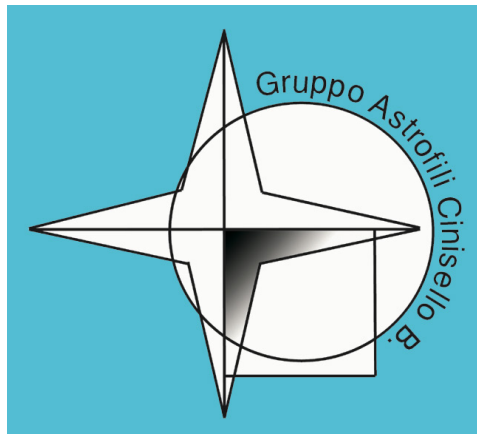




il **BOLLETTINO**
del GRUPPO ASTROFILI CINISELLO BALSAMO
numero 66 - Gennaio 2020



IL CIELO DI LEONARDO DA VINCI

IN QUESTO NUMERO

FAKE NEWS ASTRONOMICHE <i>CRISTIANO FUMAGALLI</i>	3
SVELATI I MISTERI SULLA MORTE DEL SOLE <i>FRANCESCO CAVALLINI</i>	4
IL CIELO DI LEONARDO <i>NINO RAGUSI</i>	9
ALL'ASTRONOMIA I NOBEL 2019! <i>STEFANO SPAGOCCI</i>	18
PICCOLA ENCICLOPEDIA ASTRONOMICA - <i>FRANCO VRUNA</i>	23
ASTRO NEWS - <i>CRISTIANO FUMAGALLI</i>	25

EDITORIALE

FAKE NEWS ASTRONOMICHE

Cristiano Fumagalli

Quando, ormai più di venti anni fa, incominciai ad usare Internet, mi resi subito conto che oltre ad essere uno strumento per divulgare più velocemente le informazioni ed accorciare le distanze, questo poteva diventare una vera e propria porta su un nuovo medioevo. Infatti, con la stessa velocità con cui si diffondono le notizie vere, lo fanno altrettanto le cosiddette “balle” o “fake news”, come vengono chiamate oggi nel linguaggio moderno.

Il fatto che nella rete tutti possono scrivere e tutti accedono fa sì, come effetto collaterale, che molti, senza nessuna preparazione scientifica adeguata, cadano nella trappola di quelli che pubblicano informazioni senza nessun fondamento.

Come esempio si può partire dai complottisti che negano l'arrivo dell'uomo sulla Luna, nonostante le conferme scientifiche di allora (vedi i kg di rocce riportate dal nostro satellite e gli specchi cubici depositati sulla sua superficie) e i rilievi fotografici delle sonde moderne; si passa poi dalle famigerate scie chimiche (che altro non sono che la condensa del vapore emesso dai motori dei jet in atmosfera) ai rettiliani e altre amenità.

La cosa più sorprendente, per chi è conscio di vivere nel XXI secolo, è sentire ancora parlare di terrapiattismo. Eppure, nei soli Stati Uniti, si è visto che il 2% della popolazione crede che la Terra sia piatta e un altro 5% ha dubbi sulla sua sfericità. Fa specie poiché gli USA sono tra le nazioni all'avanguardia della ricerca scientifica, però anche noi abbiamo i nostri problemi di “terrapiattismo”.

La cosa, oltre a non avere un senso scientifico, non lo ha neppure dal punto di vista storico, visto che già nel III secolo AC Eratostene, con la semplice osservazione delle ombre e l'aiuto della geometria euclidea, aveva rilevato la sfericità del nostro pianeta e misurato la sua circonferenza. Anche noi, usando solo l'osservazione dei fenomeni celesti, potremmo facilmente stabilirlo: durante un'eclissi totale di Luna vediamo chiaramente l'ombra della Terra (sferica) proiettarsi sul nostro satellite; oppure possiamo fotografare in direzione della Polare per qualche minuto per poi vedere la rotazione celeste intorno all'asse terrestre e la stessa cosa rifarla all'emisfero sud, osservando che ci sono stelle e costellazioni differenti a dimostrazione che ci si trova, appunto, in emisferi diversi. Eppure esistono persone che pensano che la Terra sia piatta e questo mentre, magari, usano un navigatore satellitare o un GPS che funzionano con coordinate sferiche e, se il nostro mondo fosse veramente piatto, sbaglierebbero di km!

Noi del GACB abbiamo deciso di dedicare ben due dei prossimi quattro incontri della rassegna “Alla scoperta dell'Universo” presso il Pertini di Cinisello alle “fake news” astronomiche e al “terrapiattismo”, convinti che al pressapochismo e all'ignoranza scientifica bisogna rispondere, e subito, incominciando dal basso, col rapporto col nostro pubblico.

SVELATI I MISTERI SULLA MORTE DEL SOLE

Francesco Cavallini

Spesso siamo portati a ritenere le stelle come eterne, congelate senza tempo sulla volta celeste. Ma, da tempo, scienziati e non sanno che neppure gli astri godono di questa fortuna: ogni stella ha un proprio ciclo di vita, con una nascita, un graduale invecchiamento e una fine. L'evoluzione stellare è la branca dell'astronomia che si prefigge lo scopo di indagare e definire in dettaglio la serie di cambiamenti che una stella subisce dalla sua formazione fino al momento in cui cessa definitivamente di risplendere. Con l'avvento dell'era atomica e la scoperta delle reazioni di fusione nucleare, la "combustione" che alimenta ogni stella incluso il nostro Sole, abbiamo potuto capire in che modo e in quali condizioni una stella evolve durante il proprio ciclo di vita.

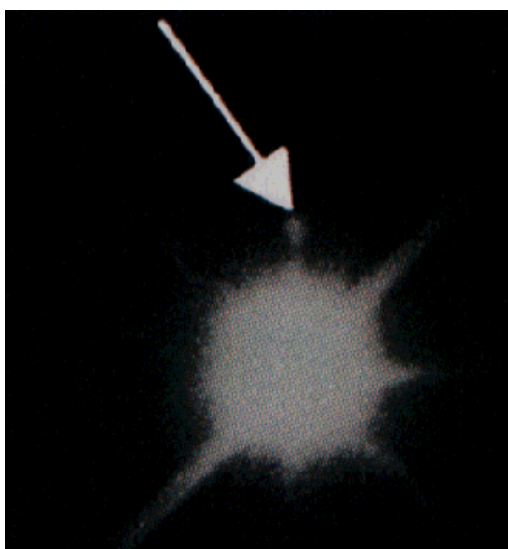
I primi indizi rivelatori dell'esistenza di stelle ormai estinte nell'Universo emersero nel 1844, quando l'astronomo tedesco Friedrich Wilhelm Bessel registrò un'oscillazione nel moto proprio di Sirio, l'astro più luminoso del cielo notturno, che suggeriva la presenza di un oggetto invisibile di massa paragonabile al Sole in orbita attorno alla stella. Vent'anni più tardi, il costruttore di telescopi americano Alvan Graham Clark individuò la cosiddetta "compagna oscura" di Sirio, scoprendo che irradiava una luce centinaia di volte più pallida rispetto al Sole. Essa venne quindi chiamata Sirio B, mentre la componente luminosa del sistema fu ribattezzata Sirio A.

In seguito, nel 1914, l'astronomo americano Walter Sydney Adams dimostrò che Sirio B era, a dispetto della sua debolezza, una stella caldissima. Un astro con una temperatura così elevata poteva risultare tanto flebile solo nel caso avesse avuto dimensioni minuscole, addirittura inferiori a quelle della Terra (raggio di circa 6×10^3 km). Si pensi che il Sole, stella di taglia relativamente piccola, ha un raggio di circa 7×10^5 km, quasi 110 volte quello terrestre.

Sempre in quegli anni furono identificate altre stelle simili a Sirio B, che gli astronomi definirono "nane bianche". La combinazione tra modestissime dimensioni e grande massa conferiva alle nane bianche valori di densità che, dapprincipio, misero in imbarazzo la comunità scientifica, come ammise l'astronomo inglese Arthur Stanley Eddington. Sirio B, per esempio, risultò avere una densità 130.000 volte maggiore del platino. Affinché si potessero spiegare le proprietà delle nane bianche era dunque necessario ammettere l'esistenza di uno stato della materia che, fino a quel momento, non era stato neppure immaginato.

Gli atomi sono occupati principalmente da spazio vuoto: constano, come sappiamo, di un minuscolo nucleo al centro – così piccolo in rapporto all'intero atomo che se quest'ultimo fosse grande come una cattedrale, il nucleo avrebbe le dimensioni di un granello di polvere – circondato da una "nube" di elettroni che vi ruotano intorno. Nella materia super-densa delle nane bianche, però, gli atomi sono talmente compressi da venire disgregati, andando a formare uno stato in cui i nuclei sono immersi in un densissimo "fluido elettronico".

Benché più densa di qualunque sostanza presente naturalmente sulla Terra, la materia delle nane bianche avrebbe continuato a comportarsi come un gas. Il fisico inglese Ralph Howard Fowler chiamò questo bizzarro stato della materia "gas degeneri".



La stella Sirio A e la sua flebile compagna, Sirio B, separate da una distanza circa 20 volte maggiore di quella che separa la Terra dal Sole, orbitano intorno al comune centro di massa con un periodo di 50 anni circa.



Confronto tra le dimensioni del Sole e quelle di una nana bianca.

Il gas degenere ha una proprietà che lo differenzia sostanzialmente da un gas in condizioni ordinarie (detto, in gergo scientifico, “gas perfetto”): mentre quest’ultimo aumenta o diminuisce di volume rispettivamente al crescere o al calare della temperatura, nel gas degenere la pressione, e quindi la tendenza a espandersi o contrarsi, dipende esclusivamente dalla densità. Un gas degenere reagisce ai cambiamenti di temperatura in modo simile a un metallo: che sia caldo o freddo, la differenza di pressione che si registra al suo interno è inesistente.

Oggi sappiamo che le nane bianche come Sirio B rappresentano lo stadio finale nell’evoluzione di una stella simile al Sole. Ma procediamo con ordine. Inizialmente, una stella non è altro che un’enorme nube di gas e polveri nello spazio interstellare. La nube, a causa della propria forza di gravità, comincia a contrarsi e, nella contrazione, gli atomi collidono sempre più frequentemente tra loro, muovendosi via via più freneticamente; ciò vuol dire che la temperatura aumenta. Quando al centro della nube si raggiungono i 10^7 gradi circa ha inizio la fusione nucleare che converte l’idrogeno in elio.

Le stelle sono formate per il 92% da idrogeno e il Sole contiene nel proprio nucleo circa il 10% di tutto il suo idrogeno. Sapendo questo, siamo in grado di inferire che il nostro astro può

continuare a “bruciare” idrogeno per almeno 10 miliardi di anni. Poiché il Sistema Solare risale a un passato lontano circa 5 miliardi di anni, se ne deduce che il Sole ha davanti a sé un tempo altrettanto lungo di fusione dell'idrogeno.

Una volta terminata la principale fonte di combustibile nucleare, il Sole cesserà di produrre energia e comincerà a raffreddarsi. Essendo formato da gas perfetto, al decrescere della temperatura il nucleo solare inizierà a restringersi sotto la forza di gravità. Ma l'elio, la “cenere” della fusione dell'idrogeno, è inerte alla temperatura di circa 10^7 gradi. Il nucleo dovrà contrarsi e arroventarsi fin quando non raggiungerà i 10^8 gradi e solo allora potrà avere inizio una nuova reazione nucleare che convertirà l'elio in carbonio e ossigeno. Ma siccome l'energia nucleare liberata dipende drammaticamente dalla temperatura, la fusione dell'elio produrrà molto più calore rispetto a quella dell'idrogeno. Per riuscire a disperdere tutta l'energia in eccesso il Sole dovrà espandersi a dismisura, aumentando di oltre 10.000 volte la propria superficie raggiante, così da poter emettere molto più efficacemente il calore nello spazio.

Con l'espansione il calore si diffonderà su un'area molto più ampia e così la temperatura superficiale scenderà dagli attuali 6000 gradi a circa 3000 gradi, facendo assumere alla luce del Sole un colore rossastro. Per queste caratteristiche, il Sole in questa nuova fase della sua vita sarebbe chiamato “gigante rossa”. Le sue dimensioni aumenteranno di oltre 150 volte nell'arco di un miliardo di anni circa, giungendo a inglobare i pianeti Mercurio e Venere e forse anche la Terra. In ogni caso, la vita non sarà più possibile sul nostro pianeta: l'atmosfera verrà dispersa nello spazio e la superficie ridotta a un oceano globale di lava incandescente.

Finite anche le riserve di elio, il nucleo del Sole riprenderà a collassare, raggiungendo alla fine lo stato di gas degenere. A quel punto, nonostante il continuo diminuire della temperatura, il nocciolo resterà rigidamente in equilibrio, proprio perché nel gas degenere il volume non cambia al variare della temperatura. L'involuppo esterno, per via della sua estrema rarefazione, si disperderà gradualmente nello spazio lasciando esposto il nucleo. Il Sole diverrà così una nana bianca, 14 miliardi circa di anni dopo la sua formazione.

Le stelle abbastanza massicce, con almeno 8 volte più materia del Sole e una forza di gravità conseguentemente maggiore, possono scaldarsi abbastanza da innescare altre reazioni nucleari durante la fase di gigante rossa; una volta sperperate tutte le risorse chimiche concludono la propria evoluzione in una spettacolare esplosione, detta “supernova”, che lascia dietro di sé un oggetto ancora più compatto di una nana bianca: una stella di neutroni o un buco nero. Ma non è questo il caso del Sole; la stella del Sistema Solare cesserà di brillare in modo relativamente tranquillo, nella forma di una nana bianca che andrà irraggiando il calore rimastole fino a raffreddarsi in una nana nera, oscura e invisibile.

Sappiamo però che alcune stelle, quando collassano in una nana bianca, emettono radiazioni energetiche illuminando, per fluorescenza, l'involucro di gas in espansione perduto dalla gigante rossa. Si ha così una particolare formazione, con una proto-nana bianca al centro avvolta da una nube luminosa di materia che gli astronomi chiamano “nebulosa planetaria”. Il nome si deve all'astronomo inglese-tedesco William Herschel che notò una somiglianza morfologica tra alcuni di questi oggetti e pianeti del Sistema Solare come Saturno o Urano. Una nebulosa planetaria è

effimera: dopo appena 10.000 o 100.000 anni essa svanisce nello spazio interstellare, lasciando completamente isolato il nucleo collassato che diviene così una nana bianca.



La nebulosa planetaria Dumbbell, nella costellazione della Volpetta. © SEDS

Gli astronomi, tuttavia, non sapevano quale fosse il limite inferiore di massa perché una stella, al momento del collasso, generi una nebulosa visibile. La teoria prevedeva che solo le stelle con una massa più che doppia rispetto al Sole avrebbero potuto dare vita a una nebulosa planetaria brillante; ciononostante, osservazioni compiute già 25 anni orsono evidenziarono che le nebulose planetarie in altre galassie mostrano grosso modo tutte la medesima luminosità e questo contraddiceva le predizioni teoriche.



La nebulosa planetaria Abell 39, nella costellazione di Ercole, simile a quella che produrrà il Sole alla fine del suo ciclo vitale, tra 7-8 miliardi di anni. © WIYN/NOAO/NSF

Un gruppo internazionale di astronomi, tra cui Albert Zijlstra dell'Università di Manchester, è infine riuscito a elaborare un nuovo modello di evoluzione stellare, capace di fare previsioni

sulla brillantezza dell'involucro di gas espulso da una gigante rossa in accordo con le osservazioni. Il modello ha dimostrato che quando la stella perde la sua atmosfera il nucleo aumenta di temperatura tre volte più velocemente di quanto si pensasse in precedenza, così che anche una stella di massa relativamente modesta, come il Sole, può ancora originare una nebulosa planetaria brillante.

Il limite ricercato dagli astronomi nell'ultimo quarto di secolo, sotto il quale la stella non illumina il guscio di materia espulso, è di pochi punti percentuali inferiore alla massa del Sole. Abbiamo così potuto capire quale sarà l'epilogo della stella madre del Sistema Solare, la cui energia ha consentito alla vita sulla Terra di apparire ed evolversi e la cui morte probabilmente ne determinerà la scomparsa.

IL CIELO DI LEONARDO

Nino Ragusi

LEONARDO E L'ASTRONOMIA

Nonostante Leonardo non sia stato un astronomo né un ottico professionista, gli sbalorditivi progressi da lui raggiunti nella conoscenza della geometria e dell'ottica, il suo impressionante intuito e l'insaziabile curiosità gli hanno permesso di avvicinarsi incredibilmente alla comprensione scientifica di svariati problemi ed enigmi, la corretta soluzione dei quali sarebbe stata trovata solo secoli dopo. Leonardo da Vinci, uomo con i piedi ben piantati a terra, ha studiato ed elaborato teorie sui corpi celesti e sui fenomeni legati all'astronomia e allo studio del cosmo, poi diventate oggetto del Codice Atlantico e del Codice Leicester.

Leonardo pensava a un Universo dove la Terra, il Sole e la Luna sono in stretto rapporto tra loro; teorizzava la centralità del Sole, prima che fosse formulata dall'astronomo polacco Niccolò Copernico, nel 1530 con il *Commentariolus* e nel 1543 con il *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, e da Galileo Galilei nel 1612, ponendosi quesiti sul suo calore e sullo scintillio delle stelle. L'attenzione di Leonardo per i pianeti arriva a tal punto da considerarli come delle vere e proprie "calamite" che si attraggono a vicenda, anticipando quindi la teoria della gravità che sarebbe stata approfondita secoli dopo da Isaac Newton.

La Luna e il cielo non potevano certo sfuggire all'insaziabile curiosità di Leonardo da Vinci. Il genio toscano quando alzava gli occhi al cielo non era da meno: la parte astronomica delle sue ricerche, frammentata in numerosi appunti racchiusi nei vari codici, è infatti ricca di geniali spunti ed intuizioni. (figura 1)

L'ASTRONOMIA E L'OTTICA DI LEONARDO

Molti sono gli aspetti delle attività di Leonardo che ci interessano. In particolare, quali sono stati, all'interno dei suoi spesso frammentari studi "filosofici", come li chiamava Baldassarre Castiglione, i contributi più significativi nei campi dell'astronomia e dell'ottica?

Ciò che ci è pervenuto del suo immenso patrimonio di conoscenze tecniche e scientifiche, sopravvissuto miracolosamente ad una quasi fatale dispersione, si trova racchiuso nelle cinquemila pagine dei codici e dei manoscritti che testimoniano la vastità dei suoi interessi e la sua sbalorditiva capacità di interpretare la natura. In mezzo a tanto materiale non c'è però alcun lavoro compiuto. Leonardo ha progettato trattati di ogni genere, pittura, meccanica, anatomia e una quantità sbalorditiva di altre discipline, e tuttavia non ha mai scritto un'opera completa. Addirittura non abbiamo neppure un abbozzo d'opera che ci potrebbe far pensare ad un lavoro accantonato per una futura pubblicazione.

Nei codici, la parte astronomica delle sue ricerche è spesso frammentaria e incidentale ma certamente non priva di spunti geniali, anche se in questi campi della conoscenza non ci si deve

aspettare di poter assegnare a Leonardo delle priorità particolari in invenzioni o scoperte. Sarebbe infatti un errore pensare che l'artista sia stato anche un ottico o un astronomo "professionista". Quando si occupò di queste scienze, i suoi fini erano subordinati all'applicazione di idee ed esperimenti che gli servivano per lo scopo principale dei suoi lavori che, non dimentichiamolo, erano principalmente in ambito artistico e tecnologico.

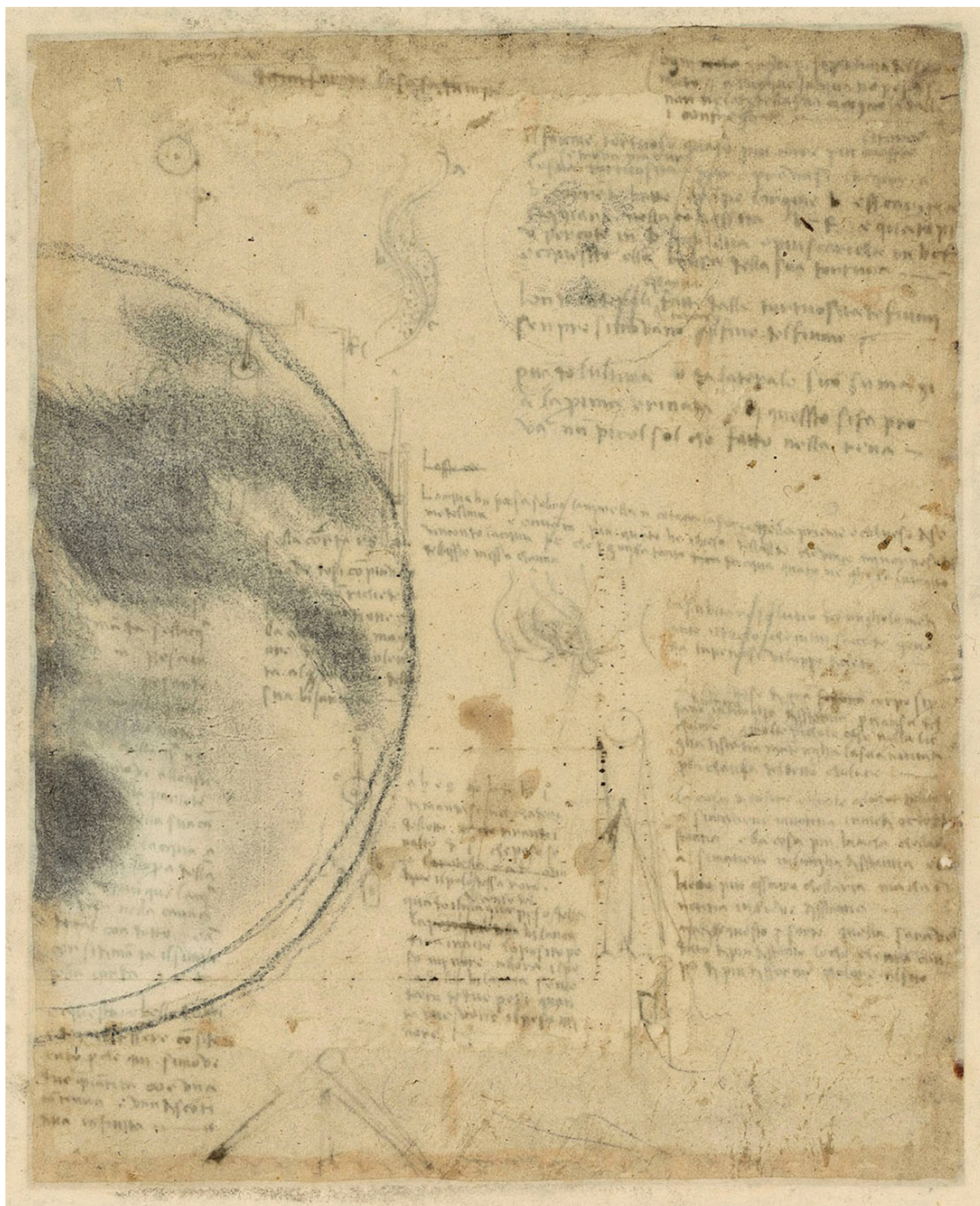


Figura 1

Come al solito i contemporanei attribuirono al “capriccio” del genio queste sue riprovevoli divagazioni apparentemente così lontane dall’arte. Per alcuni studiosi moderni Leonardo si appassionò all’astronomia in età giovanile, quando l’artista si avvicinò a scienziati come Paolo del Pozzo Toscanelli (1397-1482) e Lorenzo Bonincontri (1409-1492 ca). Toscanelli è famoso sia come astronomo sia per i suoi fondamentali contributi cartografici. Osservò sei comete apparse tra il 1433 ed il 1472, annotando le loro posizioni con tanta precisione da consentire agli astronomi successivi di calcolarne le orbite.

Il nome di Toscanelli appare, insieme a numerosi altri, in un appunto giovanile del 1482, un elenco di studiosi che si occuparono di astronomia, astrologia e di tecnologie astronomiche (foglio 12, verso a, del Codice Atlantico). L’appunto sembra appoggiare l’ipotesi di relazioni che il giovane artista andava allacciando con uomini di scienza particolarmente famosi. Anche il Bonincontri era molto noto a quei tempi: intorno al 1475 erano celebri le sue lezioni allo studio fiorentino che avevano per oggetto il poema mitico di Manilio, l’*Astronomicon*, e alle quali pare abbia assistito lo stesso Leonardo.

Tra i suoi amici ricordiamo il grande matematico Luca Pacioli (1445-1517) che sembra avesse insegnato a Bologna al tempo della permanenza di Copernico in quella università. È anche stata avanzata l’ipotesi che una sorta di legame, oggi invisibile e purtroppo senza prove documentali dirette, possa aver unito Copernico a Pacioli e quest’ultimo a Leonardo, e che ciò abbia avuto un ruolo non trascurabile nella formulazione delle idee proto-eliocentriche del sommo vinciiano. Non dimentichiamo poi che l’artista, durante il suo soggiorno milanese, illustrò il trattato di geometria di Pacioli (certamente uno dei più noti del Rinascimento), il *De Divina Proportione* (1509), con ben 60 splendide tavole. (figura 2)

IL SOLE DI LEONARDO

Gli scritti di Leonardo riguardanti l’astronomia rivestono un profondo significato culturale perché si innestano a pieno titolo nella scienza e nella filosofia rinascimentali. Al Sole egli dedica un ampio studio, certamente attratto sia dalle implicazioni cosmologiche concernenti il suo moto apparente sia dalla misteriosa origine del suo calore.

In primo luogo, Leonardo pensa che il Sole sia sicuramente molto più grande della Terra e giunge a questa conclusione dopo che, sulla parete di una camera oscura, aveva proiettato il suo luminosissimo disco. Sono notevoli anche i suoi metodi di osservazione diretta dell’astro: «il modo di vedere il Sole eclissato senza passione dell’occhio» è quello di guardare attraverso un foglio di carta spessa, forata con un ago: «tolli una charta, e falle busi chon [una] agucchia, e per essi busi riguarda il Sole» (Codice Trivulziano, foglio 6v).

Affascinato dal problema del calore solare, Leonardo formula le seguenti considerazioni: il Sole ci riscalda pur non essendo del colore del fuoco, bensì tanto più bianco e “chiaro”. Osserva poi che, durante la fusione del bronzo, quando il metallo raggiunge la massima temperatura esso appare più simile al colore del Sole e quando invece comincia a raffreddarsi assume il colore

del fuoco. Leonardo intuisce lucidamente che la luce è tanto più bianca quanto è più caldo il corpo che la emette, anticipando così gli studi (successivi di diversi secoli) che porteranno alla formulazione delle leggi che regolano l'emissione dell'energia radiante nel "corpo nero".

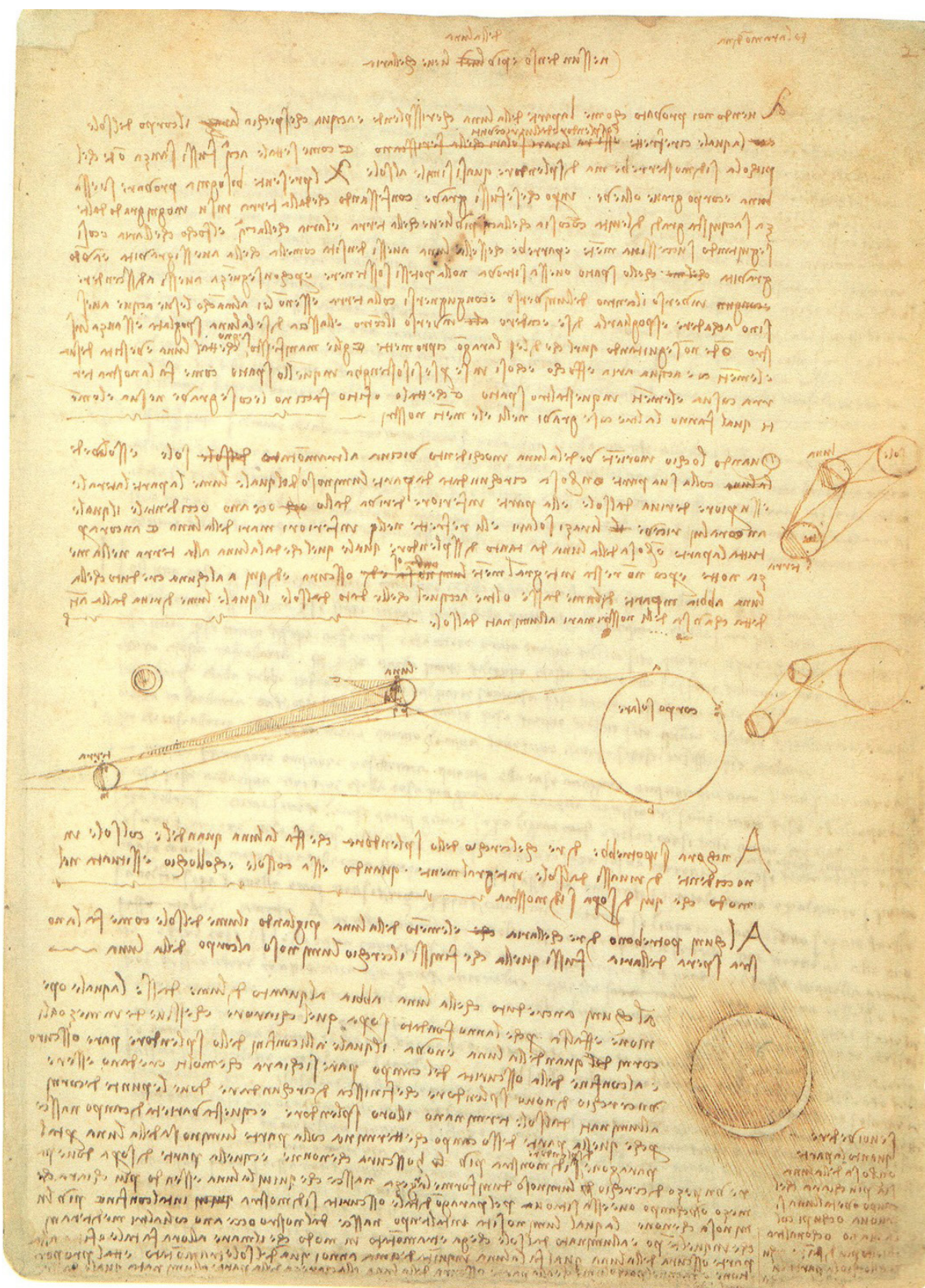


Figura 2

Con queste premesse è facile comprendere perché nelle pagine dei codici emergano con insistenza la “lauda al Sole” («il moto delli elementi nasce dal Sole; il lume e il caldo dell’universo è generato dal Sole; [...] i pianeti pure hanno lume dal Sole») e la centralità cosmologica dell’astro del giorno, analogamente alle concezioni neoplatoniche propugnate dalla filosofia di Marsilio Ficino (1433-1499), suo contemporaneo ed autore del fondamentale trattato *De Sole*.

Ma è nel manoscritto della Windsor Royal Library (foglio 132r) che si legge la famosa frase che rompe drasticamente con la tradizione tolemaica: «el sol no si move», facendo pensare che, alcuni decenni prima del *De Revolutionibus* di Copernico, egli abbia elaborato una primitiva idea eliocentrica che si discosta alquanto dalle sue prime riflessioni, risalenti al periodo 1482-1500, contenute nei codici Atlantico, Arundel, Leicester ed F, che apparivano ancora di chiarissima matrice aristotelico-tolemaica (Codice Atlantico, f. 30v: «il Sole che scalda tanto mondo quant’è vede, e che in 24 ore fa sì gran corso»).

La sua felice intuizione, che rinnega la centralità della Terra, è rafforzata dal seguente brano: «come la Terra non è nel mezzo del cerchio del Sole, né nel mezzo del mondo, ma è ben nel mezzo de’ suoi elementi, compagni e uniti con lei, e chi stesse nella Luna, quand’ella insieme col Sole è sotto a noi, questa nostra Terra coll’elemento dell’acqua parrebbe e farebbe ofizio tal qual fa la Luna a noi» (Codice F, foglio 41v). (figura 3)

LA LUNA DI LEONARDO

Nell’ambito delle sue ricerche astronomiche anche la Luna occupa un posto rilevante, tanto da fargli vagheggiare un grande trattato sul nostro satellite. La lettura delle note sulla Luna (Manoscritto Br. M., f. 94r) evidenzia la modernità dell’approccio multidisciplinare: **«volendo io trattare della essenza della Luna è necessario in prima...»** spiegare la teoria degli specchi piani e gli effetti della riflessione della luce, senza la quale rimarrebbero avvolti nel mistero i fenomeni lunari, come ad esempio la luce cinerea.

Il trattato lunare è all’apparenza uno dei soliti grandiosi ma inconcludenti progetti di Leonardo, questa volta però sostenuto da elementi di teoria ottica di indubbio interesse. Infatti, in un’altra parte dello stesso manoscritto (Manoscritto Br. M., f. 28r), Leonardo si interroga: **«o la Luna à lume da sé, o no: s’ell’à lume da sé, perché non risplende senza l’aiuto del Sole? E s’ella non à lume da sé, necessità la fa specchio sperico [sferico]»**.

Poi combatte le opinioni dei seguaci del filosofo greco Posidonio, secondo i quali essa risplende di luce propria: **«la Luna non è luminosa per sé, ma bene è atta a ricevere la natura della luce a similitudine dello specchio e dell’acqua, o altro corpo lucido»** (Manoscritto A., f. 64r). Ora, non avendo lume proprio, riceve da altri la luce (cioè dal Sole, Codice Leicester, f. 30r). Ne consegue che anche la luce cinerea è dovuta ad un fenomeno di riflessione multipla della luce solare la quale, dopo aver colpito il nostro pianeta, in piccola parte raggiunge la Luna e da questa viene a sua volta riflessa (Codice Leicester, f. 2r).

In altri passi del Codice Atlantico (f. 83r) Leonardo discute la diversa natura dei raggi

solari da quelli lunari ma, allo stesso tempo, ritiene che se questi ultimi fossero raccolti da uno specchio concavo, brucerebbero esattamente come quelli solari: «**se il razzo refresso** [raggio riflesso] **dal simulacro del Sole ne l'acqua è raccolto collo specchio concavo, esso, poi che sia refresso da tale specchio, brucerà; il simile farà quel del plenilunio**».

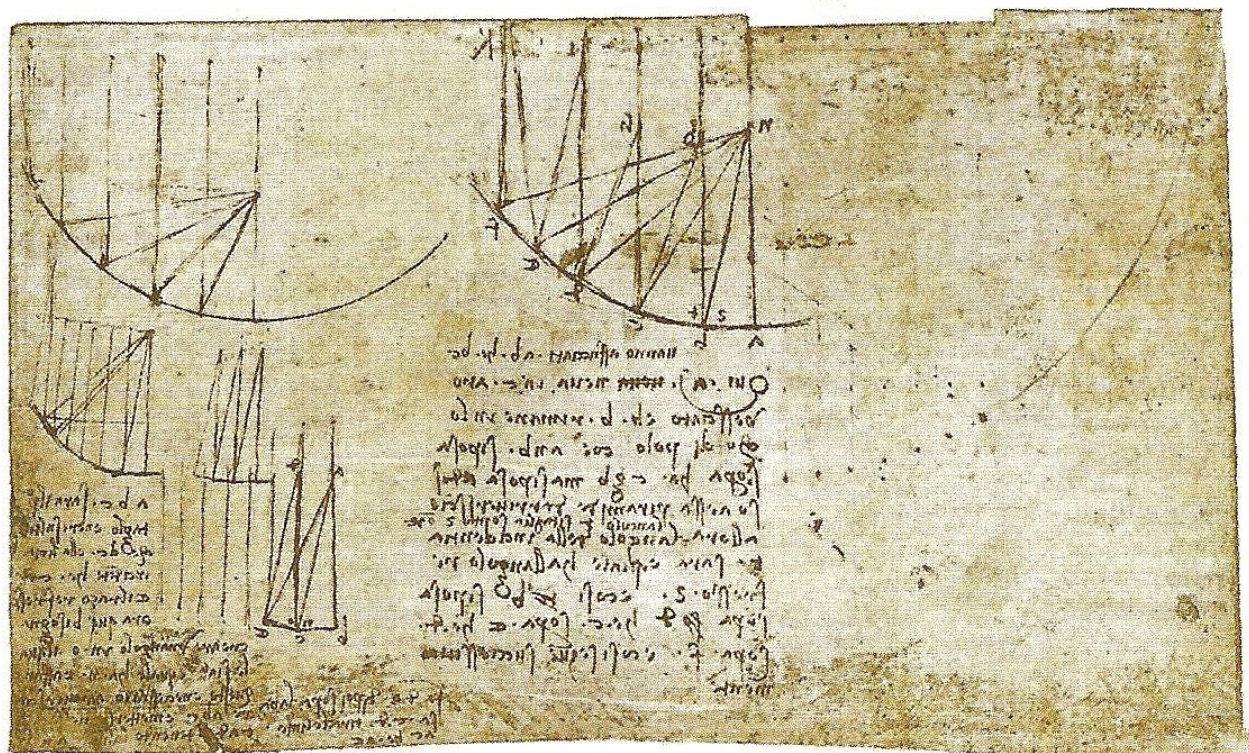
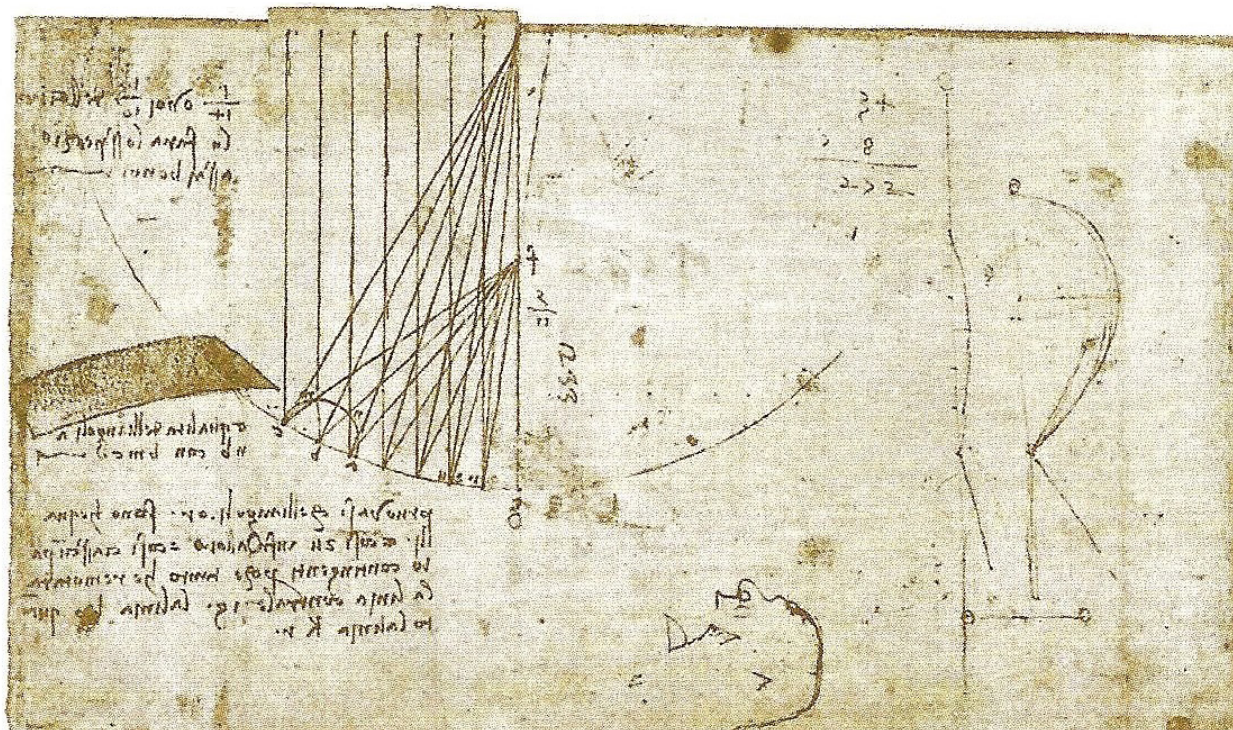


Figura 3

Per Leonardo la Luna è una massa solida, opaca e “greve” che, circondata dai suoi elementi (aria, acqua e fuoco), si sostiene nello spazio per le stesse ragioni per le quali vi si mantiene la Terra. Essa è a tutti gli effetti una piccola Terra (come scrive nel Manoscritto F., f. 64v) con un brevissimo ciclo stagionale: **«à ogni mese un verno e una state, e à maggiori freddi e maggiori caldi, e suoi equinozi son più freddi de’ nostri»** (Codice Atlantico, f. 303v b).

Un aspetto della Luna che stimola la sua curiosità è la natura delle macchie scure (quelli che per noi oggi sono i “mari” e gli “oceani”). In diversi codici non accetta l’opinione di coloro che credono che tali macchie siano dovute a vapori che si innalzano dalla superficie lunare perché, semplicemente, esse dovrebbero continuamente mutare d’aspetto e posizione (Manoscritto F., f. 84r). In un’altra annotazione, però, si smentisce e sembra disposto ad ammettere che la diversità degli aspetti delle macchie possa anche dipendere dai corpi nuvolosi che si elevano dal mare: **«se terrai osservate le particelle delle macchie della Luna, tu troverai in quelle spesse volte gran varietà, e di questo ho fatto prova io medesimo disegnandole»** (Manoscritto Br. M., f. 19r).

Leonardo pensa che sulla Luna vi sia acqua, che i suoi mari siano agitati da onde e che **«è necessario ch’l corpo della Luna abbia terra, acqua e foco»** (Codice Atlantico, f. 112v a). La Luna non è quindi una sfera tersa e pulita bensì scabra e aspra e le disuguaglianze della sua superficie sono prodotte dall’incresparsi delle onde dei mari che, almeno in parte, la ricoprono. (figura 4)

LA GRANDEZZA E ROTAZIONE DELLA TERRA

Per Leonardo il diametro della Terra è di 7000 miglia: **«considerando la grossezza di 7000 miglia che à essa terra...»** (Codice Leicester, f. 35v). Il problema è capire a quanti chilometri corrispondono le 7000 miglia del codice. È possibile che il miglio da lui utilizzato sia quello milanese oppure quello fiorentino: nella prima ipotesi il miglio è 1784,800 metri, nella seconda 1653,600. Pertanto il diametro della Terra sarà rispettivamente 12.490 Km oppure 11.580 Km (ricordiamo che il diametro esatto all’equatore è 12.756 Km).

È probabile che Leonardo accettasse con piena consapevolezza il moto di rotazione della Terra. Il seguente passo ne costituisce un indizio: **«li giorni non cominciano in un medesimo tempo in tutto l’universo, concio sia che quando nel nostro emisferio è mezzogiorno, nell’opposito emisferio è mezzanotte»** (Codice Leicester, f. 6v).

Una delle più importanti applicazioni della geometria alla fisica, contenute nel Codice G (foglio 55r), riguarda la dimostrazione della caduta di un grave verso il centro della Terra che ricorda in modo impressionante un’analoga dimostrazione di Newton di ben 170 anni dopo. Il ragionamento di Leonardo si basa sulla realtà fisica della rotazione terrestre: **«Il mobile disciendente dalla suprema parte della spera del fuoco farà moto recto insino alla Terra ancora che li elementi fussino in continuo moto circonvolubile intorno al centro del mondo. [...] Se’l mobile disciende dalla suprema all’infima parte delli elementi [...] in 24 ore, il moto**

suo fia composto di diretto e di curvo. [...] E di qui nascie che il sasso gittato dalla torre non percote nel lato d'essa torre prima che in terra».

Tradotto in un linguaggio più accessibile, per Leonardo un grave in caduta libera da grande altezza descrive una curva ad elica (che inizia nel punto di caduta), risultante dal moto rettilineo (dovuto alla gravità) e del “circonvolubile” (cioè dalla rotazione della Terra con i propri elementi), moto che continua fino al centro del globo. (figura 5)

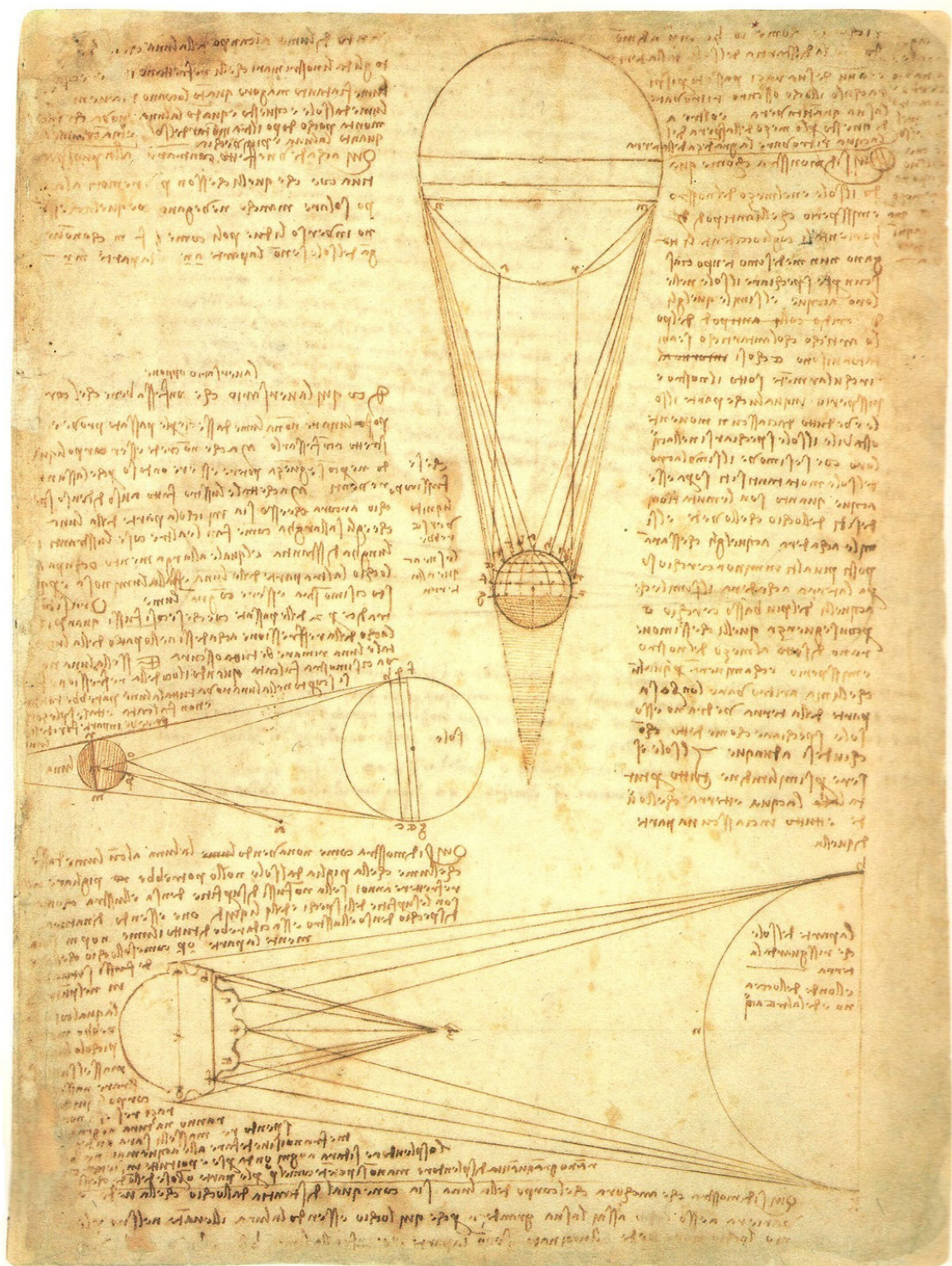


Figura 4

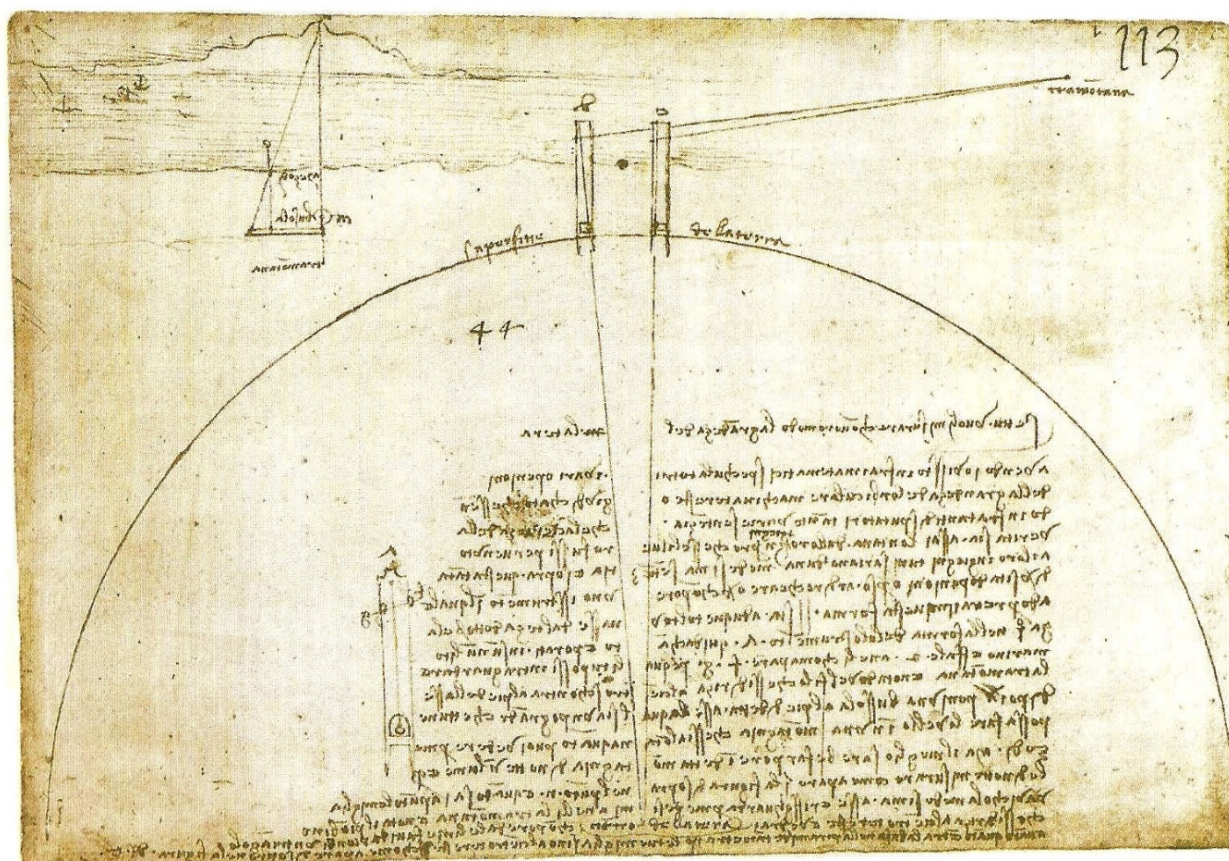


Figura 5

CONCLUSIONI

Se anche in astronomia Leonardo pare non abbia fatto scoperte, fa certo impressione il suo intuito in tanti problemi che solo molto più tardi trovarono soluzione, ad esempio la citata proto-teoria eliocentrica. In questa sede ci siamo limitati a qualche cenno ai suoi studi più notevoli, tralasciando ad esempio la sua spiegazione del colore azzurro del cielo, le sue ricerche sulla scintillazione delle stelle, i problemi di fisica terrestre e molti altri ancora, nei quali ha lasciato un'indelebile impronta di geniale pioniere.

Per quanto riguarda invece i suoi studi di ottica, che erano stati dettati dalle gravi difficoltà che si presentavano nel campo delle arti figurative, egli si trovò di fronte ad un complesso di misteri per nulla svelati dalle alquanto dissestate teorie allora vigenti. I suoi sforzi per rendere ragione dei fenomeni della visione e di trovare una regola alla rifrazione appaiono oggi veramente prematuri e sostanzialmente inconcludenti. È certo però che i suoi esperimenti ottici e fisici, effettivamente realizzati o solo pensati, precorrono le metodologie deduttive che diverranno regola comune durante la rivoluzione scientifica.

ALL'ASTRONOMIA I NOBEL 2019!

Stefano Spagocci

Anche quest'anno il Premio Nobel per la Fisica (Fig.1) ha meritatamente premiato ricerche di ambito astronomico. Metà del premio è stata attribuita al canadese naturalizzato statunitense James Peebles, per le sue ricerche teoriche in campo cosmologico. L'altra metà del premio è stata divisa tra gli svizzeri Michel Mayor e Didier Queloz, per la scoperta del primo pianeta extrasolare. Le scoperte premiate rivestono un'importanza fondamentale per la nostra comprensione dell'Universo; ci sembra quindi opportuno dedicare loro queste brevi note.

LA RADIAZIONE COSMICA A MICROONDE

Tutti (o quasi!) sanno che l'Universo, o per chi ci creda la parte del Multiverso in cui viviamo e che definiamo "Universo", nacque 13.8 miliardi di anni or sono da una "palla di fuoco primordiale", concentrata in un volume teoricamente nullo. La concentrazione primordiale di materia/energia ebbe quindi una repentina espansione (molto impropriamente definita "esplosione" in alcune esposizioni divulgative), il famoso Big Bang. I calcoli indicano che l'Universo nei primi istanti della propria vita consisteva in una nube di particelle elementari di ogni tipo; dopo un secondo circa, però, la composizione divenne più semplice, consistendo la nube in quark, elettroni e fotoni. Dopo circa tre minuti i quark si aggregarono in protoni e neutroni che a loro volta si aggregarono negli atomi della nube di gas primordiale.

La nube di gas primordiale consisteva approssimativamente nel 75% di idrogeno e 25% di elio, con piccole tracce degli elementi più pesanti fino al ferro. Fino all'aggregazione di protoni e neutroni in nuclei atomici (detta "ricombinazione" e che secondo i calcoli avvenne circa 380.000 anni dopo il Big Bang) i fotoni collidevano di frequente con quark ed elettroni; la nube era dunque opaca poiché i fotoni non potevano propagarsi liberamente. Dopo la ricombinazione i fotoni non trovarono più elettroni e quark lungo la propria traiettoria e gli atomi della nube primordiale, non essendo carichi elettricamente, non influenzarono la traiettoria dei fotoni che furono quindi liberi di propagarsi in linea retta: l'Universo era diventato trasparente!

La radiazione cosmica di fondo consiste appunto in tali fotoni che però a causa dell'espansione dell'Universo sono stati "stirati" e oggi hanno una lunghezza d'onda media dell'ordine del millimetro, situandosi quindi nel campo delle microonde. La radiazione cosmica di fondo fu scoperta per caso da Arno Penzias e Robert Wilson, cui nel 1978 fu conferito il Nobel per la Fisica. Fu Peebles, insieme allo scomparso Robert Dicke, a "spiegare" a Penzias e Wilson ciò che avevano scoperto. Possiamo quindi affermare che il Nobel a Peebles sia un tardivo ma dovuto risarcimento! Ciò nulla toglie, però, ai meriti di Penzias e Wilson che ebbero la costanza di indagare il misterioso segnale, costante nello spazio e nel tempo, che l'antenna per radiocomunicazioni da loro costruita riceveva, e la lungimiranza di chiedere lumi al gruppo di

cosmologi teorici dell'Università di Princeton di cui il premiato Peebles era parte.

Fu ancora Peebles, con i suoi calcoli, ad avere una parte determinante nello spiegare al mondo scientifico quale potenziale “miniera d’oro” fosse la radiazione cosmica di fondo. Un piccolo campione delle informazioni che lo studio della radiazione cosmica di fondo può dare è fornito nella didascalia di Fig.2. I satelliti COBE, WMAP e Planck, dedicati allo studio della radiazione cosmica di fondo, con le loro scoperte hanno rivoluzionato la nostra conoscenza dell'Universo e trasformato la cosmologia in scienza di precisione. Sappiamo oggi che la composizione dell'Universo è dominata da forme di materia/energia che per il momento non sappiamo meglio precisare: solo il 5% della materia dell'Universo può definirsi “ordinaria”!

La materia oscura è materia che non emette radiazioni elettromagnetiche ed è dunque rilevabile solo per il suo effetto gravitazionale. L'energia oscura è un'energia che permea l'Universo e provoca l'accelerazione delle galassie che si allontanano tra loro in conseguenza del Big Bang (l'accelerazione cosmica fu scoperta sperimentalmente alla fine del secolo scorso). Anche in questo campo Peebles diede contributi fondamentali: sono infatti a lui dovuti studi che permisero di capire l'importanza della materia oscura per la formazione delle strutture cosmiche e proposero di invocare una “energia oscura” per spiegare le incongruenze che al tempo cominciavano ad essere rilevate nella cosmologia sperimentale.

LA SCOPERTA DEGLI ESOPIANETI

Fino alla metà degli anni '90 del secolo scorso gli unici pianeti conosciuti erano i nove pianeti del Sistema Solare (poi divenuti otto col declassamento di Plutone). Naturalmente non vi erano ragioni per escludere l'esistenza di pianeti extrasolari, anzi si sospettava che quasi ogni stella di tipo solare ne avesse almeno uno, ma l'unica evidenza sperimentale a questo proposito era la scoperta (mediante osservazioni nell'infrarosso, banda in cui si concentra la radiazione da corpi a bassa temperatura) di dischi protoplanetari, dischi di gas e polvere che per collasso gravitazionale danno origine ai pianeti.

Ricordiamo che i pianeti si formano a partire da dischi di gas e polveri, composti da idrogeno ed elio in percentuali simili a quelle della nube di gas primordiale ma con una maggior presenza di elementi pesanti (“cucinati” nelle supernove, se più pesanti del ferro, o diffusi nello spazio dalle supernove e dalle emissioni di massa di stelle ordinarie). Come molti sapranno, le supernove sono gigantesche esplosioni che terminano la vita delle stelle di grande massa; gli elementi più pesanti del ferro sono appunto prodotti dalle reazioni nucleari che avvengono durante l'esplosione di una supernova.

La stella attorno a cui orbiteranno i futuri pianeti si forma per collasso gravitazionale della nube; attorno alla nube rimane un disco protoplanetario che mediante ulteriori collassi gravitazionali dà origine al sistema planetario che circonda la stella. Dal punto di vista teorico un tale scenario era da tempo noto agli astronomi ma è grazie all'ingegno e alla perseveranza di Michel Mayor e del suo allievo Didier Queloz (senza dimenticare i loro collaboratori all'Università

di Ginevra) che si è avuta la prova dell'esistenza di pianeti extrasolari.

Nel 1995, durante un convegno a Firenze, Mayor e Queloz annunciarono la scoperta del primo pianeta extrasolare, 51 Pegasi b, orbitante attorno a 51 Pegasi, stella di tipo solare distante 50 anni luce dalla Terra. Il pianeta ha una massa paragonabile a quella di Giove ma orbita attorno al suo sole in quattro giorni, da confrontarsi con i dodici anni del periodo di Giove; il corto periodo orbitale è dovuto al fatto che 51 Pegasi b dista pochi milioni di chilometri dalla sua stella madre, tanto che si calcola raggiunga la temperatura di 1000 gradi!

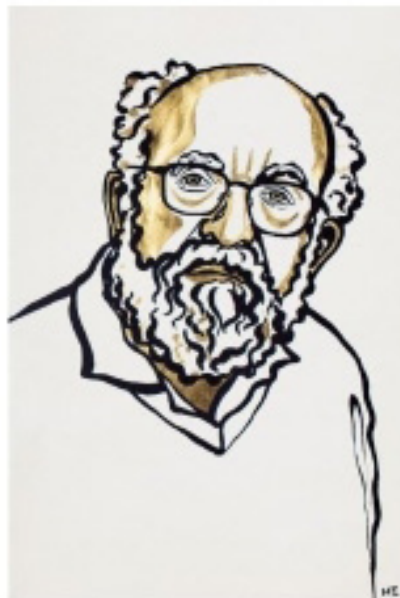
La maggior parte dei circa 4000 pianeti extrasolari finora scoperti (con il contributo determinante del satellite Kepler che ne ha scoperti la metà circa) ha massa comparabile o superiore a quella di Giove e c'è una ragione dietro a ciò: i pianeti di grande massa sono molto più facilmente rivelabili di quelli di piccola massa! Il metodo seguito da Mayor e Queloz per scoprire il primo esopianeta (Fig.3) si basa sulla misura della velocità radiale con la quale la stella si allontana o avvicina sotto l'influenza del pianeta. Oggi un altro metodo (Fig.4) è spesso usato: tale metodo si basa sulla misura della diminuzione della luminosità della stella madre quando il pianeta le transita davanti o le scompare dietro.

L'applicazione di entrambi i metodi presenta difficoltà non di poco conto, connesse con le piccole dimensioni di ogni pianeta rispetto alla stella madre: la misura delle velocità o variazioni di magnitudine nel 1995 era ai limiti delle possibilità e ancor oggi non è banale. Per apprezzare il lavoro di Mayor e Queloz crediamo sia sufficiente considerare il fatto che nel 1977, quando Mayor cominciò ad occuparsi dell'argomento, era possibile misurare velocità radiali maggiori di circa 300 m/s; grazie alle innovazioni introdotte dai due ricercatori fu possibile misurare velocità di circa 10 m/s, il che permise la scoperta del primo pianeta extrasolare!



James Peebles

Prize share: 1/2



Michel Mayor

Prize share: 1/4



Didier Queloz

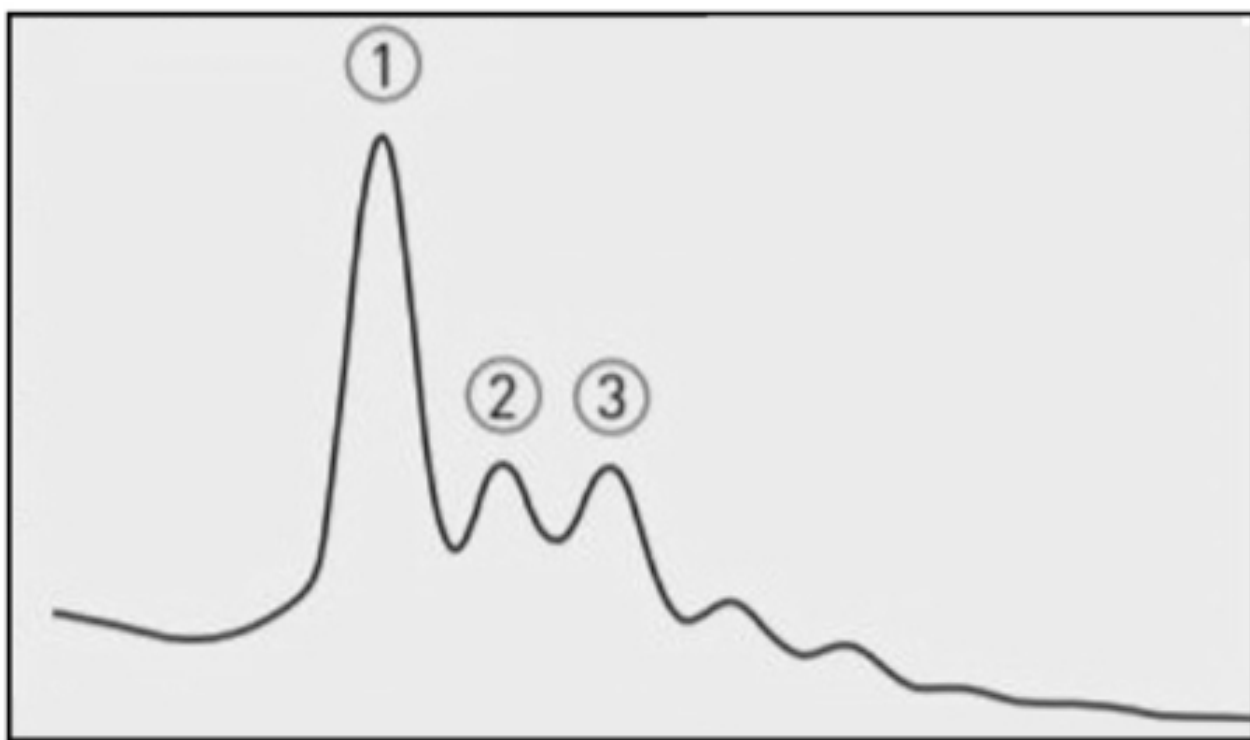
Prize share: 1/4

I Premi Nobel per la Fisica 2019.

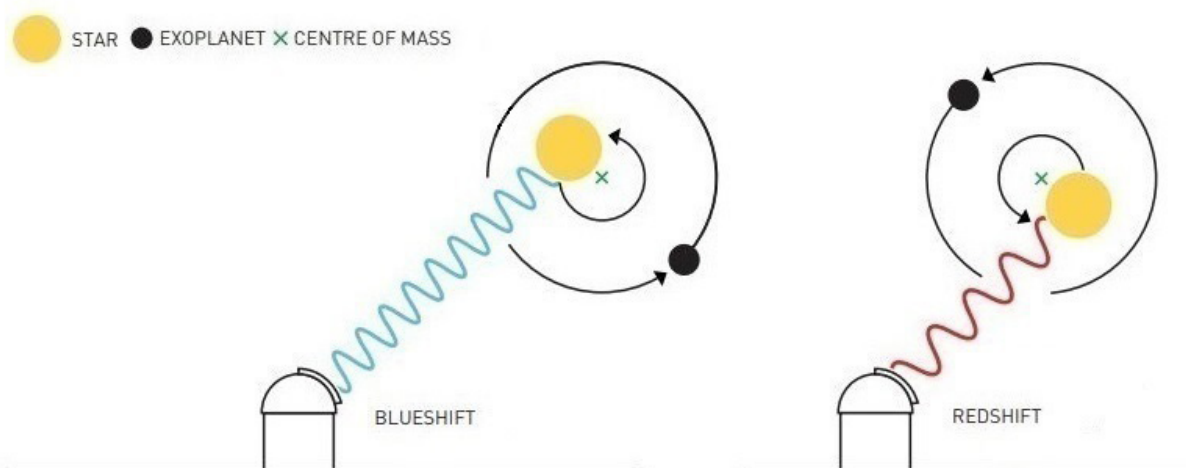
Semplificando una materia complessa si può affermare che il metodo delle velocità radiali dà informazioni sulla massa del pianeta mentre il metodo fotometrico dà informazioni sul suo diametro. Quando sia possibile combinare i due metodi si può quindi misurare la densità media del pianeta ed avere un'idea della sua struttura e composizione chimica.

Per dare un'idea della rilevanza scientifica della scoperta dei due ricercatori svizzeri, crediamo basti considerare il fatto che, secondo la teoria corrente al tempo della scoperta, un pianeta delle dimensioni di Giove attorno a una stella di tipo solare avrebbe dovuto avere una distanza e un periodo orbitale dell'ordine di quelli di Giove, quindi orbitare attorno al suo sole con un periodo dell'ordine della decina di anni, non di un giorno!

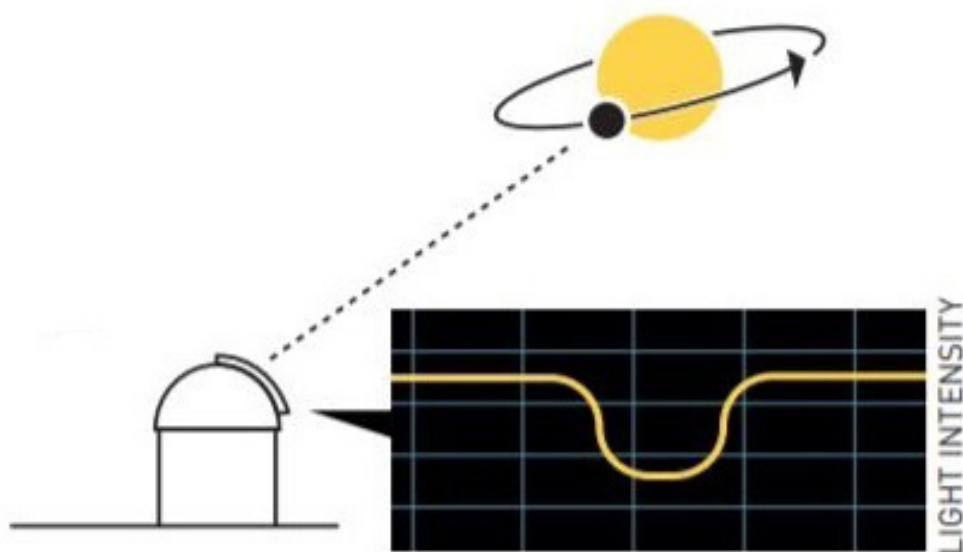
La scoperta di Mayor e Queloz ha costretto i planetologi a rivedere le loro teorie; oggi si pensa che pianeti come 51 Pegasi b (e larga parte degli esopianeti scoperti) si siano formati lontano dalla stella madre e si siano progressivamente avvicinati ad essa per complesse dinamiche gravitazionali. Il Nobel ai due ricercatori è anche un grande successo per la Confederazione Elvetica; pochi sanno che la Svizzera è il paese al mondo con più Nobel in proporzione ai suoi abitanti e anche in assoluto il suo numero di Nobel compete con quello di paesi molto più grandi.



La curva in sostanza mostra quante macchie di una data dimensione vi sono nella radiazione cosmica di fondo. Interpretati alla luce dei calcoli teorici, i picchi forniscono informazioni sulla struttura dell'Universo primordiale e attuale. Il picco (1) mostra che la geometria dell'Universo è quella euclidea. Il picco (2) mostra che la materia ordinaria è solo il 5% della materia/energia dell'Universo. Il picco (3) mostra che il 26% della materia/energia dell'Universo è materia oscura.



Il metodo delle velocità radiali. Non è corretto affermare che il pianeta ruoti attorno al proprio sole; in realtà entrambi gli astri ruotano attorno al centro di massa del sistema ma la piccola massa e dimensione del pianeta rispetto al sole fa sì che la stella sembri ondulare attorno al proprio centro di massa con una velocità piccola ma rilevabile. Per effetto Doppler, quando la stella si allontana dalla Terra il suo spettro appare spostato verso il rosso e viceversa quando si avvicina. Le oscillazioni in lunghezza d'onda dello spettro della stella permettono di rivelare l'esopianeta.



Il metodo fotometrico. L'intensità luminosa (magnitudine) della stella decresce quando il pianeta si interpone tra la stella e la linea di vista del telescopio; la diminuzione di magnitudine è piccola ma rilevabile, purché la geometria dell'evento sia favorevole. La diminuzione di luminosità permette di rivelare l'esopianeta.

PICCOLA ENCICLOPEDIA ASTRONOMICA

GALASSIE DI SEYFERT

Franco Vruna

Negli anni '40 del secolo scorso l'astronomo americano Carl Keenan Seyfert studiò NGC 4151, un oggetto distante circa 15 milioni di parsec dalla Terra che aveva l'aspetto di una normale galassia a spirale. Le fotografie mostrarono invece che la galassia possedeva un nucleo particolarmente brillante, dovuto (come sappiamo oggi) a fenomeni esplosivi in grado di liberare grandissime quantità di energia. Le galassie di Seyfert come NGC 4151 sembrano uguali alle altre ma nel suo lungo e meticoloso studio l'astronomo scoprì che i loro spettri presentano righe di emissioni molto larghe, segno evidente di un addensamento centrale di gas caldi in espansione a velocità superiori alle migliaia di chilometri al secondo.

CARATTERISTICHE COMUNI

Le galassie di questo tipo appaiono in fotografia come galassie normali ma sono sorgenti estremamente intense di radiazioni infrarossa. Molte di esse sono potentissime fonti di energia nelle bande delle onde radio e raggi x. Per quanto inizialmente se ne conoscessero solo una dozzina, oggi è accertato che circa il 10 per cento delle galassie a spirale di grandi dimensioni presentano proprietà tipiche delle galassie di Seyfert. Secondo gli astronomi ciò significa che tutte le grandi galassie a spirale sono per il 10 per cento della loro vita galassie di Seyfert; questo fatto, se confermato, getterebbe una luce interessante sulla nostra galassia che sappiamo contenere nel suo nucleo un motore in grado di sprigionare immense quantità di energia.

IL MODELLO UNIFICATO

Sulla base dell'esame di una dozzina di queste galassie, Seyfert pubblicò i suoi primi risultati nel 1943 ma morì prima di comprendere e vedere riconosciuta l'importanza delle sue scoperte. L'opinione più condivisa è che sussistano attinenze fisiche tra i quasar, le galassie di Seyfert, le galassie N, le galassie di Markarian e gli oggetti di tipo BL Lacertae. In ragione della loro maggiore distanza e luminosità del nucleo centrale solo i quasar si porrebbero in evidenza, avendo quell'aspetto stellare che è loro peculiare. Il cosiddetto "modello unificato" ipotizza che tutte le galassie con nuclei attivi costituiscano lo stesso tipo di oggetto, visto sotto angolazioni differenti.



La galassia di Seyfert NGC 4151, fotografata nel visibile.



Un'immagine multibanda a falsi colori di NGC 4151. Le zone ad emissione x sono colorate in blu, le zone ad emissione radio in rosso, le zone ad emissione ottica in giallo.

ASTRO NEWS

Cristiano Fumagalli

COSA STA SUCCEDENDO A BETELGEUSE?

Betelgeuse è una delle stelle principali della costellazione di Orione; brilla con una magnitudine che va da circa 0,2 a 1,3 (ricordiamo che più il valore è basso, più la stella è luminosa, più si alza e meno lo è). Si tratta di una variabile, cioè di una stella la cui luminosità varia nel tempo per vari motivi. In questo caso è una pulsante. A ottobre, improvvisamente, la sua luminosità è calata di circa un terzo a 0,5 - e questo è insolito - con la tendenza ad affievolirsi ulteriormente; poichè Betelgeuse è una Supergigante Rossa, candidata a diventare una spettacolare Supernova di tipo II, questo potrebbe essere il segnale di una prossima esplosione. Perderemmo il disegno della più famosa costellazione del cielo invernale però osserveremmo uno dei più incredibili spettacoli del cielo.

Maggiori info al link:

<http://astrobob.areavoices.com/2019/12/23/whats-happening-to-betelgeuse-observers-report-its-unusually-faint/>



UN GRUPPO DI GALASSIE, LONTANO, LONTANO...

Un team internazionale di astronomi ha trovato EGS77, il gruppo di galassie più lontano finora conosciuto. Il trio di galassie risale a un tempo in cui l'Universo aveva solo 680 milioni di anni. È difficile individuare le galassie nell'Universo primordiale poiché c'è un'abbondanza di gas

che assorbe la luce ma galassie come queste produssero una trasformazione cosmica chiamata reionizzazione, trasformando l'Universo primordiale dall'oscurità in quello luminoso che vediamo oggi.

Maggiori info al link:

<https://go.nasa.gov/37HjqkD>

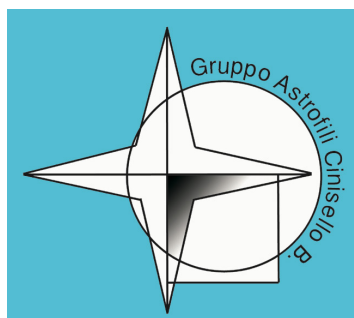
LE NUVOLE LUMINOSE DI GIOVE!

Ripresa dalla missione Juno (NASA) nel suo 20° passaggio ravvicinato del pianeta, questa immagine della JunoCam rivela le nuvole più alte, in bianco brillante, che proiettano ombre sugli strati di quelle sottostanti.

Immagine elaborata dallo scienziato cittadino Kevin M. Gill:

<https://go.nasa.gov/35ln0PC>





G.A.C.B.

Gruppo Astrofili Cinisello Balsamo

Sede riunioni Ex scuola Manzoni Via Beato Carino 4 20092 Cinisello Balsamo (MI)

c/o dott. Fumagalli Cristiano via Trieste 20 20092 Cinisello Balsamo (MI)

e-mail: fumagallic@tiscali.it - Cell. 347 4268868 - Cell. 349 5116302 (Ven 21-23)

Sito: <http://gacb.astrofili.org>

Yahoo: /group/GACB_Informa

FaceBook: Gruppo Astrofili Cinisello Balsamo

FaceBook: Osservatorio Astronomico Presolana

Osservatorio: Castione della Presolana - Località Lantana

Planetario: Via De Amicis 3/A - Muggiò (MB)

Delegazione UAI per la provincia di Milano

GACB e membro di CieloBuio - Coordinamento per la protezione del Cielo Notturmo

CONSIGLIO DIRETTIVO

Presidente - *Cristiano Fumagalli*

Vicepresidente - *Stefano Spagocci*

Segretario - *Mauro Nardi*

Tesoriere - *Franco Vruna*

Consiglieri:

Nino Ragusi

Sergio Brighel

SEZIONI

Astrofotografia

Cristiano Fumagalli - Matteo Morelli

Planetario

Nino Ragusi

Stelle variabili

Stefano Spagocci - Cristiano Fumagalli

Tecnica autocostruzione

Leonardo "Gianni" Vismara

Responsabile Bollettino - *Stefano Spagocci*

Impaginazione - *Nino Ragusi*