, seguint una trajectòria en línia recta i amb velocitat uniforme? Què els manté en les seues òrbites? Com és ben sabut, Newton, seguint allò ja plantejat per Hooke, atribuirà esta contínua desviació de la trajectòria rectilínia a l'acció d'una força centrípeta dirigida cap a un punt central.

El Llibre segon, està dedicat precisament a l'estudi del moviment dels cossos en mitjans resistents. Aquest llibre constitueix realment, de nou, una crítica sistemàtica a la física cartesiana i conclou que els planetes no poden ser arrossegats per vòrtexs eteris. Es deu, per tant, prescindir per complet de la hipòtesi de l'èter i descriure el moviment dels planetes en un espai buit, que no oposi cap resistència al moviment inercial dels mateixos.

Per fi, en el tercer Llibre, "El Sistema del món", es produeix el pas de la mecànica racional a la mecànica celeste, és a dir, de la matemàtica a la física. Es procedeix, així, a aplicar els models estudiats en el primer Llibre als cossos realment existents, siguen aquests satèl·lits, planetes o pedres llançades des de la superfície de la Terra. En tots aquests casos, inclosos els objectes terrestres, és una força centrípeta la causant de la desviació ja que, en cas de no actuar, els cossos anteriorment esmentats continuarien el seu desplaçament uniforme en línia recta. Veiem, d'aquesta manera, que tant la gravetat com la força que desvia els planetes són forces centrípetes. Aquesta equiparació és de la màxima importància ja que permetrà que, finalment, la força centrípeta celeste i la gravetat s'identifiquen, consumant-se, així, la unificació definitiva de totes les regions de l'univers davall una mateixa llei de gravitació universal. A més, com en virtut del principi newtonià d'acció i reacció, la força exercida és sempre mútua o recíproca, la gravetat universal quedarà caracteritzada com a força d'atracció gravitatòria. Una força universal que es produiria sempre entre dos cossos qualssevol i que seria directament proporcional al producte de les seues masses i inversament

proporcional al quadrat de la distància existent entre ells.

Ens trobem, sens dubte, com podem veure, davant d'un dels majors èxits físicocosmològics de la història i, no obstant això, quelcom entelava l'èxit de Newton. Com opera la força universal que unifica tot el nostre univers? Quin mecanisme dona compte del seu funcionament? Des d'un principi, la força centrípeta és presentada com a força impresa, és a dir, com a força que opera des de fora sobre un cos, sent capaç d'alterar el seu estat inercial. Però, això sí, allò comunament acceptat, és a dir, allò ortodox des del punt de vista del mecanicisme dominant, era que eixa alteració només poguera aconseguir-se quan es produïx un contacte amb un altre cos. És necessari algun cos que espente o pressione aquell que modifica el seu estat perquè el canvi resulte intel·ligible. El que de cap manera semblava admissible era una suposada acció a distància, un poder quasi màgic d'actuar mitjançant l'espai buit sobre cossos llunyans. Res pot exercir accions on no està present, podria ser la fórmula que resumira les exigències del mecanicisme ortodox; la pertinència de les quals, Newton no s'atreveix a deixar completament de costat. Es podria, com ja vam veure que va fer Newton durant la seua primera etapa, pensar en l'existència d'algun tipus de partícula impulsora que col·lidira contra un cos i el desplaçara en direcció central. Però, d'on traiem les dites partícules ara que s'ha eliminat l'èter? No és el buit circumdant una exigència del mateix Newton, com a condició per a un desplaçament inercial planetari que no hi trobe cap resistència?

Per descomptat, la qüestió és: Com donar resposta a aquests interrogants? No és ara el moment de fer valdre les idees exposades en el *De Gravitatione*? Doncs bé, com ja hem dit, les relacions de Newton amb les exigències del mecanicisme són ambigües i polivalents. D'una banda, acusa les seues insuficiències però, d'una altra, sap que es veurà exposat severes crítiques si no és capaç d'oferir una explicació que respecte les seues exigències. A més, la defensa pública, explícita, de les idees del *De Gravitatione* per a explicar els fenòmens gravitatoris, introduiria directament Newton en un terreny que ell mateix qualificava com a hipotètic. Tal vegada, siga tot açò el que fa que no trobem en esta primera edició dels *Principia* una explicació concreta de la causa de la gravetat. Al Llibre primer, secció XI, es limita a no descartar cap possibilitat, siga «corpòria o incorpòria». Tampoc no proposa explícitament les idees del *De Gravitatione*; per més que, segurament, aquestes idees eren les més properes a allò que Newton pensava sobre la causa de la gravetat quan els *Principia* foren publicats. A l'hora de l'exposició pública, Newton es decanta, com pot veure's, per un contingut positivisme que reserva el cos principal de les seues principals obres només per a qüestions relacionades amb fets, experiments i demostracions matemàtiques. Caldrà esperar a l'*Escoli General* afegit a la segona edició (1713) dels *Principia* perquè Newton, en un breu text que s'afegia a l'obra constituint una mena d'apartat final, es pronuncie explícitament sobre estes qüestions. En l'esmentat *Escoli*, Newton, d'una banda, reconeix, de nou, desconèixer la causa de la gravetat, però, d'una altra, afirma que Déu forma part, sens dubte, del camp d'estudi de la filosofia natural.

#### BIBLIOGRAFIA

- Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, 1 ed: 1687 – 2 ed: 1713

- Newton, "De gravitatione et aequipondio fluidorum" en A. Rupert Hall i Marie Boes Hall, "Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton". Cambridge, 1962.