

## TEMA 5

### **5. Galileu Galilei: Eppur si muove!**

#### **5.1 Biografia de Galileu**

#### **5.2 Aportacions astronòmiques de Galileu**

##### **5.2. a) Observacions telescòpiques**

##### **5.2 b) Demostració del moviment de la Terra**

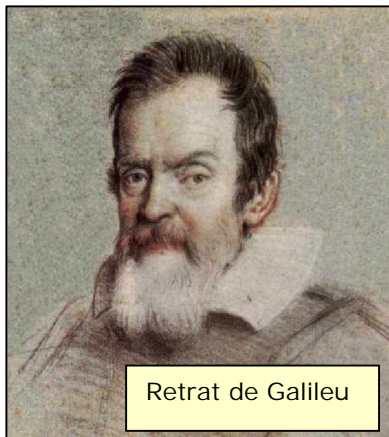
##### **5.2 c) Diàleg sobre els grans sistemes del món: 1a Jornada**

##### **5.2 d) La nova física compatible amb el moviment terrestre: 2a i 3a jornada**

---

## **5) GALILEU GALILEI: EPPUR SI MUOVE!**

### **5.1) Biografia de Galileu**



Retrat de Galileu

Galileu va néixer només set anys abans que Kepler, l'any 1564, a la ciutat de Pisa (en aquell temps pertanyent a la república italiana de Florència). Va ser fill primogènit, tot i que va tenir sis germans petits. A l'edat dels disset anys va ingressar a la Universitat de Pisa per estudiar medicina, complint així, els desitjos paternes. Però mai va acabar la seva titulació en aquesta matèria a causa de l'escàs interès que li provocava; la seva autèntica vocació eren les matemàtiques, disciplina que practicava en privat i sota el desconeixement del seu pare.

Després de quatre anys a la Universitat de Florència decideix abandonar-la, a causa dels greus problemes econòmics que patia la família, ja que el seu pare no podia finançar els estudis. Allà donarà classes particulars, adquirint al mateix cop, una bona formació científica per el seu compte (fonamentalment en mecànica, física i matemàtiques). L'estudi i l'anàlisi de l'obra d'Arquímedes, sobre la estàtica<sup>1</sup> i la hidrostàtica<sup>2</sup>, va tenir una forta influència sobre ell.

Un dels primers descobriments va tenir lloc mentre encara era estudiant de medicina. Un dia li va cridar l'atenció una làmpada penjada d'una corda que oscil·lava dins d'una catedral. Va investigar el curiós fenomen i va enunciar que amb independència de la longitud recorreguda per cada balanceig, el temps que invertia en completar el moviment romanía invariable. Finalment va dir que el temps que s'empra en realitzar cada balanceig depèn de la dimensió de la oscil·lació i de la longitud de la corda.

---

<sup>17</sup> La estàtica és la part de la mecànica que estudia les lleis del equilibri, és a dir, l'estat dels cossos quan un conjunt de forces que s'exerceixen sobre ell es compensen mútuament.

<sup>18</sup> La hidrostàtica és la part de la mecànica que estudia l'equilibri dels fluids.

En 1589, amb vint-i-cinc anys d'edat, va tornar a Pisa com a comerciant. Però a aquesta ciutat l'astronomia que s'ensenyava era la ptolemaica. Pensés el que pensés Galileu, aquesta era l'astronomia que ensenyava en un principi, i no acaba de quedar clar en quin moment es va convertir en un copernicà convençut.

Però la crítica realitzada per Galileu sobre Aristòtil el va acabar enfonsant encara més. En els textos que sobreviuen d'aquell temps, la majoria d'estudiosos comentaven que, en opinió d'Aristòtil, si deixem caure dos des de la mateixa altura, cau primer el més pesat. Aviat, Galileu va començar a llençar objectes des de la Torre de Pisa i des de diversos plans inclinats. Per a la seva satisfacció, el més lleuger i el més pesat arribaven al mateix cop. Aristòtil també va deixar l'esbós d'una màquina que servia per enfarinar. Galileu, va afirmar rotundament que la màquina no funcionaria. La màquina es va construir i mai va funcionar. Després d'aquests dos experiments la seva popularitat va augmentar de manera increïble.

El 1591, va morir el pare de Galileu, i pel fet de ser primogènit, li tocava la tasca de mantenir la família. Aleshores va trobar un nou treball a la Universitat de Padua, on 90 anys enrere Copèrnic havia estudiat medicina. A més, aquesta Universitat era liberal i tolerant en comparació amb les Universitats d'aquells temps, un lloc idoni per algú amb idees radicals com les que defensava Galileu. Poc a poc, va anar entrant en els cercles més influents de Toscana i Venècia. Més tard, en l'any 1592 es trasllada a la Universitat de Padua, on li ofereixen la càtedra de matemàtiques durant sis anys. Allà va tenir tres fills amb Marina Gamba, veneciana amb la que no es va arribar a casar i que va abandonar al 1610 quan va deixar la ciutat.

Tot i que a la seva estància a Padua va tenir algun interès per qüestions celestes, les seves investigacions es van orientar cap a temes terrestres. Els seus estudis de "dinàmica" sobre l'escorça terrestre van culminar amb el descobriment de les lleis quantitatives dels moviments, com la del moviment uniformement accelerat en caiguda lliure, els desplaçament parabòlic dels projectils y de les oscil·lacions pendulars. També es va ocupar de fenòmens tèrmics i magnètics, construint un imant capaç d'augmentar la seva força atractiva i un primer termòmetre d'aire (que mostra l'augment de temperatura, però sense escala).

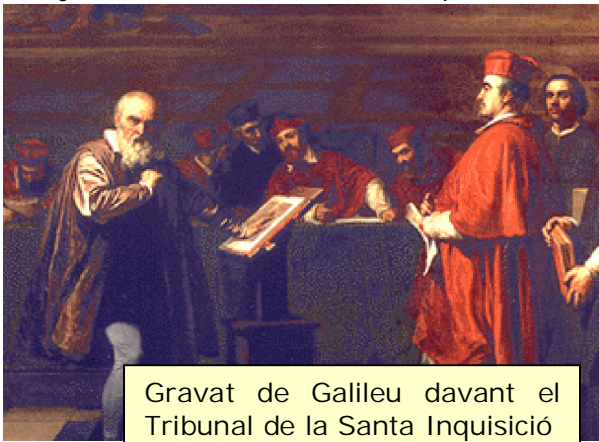
Però des del punt de vista astronòmic, va perfeccionar un telescopi, de qui la patent era de Hans Lippershey. És difícil decretar amb precisió la posició de Galileu abans de 1610 respecte als dos model d'Univers més importants de l'època (el de Copèrnic i el de Ptolomeu), però tot i que va ser professor de Astronomia ptolemaica, en 1597 va escriure cartes a Mazzoni i a Kepler, en les que es declarava partidari de Copèrnic.

El 1610 va publicar el seu primer llibre dedicat a l'astronomia (on s'inclouen observacions realitzades amb telescopi), el *Sidereus Nuncius*. A més, el contracte de la càtedra a Padua s'havia prorrogat fins convertir-se en càtedra vitalícia. Tot i això, decideix abandonar-la i acceptar l'oferta de ser el primer matemàtic i filòsof del gran duc de Toscana, Cosimo II de Medici (màxima autoritat política de la República de Florència). Tot i que aquest treball li donava un gran prestigi i un augment notable del sou, perdia la llibertat de pensament i expressió que tenia a la República de Venècia.

En un principi la seva obra va suscitar polèmica dintre i fora d'Itàlia. Aleshores en 1611 va decidir començar un viatge a Roma per guanyar-se el recolzament del

"Collegio Romano" (una important i influent ordre jesuïta). El viatge va ser molt satisfactori ja que va convèncer tant els jesuïtes, com els cardenals i el propi papa Pau V. Però tot es va capgirar: només arribar a Florència va ser convidat a un debat informal, on va adoptar una posició en contra d'Aristòtil i del anticopernicà Lodovico delle Colombe. Com a conclusió del debat va crear l'obra "*Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua*". Amb aquesta obra, l'únic que va aconseguir va ser fer-se més enemics. A més d'una disputa amb Scheiner sobre les taques solars, va publicar un altre llibre el 1613, "*Istoria i dimostrazioni intorno alle macchie solari*", on va augmentar l'odi dels que se sentien burlats i ridiculitzats (no sense raó) per un Galileu massa sarcàstic.

A més, Galileu es va ficar per uns camins massa tortuosos i perillosos: la religió. Un deixeble seu (professor de la Universitat de Pisa) li va donar la oportunitat de demostrar que les Sagrades Escripures i el sistema Copernicà fossin compatibles. L'any 1615, el Tribunal de la Inquisició no el va condemnar. Però sí va ser el 1616,



Gravat de Galileu davant el Tribunal de la Santa Inquisició

on després de diverses exposicions a cardenals i al mateix papa, es va tancar el tema amb una amonestació verbal per a què no ensenyés, ni oralment ni per escrit, els seus postulats hel·liocentristes. Era el primer cop que l'església condemnava l'heliocentrisme, utilitzant com a proves unes cartes escrites al seu antic alumne Castellini i a la mare del duc de Toscana, on afirmava que la teoria copernicana havia de tractar-se com una realitat i

resultava inadequat interpretar paisatges de la Bíblia forçant-los de manera que servissin per explicar els fets de la natura.

A partir d'aquest moment es va dedicar a observar guardant silenci. La seva atenció la van acaparar els satèl·lits de Júpiter. Fins que el novembre de 1618 van aparèixer en el cel tres cometes. "El Collegio Romano" no va passar per alt aquest fenomen i va publicar un llibre des del punt de vista de Thyco Brahe. Galileu en canvi, va contestar amb una publicació més propera a Aristòtil que a Brahe, però va incloure diverses reflexions sobre el punt de vista de la teoria atomista, l'altre gran tema tabú de l'església catòlica.

Entre 1624 i 1630, va treballar en el seu llibre més important entorn el copernicanisme, el seu títol es *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, ptolemaico e copernicano* (diàleg sobre els dos màxims sistemes del món, ptolemaic i copernicà). Es va publicar a Florència el 1632, després d'obtenir amb dificultat la llicència eclesiàstica i civil. Cinc mesos després va ser retirat de les llibreries per la Inquisició de Roma i, evidentment, va ser convidat a comparèixer davant el tribunal de la Inquisició. Es va veure obligat a maldir i adjurar el moviment de la Terra. Tot i així va ser condemnat a presó de per vida i prohibició total de per vida a publicar la *Dialogo sopra*. La pena de presó la va complir primer a la residència de l'arxobisbe de Siena i després al seu propi domicili, d'on no podia sortir per cap de les maneres, ni tan sols per anar al metge.

Durant aquests anys va escriure l'altre gran obra seva, *Discorsi e dimosrazione matematiche intorno a due nuove scienze*, publicada a Holanda el 1638. Aquest cop no es va ficar en temes copernicans, ja que havia après bé la lliçó: parla de la resistència dels materials a la ruptura en màquines de diverses dimensions.

Tot i la prohibició de la Inquisició es van publicar dues edicions més del *Dialogo sopra* en el 1635 i en 1641. Finalment el gener de 1642 va morir, onze anys abans que Isaac Newton. La seva obra va pertànyer a la llista negra de la Inquisició fins el 1835.

## 5.2) Aportacions astronòmiques de Galileu

Galileu és considerat el principal científic en desenvolupar el nou art de la ciència experimental. El seu projecte científic era tan revolucionari com el de Kepler i de major repercussió perquè incloïa mètodes que podien afectar a més d'una branca de la ciència. Així com no va passar amb les obres de Kepler, les de Galileu van tenir més repercussió i van ser traduïdes a diversos idiomes exercint una gran influència sobre el pensament científic de la època. Galileu va realitzar una multitud de descobriments, però la seva activitat "revolucionaria" es pot classificar en quatre grans disciplines:

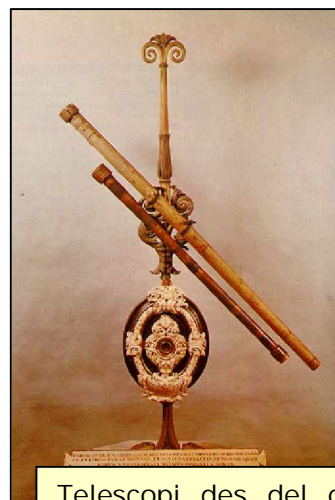
- La astronomia telescòpica
- Les lleis del moviment
- La manera de relacionar la matemàtica amb l'experiència
- La ciència de la experimentació

### 5.2 a) Observacions telescòpiques

En aquella època el telescopi era considerat, no més que una simple curiositat. Galileu va indicar als venecians el mode d'emprar-lo per localitzar flotes i observar els moviments de tropes enemigues amb tota seguretat des d'un turó distant. Però aviat va comprendre que enfocant la seva joia cap el cel, era molt el que quedava per descobrir del Univers.

La cosmologia d'Aristòtil consistia en una sèrie de esferes llises sobreposades perfectament: el Sol, la Lluna i els planetes. Ansiós per conèixer la veritat, Galileu va posar en judici aquest concepte. El primer cos sotmès a examen va ser la Lluna.

Va observar aquest cos nit rere nit, seguint-la en les seves fases. Una de les primeres conclusions que va poder treure del seu estudi, va ser referent al contorn a la lluna. En estudiar aquest astre poc després de la Lluna nova, va adonar-se'n que la línia que separava la regió obscura amb



Telescopi des del que Galileu va observar

la regió brillant no era una corba perfecta i uniforme, sinó una línia irregular. Això indicava que la Lluna té valls i muntanyes.

Però Galileu va anar més enllà: va poder aconseguir calcular l'alçada de les muntanyes de Lluna, observant l'ombra que desprenien i mesurant els diferents angles que formaven els raigs solars incidents. També va deduir que la llum tènue que delineava la part obscura de la Lluna quan només eren visibles petites porcions d'aquesta, era llum reflexada per la Terra.

Tot el conjunt d'observacions llunars de Galileu li van permetre refutar totalment la tesi aristotèlica, segons la qual els cossos celestes eren objectes perfectament esfèrics.

Els descobriments de Galileu no es limiten pas a l'observació de la Lluna. En investigar el cel nocturn, es va adonar d'una gran quantitat d'estrelles que mai ningú havia pogut veure. Tot seguit va enfocar el seu telescopi cap a Júpiter (el 7 de gener de 1610). Primer de tot va poder veure tres petites i brillants estrelles properes al planeta. També va poder observar que es trobaven en línia recta, com si l'eix passara per Júpiter.

A partir d'aquest moment, Galileu dedicà gran part dels seus esforços en l'observació d'aquests curiosos objectes. Aviat es va adonar que els petits cossos havien canviat de posició, un fet sorprenent tenint en compte que les estrelles ocupaven unes posicions pràcticament immutables. En aquesta segona observació estaven tots tres cossos en perfecta filera a l'oest de Júpiter. Després de dos dies, va poder adonar-se que estaven a l'est; havien tornat a canviar de posició. A partir d'aquest moment, Galileu ja dubtava que realment aquests cossos fossin estrelles. Poc després va observar una quarta estrella, i ja creia haver descobert un nou grup d'estrelles mòbils. Finalment va acreditar-les com a llunes, desfent-se'n així de les teories de Ptolomeu, en les quals tot gira al voltant de la Terra.

Als quatre satèl·lits li va donar els noms de quatre membres de la família dels Medicis: els germans Cosme II, Francesc, Carles i Llorenç.

Galileu va continuar explorant el cel, i a l'estiu de 1610 va observar Saturn. Aquest planeta li va guardar una sorpresa: els anells. Tot i que no va fer una interpretació correcta d'aquest fenomen, com es veu a continuació, no cal restar mèrits al nou descobriment:

DOCUMENT 5: Precaucions de Galileu amb Saturn

En realitzar el descobriment de "les tres estrelles de Saturn", abans de fer-ho públic va enviar les dades a un amic seu de Florència, a qui li va fer jurar que guardaria el secret; tenia por que algú altre amb telescopi pogués contemplar el mateix fenomen i per això, era important que algun dels seus col·laboradors disposés d'un document acreditatiu de la prioritat de Galileu en el descobriment.

Va enviar un desconcertant missatge xifrat (com a mesura de precaució) a diversos amics seus d'Itàlia i d'Alemanya. Però aquests, per més voltes que li van donar, no van interpretar l'estrany

*"He observat amb gran admiració que Saturn no és un estrella només, sinó tres, que, per dir-ho d'alguna manera, es toquen... la del centre és molt més gran que*

*les laterals... Mitjançant aparells que amplien la superfície visible, els tres globus es veuen molt clarament i quasi tocant-se, amb un petit espai obscur entre ells."*

Va prosseguir el seu estudi amb el planeta Venus. Galileu va observar que algunes vegades observava una mitja lluna i altres cops una esfera. Va explicar el fenomen deduïnt que quan Venus es troba a menor distància de la Terra, només una petita part de la seva superfície reflexa la llum solar visible des del nostre globus, per això hi ha cops que sembli una Lluna nova.

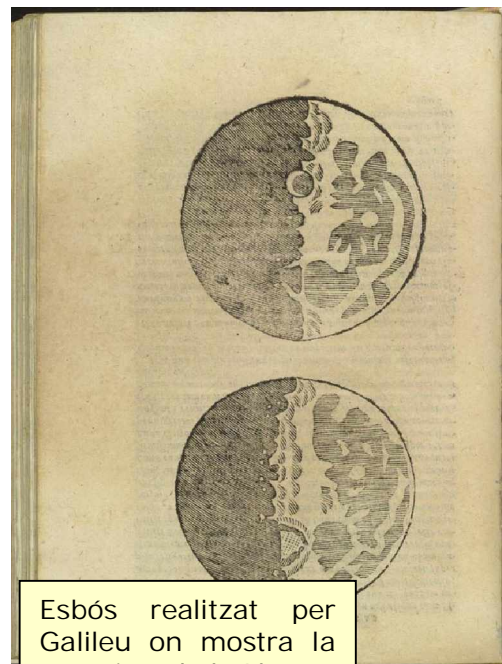
Amb aquesta hipòtesi va destruir una altra creença tradicional, ja que els planetes es consideraven amb llum pròpia com el Sol. Però, segons Galileu, Venus estava il·luminat per la llum solar. En aquest moment estava a un pas de descobrir que tots els planetes eren cossos no lluminosos, visibles únicament gràcies a la llum que reflexen del Sol.

Després d'observar Mart i Mercuri sense res rellevant, només li quedava per ocupar-se del Sol. Aleshores, protegint el seu telescopi amb un vidre fumat, va dirigir-lo fins al Sol. Durant uns mesos va arribar a realitzar fins varies observacions diàries. Havia descobert taques obscures sobre la superfície del Sol. Però a mesura que passaven els dies, aquestes taques anaven canviant de posició, alguns cops unint-se i altres separant-se. També es movien en línia recta per la superfície solar.

Continuant les observacions durant uns mesos, Galileu va experimentar la satisfacció de veure reaparèixer les taques obscures per la vora oposada d'on les va veure del disc solar. El què succeïa es què el Sol gira sobre el seu eix, un moviment que Copèrnic va aplicar al nostre planeta.

Podem resumir, que en l'astronomia de l'observació, Galileu, va transformar les seves experiències individuals en conclusions intel·lectuals del cel. Els trets principals de la obra eren els següents:

- Mitjançant els principis d'analogia i òptica física va demostrar que la superfície de la lluna, és semblant a la de la Terra, escarpada i ondulada.
- Va descobrir que el resplendor de la Terra il·luminava la Lluna.
- Que Júpiter té un sistema de quatre llunes, les fases de Venus i la "triple" estrella de Saturn.
- Les taques solars i el moviment d'aquest sobre el seu eix.



A més, el seu telescopi no només va donar més informació sobre els cossos celestes coneguts del sistema solar, sinó que li va permetre veure una gran quantitat d'estrelles que mai ningú havia pogut observar.

## 5.2 b) Demostració del moviment de la Terra

Galileu es va plantejar el problema de la manera de demostrar el moviment de la Terra. Volia intentar d'afirmar la seva veritat o falsedat amb la independència de tot discurs religiós, i si fos falta, revisar les interpretacions d'alguns paratges bíblics (on s'afirma que la Terra és el centre de l'Univers).

Però si Galileu no trobava cap prova concloent en favor del moviment terrestre, aleshores el compromís que havia adoptat Galileu era afirmar i acceptar la prioritat de la religió per sobre de la ciència.

Les noves dades astronòmiques obtingudes per Galileu amb el seu telescopi no proporcionaven la classe de prova que necessitava. Segons va presentar, eren proves que recolzaven el sistema copernicà, però no el moviment de la Terra en concret. Tampoc la constatació empírica de les fases de Venus va permetre demostrar el moviment terrestre, ja que les fases no permeten decidir entre el sistema copernicà o el tychònic. A més, la nova de 1604 no constituïa una prova evident del sistema copernicà, tot i que debilitava el ptolemaic i l'aristotèlic.

El gener de 1616, va escriure un discurs a Alessandro Ordisi a petició del Cardenal, i tot i que el discurs no es va publicar, es va incorporar una versió revisada a la quarta jornada dels diàlegs sobre els dos màxims sistemes del món. El fet es que allò que Galileu considera la seva arma més important, és en realitat el punt més vulnerable, ja que s'equivoca totalment en creure que hi ha alguna mena de relació amb el moviment periòdic d'ascens i descens de mareas amb el moviment de la Terra. Segons ell, va determinar que aquest era un fet que no es produiria si la Terra estigués immòbil.

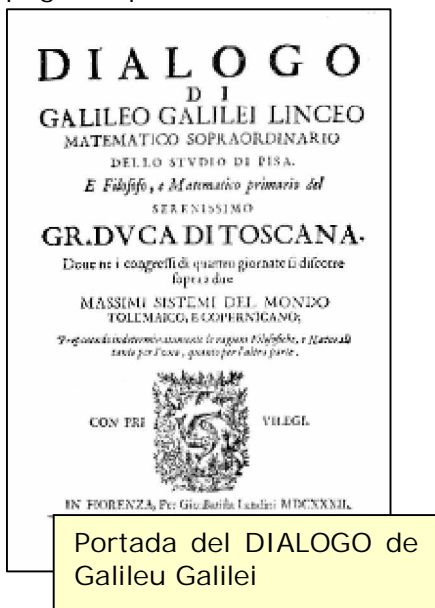
Les mareas no proporcionen de cap manera la prova física que ell busca. Però es dona la paradoxa de què la gran contribució de Galileu consisteix precisament en haver posat de manifest *que cap tipus d'experiment sobre la superfície terrestre permet decidir al seus habitants el seu estat de moviment i de repòs*.

## 5.2 c) El diàleg sobre els dos màxims sistemes del món: 1a Jornada

La obra en qüestió, és el seu famós *dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, ptolemaico e copernicano* (El diàleg sobre els dos màxims sistemes del món, ptolemaic i copernicà). Tal i com diu el seu títol és un diàleg entre tres personatges, els quals al llarg de quatre dies o jornades es proposen conversar sobre les dues grans concepcions del món (passant per alt la concepció de Tycho Brahe). Cada personatge ha de defensar una concepció diferent. El lloc imaginari que pren Galileu, és el Palau d'un amic seu a Venècia, qui tenia el costum de celebrar reunions, on es discutien temes científics i filosòfics. Els personatges són:

- Filippo Salvati: és el defensor de les hipòtesis de Galileu, evidentment, copernicà
- Simplicio: és un defensor aristotèlic del geocentrisme
- Sagredo: interlocutor imparcial i culte, i la seva missió és deixar-se convèncer per els millors arguments.

L'objectiu es sotmetre a examen la validesa de les demostracions i proves que puguin aportar en defensa dels seus respectius sistemes del món. Sota aquesta aparent neutralitat es troba la intenció de convèncer i guanyar el major número possible de lectors per la causa copernicana.



En cada una de les quatre jornades s'aborda un tema específic. Les tres primeres tracten d'eliminar obstacles que s'oposen a l'acceptació del moviment terrestre i de la posició central del Sol. Estrictament parlant no demostren res, però deixen el camí obert a la possibilitat de totes dues tesis. A la quarta es proposa la famosa i desafortunada prova de les marees amb la que pretenia establir la seva realitat. Tan gran era la intenció de les marees, que volia denominar al llibre *Dialogo sulle maree*. Però els censors no li van permetre el títol.

El canvi de nom posa en evidència la batalla ideològica que es lliurarà entre l'església i els copernicans en aquesta primera meitat del segle XVII. L'església acceptava que es parlés de la qüestió astronòmica de manera hipotètica i instrumental. En l'obra, la doctrina copernicana havia de presentar-se com una pura hipòtesi matemàtica.

## LA PRIMERA JORNADA DEL DIÀLEG

La primera jornada s'obre amb unes paraules de Salvati, en les que recorda el compromís que s'ha arribat de reflexionar, de manera clara respecte a les raons naturals i a la seva validesa, que d'alguna manera han formulat tant els seguidors ptolemaics com els copernicans.

Tot seguit, s'ocupa d'un tema directament relacionat amb la física i la cosmologia aristotèlica. En concret es tracta de la divisió del món en dues regions, una subllunar i una altre suprallunar entre la Lluna i les estrelles. A la Terra, considerat un cos pesat per antonomàsia, se li destina una posició centra; en canvi els planetes, el Sol i la Lluna es distribueixen pel cel. Aristòtil havia combinat quatre característiques exclusives dels cossos celestes:

- El moviment circular i natural
- La absència de tot canvi o inmutabilitat
- Carència de lleugeresa
- No es poden generar fenòmens

Si Galileu aspira a mostrar la possibilitat física de què la Terra ocupés un lloc en el món suprallunar, entre Venus i Mart, ha de mostrar que aquestes característiques no van unides; ha de demostrar el moviment circular de tot cos, inclosa la Terra, sense que això impliqui inmutabilitat. Tot canvia, tot es genera i es destrueix, perquè l'esfera que habitem, s'ha de moure amb ells. Critica, per tant, la idea de moviment natural rectilini de les coses terrestres en virtut de la qual, si la Terra

pogués ser desplaçada del centre, d'immediat es precipitaria sobre ell en línia recta en comptes de traçar un cercle al seu voltant.

En definitiva, la Terra no és un cos diferent als demés. Per això es recolza en argumentacions que resultaran totalment allunyades a un físic actual. També utilitza algunes de les observacions obtingudes gràcies al telescopi; les taques solars i la rugositat de la Lluna posen de manifest la mutabilitat del Cel i a seva afinitat o similitud amb la Terra.

En el cas de què els lectors de l'obra haguessin estat finalment convençuts per Salviati, i no per Simplicí (és el què li succeeix a Sagredo), haurien finalitzat la primera jornada del diàleg acceptant que la Terra no ocupés la posició central.

A partir d'ara calia raonar sobre l'altre gran tema: el moviment diürn o de rotació i el de translació. Galileu va fer distinta referència a l'un i a l'altre, dedicant a la rotació la Segona Jornada i a la translació la Tercera Jornada.

A la Segona Jornada es tracta de demostrar que els fenòmens terrestres són compatibles amb la mobilitat de la Terra. La raon per la qual s'ha d'inclinar la balança en favor del Sol com a centre de les òrbites planetàries és perquè és l'únic sistema de conciliar les observacions celestes.

A la Tercera Jornada aspira a posar de manifest la major concordança de les dades telescòpiques amb una Terra que es desplaça al voltant del centre ocupat per un Sol que il·lumina des d'aquesta posició. Però hem de condemnar el model heliocèntric, perquè s'expliquin millor els moviments planetaris si posem la Terra com a centre de les òrbites.

## *5.2 d) La nova física compatible amb el moviment terrestre: 2a i 3a jornada*

La Segona Jornada no té un caràcter cosmològic, sinó físic, a diferència de la Tercera que se'n ocupa del què observem en el cel, del moviment dels astres i de la seva interpretació.

La idea més generalitzada (i no només per els aristotèlics) sobre el moviment terrestre era que si es mou, haurem de notar-lo. A més, afirmar el doble moviment terrestre, suposa una velocitat de 460 metres/segon, de rotació, i 30.000 metres/segon en el cas de la translació.

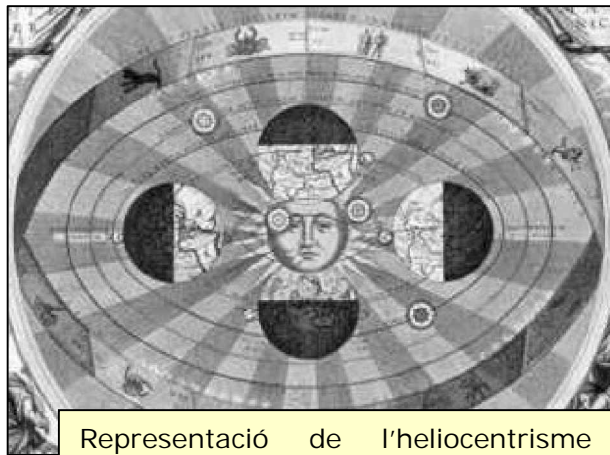
Copèrnic ja havia parlat d'un triple moviment terrestre. Tal i com s'ha vist en el segon capítol, Copèrnic dona tres raons poc convincents sobre el moviment de la Terra:

- Li sembla més adient atribuir el moviment a l'observador (la Terra) que a allò observat (el Sol).
- La variació de la intensitat lluminosa dels planetes (ja que la Terra és un planeta com qualsevol altre).
- Absència de paral·laxi estel·lar en el moviment per les grans dimensions de l'Univers.

Evidentment, convèncer a gent del moviment terrestre amb unes raons que no eren del tot provades (com el paral·laxi estel·lar) era complicat. Aleshores, Galileu va partir de la idea que no és possible demostrar el moviment terrestre amb arguments astronòmics, ja que és possible que el cel doni voltes d'est a oest mentre l'observador roman al centre. És a dir, atenent el comportament dels cossos a la pròpia Terra, Galileu intentarà arribar a saber si nosaltres som eters passatgers espacials o només espectadors.

Galileu va establir que tot succés mecànic té lloc d'igual manera a la Terra, ja sigui aquesta mòbil o immòbil, de manera que tampoc l'observació de fenòmens era una manera de determinar el moviment de la Terra. A més, Galileu considera que és imprescindible modificar la concepció aristotèlica de moviment i substituir-la per el moviment inercial.

Aquest és el camí que comença Galileu en la Segona Jornada del seu diàleg sobre el sistema del món. Segons ell, si té raó, els cossos cauran amb tota independència de la Terra. Així mateix, l'abast d'un projectil llençat a l'oest serà el mateix que el d'un llençat cap a l'est, de manera que la hipotètica rotació terrestre no ha d'influir. A més, els ocells, per molt que poguessin arribar a la velocitat de la Terra en aquesta direcció, no per això veuran els ocells volant cap a occident de manera eterna. En conclusió, els cossos s'han de moure al marge de l'estat de repòs o moviment del sistema del qual formen part: la Terra.



Representació de l'heliocentrisme copernicà

La condició per a què els fets experimentals anteriors siguin possibles, és que tot es mogui de manera solidària amb la Terra. Galileu afegeix, que aquesta capacitat d'imperceptibilitat fa que aquest moviment no s'observi en éssers terrestres.

Segons la rotació aristotèlica de moviment natural, a cada element material li correspon un tipus de moviment específic que té lloc sempre per oposició al repòs. És a dir, moviment i repòs són compresos com dos estats oposats, que obeeixen a causes diferents, que tenen efectes diferents i mai poden ser equivalents. Una manera de comprendre la posició d'Aristòtil, és plantejar-la des de la nostra experiència: no ens resulta indiferent moure'ns o romandre en repòs (principalment a causa de la fatiga).

Però per Galileu moviment i repòs no són estats absoluts, sinó estats relatius que d'alguna manera s'oposen entre si: el repòs no és sinó un moviment compartit. Dóna una equivalència mecànica entre els dos estats dels quals el moviment compartit és tan inert d'efectes perceptibles com el de repòs.

En definitiva, aristotèlics i ptolemaics pretenen que, a partir de la percepció de la caiguda d'un cos, es pot decidir si la Terra es mou o no. La hipòtesi de la que

parteixen és que la pedra es veurà caure de manera diferent en un cas o en un altre. L'argumentació galileica es troba sota dos principis antiaristotèlics:

- *El principi d'independència dels moviments (horitzontal i vertical):* Ha de ser possible combinar tots dos moviments. Recorda que això no és possible amb la física aristotèlica, ja que a cada cos li pertanyia un moviment.
- *El principi de la persistència del moviment horitzontal:* per tal de respondre a aquest principi, calia cercar un motor que actués en direcció oposada a la gravetat per moure la Terra de manera continuada. Universalment, era acceptat que tot moviment suposa un motor responsable del mateix. Galileu va explicar la possibilitat de què el moviment terrestre fos l'únic que es conserva sense motor, concretament, que res oposi resistència per a què persisteixi el moviment de manera indefinida.

*En el Diàleg, podem trobar el fragment següent:*

*"Noteu, afirma Salviati, que he mencionat una bola perfectament rodona i un pla polit per eliminar de tot impediment extern i accidentals. A més, vull que feu abstracció de l'aire, amb la resistència que oferiria al estar a l'exterior, i de tots els demés obstacles accidentals que puguin ocórrer."*

En aquest experiment, només vol demostrar el comportament d'un cos esfèric en un pla horitzontal sense cap altre factor afegit, com la resistència o el fregament. Per a Galileu interessa estudiar en condicions no reals. Va extreure dos conclusions: l'absència de resistència sobre un pla horitzontal, suposa que tot cos romandrà en repòs o es mourà indefinidament amb velocitat uniforme.

La física definida per Galileu va tenir més trets importants. Si els objectes es mantenen equidistants de la distància al centre de la Terra, vol dir que la superfície és esfèrica. Si això no fos cert, tindriem una superfície tangent a la Terra. A més, per a que el moviment rectilini es prolongués fins al final, l'Univers hauria de ser infinit, però aquest aspecte no s'atreveix a defensar-lo (tot i que el deixa entreveure).

En conclusió, a la segona i tercera Jornada es tractava d'explicar la rotació de la Terra en termes físics i astronòmics. Aquest moviment de tipus inercial, no rep cap força ni causa per a què mantingui la Terra una velocitat de rotació constant. A més la direcció del moviment, serà horitzontal a la superfície de la Terra (tangent).