

LUGLIO 2009/FEBBRAIO 2010

ANNO 16

NUMERO 52

PLEIADVM CONSTELLATIO.

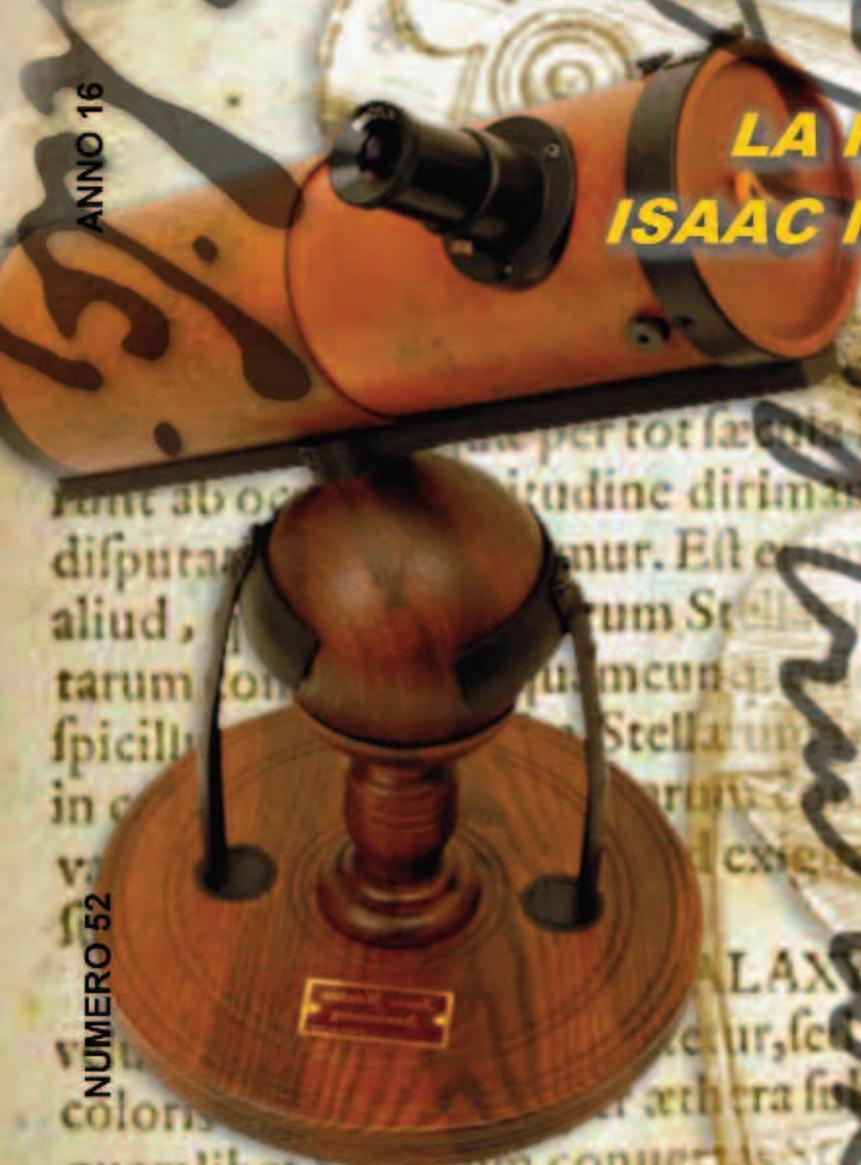
il BOLLETTINO

del GRUPPO ASTROFILI CINISELLO BALSAMO

KEPLERO

**L'ASTRONOMIA DI
GALILEO GALILEI**

**LA FISICA DI
ISAAC NEWTON**





Gruppo Astrofili
Cinisello B.



in copertina:
Pleiadi viste da Galileo
e telescopio newtoniano

Direttore responsabile:
Davide Nava

Redazione:
Stefano Locatelli
Mauro Nardi
Paolo Nordi
Alessia Presutti
Maria Pia Servidio
Michele Solazzo

Hanno collaborato:
Cristiano Fumagalli
Simonetta Viganò
Roberto Benatti

2009 - Tutti i diritti riservati.
La redazione non è
responsabile delle opinioni
espresse dagli autori.

bollettino_gacb@yahoo.it

Editoriale 4

Astronomica 6

Keplero 8

**L'astronomia moderna
di Galileo Galilei** 14

La fisica di Isaac Newton 28

**Com'è fatto
il nostro pianeta** 38

**A 40 anni dal primo
passo sulla Luna** 52

Foto Gallery 64

Da Galileo a ... Giacobbo

Cristiano Fumagalli

In questo numero del “Bollettino” si descrivono brevemente i profili di quelli che sono i padri dell’astronomia moderna. Sono figure importanti che, per sviluppare le loro teorie e renderle pubbliche, hanno dovuto affrontare i pregiudizi dell’epoca pagando anche in maniera pesante (qualcuno, come Giordano Bruno, anche con la vita). Il tempo e soprattutto il tumultuoso sviluppo tecnologico, con l’avvento dei grandi telescopi, hanno però testimoniato a loro favore, rendendo giustizia ai loro lavori.

Nell’era presente nessuno dovrebbe mettere in discussioni assiomi e teorie ormai consolidate, ma il condizionale è d’obbligo poiché c’è sempre qualche ciarlatano, senza nessuna cognizione scientifica, pronto a presentarsi ai media con nuove “mirabolanti scoperte”. Purtroppo, televisioni e certa stampa sono sempre attive a dar loro voce, con l’unico scopo di vender notizie sensazionalistiche. Gli esempi sono assai numerosi, dai moltissimi avvistamenti di UFO con eventuali incontri ravvicinati (chissà poi perché questi eventi non capitano mai agli astronomi che passano moltissime notti a scrutare il cielo...), alle più volte annunciate catastrofi globali. Chi di noi non ricorda il “famigerato” allineamento dei pianeti nel 2000? Complice l’avvento del nuovo millennio, avrebbe dovuto portare a chissà quali disastri, ma avvenne senza nessun problema, come doveva essere. Ovviamente, i media che tanto avevano suonato la grancassa prima del fenomeno, dopo si guardarono bene dal dichiarare la verità. Ora è il turno del 21/12/2012 e dell’annunciata fine del mondo decretata dai Maya. Naturalmente, nulla di tutto ciò è vero e ciò che real-



mente accadrà sarà il semplice “voltar pagina” di uno dei periodi del loro calendario, il 13° Baktun (un Baktun è formato da 20 Katun, che è un periodo di 20 anni Maya. Venti Baktun, a loro volta, formano un Pictun). Per motivi religiosi questo periodo finisce col solstizio d’inverno e, statene certi, non ci sarà nessuna fine del Mondo!

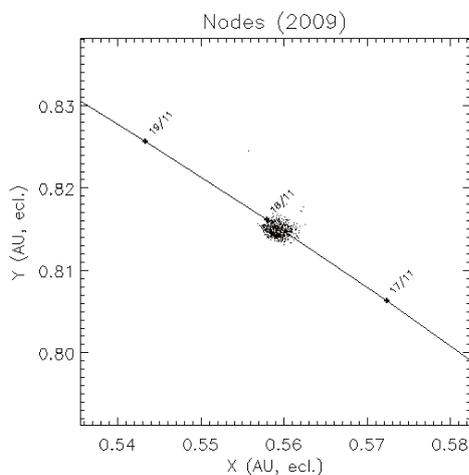
Altri esempi di fandonie mediatiche sono la presunta faccia nella regione marziana di Cydonia, poi dimostratasi solo una duna erosa dai forti venti del Pianeta Rosso; oppure il cosiddetto complotto del falso allunaggio delle missioni Apollo, ipotesi smontata con argomenti scientifici prima, e poi dalle foto della sonda LRO a Luglio e a Settembre di quest’anno.

Tutti questi ciarlatani hanno sempre un mentore e qui, in Italia, si chiama Giacobbo, con la sua trasmissione pseudo scientifica: Voyager. Con buona pace di Copernico, Keplero, Galileo e dell’Anno Internazionale dell’Astronomia.

Davide Nava

17 novembre: occhio alle Leonidi!

Il prossimo 17 novembre è previsto un outburst dello sciame meteorico delle Leonidi con un ZHR medio di 200 meteore/ora. Alle 21:43 T.U. il nostro pianeta attraverserà i residui cometari lasciati dalla cometa Tempel-Tuttle nel suo passaggio del 1466; la Luna sarà assente, ma la costellazione del Leone non sarà ancora sorta a quell'ora da Milano. Il picco previsto potrebbe però slittare di circa 1 ora o più, poiché c'è molta incertezza sulla previsione dell'incontro della Terra con questo residuo. Quindi non ci resta che sperare che ci sia un ritardo: in questo caso sarebbe favorita l'Europa e l'Africa. Comunque è necessaria la sorveglianza del cielo da mezzanotte in poi nella notte tra il 17 e il 18 novembre, anche perché le Leonidi potrebbero riservare delle sorprese come nel 1998!



Previsione dell'incontro della Terra con il residuo lasciato dalla cometa Tempel-Tuttle nel 1466: come si vede il nostro pianeta entrerà proprio dentro ai residui cometari determinando l'outburst previsto (da J. Vaubaillon – IMCCE).

31 dicembre 2009: eclisse parziale di Luna

Nella notte di S. Silvestro mentre aspetteremo l'arrivo del nuovo anno, potremo osservare una mini-eclisse parziale di Luna. Il nostro satellite sarà eclissato per il 7% dall'ombra terrestre; le condizioni osservative sono molto buone con la Luna che si alza da 30° a 40°. Ecco gli istanti dei contatti per la città di Milano in T.U.:

Entrata nell'ombra	18:52
Uscita dall'ombra	19:52

L' eclisse sarà visibile da gran parte dell'Africa, dall'Europa e dall'Asia.

Keplero

Simonetta Viganò

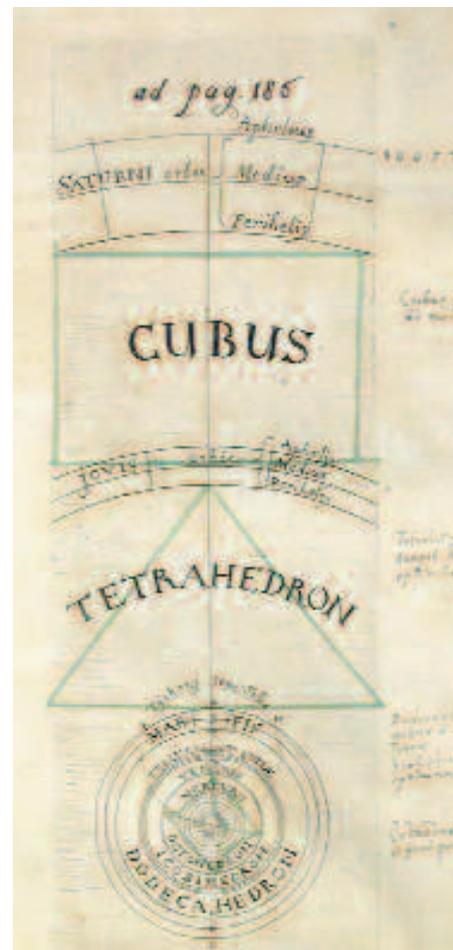
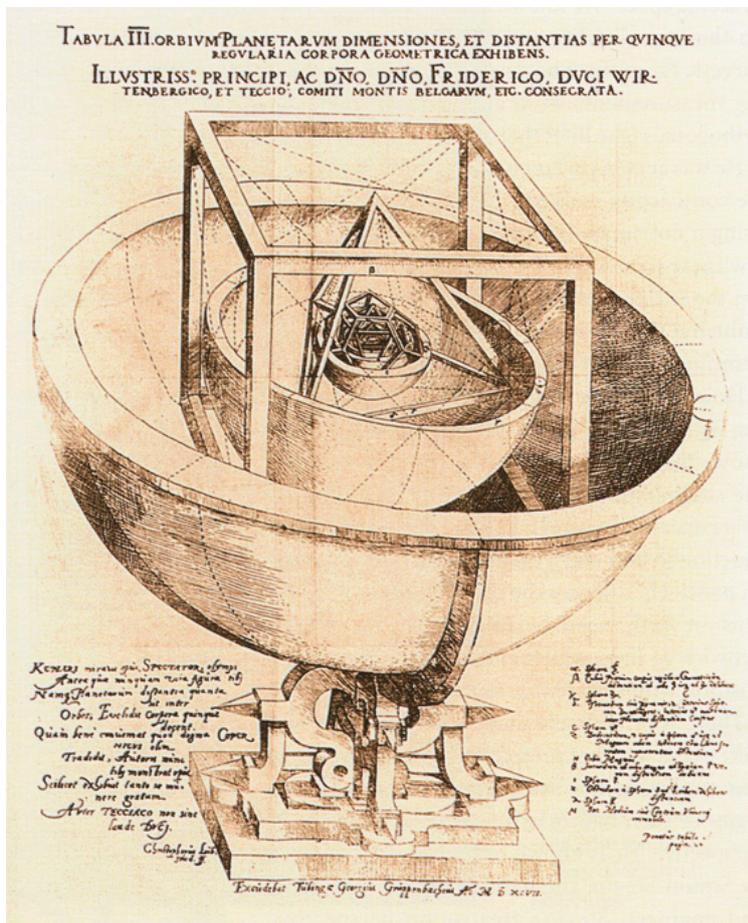
Johannes Kepler, astronomo e matematico tedesco, nacque nel 1571 a Weil der Stadt, nel sudovest della Germania.

Già da bambino evidenzia grande interesse per l'astronomia, probabilmente grazie al contributo della madre che gli mostrò la cometa del 1577 e l'eclissi lunare del 1580. E' davvero curioso notare come, nonostante le donne fossero praticamente un'eccezione nel mondo della scienza fino a non molti decenni fa (figuriamoci quindi nel Cinquecento!), le figure femminili abbiano in qualche modo contribuito ad indirizzare verso le discipline scientifiche alcuni fra i personaggi poi divenuti colonne portanti nell'ambiente scientifico.

Come molti dei suoi predecessori e contemporanei (vedi Copernico), Keplero segue dapprima gli studi di teologia all'Università protestante di Tubinga, dove viene in contatto con alcuni seguaci del copernicanesimo. Nel 1594 diventa insegnante di matematica a Graz, in Austria, ed alcuni anni più tardi, nel 1597, pubblica la sua prima importante opera il "Mysterium Cosmographicum" , nella



Johannes Kepler, Artista sconosciuto, 1610



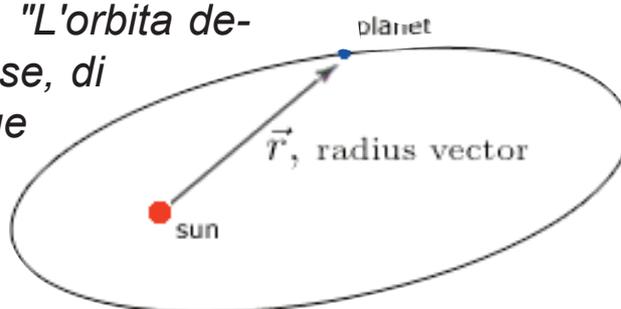
Modello del Sistema Solare platoniano tra le pagine del *Mysterium Cosmographicum* e relativa interpretazione.

quale tenta una prima descrizione dell'ordine dell'Universo, e fra le cui pagine troviamo un Keplero ancora giovane, ma già rigoroso nei calcoli e sistematico nelle ricerche.

Purtroppo all'inizio del 1600 Keplero è costretto a lasciare la città di Graz, a causa di un decreto che stabiliva l'espulsione di tutti i protestanti. Rimasto senza lavoro, dovette accettare l'invito di Tycho Brahe a recarsi con lui a Praga: l'astronomo danese aveva dovuto abbandonare il suo paese e l'osservatorio sull'isola di Hven. Per Keplero fu sicuramente un incon-

tro fortunato, dato che divenne assistente di Tycho. La collaborazione fra i due studiosi fu piuttosto breve -Brahe morì nel 1601- ma affatto infruttuosa, dato che Keplero gli succedette come matematico imperiale alla corte di Rodolfo II d'Asburgo. Grazie infatti all'eredità delle osservazioni effettuate da Brahe, Keplero potrà derivare le famosissime tre leggi, suo principale contributo all'astronomia ed alla meccanica celeste. Contrariamente a quanto si è portati generalmente a credere, Keplero non le formulò tutte nel medesimo periodo, bensì in anni diversi.

La prima, del 1608 così recita: *"L'orbita descritta da un pianeta è un'ellisse, di cui il Sole occupa uno dei due fuochi"*. Per la prima volta nella storia della scienza Keplero elimina le sfere celesti tanto care alla tradizione ed ipotizza per i pianeti un moto non più circolare.



La seconda legge è dell'anno successivo -1609- ed è conosciuta anche come "legge delle aree". *"Il raggio vettore che unisce il centro del Sole con il centro del pianeta descrive aree uguali in tempi uguali"*. Tradotta in parole povere significa che la velocità orbitale non è costante ma varia lungo l'orbita, con la conseguenza che tale velocità è massima al perielio (cioè al punto più vicino al Sole) e minima all'afelio, punto di massima distanza dal Sole.

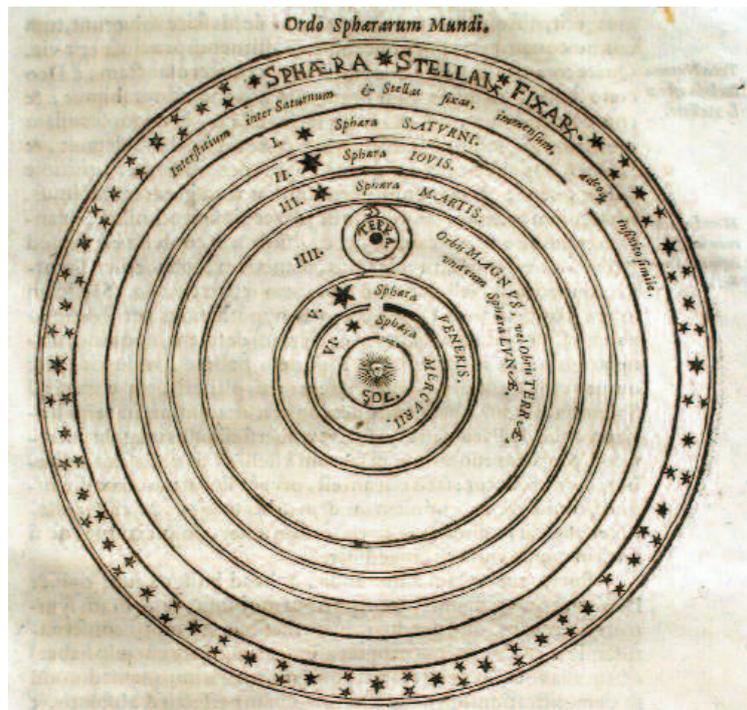
Infine, per la terza legge dobbiamo aspettare ben dieci anni; essa data 1619 e riguarda *"i quadrati dei periodi di rivoluzione dei pianeti, che sono direttamente proporzionali ai cubi dei semiassemi maggiori delle loro orbite"*. Per spiegare meglio questa legge è necessario ricorrere alla formula matematica:

$$\frac{T^2}{r^3} = C$$

dove C è una costante che dipende dal corpo celeste preso in considerazione.

E' necessario dire che mentre le prime due leggi furono enunciate in un classico libro di astronomia, la terza invece fu inserita in un testo che si occupava anche di musica ed astrologia (ricordiamo che astrologia e astronomia ancora a quei tempi non erano in così netta contrapposizione, come avviene oggi).

Keplero, comunque a differenza di Tycho che non credeva nel modello eliocentrico, appoggiò invece questo modello del sistema solare e partendo da questo per vent'anni provò a dare un significato ai suoi dati. La sua principale preoccupazione fu quella di comprendere il senso del ruolo centrale del



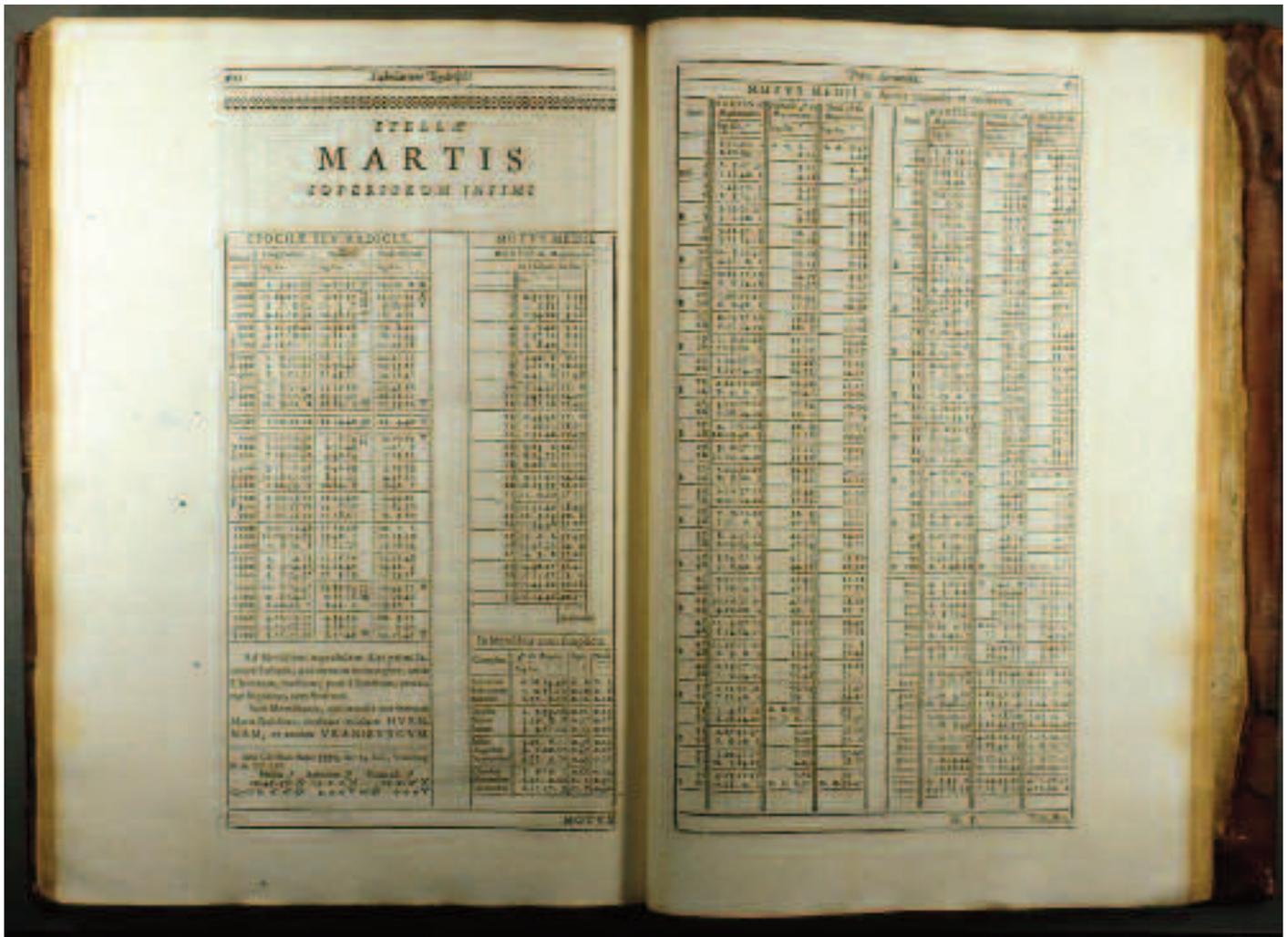
Il Sole al centro del Sistema planetario di Keplero

Sole, che evidentemente doveva essere la causa del movimento dei pianeti. Il suo influsso sembrava diminuire con la distanza, anche se egli non giunse ad ipotizzare la legge di

gravitazione universale, poi formulata da Newton, in quanto riteneva ancora che questa attenuazione dell'influsso solare diminuisse in modo proporzionale all'inverso della distanza e non con l'inverso del quadrato della distanza, come oggi ben sappiamo.

Nel corso della sua esistenza, Keplero pubblica diverse opere, tra cui *De stella nova* (ricordiamo che nel 1604 scopri anche l'ultima supernova esplosa nella nostra galassia e visibile ad occhio nudo); nel 1606 termina il suo capolavoro *Astronomia Nova*, nella quale egli dà conto dei numerosi tentativi compiuti per far rientrare i dati ottenuti da Tycho relativamente ai moti di Marte nelle varie combinazioni di circoli ricavabili dall'astronomia tolemaica e da quella copernicana. Nel 1620 la madre viene accusata di stregoneria dalla Chiesa protestante e rilasciata l'anno successivo, senza avere ammesso, neanche sotto tortura, le proprie colpe.

Questo fatto non lasciò certo indifferente il nostro buon Johannes, che a soli 58 anni morì a Ratisbona: sulla sua lapide si può leggere la seguente epigrafe, da egli stesso composta "Il mio spirito ha misurato il cielo, ora misura la profondità della Terra".

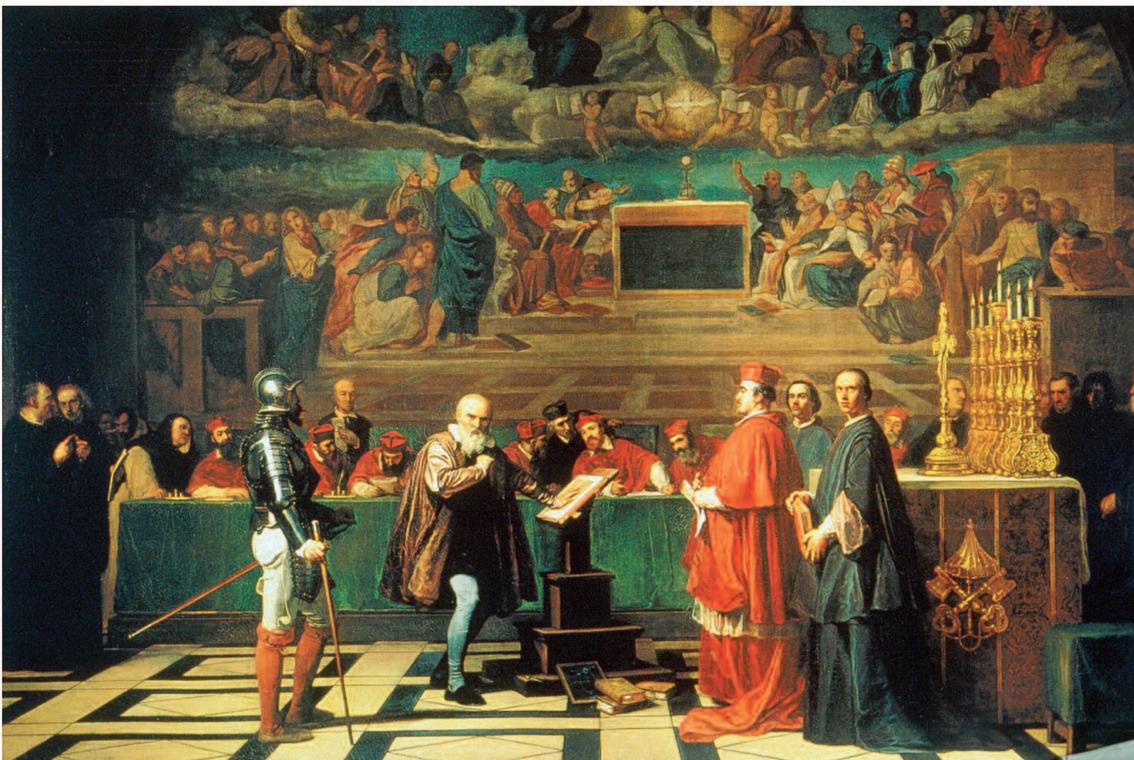


Una pagina delle Tabulae Rudolphinae, nel quale Keplero indica le osservazioni del moto orbitale della "Stellae Martis", 1627

L'astronomia moderna di Galileo Galilei

Davide Nava

«Io Galileo, figlio del q. Vinc. Galilei di Fiorenza, dell'età mia di 70 anni, costituito personalmente in giudizio et inginocchiato avanti di voi Emin.mi et Rev.mi Cardinali in tutta la Repubblica Christiana contro l'eretica pravità generali inquisitori, avendo davanti gli occhi miei sacrosanti Vangeli, quali tocco con le mie proprie mani, giuro che sempre ho creduto, credo adesso, e con l'aiuto di Dio crederò per l'avvenire, tutto quello che tiene, predica et insegna la Santa Cattolica et Apostolica Chiesa. Ma perchè da questo S.Offizio, per haver io, dopo essermi stato con precetto dell'istesso giuridicamente intimato che omninamente dovessi lasciar la falsa opinione che il Sole sia centro del mondo e che non si muova, e che la



Joseph-Nicolas Robert-Fleury, Galileo davanti al Sant'Uffizio, 1847

terra non sia centro del mondo e che si muova, e che non potessi tenere difendere né insegnare in qualsivoglia modo, né in voce né in scritto la detta dottrina, e dopo d'essermi notificato che detta dottrina è contraria alla Sacra Scrittura, scritto e dato alle stampe un libro nel quale tratto l'istessa dottrina già dannata et apporto ragioni con molta efficacia a favor di essa, senza apportare alcuna soluzione, sono stato giudicato vehementemente sospetto d'eresia, cioè d'aver tenuto e creduto che il sole sia centro del mondo et immobile e che la terra non sia centro e che si muova; pertanto volendo io levar dalla mente delle Eminenze V. e d'ogni fedel Cristiano questa vehemente sospitione, giustamente di me concepita, con cuor sincero e fede non finta, abiuro, maledico e detestoli suddetti errori et eresie...».

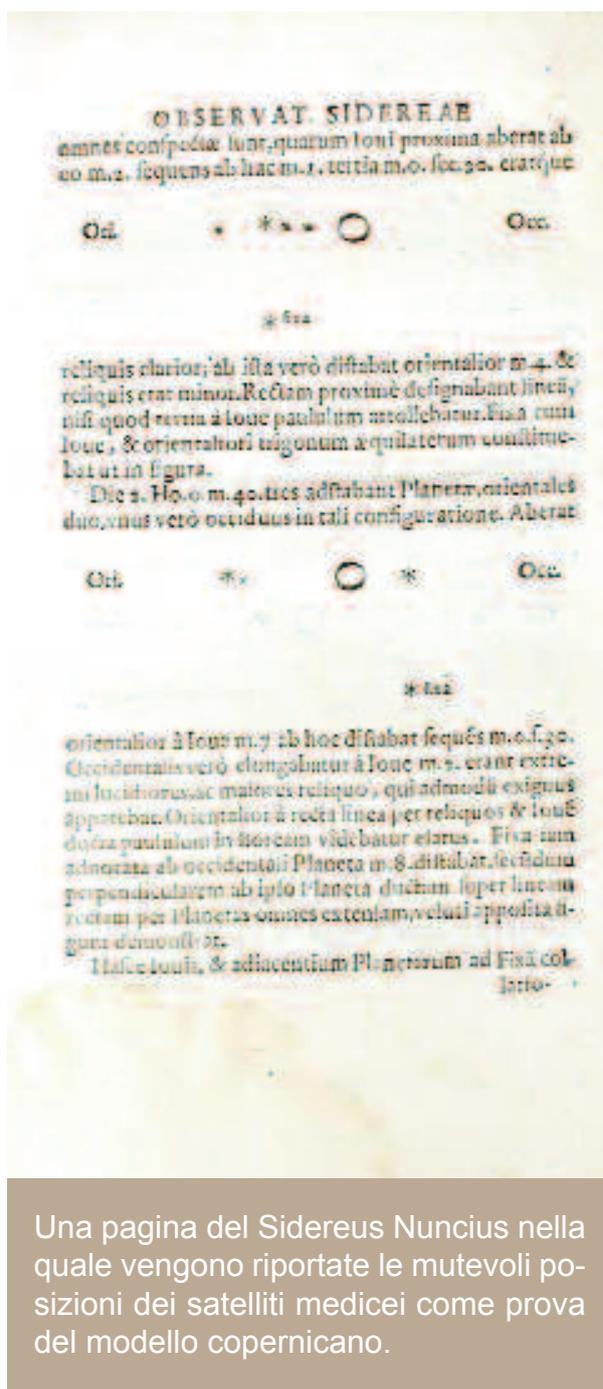
Con queste parole, pronunciate solennemente a Roma, nel convento di Santa Maria sopra Minerva il 22 Giugno dell'anno 1633 di fronte al Tribunale del Sant'Uffizio, Galileo Galilei si salvò dalla condanna a morte per eresia; la sua colpa era dunque, secondo anche quanto afferma il testo dell'abiura, di aver sostenuto, «*apportando ragioni con molta efficacia*», che la terra fosse in movimento nell'universo conformemente all'ipotesi eliocentrica di Niccolò Copernico.

Tuttavia il "De Revolutionibus Orbium Coelestium", "manifesto" del modello eliocentrico copernicano, era stato pubblicato già da un secolo (nel 1540), e, non soltanto non era mai stata rivolta alcuna accusa di eresia né a Copernico né ad altri sostenitori della sua teoria, ma lo stesso testo non aveva ancora conosciuto l'onta dell'"Indice" dei libri proibiti dalla Chiesa.

Perché allora la Chiesa si accanisce a tal punto contro Galileo, uomo devoto e da sempre animato da fede salda e pro-

fonda, per di più ormai vecchio, stanco e malato (morirà nove anni più tardi quasi completamente cieco). Perché solo allora la Chiesa comincia ad avere così paura dei calcoli e delle intuizioni geometriche di Copernico e a vedere in esse un duro attacco alla “legge divina” sancita dai testi sacri.

La risposta è assai ampia e articolata ed è contenuta in quel tormentato percorso fatto di osservazioni, ipotesi, profonde riflessioni, dimostrazioni matematiche e logiche, e diatribe animate da uno spirito polemico talvolta aspro e spietato nei confronti dell’otusità. Ma ancor di più essa si coglie nel senso profondo che Galileo seppe dare al suo lavoro, fin da quando, abbandonati gli studi di medicina e intrapresi quelli di matematica nel 1583 (all’età di 19 anni) si accostò ad essa non come ad un gioco astratto di ipotesi e deduzioni, bensì come ad un atto fondamentale nel processo conoscitivo dell’universo e dei suoi principi fisici, quei principi che erano prigionieri della filosofia naturale



Una pagina del Sidereus Nuncius nella quale vengono riportate le mutevoli posizioni dei satelliti medicei come prova del modello copernicano.



aristotelica “congelata” ormai da secoli di tortuose speculazioni filosofiche e teologiche, e i cui spietati carcerieri erano i filosofi naturalisti, gretti e potenti depositari del “vero” sapere scientifico. Ecco dunque che le idee di Galileo fondate sull’esperienza e sull’analisi razionale, liberate dai vincoli della tradizione, cominciarono a spaventare i dotti sostenitori della scienza “ufficiale” nonché i vertici dell’autorità ecclesiastica che nella tradizione affondavano le radici del loro potere.

Tutti i principi fondamentali della fisica aristotelica confluivano nell’ipotesi dell’immobilità e della centralità della terra nell’universo ed altro non poteva essere dal momento che nella stessa Bibbia, Giosuè per prolungare e condurre a buon fine l’assedio di Gabaon, aveva gridato «Fermati o Sole!»; la Bibbia non poteva dire il falso!

Il Sole doveva dunque essere un astro “errante”, in movimento intorno alla terra fissa. Inoltre non c’erano prove a sostegno di un ipotetico moto della terra; non si poteva osservare alcun forte vento costante nel verso della rotazione della terra che impedisse agli uccelli di volare in senso inverso, né si era mai misurato uno spostamento di un oggetto in caduta in verso opposto alla rotazione terrestre (come si attendeva Aristotele che non conosceva il principio di inerzia e la legge della composizione dei moti). Galileo, tormentato e affascinato dal problema dei “moti naturali”, (come Aristotele aveva definito i moti causati dall’inclinazione naturale dei corpi) e dai principi naturali che li governano, fu spinto proprio dallo studio di questi temi verso la teoria copernicana; e ciò perché, se è vero che un corpo tende a mantenere il proprio moto (principio della conservazione del moto, antesignano del principio di inerzia) è altrettanto vero che un sasso lasciato cadere dall’albero maestro di una nave in movimento

a velocità costante cadrà verticalmente lungo l'albero stesso, in quanto oltre a cadere verso il centro della terra, manterrà inalterato il moto orizzontale impresso dalla nave. Pertanto, se sulla nave in moto a velocità costante non è possibile riconoscere dalla caduta di un grave se essa sia o meno in moto, così sarà per la terra (Galileo lo dimostrò attraverso le parole del personaggio di Salviati nel "Dialogo sopra i due Massimi Sistemi del Mondo").

Allo stesso modo, l'interpretazione galileiana delle maree, attribuite non già alla gravità, di cui Galileo ammetteva di non conoscere l'essenza, ma alla disuniformità del moto della terra che avrebbe spinto l'acqua del mare contro le coste o lontano da esse, come alla partenza brusca di una carrozza il passeggero rivolto verso il cocchiere si sente spinto contro il sedile mentre quello dalla parte opposta viene sbalzato in avanti.

L'astronomia galileiana

L'astronomia di Galileo non è più soltanto osservazione e costruzione matematica fatta al solo scopo di prevedere corret-



Riproduzione del "cannocchiale" galileiano.

tamente le posizioni degli astri erranti, come si era considerata fino ad allora, ma un passo decisivo verso la conoscenza della struttura e della vera essenza dell'universo.

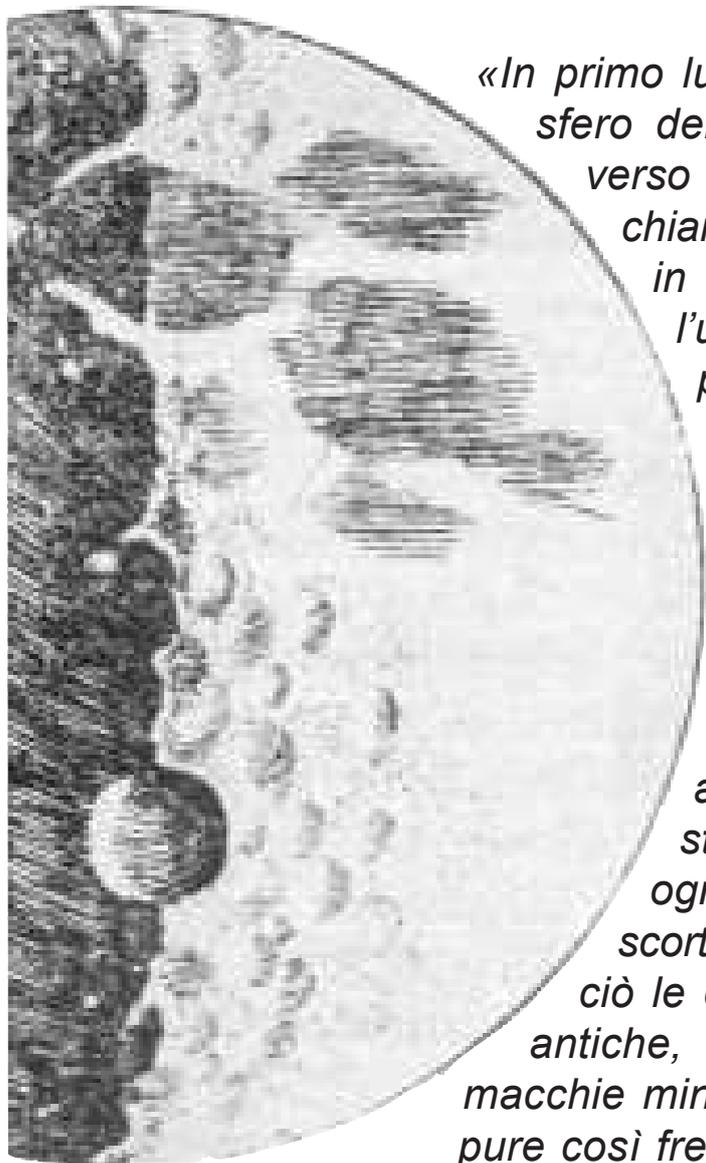
Quando nel 1609 Galileo apprese dall'amico Paolo Sarpi a Venezia che un ottico olandese aveva costruito uno strumento ottico che consentiva di vedere ravvicinati gli oggetti osservati (una conferma di ciò gli venne anche da una lettera del nobile parigino Jacques Badovère), egli cominciò a lavorare giorno e notte, applicando le sue conoscenze di ottica della rifrazione, per ottenere la soluzione migliore realizzabile a tale scopo con un tubo di piombo e due lenti da collocare alle estremità.

La trovò in soli 5 giorni:

«Preparai dapprima un tubo di piombo alle cui estremità applicai due lenti entrambe piane da una parte, e dall'altra una convessa e una concava; posto l'occhio dalla parte concava vidi gli oggetti abbastanza grandi e vicini, tre volte più vicini e nove volte più grandi di come non si vedano ad occhio nudo. In seguito preparai uno strumento più esatto, che mostrava gli oggetti più di sessanta volte maggiori. E finalmente non risparmiando fatiche e spese, venni a tanto da costruirmi uno strumento così eccellente, che gli oggetti visti per il suo mezzo appaiono ingranditi di quasi mille volte e trenta volte più vicini che visti a occhio nudo.»

come Galileo scrisse nel primo ampio resoconto delle sue osservazioni astronomiche, il "Sidereus Nuncius", pubblicato il 12 Marzo del 1610, anno del suo trasferimento da Padova (dove aveva lavorato come titolare della cattedra universitaria di matematica dal 1592) a Firenze presso la corte del granduca Cosimo II de' Medici.

La Luna



Disegno dei rilievi lunari al primo quarto visti da Galileo.

«In primo luogo diremo dell'emisfero della Luna che è volto verso di noi. Per la maggior chiarezza divido l'emisfero in due parti, più chiara l'una, più scura l'altra: la più chiara sembra circondare e riempire tutto l'emisfero, la più scura invece offusca come nube la faccia stessa e la fa apparire cosparsa di macchie. Queste macchie alquanto scure e abbastanza ampie, ad ognuno visibili, furono scorte in ogni tempo; e perciò le chiameremo grandi o antiche, a differenza di altre macchie minori per ampiezza ma pure così frequenti da coprire l'intera superficie del disco lunare, soprattutto la parte più luminosa: e queste non furono viste da altri prima che da noi».

In ciò Galileo si riferisce naturalmente ai "mari" (le macchie più

grandi), visibili ad occhio nudo, e ai crateri lunari, osservabili soltanto con uno strumento ottico.

«Da osservazioni più volte ripetute di tali macchie fummo tratti alla convinzione che la superficie della Luna non è levigata, uniforme ed esattamente sferica, come gran numero di filosofi credette di essa e degli altri corpi celesti, ma ineguale, scabra e con molte cavità e sporgenze, non diversamente dalla faccia della Terra, variata da catene di monti e profonde valli».

In particolare Galileo poté osservare per la prima volta, pochi giorni dopo la fase di Luna nuova, che la linea di divisione tra luce e ombra non aveva curvatura regolare, ma appariva frastagliata e irregolare, e che la parte chiara della falce lunare mostrava piccole macchie nere e picchi luminosi, le prime rivolte dalla parte del Sole, proprio come sulla Terra al mattino le valli sono ancora in ombra mentre i picchi retrostanti vengono già illuminati dalla luce del sole. Così quelle strette valli, come le creste circolari di profondi crateri (*«Questa superficie lunare, laddove è variata da macchie, come occhi cerulei d'una coda di pavone, appare simile a quei vasetti di vetro che, posti ancora incandescenti in acqua fredda, acquistano superficie screpolata e ineguale, onde son detti dal volgo bicchieri di ghiaccio»*) e le distese più scure e prive di asperità, il cui aspetto e la cui vastità fece attribuire loro il nome di "mari", mostrarono che la luna non era una sfera perfetta e di natura eterea e divina, come ogni corpo celeste secondo l'idea della scienza ufficiale, ma un corpo solido con una crosta rocciosa a tratti increspata come quella della terra nelle sue più aspre ed impervie catene montuose.

Galileo poi nota che i mari in realtà non mutano di luminosità con l'inclinazione dei raggi del Sole, come ci si dovrebbe attendere se essi fossero oceani liquidi, e ancora si preoccupa

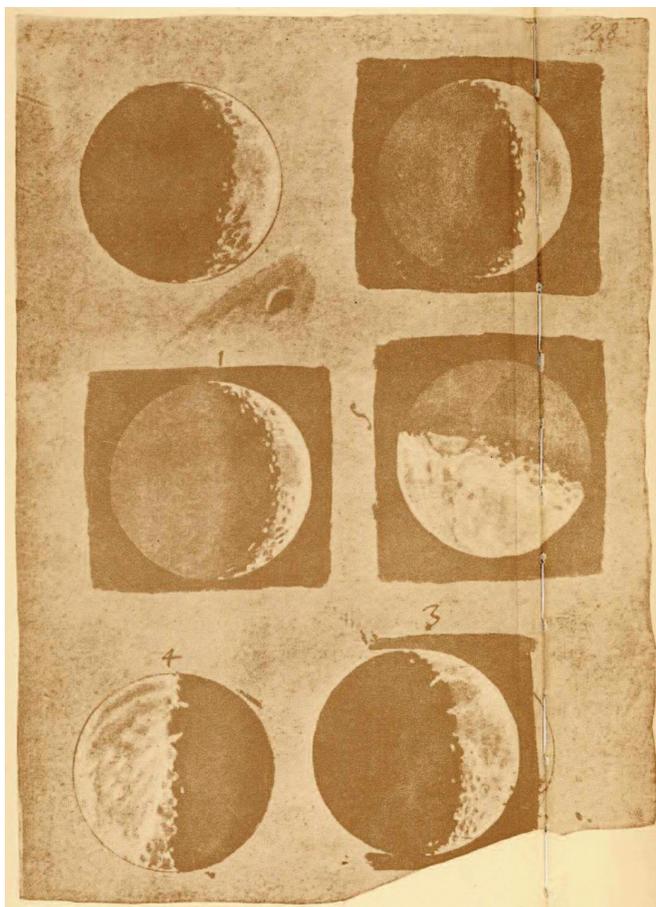
di spiegare il motivo della iniziale suddivisione del disco lunare in due parti, che fa apparire la luna priva di macchie al bordo, come se le asperità venissero meno in quella parte: *«In primo luogo se le protuberanze e le cavità del corpo lunare si estendessero solo secondo la circonferenza terminale dell'emisfero a noi visibile, allora la luna potrebbe, anzi dovrebbe mostrarsi a noi quasi simile ad una ruota dentata, col contorno ricco di bozze e sinuoso: però se non una sola catena di monti... ma molte file di monti con loro valli e anfratti si trovano disposti parallelamente attorno alla periferia della luna, e non solo nell'emisfero visibile ma anche in quello invisibile... allora un occhio che guardi da lontano non potrà distinguere il distacco tra le parti elevate e le cavità, perché i monti disposti nello stesso cerchio... sono nascosti da altri monti disposti in altre e altre file....»*, in secondo luogo, ammettendo che la Luna fosse ricoperta di vapori, poiché la luce ne attraverserebbe un maggior spessore proprio in direzione del bordo, sarebbero indistinguibili i suoi particolari.

La “luce cinerea”

La Luna, pochi giorni dopo la fase di luna nuova appare come una stretta falce; tuttavia allora si può notare che anche la sua parte oscura appare debolmente illuminata di una luce bianco-azzurrognola (“cinerea”) che sfuma verso il primo quarto fino a scomparire del tutto nelle fasi superiori. Galileo afferma che tale luce non può venire dal Sole, che si trova allora dalla parte opposta della Terra, né dalle stelle, in quanto in tal caso sarebbe visibile costantemente e non soltanto in un breve periodo del ciclo lunare, né da Venere (il terzo astro più luminoso del cielo) poiché non c'è alcun motivo perché

Venere venga a trovarsi opposta al Sole rispetto alla Luna in modo da illuminarne la parte oscura con periodo uguale a quello del ciclo lunare. Dunque responsabile di tale luce non può essere che la Terra, che in prossimità della luna nuova apparirebbe ad un osservatore sulla superficie lunare stessa, come un grande disco azzurro quasi completamente illuminato:

«Ecco: giustamente la Terra, grata, rende alla Luna luce pari a quella che essa stessa dalla Luna riceve per quasi tutto il tempo nelle tenebre piu profonde della notte».



Luce cinerea in un acquarello all'interno della prima copia del Sidereus Nuncius, Venezia 1610

Stelle e pianeti

«Degna di nota sembra anche la differenza tra l'aspetto dei pianeti e quello delle stelle fisse. i pianeti presentano i loro globi esattamente rotondi e definiti e, come piccole lune luminose perfuse ovunque di luce, appaiono circolari: le stelle fisse non si vedono mai terminate da un contorno circolare, ma come fulgori vibranti tutt'attorno i loro raggi...».

Stelle non visibili ad occhio nudo e Via Lattea

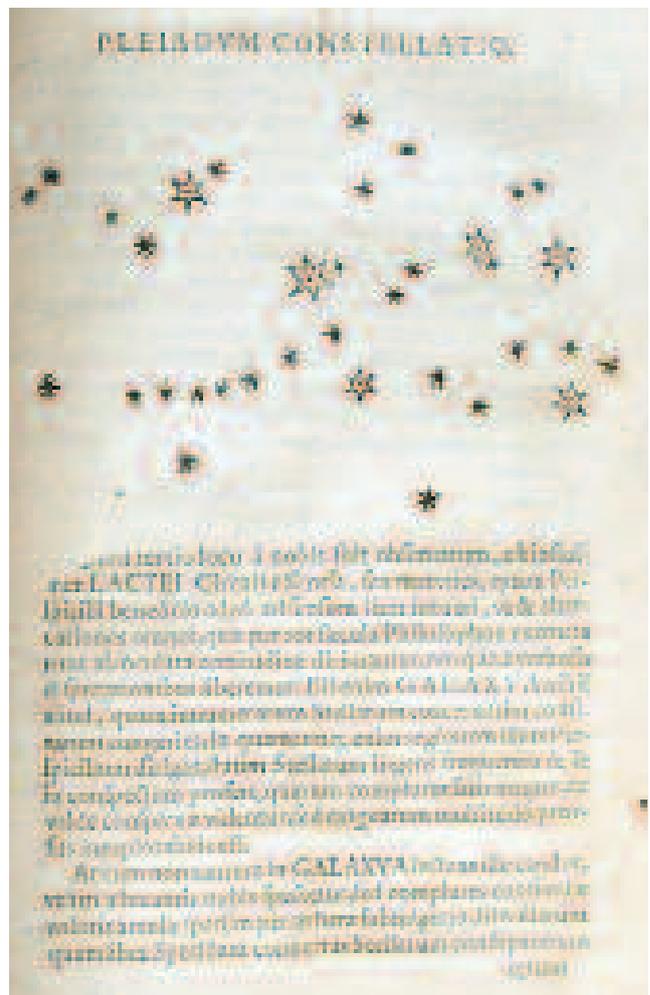
«Ma oltre alle stelle di sesta grandezza si vedrà col cannocchiale un così gran numero di altre, invisibili alla vista naturale, che appena è credibile: se ne possono vedere infatti più di quante ne comprendano le altre sei diverse grandezze...»

Un nuovo meraviglioso universo si schiude di fronte all'uomo; cambia la geografia del cielo, le configurazioni di stelle classificate dagli antichi come costellazioni e divenute familiari, divengono distese informi di polvere d'oro e d'argento.

Quando Galileo prova a riprodurre con un disegno la costellazione di Orione, si trova a disagio a causa del grande numero di stelle da raffigurare: *«ve ne sono infatti disseminate intorno a quelle già note, entro i limiti di uno o due gradi, più di cinquecento...»*.

Riesce a rappresentare più facilmente l'ammasso delle Pleiadi, di cui sono osservabili al massimo sette stelle ad occhio nudo, in condizioni ideali; Galileo con il cannocchiale ne osservò ben trentasei.

«Quello che in terzo luogo os-



Uno dei disegni delle Pleiadi all'interno del Sidereus Nuncius.

servammo, è l'essenza o materia della via Lattea, la quale attraverso il cannocchiale si può vedere così chiaramente che tutte le discussioni per tanti secoli cruccio dei filosofi, si dissipano con la certezza della sensata esperienza, e noi siamo liberati da sterili dispute. La Galassia infatti non è altro che un ammasso di innumerabili stelle disseminate a mucchi, che in qualunque parte di essa si diriga il cannocchiale, si offre subito alla vista un grandissimo numero di stelle, parecchie delle quali si vedono grandi e ben distinte, mentre la moltitudine delle piccole è affatto inesplorabile».

Queste parole sono la sintetica testimonianza del primo atto dell'esplorazione della nostra Galassia.

Il cannocchiale poi contribuisce a riconoscere come gruppi o "ammassi" di stelle, oggetti precedentemente classificati come "nebulose", come ad esempio l'ammasso aperto del "Presepe" nella costellazione del Cancro.

Ciò di cui ancora Galileo non sembrava rendersi conto, o che forse non ammetteva per cautela, è che ormai l'uomo poteva spingere l'occhio verso l'infinito, "frantumando" una volta per tutte l'involucro che da sempre si riteneva racchiudesse l'universo.

Satelliti di Giove e fasi di Venere

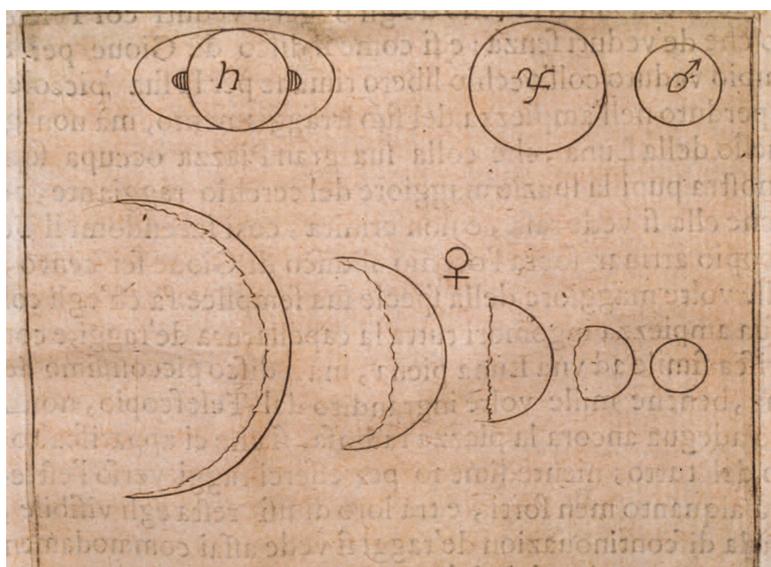
«Il giorno 7 Gennaio, dunque dell'anno 1610, a un'ora della notte, mentre con il cannocchiale osservavo gli astri mi si presentò Giove. Poiché mi ero preparato uno strumento eccellente, vidi (e ciò prima non mi era mai accaduto per la debolezza dell'altro) che intorno gli stavano tre stelle piccole ma luminosissime; e quantunque le credessi del numero delle fisse, mi destarono una certa meraviglia, perché apparivano

disposte esattamente secondo una linea retta e parallela all'eclittica e più splendidi di altre di grandezza uguale a loro...».

Lo “strumento eccellente” era il cannocchiale da 30 ingrandimenti citato all’inizio del “Sidereus Nuncius”; con esso Galileo cominciò ad osservare assiduamente, ogni notte serena quelle stelline (alle quali si aggiunse presto una quarta). Esse gli parvero oscillare intorno a Giove proprio come piccole lune orbitanti intorno al pianeta, osservate dal piano stesso dell’orbita.

Compreso che si trattava di satelliti di Giove (la loro scoperta fu dedicata a Cosimo II de' Medici ed i nuovi astri furono denominati pianeti medicei mentre a ciascuno di essi separatamente fu assegnato un nome derivato dalla mitologia classica: dall’interno Io, Europa, Ganimede, Callisto), il problema era distinguerli ad ogni osservazione per poter determinare i loro periodi orbitali e le caratteristiche del loro moto in modo da prevederne correttamente le posizioni con il calcolo.

Galileo vi riuscì dopo alcuni anni di osservazione, a prezzo della sua stessa salute, ma per realizzare tale scopo dovette



I pianeti del sistema solare: in alto a destra Marte e Giove, a sinistra Saturno, in basso le diverse fasi di Venere.

tener conto dell'influenza decisiva del moto della terra intorno al Sole. Tra tutte le osservazioni astronomiche e le deduzioni più o meno dirette da esse, fu quest'ultima a spingere Galileo irreversibilmente verso il modello eliocentrico copernicano. Tale prova risultò più decisiva dell'osservazione delle fasi di Venere (fatta sul finire del 1610 e non documentata nel *Sidereus Nuncius*, ma inizialmente in un carteggio tenuto dallo stesso Galileo con Giovanni Keplero): infatti esse, dovute come le fasi della luna alle diverse condizioni di illuminazione di Venere da parte del Sole che cambiano considerevolmente perché Venere ruota intorno al Sole in un'orbita interna a quella della Terra, potevano all'epoca essere spiegate anche accettando il sistema cosmologico di Tycho Brahe (una specie di compromesso tra geocentrismo e eliocentrismo, nel quale la Terra era immobile, ma Venere e Mercurio venivano fatti ruotare intorno al Sole per spiegare le loro forti variazioni di luminosità). Di fronte alle gravi e complesse problematiche sollevate da tali scoperte, diviene soltanto un dettaglio curioso ma privo di importanza, l'osservazione pur notevole della forma allungata di Saturno, prodotta da quelli che sarebbero successivamente stati individuati come i suoi anelli. Per un po' la Chiesa plaudì a Galileo, studioso profondamente religioso e stimato dall'autorità ecclesiastica, ma quando divenne sempre più evidente che il suo lavoro non era soltanto un esercizio di calcoli e dimostrazioni ma lo spirito che lo animava era rivolto alla ricerca della verità, la spinta rivoluzionaria delle sue idee divenne insostenibile per chi voleva ancorare la scienza a comode e grossolane certezze, e al tempo stesso per chi voleva vincolare il mondo ad antichi principi che, al di là delle strutture tortuose che si costruivano su di essi, giustificavano privilegi e potere. Ma quella condanna e quella dolorosa abiura furono presto

La fisica di Isaac Newton

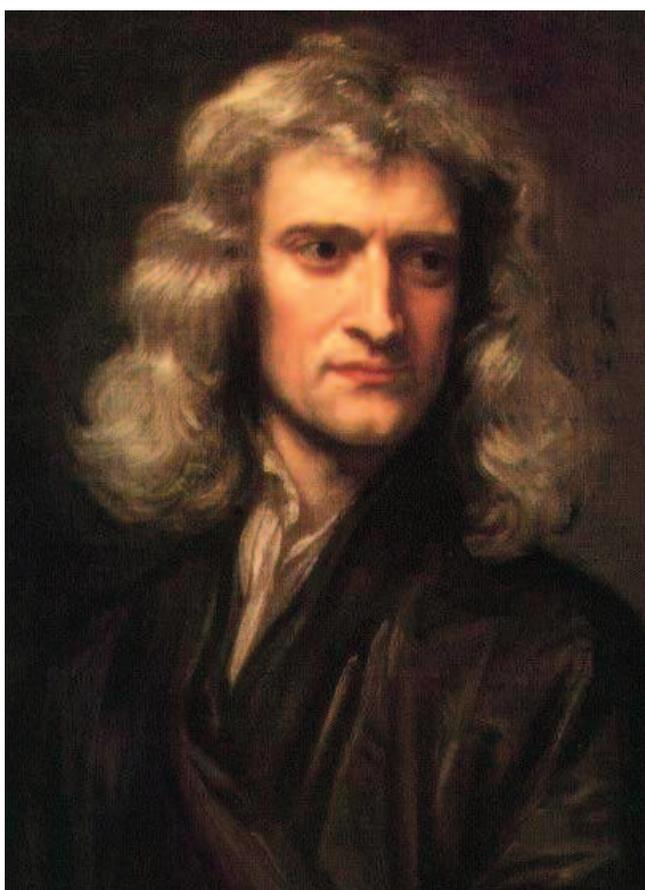
Maria Pia Servidio

«La verità si ritrova sempre nella semplicità, mai nella confusione»

Parole, pronunciate da Newton stesso. Una frase rimasta nella storia, anche per chi non conosce la fisica e l'astronomia.

Un genio di tempi lontani, precursore della scienza moderna. Il talento e l'intuito di un uomo lanciano le basi della fisica, quella fisica che ci permette di viaggiare oggi nello spazio. Un secolo, il suo che è una pietra miliare per la scienza moderna.

Un secolo, il diciassettesimo, difficile, un contesto storico e geografico importante, un'Inghilterra teatro di battaglie e guerre civili, di popolazioni divise in varie fazioni politiche e religiose, vede nascere uno tra i più grandi fisici e matematici di ogni tempo. Questo accade a Woolsthorpe nel 1643, pochi anni dopo il giovane Isaac dimostra interesse per la



Godfrey Kneller's, ritratto di Isaac Newton, 1689.

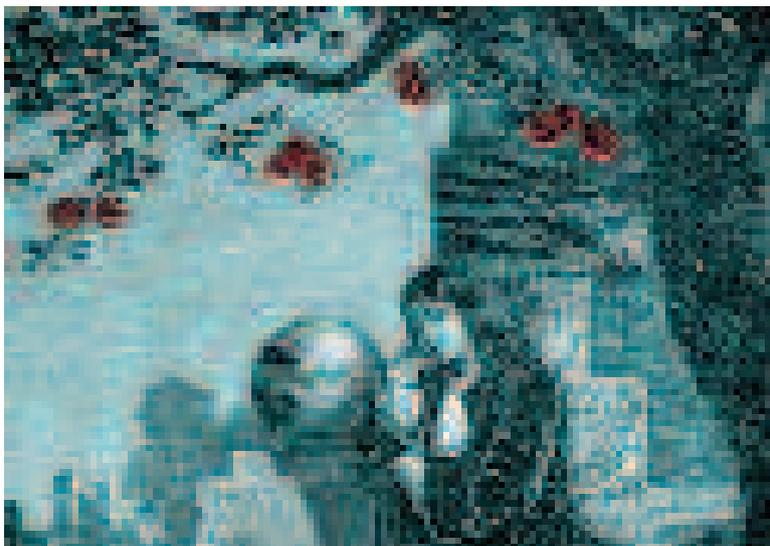
chimica, si dedica a invenzioni meccaniche, studi sulle meridi-
diane. Questo mondo lo incuriosisce.

Non c'è un evento in particolare al quale possiamo essere le-
gati. La sua opera copre diversi campi, sue le leggi della di-
namica, sua la legge della gravitazione universale, suo il
concetto di relatività, sue le basi della meccanica celeste, di-
mostratore della natura composta della luce bianca nonché
ideatore del calcolo integrale e differenziale, incubo dei nostri
studenti delle varie discipline scientifiche. Che dire di più?

Difficile concentrare la sua opera in poche righe...

E' anche definito come filosofo. Sicuramente legendario.

Infatti la leggenda vuole che proprio Newton abbia intuito la
gravità osservando una mela cadere da un albero. Nessuno
è in grado di dire se sia vero o no. Sta di fatto che Newton si
pose la domanda se anche la luna potesse essere soggetta
ad una forza di attrazione da parte del nostro pianeta. Due
corpi con masse così diverse soggette alla medesima forza.
Fu dunque grande il suo intuito. Da qui ne scaturì la legge
della gravitazione universale, secondo la quale due corpi si
attragono proporzionalmente al prodotto delle masse e in



Sir Isaac Newton os-
serva la caduta di una
mela in questa antica
incisione.

modo inversamente proporzionale al quadrato della distanza. Per dirla in termini matematici,

$$F_G = G_0 \frac{M m}{r^2}$$

La teoria della gravitazione universale nasce ufficialmente nel 1687, anno in cui viene data alle stampe la sua opera più famosa, i “Principi Matematici della Filosofia Naturale”.

Già altri scienziati tempo prima intuirono qualcosa, tra cui Edmund Halley. Ma fu solo Newton quello che riuscì a dimostrarla.

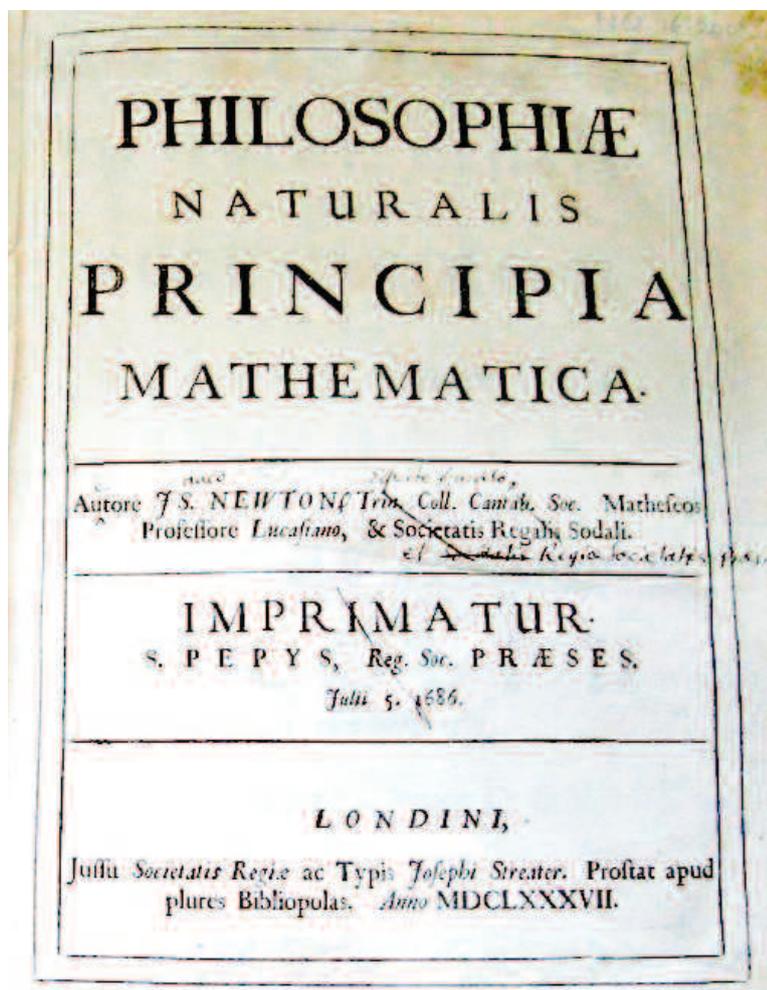
Nei “Principia” (così si abbrevia), che rimane sicuramente il testo più famoso di Newton, sono espressi altri importanti concetti divenuti fondamentali per la fisica e l’astronomia.

Ci stiamo imbattendo nelle leggi del moto, o leggi della dinamica, proprio come apertura del testo.

Le leggi formulate sono 3.

La prima legge è nota come “*principio di inerzia*” e afferma che un corpo permane nel suo stato di quiete, o meglio di moto rettilineo uniforme, a meno che non intervengano altre forze a perturbarlo.

Per esempio, in una visione errata, ma che è del senso comune, siamo abituati a considerare la Terra come un pianeta che si muove linearmente nello spazio, pur sapendo che la il pianeta ruota intorno al Sole. Questo è un errore di valutazione, la Terra non si “muove”, in realtà è in continua accelerazione; il suo moto naturale (moto rettilineo uniforme), la farebbe schizzare via nello spazio, seguendo una linea retta. E’ la forza di gravità esercitata dal Sole, che la accelera (vedi leggi di Keplero) e le fa percorrere un’orbita ellittica intorno ad esso. L’orbita, poco eccentrica, non è che la risultante



Frontespizio della prima edizione dei Principia datata 1687. Sono visibili le correzioni fatte da Newton stesso per la seconda edizione.

della somma vettoriale fra la tendenza al moto rettilineo uniforme e la forza gravitazionale.

Questo esempio è ancora più rafforzato dalla *seconda legge*, espressa matematicamente con la formula:

$$F = m \cdot a$$

Dove F sta per “forza”, m sta per “massa” e a sta per “accelerazione”. Occorre avere note massa di un corpo e la sua accelerazione per determinare la forza.

Oggi questo principio appare scontato, ma a quell’epoca non lo era affatto. Tornando indietro nel tempo, Aristotele, osservò

un carro trainato da buoi, assumendo che la forza che agisce su un corpo è proporzionale alla sua velocità. Allora dov'è lo storico errore? Semplice, Aristotele non aveva considerato l'attrito, anch'esso una forza... Se non vi fossero gli attriti, tenendo la forza costante, il carro accelererebbe continuamente, cioè la sua velocità crescerebbe in modo continuo. Parliamo sempre di vettori e rivediamo allora per un momento il concetto di velocità, cioè spazio percorso / tempo impiegato, (si misura in metri/secondi) e quello di accelerazione, cioè variazione della velocità nel tempo (che si misura in metri/secondi-quadrato)

Concludendo, possiamo dire che forza ed accelerazione sono direttamente proporzionali mentre massa ed accelerazione sono inversamente proporzionali.

Il *terzo principio*, invece ci dice che ad ogni azione, ne corrisponde una uguale e contraria. O meglio, parlando sempre in termini di vettori, la somma, ossia la risultante di tutte le forze che agiscono fra i corpi che costituiscono un sistema isolato è nulla... Ovvero, il principio di conservazione dell'energia.

Questo è un sunto, qualcosa di molto breve per capire come anche oggi si viaggia nello spazio con queste 3 leggi.

Ma i "principia" continuano, con una serie di dimostrazioni di teoremi geometrici, definizioni matematiche, usate da Newton per dimostrare come la forza attrattiva dipenda dal quadrato della distanza tra due corpi. Ma non vogliamo qui tediare il lettore, diciamo solo che il nostro genio inglese era alquanto indaffarato a dimostrare tale dipendenza in modo molto analitico, tanto da doversi inventare un metodo nuovo, appunto il calcolo differenziale, che condivide con un altro grande matematico, Leibnitz. La dimostrazione prevalente è geometrica.

Qui entra in gioco un'altra grande mente della fisica e dell'astronomia. Non possiamo infatti esulare dalle leggi di Keplero. Newton e Keplero sono infatti estremamente legati. Vediamo perché.

È perché, soprattutto, le leggi sono corrette dal punto di vista gravitazionale.

Rivediamole brevemente:

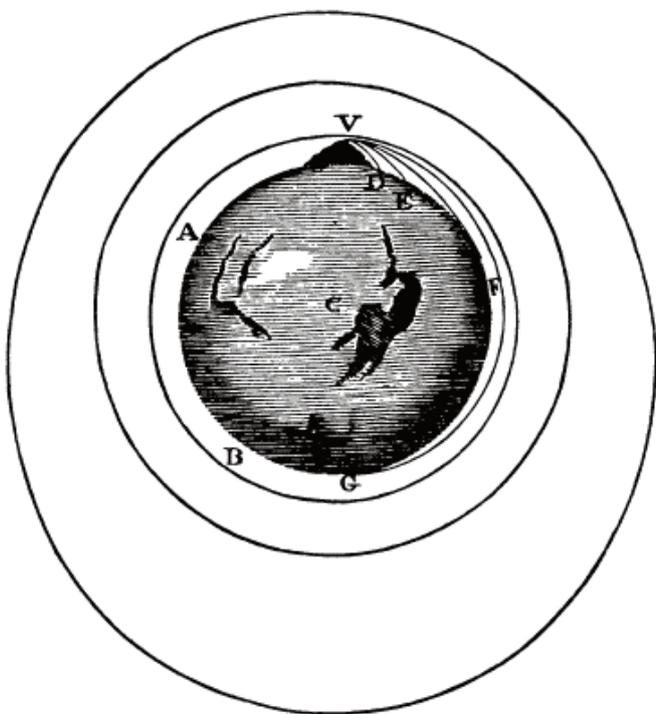
1. i pianeti descrivono orbite ellittiche, uno dei fuochi dell'ellisse è occupato dal sole
2. ad aree uguali nell'orbita corrispondono tempi uguali
3. il semiasse maggiore dell'orbita è proporzionale ai tempi di rivoluzione del pianeta. Matematicamente la 3° legge la definiamo così:

$$A^3/T^2=K$$

Dunque, mentre per l'astronomo Keplero erano il risultato esclusivo per le sue osservazioni, per Newton furono la naturale conseguenza della dipendenza della forza dal quadrato della distanza.

Con lui, le leggi di Keplero acquistano anche un significato fisico: la forza di gravità oltre che dalla distanza tra i corpi dipende in modo diretto anche dalle masse dei corpi stessi.

Anche Galileo è qua coinvolto: i suoi studi sul moto dei proiettili vengono ripresi da Newton, con un esperimento ideale dimostra che la legge di caduta dei corpi spiega anche il moto dei pianeti attorno al Sole. Esperimento detto "cannone da alta montagna". Si immagina di avere sul cucuzzolo di una montagna un cannone che spara proiettili a velocità diverse di lancio, via via più veloci. La logica ci dice che il più veloce toccherà la base del monte più lontano degli altri. Newton pensò che ad una data velocità, molto elevata, il proiettile non



Famoso disegno tratto dai Principia di Newton. Esso mostra le varie possibili traiettorie di una palla di cannone sparata dalla cima di una montagna, illustrando elegantemente la relazione tra caduta libera e moto orbitale.

avrebbe più toccato terra, ma si sarebbe sganciato ponendosi in orbita circolare all'altezza del monte. Il proiettile è soggetto alla legge di gravità e quindi cadendo continuamente sulla Terra non la raggiungerà mai, a meno che non cambino le condizioni di lancio. Ci sembra strana la cosa, vero? Eppure oggi i satelliti vengono posti in orbita proprio con questo concetto. Vale per uno Shuttle, ma vale anche per la Luna. Come abbiamo già visto, il nostro satellite sta continuamente cadendo sulla Terra, se non ci fosse gravità proseguirebbe per la

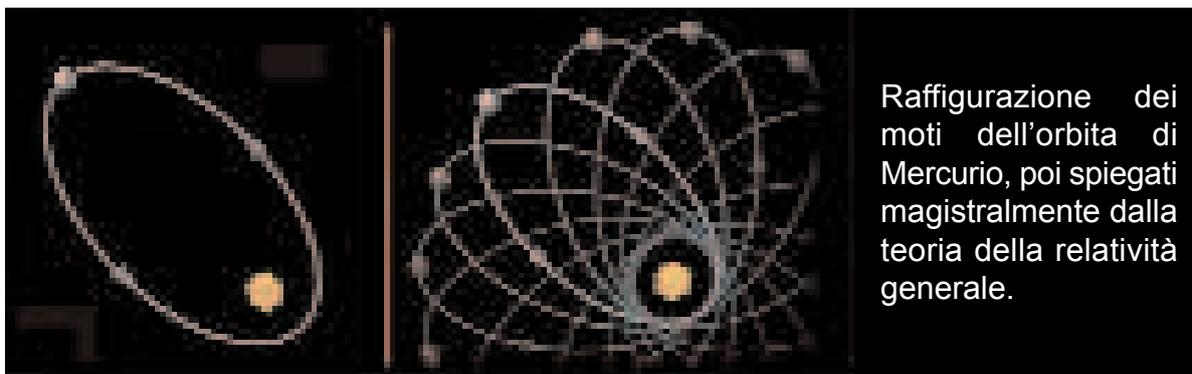
tangente allontanandosi per sempre dalla Terra e dal sistema solare, ma è la sua rivoluzione che la tiene in orbita, se questa non ci fosse la gravità vincerebbe facendola schiantare contro la Terra. L'intuito di Newton fu che proiettile e Luna si comportano nello stesso modo. Così come si comporta lo Shuttle per porre in orbita i satelliti artificiali. I fenomeni celesti e terrestri vengono unificati. Più avanti nel tempo, Maxwell espresse per l'elettromagnetismo il rivoluzionario concetto di "campo di forza", che sarà esteso anche alla gravità. Solo qualche decennio più tardi Einstein con la teoria della relatività generale completerà quella di Newton sostituendo al con-

retto di campo di forza quello di “curvatura” dello spazio-tempo.

Newton, però, come tutti i geni subì critiche piuttosto pesanti dai suoi contemporanei e anche dai suoi successori, cosa che spesso accade alle menti eccelse. C’era qualcosa che non quadrava nella sua teoria. Facciamo un esempio: l’orbita di Mercurio. Ad ogni rivoluzione si sposta leggermente verso la direzione da cui arriva, ovvero “precede” il punto di chiusura dell’orbita. Anche la Luna subisce questo effetto, ma per il nostro satellite, la precessione è giustificata dalle perturbazioni del Sole ed altre note, invece nessun effetto di perturbazione su Mercurio giustifica il valore trovato, cioè 43" ogni secolo. Un angolo piuttosto piccolo, ma che sballa seppur di poco teoria di Newton. Solo Einstein con le sue teorie innovative darà due secoli più tardi una spiegazione alla precessione dell’orbita di Mercurio.

Insomma, Newton non riusciva a spiegare in modo soddisfacente la gravità, tanto da essere accusato di occultismo. Per noi, abituati alla scienza moderna, dei trent’anni di inizio ‘900 che sconvolsero il mondo della fisica, rimane comunque la grande intuizione di Isaac Newton.

Ci sarebbe ancora tanto da dire su queste cose ma lascio il compito al lettore di approfondire oltre.



Newton si occupò anche di ottica, ad esempio è famosa la scoperta riguardo alla rifrazione della luce in un prisma, l'abbiamo studiata tutti. Scopri che nella luce del sole sono presenti tutti i colori dell'arcobaleno e che questi si separano dal colore della nostra stella (luce bianca) per il diverso angolo di rifrazione che subiscono passando nel prisma.

Il fenomeno dell'arcobaleno è dovuto alle goccioline d'acqua che fungono da prisma, la luce solare passando attraverso di esse, si scompone, dando luogo ad uno dei fenomeni più suggestivi che offre la natura. Ogni colore è "matematizzato" in ragione dell'angolo di rifrazione sulla superficie della gocciolina -prisma.



L'esperienza della scomposizione dello spettro luminoso in una incisione d'epoca.

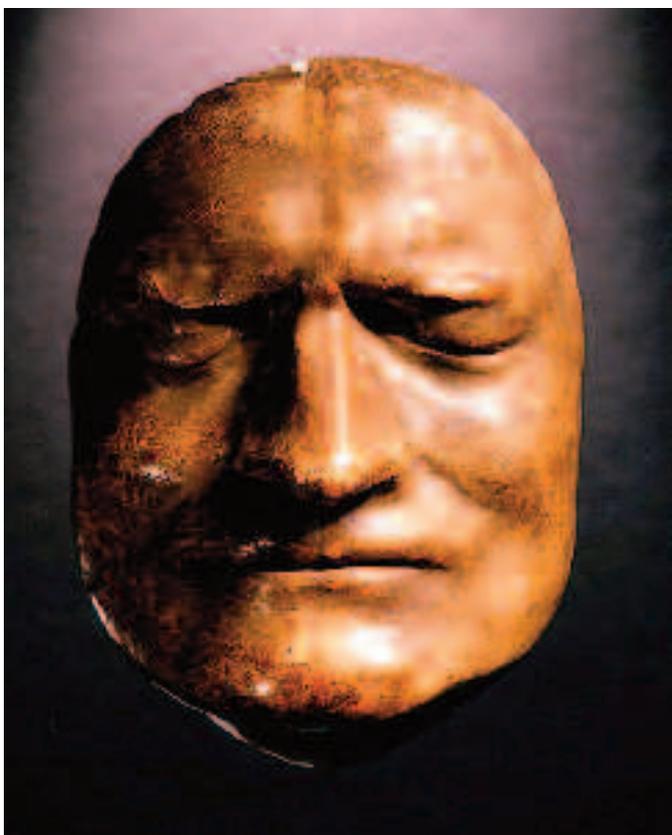
Le onde luminose hanno una data frequenza e ogni frequenza corrisponde a un diverso colore. Anche questo oggi lo diamo per scontato, ma allora fu una grande scoperta, furono poi Wollaston e Fraunhofer ad approfondire gli studi, fino ad arrivare a Gustav Kirchhoff padre della spettroscopia. Ma Newton aveva già intuito la natura corpuscolare della luce. Noi oggi sappiamo della dualità onda-particella e conosciamo il comportamento dei fotoni. La luce, per lo scienziato, aveva le caratteristiche proprie della materia, unico modo per rendere la luce un

fenomeno quantificabile e determinabile entro le leggi della fisica.

Concludendo, è vero che ogni epoca ha il suo genio, ce ne sono stati tanti nell'ambito scientifico, sicuramente però il merito di Newton è quello di aver segnato una svolta, forse la più importante nella storia della scienza.

Ancora oggi il suo telescopio porta il suo nome. Si occupò di teologia. Divenne presidente della Royal Society ed un associato della Académie des Sciences. Non si sposò e non ebbe figli. Si spense a Londra nel 1727 ed è sepolto nella cattedrale di Westminster.

Personalmente, più che la parte storica, ho preferito approfondire i suoi concetti scientifici, seppur tralasciandone alcuni. Ci lascia in eredità anche diversi aforismi, uno è all'inizio di questa lettura, e un altro lo inserisco alla conclusione:



Maschera funebre posta sopra il volto di Newton alla sua morte, all'età di 84 anni.

«Se ho visto oltre, è stato levandomi sulle spalle dei Giganti»

Com'è fatto il nostro pianeta

Roberto Benatti

All'interno della Terra

Tra i corpi del sistema solare, la Terra è tra quelli che ha una maggiore densità, che con un valore medio di circa $5,52 \text{ g/cm}^3$ è sicuramente il pianeta più denso del sistema, ciò è dovuto alla composizione del pianeta ed alla sua compattezza.

Approssimando, la Terra la possiamo assimilare ad una sfera che sezionata ci mostra una serie di involucri concentrici eterogenei tra loro, in cui compaiono molti degli elementi chimici catalogati nella Tavola periodica degli Elementi.

Sempre approssimando, gli strati, dall'esterno verso il centro, sono tre: la *crosta*, il *mantello* ed il *nucleo*. In realtà la struttura viene ulteriormente suddivisa in:

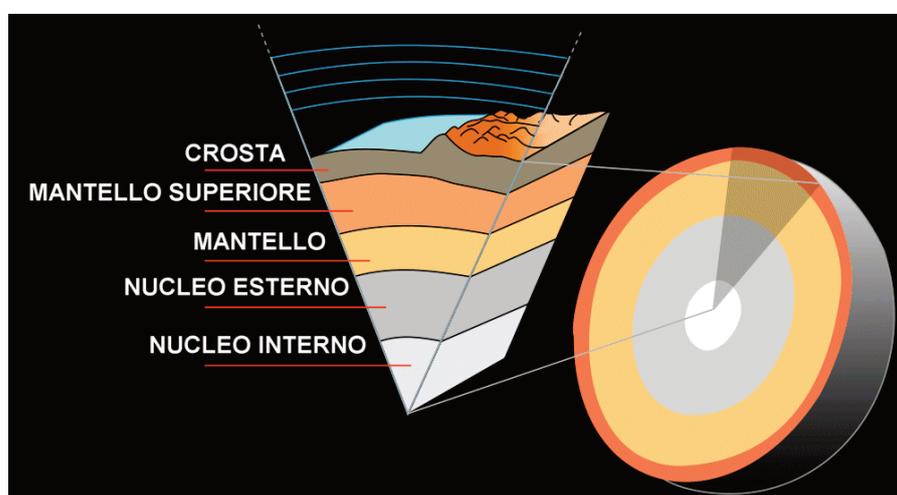
40 - 700 km Mantello superiore

700 - 2900 km Mantello inferiore

2900 - 5100 km Nucleo esterno

5100 - 6375 km Nucleo interno

(profondità comprendenti le varie discontinuità)



Sezione a spicchio degli strati interni della Terra.

Divisione che scientificamente viene ulteriormente ripartita. La *crosta* è composta da rocce ed ha uno spessore variabile che può raggiungere eccezionalmente uno spessore massimo di 90 km in corrispondenza delle catene montuose più elevate (continentale), mentre quella oceanica varia da 0 a 10 km.

La composizione della crosta è estremamente eterogenea sia in profondità che in longitudine. Tra gli elementi chimici più diffusi che compongono questo strato, il primo posto spetta all'Ossigeno (O), il cui peso è circa 45,4% (con un volume del 93,7%). Seguono:

Silicio (Si)	27,2%
Alluminio (Al)	8,3%
Ferro (Fe)	6,2%
Calcio (Ca)	4,7%
Magnesio (Mg)	2,8%
Sodio (Na)	2,3%
Potassio (K)	1,8%
Titanio (Ti)	
Idrogeno (H)	pesi inferiori
Fosforo (P)	al 1%.
Manganese (Mn)	

Come si può notare sono elementi che occupano la parte bassa della Tavola periodica degli Elementi (massimo è il Fe con numero atomico 26). La densità media delle rocce in superficie è equivalente a 2,85 g/cm³.

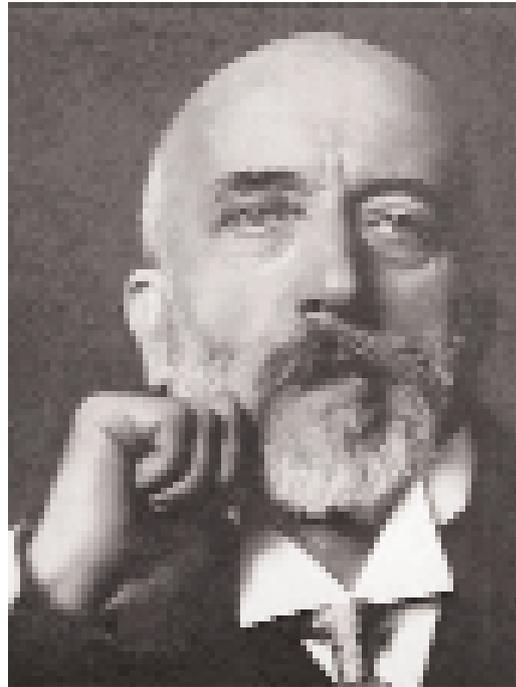
Sotto la crosta troviamo la *discontinuità di Mohorovičić* (o *Moho*), dal sismologo Jugoslavo che la individuò nel 1906, in questa zona si incrementa notevolmente la velocità di propa-

gazione delle onde sismiche. Sotto la Moho inizia il *mantello superiore* il cui spessore è poco meno di 700 km, anch'esso ha una struttura eterogenea soprattutto in profondità. Nella parte più alta ha una struttura rigida ove la velocità di propagazione delle onde sismiche diminuisce. Più sotto a causa dell'incremento della temperatura avviene la fusione parziale delle rocce, per cui avremo uno strato viscoso di plasma fuso, ove, per moti convettivi, il materiale più in basso sale e quello più sopra

scende, come accade in una pentola d'acqua prossima all'ebollizione. La massa fusa è il magma, che potrebbe defluire dalle bocche dei vulcani (lava), o negli oceani, dove la crosta è più sottile, dove si formano le dorsali oceaniche.

Su questo strato viscoso "galleggiano" le zone continentali. Ciò si verifica sino ad una profondità di circa 350 km, poi il mantello superiore riassume una struttura rigida associata ad un aumento della densità.

Il *mantello inferiore* ha una struttura rigida e più omogenea di quello superiore. Le temperature sono già sufficientemente elevate da provocare la fusione dei materiali solidi che lo compongono, ma ciò non avviene in quanto la pressione è pure elevata e ne impedisce la liquefazione. La densità nella



Andrija Mohorovičić (Volosca, 23 gennaio 1857 – Zagabria, 18 dicembre 1936), geologo e meteorologo croato.

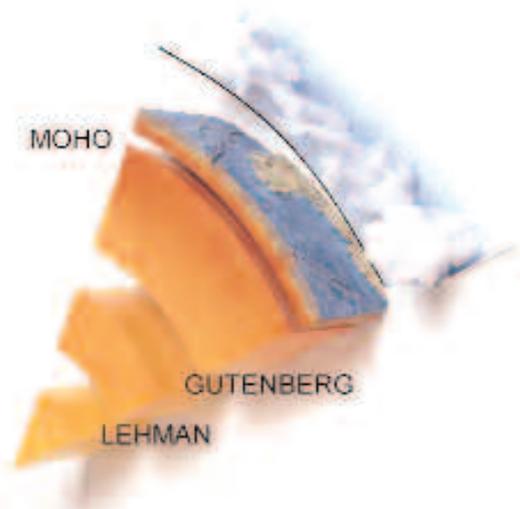
zona più profonda di questo strato è mediamente di $5,6 \text{ g/cm}^3$, mentre in quella superiore si avvicina a $3,4 \text{ g/cm}^3$. Sotto il mantello troviamo la *discontinuità di Gutenberg*, dal geofisico statunitense di origine tedesca che la individuò nel 1914, in questo strato la densità del materiale aumenta da circa 10 g/cm^3 a circa $13,5 \text{ g/cm}^3$. In questa discontinuità è importante lo studio della propagazione delle onde, ma non vogliamo affrontare l'argomento in questo contesto. Possiamo semplicemente segnalare che questa zona è caratterizzata da forti mutamenti sismici.

Il *nucleo esterno*, differisce dallo strato superiore in stato e composizione chimica, infatti è allo stato fuso, composto principalmente da ferro ($\sim 80\%$), anche nichel ed in minore percentuale zolfo.

Questo involucro occupa la parte mediana del pianeta e rappresenta circa il 31% della sua massa, la pressione al contatto col mantello è circa 1,4 milioni di atmosfere e la sua temperatura media attorno a $3000\text{-}4000^\circ\text{C}$.

Segue la *discontinuità di Lehman*, dalla geofisica danese che la individuò nel 1936 e che come le precedenti influisce sulla propagazione delle onde sismiche.

Il *nucleo interno*, occupa la parte più interna della Terra. La



Schema delle divisioni degli strati interni terrestri: Moho, Gutenberg e Lehman.

sua composizione chimica sarebbe abbastanza omogenea a quello esterno con un aumento percentuale del ferro, però è allo stato solido a causa dell'enorme pressione esercitata dagli involucri superiori. La temperatura si aggira attorno ai 5000°C e la pressione raggiunge i 3,6 milioni di atmosfere. Pure la densità è enorme e la massa di questo strato è comparabile a quella del nostro satellite. Si suppone che nel nucleo interno abbia origine il campo magnetico del pianeta.

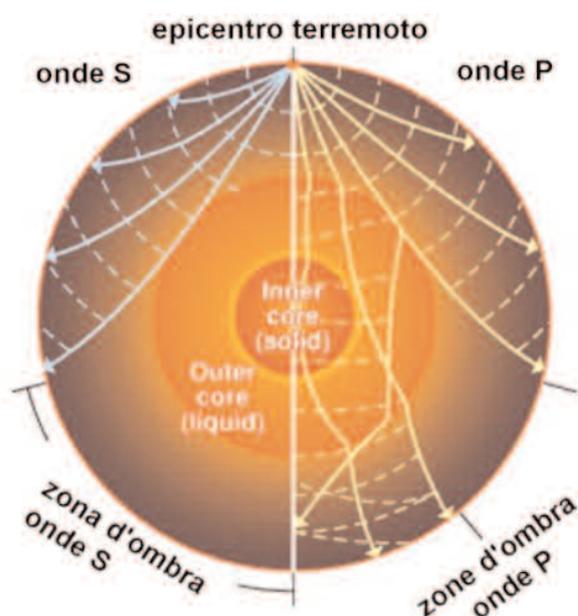
Quanto visto dell'interno del nostro pianeta non è confermato da dati tangibili in quanto fino alla fine del secolo scorso si rilevavano strutture e materiali dalle miniere che non superano i 3 km di profondità. Ultimamente, qualche gruppo di ricercatori si è cimentato nella trivellazione con carotaggio del nostro globo, ma con risultati modesti in quanto la profondità massima raggiunta si aggira attorno ai 15 km; in pratica ci si è solo addentrati nella parte superficiale della crosta. Questo è il motivo principale per cui troviamo varie incongruenze tra vari studiosi.

Se lo studio diretto dell'interno della Terra non è campionabile, come è stato costruito il modello appena descritto?

La soluzione è basata sullo studio dei terremoti i quali generano onde sismiche che rappresentano il modello fisico di propagazione dell'energia elastica liberata dalle scosse telluriche. Vi sono vari tipi di onde sismiche (P, S, L, ecc.) che vengono classificate secondo la direzione di propagazione, l'energia elastica, ecc.

Tali onde indicano che il nostro pianeta non è omogeneo, ma stratificato, infatti nell'affrontare vari strati con diverse composizioni, possono essere deviate o riflesse, da ciò si deduce che i vari involucri sono separati da zone di discontinuità.

Osservando il comportamento delle onde sismiche si possono anche ricavare informazioni in merito alla struttura interna della Terra.



Propagazione delle diverse onde sismiche attraverso gli strati interni della Terra. La diversa densità di essi è la causa delle velocità e delle traiettorie differenti che seguono le onde S e P, quest'ultime in grado di propagarsi anche nei liquidi.

La velocità delle onde dipende dalla composizione chimica e fisica del materiale attraversato e dalla pressione a cui è sottoposto. Alcuni tipi di onde si propagano o meno se i materiali sono allo stato solido o liquido.

Come si è visto la crosta terrestre è più sottile nelle profondità oceaniche perciò il mantello sarebbe più facilmente raggiungibile.

Nel 2005 un team di ricercatori di varie nazionalità, a bordo della grossa nave giapponese Chikyu, riuscirono a perforare la crosta

terrestre sino a 7 km con trivelle simili a quelle dell'industria petrolifera.

Il tentativo più ambizioso per studiare gli strati più profondi ha avuto inizio il 5 marzo 2007, quando la nave oceanografica inglese RSS James Cook si è diretta in una zona tra le isole di Capo Verde ed i Carabi per una nuova missione. In questa zona è stata individuata una misteriosa area di qualche migliaio di chilometri quadrati con totale assenza di crosta ter-

restre, in pratica la stratificazione inizia col mantello superiore. Inoltre è stata scoperta una fessura nello strato con una profondità di 4 km e larga 5 km. L'idea è far scendere nella fenditura un robot per studiare e raccogliere campioni geologici.

In tutte le spedizioni verso il "centro della Terra", assieme allo studio mineralogico e geologico si pone sempre attenzione alla ricerca di batteri che si potrebbero celare nella crosta oceanica.

All'esterno della Terra

Analizziamo a seguire la regione sovrastante che circonda il nostro pianeta, ovvero quell'involucro di miscela di gas denominata *atmosfera terrestre*.

Analogamente al globo terracqueo pure l'atmosfera non è un guscio omogeneo, anch'essa è composta da strati concentrici. È interessante studiarla in quanto il nostro è uno dei pochi pianeti conosciuti (non totalmente) con una atmosfera complessa.

Orientativamente, gli strati dalla superficie verso l'esterno, sono tre: la *troposfera*, la *stratosfera* e la *ionosfera*. In realtà la struttura viene ulteriormente suddivisa in:

0 - 17 km Troposfera

17 - 50 km Stratosfera

50 - 80 km Mesosfera

80 - 600 km Termosfera

600 - 1000 km ??? Esosfera

(altitudini comprendenti le varie discontinuità)



Gli strati principali di cui è composta l'atmosfera terrestre.

Divisione che scientificamente viene ulteriormente ripartita.

Tra i principali elementi chimici che la compongono l'atmosfera il primo posto spetta all'Azoto (N₂), in percentuale 78%, seguono:

Ossigeno (O ₂)	20,9%
Argon (Ar)	0,9%
Vapore acqueo (H ₂ O)	poco superiori allo 0,1%
Anidride carbonica (CO ₂)	
Neon	

Vogliamo segnalare che l'elemento chimico più leggero, ovvero l'Idrogeno (H₂), è molto raro sia nell'atmosfera che, allo stato puro, nel sottosuolo e sulla superficie terrestre. Nell'atmosfera è presente solo per 0,00005% (0,5 ppm – parti per milione), pur essendo l'idrogeno l'elemento più abbondante nell'universo.

L'Ossigeno libero presente nell'atmosfera terrestre, nelle atmosfere degli altri pianeti del nostro sistema è inesistente o possiamo trovarne solo delle tracce. L'Ozono (O₃): 0,000004% (0,04 ppm).

La *troposfera* è la regione più densa, racchiude l'80% della massa gassosa e la quasi totalità del vapore acqueo esistente: elementi specifici per l'esistenza della vita in ogni forma. Nella zona di contatto con la superficie del pianeta abbiamo le temperature più elevate che decrescono salendo in quota; l'aria calda tende a salire dando vita ai movimenti convettivi di aria, per questa ragione è sede dei fenomeni meteorologici ed alle formazioni delle nubi.

Temperatura sulla superficie terrestre, pressione e spessore della troposfera non sono costanti, ma variano dal polo all'equatore ove troviamo i valori più elevati. Lo spessore massimo è circa 17 km sul livello del mare (s.l.m.), a quell'altezza la temperatura è attorno ai -60°C ed il vapore acqueo è irrilevante. Immediatamente sopra troviamo una sottile zona di discontinuità, con spessore variabile secondo le stagioni, detta *tropopausa*; in essa si muovono correnti d'aria con velocità di 200-300 km/h.

Inizia quindi la *stratosfera* (sino a 50-60 km s.l.m.), ove sono presenti sporadici fenomeni meteorologici, nella parte superiore è stabile ed i gas presenti sono molto rarefatti. Dopo i primi 20 km, si verifica l'inversione termica, ovvero la temperatura si innalza con l'altitudine sino a circa 0°C a causa della produzione di calore dovuta alla scissione delle molecole di ozono contenute in gran parte in questa regione.

Immediatamente sopra troviamo una sottile zona di transizione detta *stratopausa*; in questa zona la temperatura torna a decrescere. Anche in questa zona si rileva presenza di ozono.

Inizia quindi la *mesosfera*, i gas sono ancor più rarefatti con prevalenza degli elementi più leggeri (Idrogeno ed Elio); l'Os-

sigeno tende a diminuire ed anche l'Ozono. La temperatura precipita con l'altitudine sino a raggiungere i -90° al suo limite superiore.

Nella sua parte più alta inizia la zona elettromagnetica detta *ionosfera* che funge da specchio riflettente verso Terra per le onde radio.

In questa zona si possono osservare le aurore polari (boreali ed australi) di bassa quota e le scie delle meteore più piccole che si consumano in atmosfera.

Immediatamente sopra troviamo un'altra sottile zona di discontinuità detta *mesopausa*.

Un parziale mistero è presente in queste due regioni: le nubi di luce o nubi nottilucenti (Noctilucent Clouds, NLC). Esse riflettono gli ultimi raggi solari visibili quando il Sole è sotto l'orizzonte (poco dopo il tramonto e poco prima dell'alba). Nel dicembre del 2006 è stata lanciata dalla NASA la sonda AIM (Aeronomy of Ice in the Mesosphere) per studiare queste nubi anomale, di colore azzurro argenteo, di cui poco si conosce. Si fanno varie ipotesi sulla loro composizione: ghiac-



Gli strati più bassi dell'atmosfera terrestre sono chiaramente visibili in questa immagine ripresa dagli astronauti della ISS durante la Expedition 17. Uno strato di nubi nottilucenti si frappone a circa 80 Km di altezza.

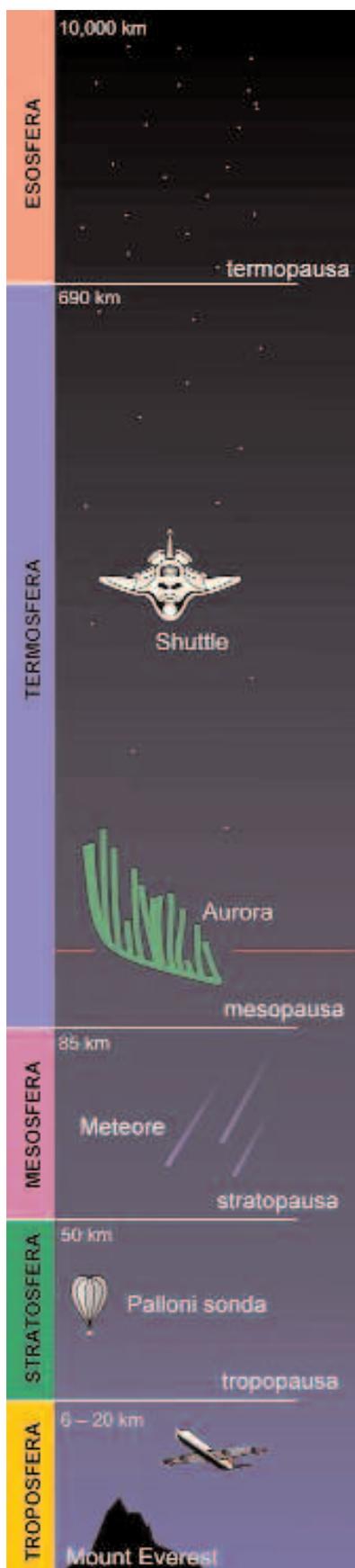
cio dovuto ad acqua cosmica, oppure cometaria, oppure polveri dovute a meteoriti o ad eruzioni vulcaniche.

In seguito inizia la *termosfera*. Qui resiste una sporadica percentuale di gas atmosferici rarefatti, la materia è presente allo stato molecolare od atomico in stato ionizzato. La zona principale della *ionosfera* (ionosfera inferiore) la possiamo associare a questo strato, ove l'alta densità elettronica è origine di consistenti fenomeni elettromagnetici, tra cui le aurore polari. Il nome di questa regione è dovuto alla temperatura che riprende sensibilmente ad alzarsi crescendo proporzionalmente con l'aumentare dell'altezza, sino a raggiungere temperature anche superiori ai 1200°C. Ciò è imputabile al flusso diretto della radiazione solare ed alla conseguente energia sviluppata dalla ionizzazione delle particelle.

La quasi totale assenza di aria facilita il moto orbitale, tant'è che in astronautica questa zona viene ritenuta il confine con lo spazio; infatti le orbite di molti Space Shuttle variano tra i 300 ed i 450 km di quota, quella della Stazione Spaziale Internazionale (ISS) giace attorno ai 400 km e gran parte dei satelliti ruotano tra i 200 e gli 800 km.

Al suo confine superiore troviamo un'altra sottile zona di discontinuità detta *termopausa*, il suo spessore è più rilevante nei periodi di massima attività solare. In essa si arresta l'aumento della temperatura.

Inizia quindi l'*esosfera*, ove sono presenti gli atomi più leggeri (elio ed idrogeno). Questa è la regione atmosferica meno nota che approda allo spazio interplanetario. A causa del ridotto effetto del campo gravitazionale del pianeta, la densità della materia diminuisce progressivamente sino ad "annul-



larsi".

Si ipotizza che le temperature in questa regione possano variare, 300-1600°C, nei periodi di minimo e massimo irraggiamento solare.

Parte della ionosfera (ionosfera superiore) sconfinata nella zona bassa di questo strato.

La zona di transizione tra atmosfera terrestre e spazio cosmico viene ipotizzata all'altitudine di 1.000 km, anche se alcuni studiosi sostengono che non esiste un reale limite superiore facendo rientrare le fasce di Van Allen (6.300-38.000 km) nell'esosfera.

Come si può notare i nomi che terminano in "sfera" si riferiscono agli strati atmosferici, mentre quelli che terminano con "pauza" sono i limiti tra due strati.

La parte consistente dell'atmosfera è attratta verso la superficie della Terra, quindi si presenta modellata come il pianeta, cioè rigonfia all'equatore e schiacciata ai poli e segue il moto di rotazione.

Quanto visto rappresenta la descrizione in funzione della variazione della temperatura con l'altitudine adottata dal-

l'Unione Internazionale di Geodesia e Geofisica (IUGG) nel 1951. Pur essendo questa la rappresentazione più comune, l'atmosfera terrestre viene a volte classificata alternativamente sulla base della sua composizione.

Come si è visto la Terra è avvolta da una massa gassosa complessa divisa in più strati la quale si è formata milioni di anni fa e che permane per via del campo gravitazionale.

Anche altri corpi celesti hanno una propria atmosfera che si mantiene solidale ad essi quando i loro campi gravitazionali sono sufficientemente intensi.

Per vari fenomeni, gli strati atmosferici non particolarmente densi, tendono più facilmente ad assottigliarsi fino a lasciare scoperto il corpo celeste. Per la Terra si ipotizza che questo processo potrebbe consumarsi in qualche milione di anni, se non vi fossero le eruzioni vulcaniche a riequilibrare il guscio attorno al nostro pianeta con nuovi gas.

La nostra atmosfera, soprattutto la ionosfera, assorbe gran parte della banda spettrale della radiazione solare, lasciando passare soltanto il segmento ottico e radio. Le radiazioni X e gamma possono essere osservate con l'ausilio dei telescopi spaziali, o come si usava qualche decennio addietro, coi palloni sonda in alta quota.

Si è visto che i satelliti artificiali hanno orbite relativamente vicine, però il nuovo super telescopio spaziale "James Webb Space Telescope" (JWST) sarà posizionato ad un milione e mezzo di chilometri per evitare il più possibile le radiazioni terrestri. JWST con uno specchio di 6,5 m a petali, analizzerà la lunghezza d'onda dell'infrarosso debole. È un progetto Nasa, Esa e CSA, lancio previsto nel 2013. Questo telesco-



pio sostituirà parzialmente l'HST, avente uno specchio di 2,4 m di diametro e su un'orbita di circa 600 chilometri di altezza, analizza lunghezze d'onda nell'ottico, ultravioletto e vicino infrarosso.

Conferenza del 25 Maggio 2007

Elenco delle fonti

- <http://it.wikipedia.org>
- <http://www.chim1.unifi.it/dida/tabelle/Crosta.htm>
- <http://www.lastampa.it/>
- <http://www.corriere.it/>
- <http://www.meteorologia.it/>
- <http://www.iugg.org/>

A 40 anni dal primo passo sulla Luna

Maria Pia Servidio

I versi di un poeta, l'illusione di un pittore e i ricordi di una bambina

«Di quali stravaganze non è capace lo spirito umano allorchando non è regolato dalle cognizioni astronomiche!»

Giacomo Leopardi

Il poeta scrisse ancora in tenera età una “Storia dell’astronomia”, una delle sue grandi passioni.

In età adulta compaiono nelle sue poesie versi di natura celeste. Segnalo, tra questi, l’inizio delle “Ricordanze”:

«Vaghe stelle dell’orsa, io non credea tornare ancor per uso a contemplarvi»; oppure, il primo verso del “Canto notturno di un pastore errante dell’Asia”:

«Che fai tu, luna in ciel? Dimmi che fai, silenziosa luna?»

Chissà se Leopardi si immaginava che dopo quasi due secoli l’uomo sulla luna ci avrebbe messo piede...

Ne sarebbe stato ammirato...

Alla metà del secolo scorso, dopo le guerre che sconvolsero il globo terrestre, la scienza già fibrillava per spedire gli uomini nello spazio; furono i sovietici i primi a riuscire nell’intento, con Yuri Gagarin, ma l’America si preparava già al più importante passo successivo...mettere piede per prima sul nostro satellite.

I preparativi erano anche pubblicitari, ovviamente, e si cercava qualcuno in grado di disegnare manifesti suggestivi per il popolo americano. Un altro artista, non un poeta, ma un pit-

tore e disegnatore, fu coinvolto in questa missione. Non noto come Leopardi, praticamente sconosciuto in Italia, ma famoso negli Stati Uniti. Il suo nome è Chesley Bonestell, il padre della Spaceart. Dopo di lui migliaia di illustratori in tutto il mondo si ispirarono a fantasiosi paesaggi esotici dell'universo.

Famosi i disegni lunari di Bonestell, suoli frastagliati e tortuosi, picchi e rilievi aguzzi. La sua illusione di un ambiente lunare angusto. Grande fu la conseguente delusione quando le immagini che arrivavano dalla missione Apollo rivelavano un terreno accidentato. Dolce e inquietante come la poesia di Leopardi.



La conquista dello spazio, Chesley Bonestell, 1948

Non avevo ancora compiuto 9 anni nel luglio 1969, ma ho ricordi ben chiari. Quando si è bambini le caselle della memoria hanno ancora molto spazio per recepire le cose nuove e quella notte fra il 20 e il 21 di luglio me la ricordo bene. Quando si è bambini si vorrebbe essere grandi, si invidiano i grandi per le cose che fanno. E io invidiavo Tito Stagno. Fu lui quella notte, insieme a Ruggero Orlando, a dare la notizia. Fu lui con voce trepida a urlare da Houston per una Rai ancora in bianco e nero, «*Ha toccato!! Ha toccato in questo momento il suolo lunare*». Guardavo i miei genitori increduli, i miei nonni, parte di una civiltà ancora rurale, quasi sbalorditi. Per me invece era solo l'inizio. La grande avventura era appena cominciata.

La conquista della Luna



Il programma Apollo nasce nei primi anni 60, con l'obiettivo di far atterrare l'uomo sulla Luna; inizialmente preparato dagli americani attraverso i programmi Mercury e Gemini per le missioni avanzate terra-orbitali. L'obiettivo fu infatti raggiunto con la missione Apollo 11 nel '69.

Ovviamente la priorità era quella di riportare a casa sano e salvo l'equipaggio. Non ci si poteva permettere un fallimento da

questo lato. Tra i vari possibili modi per riuscire nell'intento si scelse il Rendez-vous in orbita lunare. La navicella era divisa in due parti:

1. CSM, o meglio "modulo di comando-servizio", costituito da una capsula dove stavano i tre astronauti, con uno scudo termico protettivo. Il rientro a terra è una fase molto rischiosa e l'attrito con l'atmosfera surriscalda la navicella. L'elettronica avanzata (per quei tempi) doveva provvedere al sostentamento dell'equipaggio, energia, ossigeno ecc.
2. Il secondo modulo era chiamato *LEM*, ovvero Lunar Excursion Module, in grado di proteggere i due astronauti che sarebbero discesi sul suolo lunare.

Due su tre, infatti, il terzo doveva restare a bordo del CSM. Perché due moduli e non uno solo?

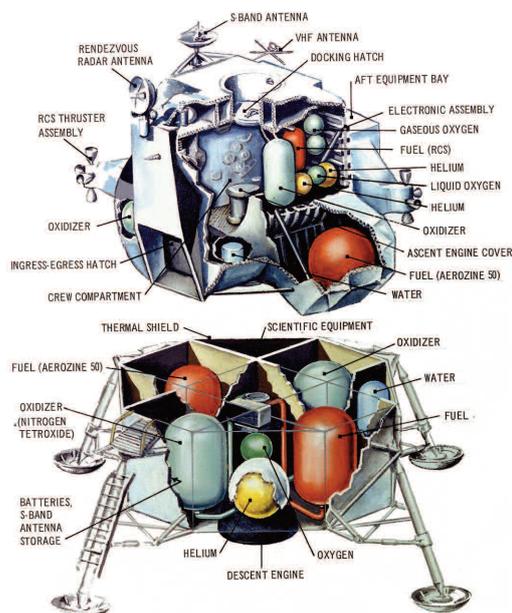
Il motivo è abbastanza semplice, il LEM, da solo era molto più leggero e più semplice da manovrare! Terminata l'esplorazione, i due moduli si sarebbero riuniti per portare gli astronauti a casa. Semplice, forse, ma gli astronauti avevano eseguito prove di allenamento a terra, con veicoli di simulazione.

La nostra curiosità si spinge ad una descrizione un po' più dettagliata del LEM.

La società Grumman ne costruì ben 15 esemplari, ma solo 10 raggiunsero lo spazio.

Uno dei problemi era che nessuno aveva una chiara idea di come fosse il suolo lunare, questo uno dei motivi per cui risultava difficile la progettazione. Si decise di munire le 4 "gambe" del LEM di "scarpe" larghe 91 cm. Parlando invece di motori, sappiamo che aveva 2 endoreattori e 16 piccoli

razzi di assetto, meccanica assolutamente innovativa per gli anni '60. Il LEM doveva avere un discesa morbida sul suolo del satellite, quindi con spinta del motore modulabile e orientabile. Con direzione di spinta che varia al massimo di 6 gradi rispetto all' asse verticale, e con una forza regolata in un intervallo compreso tra i 4,7 e 43,9 kilo-newton.



Modulo Lunare

Le comunicazioni tra la base a Houston e gli astronauti a bordo della navicella, si risolvono in un arco di tempo di 3 secondi circa, fra andata e ritorno, se consideriamo infatti la distanza Terra-Luna e la velocità della luce, i tempi sono questi. Tempi in apparenza rapidi, ma non così tanto da essere compatibili con la necessità di una rapida reazione in fase di discesa al suolo. Necessario quindi avere a disposizione un sofisticato sistema di navigazione e controllo. Tale sistema era il *PGNCS* (Primary Guidance, Navigation and Control System). I software di navigazione dovevano elaborare i dati in tempo reale in maniera precisa ed efficace, anche se parte del compito veniva assolto a Houston. I computer dell'epoca non erano certo quelli di adesso, ma il luogo comune che siamo andati sulla Luna con i Commodore 64, dovrebbe essere un po' sfatato, viste le prestazioni raggiunte. C'è una parte tecnica ben dettagliata, forse un po' noiosa in questa sede, ma per chi volesse, la rete fornisce diversi siti su questo argomento.

Per esempio, qual'era il combustibile? Qual'era la "benzina" che faceva muovere i due moduli?

Sono propellenti liquidi, ipergolici, cioè che si incendiano spontaneamente nel momento in cui comburente e combustibile vengono messi a contatto. Propellenti tenuti sotto pressione in modo classico ricorrendo all'elio che elimina la necessità di ricorrere a delicate turbopompe.

Lasciamo ora la parte tecnica, e veniamo a quella umana. Gli astronauti dovevano avere un preparazione, sia fisica che psicologica, molto elevata. Dovevano essere abbastanza freddi, non lasciarsi prendere dall'emozione o peggio, dal panico, ed essere in grado di risolvere i problemi e di riparare le eventuali parti danneggiate della navicella. Essere molto precisi nelle azioni era molto importante. Per esempio, la velocità sia verticale che orizzontale quando si atterra deve essere limitata per evitare che le gambe del LEM si rompano o che la navicella si ribalti, cosa che avrebbe inesorabilmente condannato l'equipaggio. Quante ore di simulazione nell'esperienza dei nostri astronauti!!!

Ma chi erano? Il loro nomi li conoscono molto bene anche quelli nati un bel pezzo dopo il '69.

Noi, bambini nel '69, sentivamo solo gli echi di un mondo che stava cambiando, non capivamo, ma li sentivamo nell'aria. C'era l'eco dei morti della guerra in Vietnam, quella dell'Europa in rivolta nelle grandi città, quella della volontà dei dissidenti di cambiare le condizioni di vita nelle dittature dell'est e i giovani di tutto il mondo che volevano una vita libera dalle restrizioni delle generazioni precedenti. C'era il vento di guerra fredda, tra due blocchi che non si curavano delle volontà dei

loro popoli.

E si sentiva forte l'eco della corsa allo spazio. Furono i sovietici, nel '61, a mandare Yuri Gagarin nello spazio, sulle note degli emozionanti cori dell'armata rossa.

Ma furono gli americani che nel '69, sulle note di quanti avrebbero cantato nemmeno un mese dopo a Woodstock, un evento che sconvolse per sempre il mondo della musica, a raggiungere il suolo lunare. Con Neil Armstrong, comandante e primo uomo a camminare sulla Luna, Edwin "Buzz" Aldrin, pilota del modulo lunare e Mike Collins, pilota del modulo di comando.



Il mondo stava cambiando.

La notte tra il 20 e il 21 luglio 1969 gli abitanti dell'intero pianeta stavano assistendo al più grandioso evento della storia dell'umanità.

Il modulo lunare chiamato Eagle inizia la sua discesa, Collins



rimane a bordo del Columbia, il modulo di comando. Il comandante della missione, Armstrong, fa allunare Eagle nella parte meridionale del Mare della Tranquillità, luogo scelto per l'assenza di asperità, anche se poi si dimostra più roccioso di quel che si pensava.

Alle 2.56 Armstrong scende dal LEM e compie il suo primo passo. Mentre scendeva la scaletta di nove gradini, Armstrong tirò l'anello che schierò il Modular Equipment Storage Assembly (MESA) contro il lato dell'Eagle attivando la telecamera della TV. Il mondo era attonito. Almeno 600 milioni di persone (poche oggi, ma tante per quel tempo), seguivano la diretta televisiva.

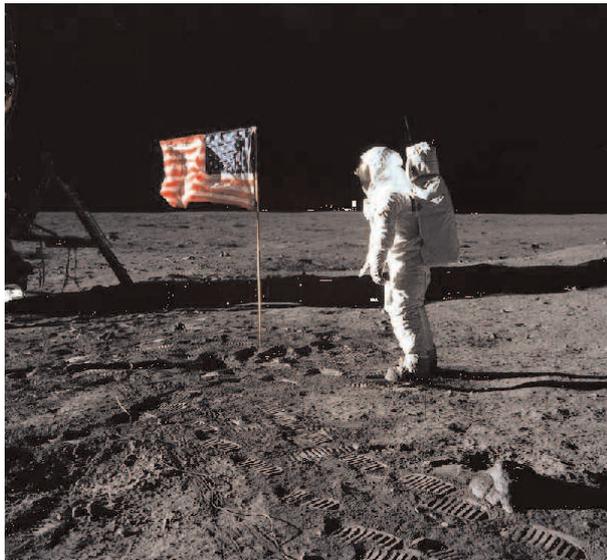
Armstrong fa i primi commenti sul suolo lunare, fine, quasi polveroso, dopo di che la frase storica che ci riecheggia ancora nelle orecchie dopo 40 anni:

«That's one small step for [a] man, one giant leap for mankind»

Ecco il primo passo umano sul satellite, poi Aldrin lo segue, e i due fotografano e raccolgono campioni del suolo lunare per oltre due ore. Armstrong, che non riesce a vedersi piedi, per via di un dispositivo posto sul casco, commenta che è molto più facile muoversi con una gravità 6 volte inferiore a quella terrestre. Ci ricordiamo quei grandi balzi, quasi corressero sul suolo lunare con movimenti che ricordano vagamente quelli di un canguro.

Erano contenti del fatto che il moto della discesa non avesse lasciato nessun cratere al suolo, evitando la luce solare riuscivano a vedere bene il suolo che pareva abbastanza uniforme.

Presero così la bandiera americana e col martello la piantarono sul suolo lunare. Poi la telefonata non proprio inaspettata del presidente Nixon.



L'astronauta "Buzz" Aldrin (soprannome affibiatogli dalla sorella da adolescente e legalizzato nel 1988 come suo primo nome) esegue il saluto militare di fronte alla bandiera appena impiantata.

Dovevano fare in fretta a concludere la loro missione EVA (Extra Vehicular Activity) e molti strumenti venivano lasciati ai piedi del LEM destinati ad essere per sempre parte integrante del nostro satellite.

Così controllarono il loro livello di ossigeno, tutto ok, ma al limite, solo pochissimo tempo in più e non avrebbero più potuto respirare.

Si chiude lo sportello del LEM e da questo momento potevamo sentire solo le loro voci. Rimasero sul suolo poco più di due ore e mezza. Gli strumenti abbandonati ai piedi del LEM davano ancora immagini della bandiera piantata al suolo.

Alla una del pomeriggio i motori del LEM si riaccesero (se così non fosse stato Aldrin e Armstrong non sarebbero mai più tornati, se qualcosa fosse andato storto e il modulo non si fosse alzato, non c'era più niente da fare!) e l'impresa fu già leggenda.

La fatica e l'emozione di quello che avevano vissuto in quelle poche ore in un altro corpo del sistema solare regalò loro un sonno tutto sommato tranquillo.

Adesso era arrivata l'ora in cui due tonnellate e mezzo di carburante sarebbero bruciate per spingere verticalmente il LEM



e portarlo a 6000 piedi dal suolo così da farlo agganciare all'astronave di Collins, che attendeva i suoi compagni per un glorioso rientro a Terra.

Ed ecco la voce di Armstrong:

«Mille piedi, due mila, tre mila...ce l'abbiamo fatta!»

Il resto è storia.

E l'America ne aveva segnato il corso. Gli Stati Uniti avevano vinto la corsa allo spazio, lasciandosi alle spalle per quella fine di luglio la vergogna della guerra in Vietnam. Le due cose, in quello stesso periodo, al resto del mondo parevano una delle più gravi contraddizioni di quel grande paese.

Quel saluto militare fatto da Buzz Aldrin vicino alla bandiera americana appena posta sulla Luna non fu gradito a molti statunitensi che vedevano i loro figli, mariti o nipoti lanciare napalm sui vietnamiti per poi morire nella giungla.

Ma la maggior parte degli americani, in quel momento, era orgogliosa di tre uomini che avrebbero sancito definitivamente la grandezza del loro paese.

Da lì a poco grande fu il movimento di un popolo che non voleva più vedere la guerra da costringere più avanti i politici americani ad un graduale ritiro delle truppe dal golfo del Tonchino (ma solo nel gennaio del 1973, gli accordi di Parigi posero fine all'intervento militare USA).

Torniamo in Italia, cosa ci ricordiamo noi di quella calda notte del '69, dove poco prima del tramonto il termometro segnava quasi i 40°?

Sicuramente un fatto che è rimasto in memoria alla Rai, cioè il battibecco fra Tito Stagno e Ruggero Orlando sul momento dell'allunaggio, dove uno calcolava il momento in cui si toccò

il suolo e l'altro quello in cui si spensero i motori. Scomparivano per due giorni dai media i problemi della non facile situazione politica nazionale (sarebbe caduto il governo da lì a 15 giorni), le rivolte studentesche e quelle nelle carceri. Ricordiamo anche la nota di orgoglio per il nostro paese, visto che Collins era nato a Roma, figlio di un militare dell'ambasciata americana.

Questo vedevamo noi bambini, in quell'anno straordinario che fu il 1969. Avremmo vissuto momenti difficili, le rivolte, le violente manifestazioni nelle piazze e nelle università italiane, la bomba che causò la strage di piazza Fontana.

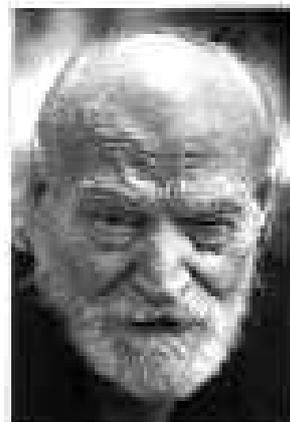
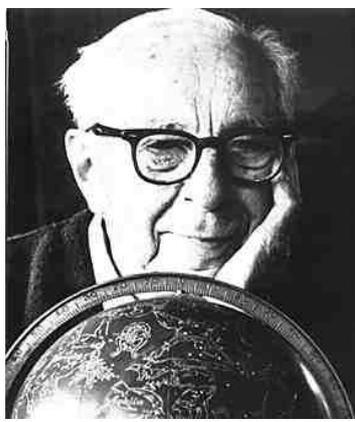
Ma dall'altra parte dell'oceano arrivava una musica nuova, con parole in una lingua straniera che per me era ancora troppo presto comprendere.

E arrivò una notte meravigliosa, tra il 20 e il 21 di luglio, che segnò in modo definitivo la mia passione per l'astronomia.

Ho iniziato citando un grande poeta del passato e chiudo con la citazione di un poeta contemporaneo a quell'epoca: Giuseppe Ungaretti, che in occasione dell'allunaggio azzardò un parallelo fra Cristoforo Colombo e gli astronauti.

«Non sapeva dove andava, dove sarebbe arrivato. Scopre quel che scopre senza volerlo. Invece qui tutto è saputo prima, nel modo più preciso possibile»

Forse il suo approccio non fu molto ben visto dalla scienza, e la sua voce è fuori dal coro, ma in appendice riporto comunque il suo scritto all'indomani del 21 luglio. Non ho avuto modo di appurare se realmente il poeta fosse favorevole o no allo sbarco, ma non me ne vogliate, Ungaretti amava la Luna tanto quanto Leopardi.



Giacomo Leopardi, Chesley Bonestell, Giuseppe Ungaretti

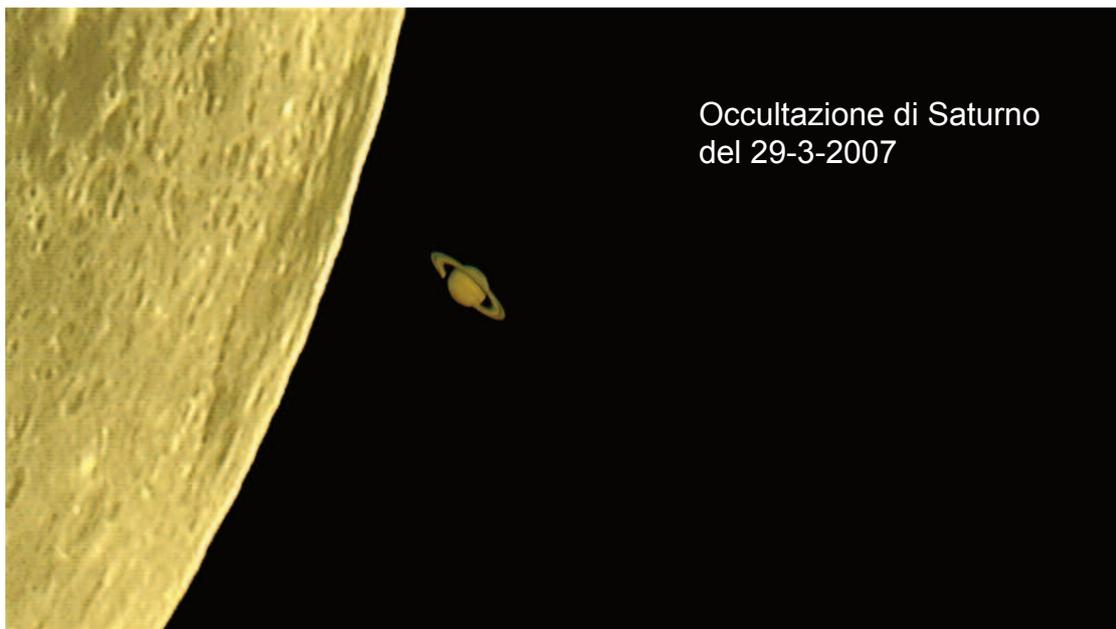
Appendice

All'indomani dell'atterraggio dei primi astronauti sulla Luna, Giuseppe Ungaretti scrisse: *«Questa è una notte diversa da ogni altra notte del mondo. Che cosa hanno fatto veramente questi uomini? Si può dire che hanno usato violenza alla natura ribellandosi alla legge che li legava alla Terra: ma si può dire allo stesso tempo che hanno saputo trovare altre leggi nascoste in un più lontano segreto della natura, e che hanno saputo sfruttarle con la loro intelligenza per appagare il loro bisogno di conoscere. Ogni uomo ha desiderato da sempre conquistare la Luna. Basterà rileggere le pagine più antiche di ogni cultura per trovare questo richiamo perenne. Oggi è stato raggiunto l'irraggiungibile, ma la fantasia non si fermerà. La fantasia ha sempre preceduto la storia come una splendente avanguardia. Continuerà a precederla... Gli uomini continueranno a vedere la Luna così come appare dalla Terra, anche se la sua conoscenza fisica e scientifica potrà essere approfondita o modificata. Ma per gli effetti ottici che ha sulla Terra, la Luna rimarrà sempre per i poeti, e penso anche per l'uomo qualunque, la stessa Luna»*

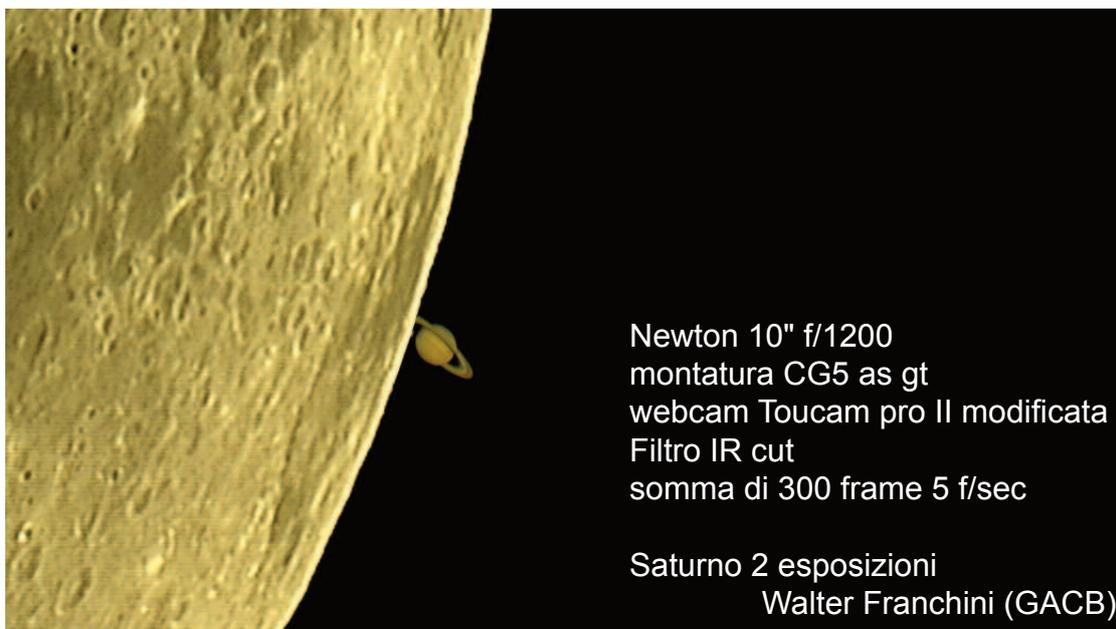
Se non sono sufficienti le parole..... potrete trovare l'intera galleria di immagini dell'Apollo 11 al link:

<http://www.lpi.usra.edu/resources/apollo/catalog/70mm/mis-sion/?11>

Foto Gallery



Occultazione di Saturno
del 29-3-2007



Newton 10" f/1200
montatura CG5 as gt
webcam Toucam pro II modificata
Filtro IR cut
somma di 300 frame 5 f/sec

Saturno 2 esposizioni
Walter Franchini (GACB)

M 51 e NGC 5195



Schmidt-Cassegrain 300mm
Paolo Nordi (GACB)

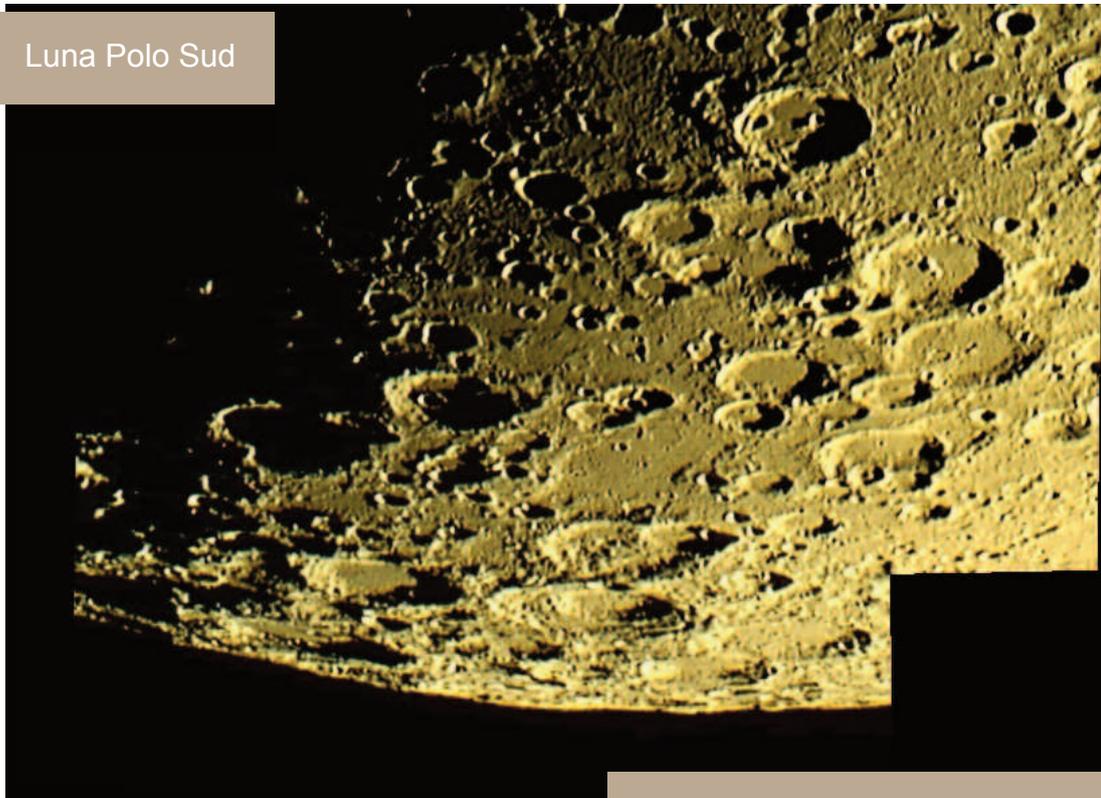
Giove



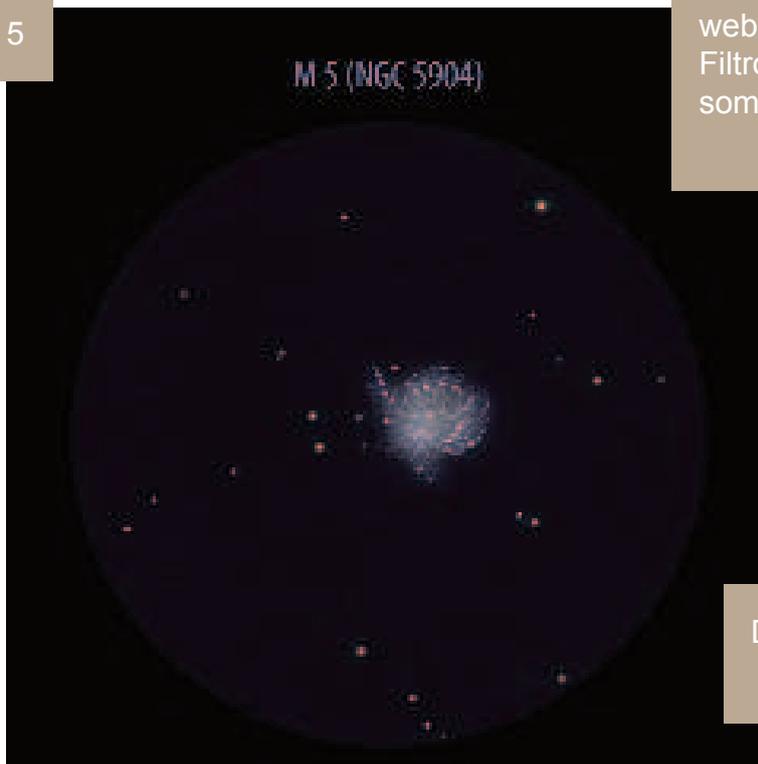
Newton 10" f/1200
webcam Toucam pro II modificata
Filtro IR cut
somma di 300 frame 5 f/sec
Walter Franchini (GACB)

Foto Gallery

Luna Polo Sud



M 5



Newton 10" f/1200
webcam Toucam pro II modificata
Filtro IR cut
somma di 300 frame 5 f/sec
Walter Franchini (GACB)

Dobson 300mm
Paolo Nordi (GACB)

GRUPPO ASTROFILI CINISELLO BALSAMO GACB

**Delegazione UAI provincia di Milano
Membro di CieloBuio Coordinamento
per la Protezione del Cielo Notturno**

SEZIONI

Sezione profondo cielo:
Ermete Ganasi

Sezione stelle variabili:
dott Stefano Spagocci

Tecnica autocostruzione:
Gianni Bertolotti
Leonardo Vismara

Sezione pianeti:
Davide Nava

Inquinamento luminoso:
dott Roberto Benatti
(responsabile provincia
di Milano di CieloBuio)

CONSIGLIO DIRETTIVO 2008-2010

Presidente dott **Cristiano Fumagalli**

Vicepresidente dott **Stefano Spagocci**

Tesoriere **Gianluca Sordiglioni**

Segretario **Mauro Nardi**

Consigliere **Francesco Vruna**

(con delega all'organizzazione)



GRUPPO ASTROFILI CINISELLO BALSAMO GACB

c/o dott. Fumagalli Cristiano
via Cadorna 25
20092 Cinisello Balsamo (MI)

Cell. 349 5116302 (Ven 21-23)
Tel. 02 6184578
E-mail: fumagallic@tiscali.it

Osservatorio sociale
via Predusolo - Lantana di Dorga
24020 Castione della Presolana (BG)

<http://gacb.astrofili.org>
<http://gacb.altervista.org> (mirror)

Delegazione UAI per
la provincia di Milano
e membro di CieloBuio -
Coordinamento per la
protezione del Cielo Notturno

CONSTELLA



ot facta
ne diriman
r. Est e
m Stella
nunc
tella un
runt
LAX
e ur, fe
aethra fo
ueris St