



CENTRO CULTURALE DI MILANO

per il ciclo

1609 – 2009

**Il cannocchiale di Galileo compie 400 anni**

**Un metodo per misurare o per cercare?**

**Ciclo di conferenze internazionali**

**nell'Anno Mondiale dell'Astronomia**

## **“Cosa narrano i cieli di Galileo?”**

**Conversazione sulle scoperte sperimentali dello scienziato**

incontro con

**Piero Benvenuti,**

Ordinario di Astrofisica

presso il Dipartimento di Astronomia dell'*Università di Padova*,  
sub-commissario dell'*Agenzia Spaziale Italiana*

**William Shea,**

Titolare della Cattedra Galileiana di Storia della Scienza

presso l'*Università di Padova*,

componente della *Royal Swedish Academy of Sciences*

coordina

**Mario Gargantini,**

Giornalista Scientifico, Direttore della rivista *Emmeciquadro - Euresis*

Sala di via S. Antonio 5, Milano

Giovedì 12 marzo 2009



© CENTRO CULTURALE DI MILANO

Via Zebedea, 2 20123 Milano

tel. 0286455162-68 fax 0286455169

[www.cmc.milano](http://www.cmc.milano)

M. GARGANTINI – Buonasera e benvenuti a questo incontro, che inaugura l'*Anno Galileiano* a Milano. *Cosa narrano i cieli di Galileo?* Certamente non solo gli aggiornamenti di una secolare polemica. Purtroppo la vicenda di Galileo è di quelle destinate ad assumere facilmente i toni della controversia e del conflitto ideologico, anche se in verità molti esponenti di quei due mondi che sarebbero in contrasto, la scienza e la Chiesa, hanno chiaramente indicato la possibilità di un secondo dialogo. Ciononostante persiste nella mentalità comune l'immagine opposta e, in alcuni casi, si trascinano luoghi comuni e pesanti inesattezze storiche, che tra l'altro sono di ben poca utilità per affrontare le molteplici sfide che la scienza pone oggi a tutti. Questo quattrocentesimo anniversario della prima osservazione di Galileo col cannocchiale, contiene elementi ben più stimolanti di quello che può offrire una semplice revisione storica. D'altra parte il dibattito degli studiosi è certamente più avanti e ben più interessante. Ci invita ad andare alle radici di quella forma di conoscenza della natura scientifica che spesso, in questi quattro secoli, da metodo per cercare e per scoprire si è trasformato in pretesa di ergersi a misura di tutta la realtà.

A noi sembra che il modo migliore per parlare di Galileo oggi sia quello di andare direttamente al contenuto di ciò che si celebra, e cioè di cercare di cogliere che cosa è accaduto di sorprendente in quelle notti di paziente osservazione tra il 1609 e il 1610 a Padova – peraltro i nostri due ospiti vengono proprio dall'Università di Padova. Vogliamo quindi andare a fondo di questo, cercare di capire che cosa si sia messo in moto a partire da quei fatti, da quegli avvenimenti; che tipo di avventura ne è derivata, in che modo, infine, ha permesso che quegli stessi avvenimenti si ripetessero nella storia della scienza.

Oggi quindi raccontiamo l'esperienza di Galileo con le sue profonde implicazioni, e quella di altri uomini che in seguito hanno rivolto il loro sguardo agli stessi oggetti -gli oggetti celesti- con metodi e strumenti sempre più potenti.

Per questo ci faremo guidare da due personalità scientifiche di primissimo piano, che ringrazio per avere accolto l'invito del *Centro Culturale di Milano* e dell'Associazione *Euresis*.

Il Professor William Shea, uno dei più noti ed apprezzati storici della scienza a livello mondiale. Già docente all'Università di Ottawa, alla McGill University di Montreal, all'Università di Strasburgo e, dal 2003, titolare della Cattedra Galileiana di Storia della Scienza presso l'Università di Padova. Tra i numerosi titoli che si potrebbero citare, basti ricordare che il Professor Shea è membro di numerosi e prestigiosi enti ed accademie internazionali, tra cui la *Royal Swedish Academy of Sciences*, in cui vengono selezionati i premi Nobel; in questo 2009, inoltre, sta girando in tutto il mondo per parlare di Galileo.

Il Professor Piero Benvenuti ordinario di Astrofisica all'Università di Padova, ha ricoperto ruoli di rilievo internazionale presso l'Agenzia Spaziale Europea, come direttore dell'Osservatorio di

Madrid e Direttore del Centro Europeo del Telescopio Spaziale Hubble a Monaco. È stato poi Presidente dell'Istituto Nazionale di Astrofisica, I.N.A.F., ed ora è sub-commissario dell'Agenzia Spaziale Italiana.

A loro il compito di introdurci all'incontro con Galileo e con la sua avventura. Do quindi subito la parola al Professor Shea.

W. SHEA – Ringrazio il professor Gargantini. Sono molto onorato e molto lieto di essere qui con voi questa sera, anche perché sono venuto ad ascoltare Piero Benvenuti, il quale non se ne sta andando, va semplicemente a sedersi per non più di mezz'ora; dico questo perché mi trovo in una situazione particolare: vedo alcuni giovani che possono capire che cosa intendo. Quando andate ad un concerto rock, di musica moderna, la *band* principale arriva solo dopo: ci vuole una *warm band* che per circa mezz'ora prepara il pubblico, ed è quello che sto facendo stasera. Il futuro lo sentiremo dal Professor Benvenuti.

Questa sera vorrei parlarvi di Galileo e comincerei con il farvi vedere una cosa veramente importante. Avrete l'occasione di vedere la rappresentazione di Galileo fatta nel 1624: il vero Galileo, non un *santo*, bensì quell'uomo reale e interessante; abbiamo il privilegio di avere tale rappresentazione in un disegno fatto da Fabio Leoni, presente questa sera grazie all'Ingegnere Giovanni Niccodano, che ringrazio per averci dato questa possibilità.

Il momento storico è straordinario: quattrocento anni fa Galileo, col suo telescopio, cambia la comprensione del mondo. Avviene qualche cosa che anche oggi è importante: egli realizza delle scoperte che ci fanno capire che il mondo non era come si pensava. Sono cose sensazionali e vorrei, in trenta minuti, fare una sintesi di quello che egli osservò col suo telescopio.

Quali sono le scoperte di Galileo? La prima è che la luna ha delle montagne (stasera la luna è molto bella da vedere, vi raccomando di farlo), dei crateri simili alla terra. Perché è importante? Pensate: se la luna assomiglia alla terra forse ci sono abitanti come noi lassù, che ci vedono e a loro volta si chiedono se su quella grande luna ci sono per caso degli esseri umani. Già gli antichi ci avevano pensato. La seconda cosa che scopre è che le stelle fisse sono innumerabili. Perché questo è importante? Perché gli uomini del suo tempo credevano che il cielo esercitasse un influsso sul nostro temperamento (il che non è un'idea ridicola, dato che il sole effettivamente dà la vita, dà il calore, fa crescere le cose, dunque era naturale pensare che, forse, gli astri influiscono su di noi in qualche modo. Oggi noi che cosa facciamo? Se uno studente non si comporta in modo *normale* l'insegnante gli dice di andare dallo psicologo. È un po' la stessa cosa).

Terza scoperta: la via Lattea è una collezione di stelle: questo è molto interessante perché si pensava fosse vapore. Quarta scoperta: la luce cinerea della Luna proviene dalla Terra; quando guardate la

luna leggermente crescente, al terzo o quarto giorno, ne vedete una striscia illuminata, ma vedete anche che la Luna compie un cerchio, cioè la periferia, perché abbiamo la riflessione della luce che viene dalla Terra: cioè noi siamo "la Luna della Luna". Quinto punto: Giove ha quattro satelliti. Questo è un altro argomento interessante perché voi sapete che noi tutti stiamo girando attorno al sole a 30 km al secondo (e qui non sbaglio perché ce l'ho scritto su un pezzo di carta!). Questo vuol dire che in un'ora noi percorreremo insieme più di 100 mila km. Non sentite niente, no? Scusate: come fate a sapere che siamo in moto? Io non ci crederei molto facilmente, perché quando vedo le nuvole che si spostano a 120 km è un uragano, dunque: "se la terra si sposta a 30 km al secondo come fa a non perdere, signor Galileo, le sue nuvole?". Galileo doveva solo rispondere: "aspettate Newton, che verrà dopo la mia morte" (vedete come può essere divertente la scienza?). E perché non perde la sua luna? Se la luna gira intorno alla terra e la terra gira intorno al sole, a quella velocità dovrebbe perdere la luna. Risponde: "non lo so, ma Giove ha quattro satelliti e non li perde. Dunque ho lo stesso problema che avete voi". Poi scopre che Venere ha delle fasi che indicano che gira intorno al sole (sesta scoperta), che ci sono delle macchie sulla faccia del sole (settima scoperta) e l'ottava è che Saturno ha due "orecchie per sentirci meglio" (Galileo non poteva distinguere gli anelli, per cui ha fatto questa ipotesi). È l'unica cosa che non è stata confermata. Su otto proposte sette sono confermate: premio Nobel! Partiamo da qui: questo è ciò che Galileo ha visto. Non poteva dire: "La luna che si girava è solo un trucco della mia segretaria". Se osservate la luna con un telescopio che ingrandisce non più di venti volte, vedrete che il quarto giorno in cui è crescente, la linea di profilo interna non segue una curva perfetta, dal momento che la luna non è una sfera perfettamente rotonda. Se è così Galileo, che aveva letto quel pezzo di "fantascienza" di Plutarco, pensa: "allora forse queste sono montagne!". Qui abbiamo punti bianchi: la luce arriva in quella direzione (questa è una fotografia fatta con un telescopio moderno che ingrandisce venti volte). Qui ci sono delle montagne che bloccano i raggi del sole che arrivano, quindi c'è una discontinuità. Galileo realizza questa scoperta all'inizio del gennaio 1610 e in gran fretta pubblica i suoi risultati, poiché ha paura che un altro faccia la sua scoperta. Come ha potuto costruire questo telescopio? Esistevano telescopi che ingrandivano di quattro volte: lui è arrivato a nove, poi a venti. Nella scienza c'è la teoria e c'è la realtà. A Murano dal 1300 erano esperti in lenti che vendevano all'estero - per esempio sappiamo che ne vendevano cinquemila o seimila ai Turchi ogni anno. Galileo, quando ha sentito parlare del telescopio, ha avuto la fortuna di andare a Murano e di trovare lenti superiori a qualsiasi lente nel mondo. I giovani qui non devono dimenticare che in Italia sono avvenute tante cose fondamentali perché c'erano menti straordinarie, ma anche artigiani eccezionali. E quando Galileo lascerà Padova per andare a Firenze non potrà più fare telescopi

perché non poteva più collaborare con quegli artigiani. Vorrei veramente ricordarli stasera, perché la scienza va avanti nella misura in cui ci sono persone che rendono possibile il lavoro scientifico. Quel fenomeno, dicevamo, dimostra che ci sono montagne e crateri. Galileo sarà l'unico a mostrare il risultato delle sue osservazioni in modo così chiaro. Provate stasera a guardare la luna con un telescopio e a disegnare quello che vedete: se non siete disegnatori bravi non potete farlo. Galileo, in effetti, voleva diventare un pittore ed è andato alla scuola di disegno per un anno, ma suo papà gli ha detto: "Senti caro, tu vuoi fare il pittore ma noi non siamo molto ricchi perché io sono un musicista e sbarcare il lunario non è molto facile. Perché non trovi un posto fisso? Perché non fai l'insegnante? Sei anche bravo in matematica!" E lui accetta, ma per tutta la sua vita dirà che voleva fare il pittore e avrà una grande simpatia non per i suoi colleghi all'università, ma per la comunità dei pittori. Questo è un caso curioso in cui l'arte del disegnatore ha contribuito ad una grande scoperta scientifica.

Vi faccio vedere una fotografia moderna di Albateno, il cratere che probabilmente ha illustrato Galileo, anche se in modo più grande – sappiate che per essere un bravo professore bisogna esagerare un po', e Galileo era un buon professore. Vi faccio vedere anche un disegno di Galileo che vi sorprenderà. Galileo fa questo disegno nel gennaio del 1610. In fondo a questo foglio c'è un oroscopo; e poi si dice che Galileo Galilei è il fondatore della scienza moderna che metterebbe fine all'oscurità del Medioevo. Galileo pensa persino, con la sua scoperta, di poter fare qualcosa di importante in questo campo (si tratta dell'oroscopo di Cosimo II, il Granduca di Toscana; e non c'è un commento ma ci stava lavorando). Vi faccio vedere, in contrasto, il lavoro dell'inglese Thomas Harriot che, un mese prima di Galileo, utilizza un telescopio che ingrandisce di sei volte per guardare la luna. Egli si accorge del fatto che questo terminatore, la linea che separa la parte illuminata da quella oscura, non è continua, ma non ha mai pensato, o almeno non ha mai scritto che ci fossero montagne sulla luna. Il 13 marzo 1610 viene pubblicato il libro di Galileo. Non dimentichiamoci che in quel periodo l'Italia è il centro del mondo. Quando esce il libro a Venezia, lo stesso giorno l'ambasciatore inglese manda il libro in Inghilterra e gli ambasciatori degli altri paesi fanno lo stesso. Allora il libro di Galileo, dal titolo *Sidereus Nuntius*, viene mandato in Inghilterra: Harriot vede il libro e l'anno dopo che cosa vede? Noi vediamo quello che siamo preparati a vedere. L'anticipazione psicologica, intellettuale e culturale fa sì che vediamo delle cose. Per esempio: quando ho il privilegio di andare in una pinacoteca con amici, mi fanno vedere delle cose che io non avevo visto anche se conoscevo bene il quadro. Allora vediamo quello che è capitato. Questa è la pubblicazione galileiana e questa è la trasformazione visiva dell'inglese. Ora voglio farvi vedere rapidamente come Galileo fosse un grande disegnatore. Qui abbiamo uno che ha un telescopio della qualità di Galileo, un gesuita del 1614, cioè 4 anni dopo; anche se accetta tutto

quello che dice Galileo, non è in grado di rappresentarlo. Nove anni dopo, nel 1619, un altro gesuita - i gesuiti erano i migliori professori del tempo - Charles Malapert anche con un telescopio non vi riesce perché non sa disegnare. Nel 1620, questo è più interessante, Giuseppe Gancani, che aveva conosciuto Galileo a Padova, accetta tutto quello che lui aveva fatto, ma non sa, perché io prendo il telescopio e non posso disegnare, devo ricordarmi quello che ho visto; ci vuole un certo allenamento che loro non possedevano. Anche più tardi, Cristoforo Borri, questa volta nel Portogallo, non vi riesce. Dobbiamo aspettare un francese del 1638: Claude Melont. Ma sappiamo che i missionari gesuiti in Cina fanno tradurre subito il *Sidereus Nuntius* di Galileo. Io non so il cinese ma ho un amico che mi ha detto che la traduzione è molto buona. Quello che doveva fare l'illustrazione non era questo, lui ha rovesciato la posizione di questo cratere - è difficile se uno non ha una preparazione: lo ha rovesciato perché non ha capito il significato. Ma torniamo rapidamente alla Chiesa della quale non parlavo. Qui abbiamo la cappella commissionata da papa Paolo V, la Cappella Borghese che è a sinistra in fondo entrando nella chiesa di S. Maria Maggiore. Questa è la Madonna. È interessante vedere come la luna non sia una luna classica: è la luna di Galileo, fatta da un signore che si chiama Ludovico Cardi (detto Cigoli), che è stato studente di disegno a Firenze con Galileo. Come voi che siete giovani e magari un giorno ritrovate un collega, così era capitato a lui, che era un grande amico di Galileo, conosciuto alla scuola di disegno. Questo fatto è stato accettato con grande entusiasmo. Il cardinal Borghese è il committente della villa omonima ed è nipote del Papa. Il cognome in origine era Cafarelli (la sorella del Papa aveva sposato un Cafarelli). Ad un certo momento il Pontefice lo chiama Borghese, lo nomina cardinale e gli dà un sacco di soldi. Perché dico questo? Perché c'era un clima molto lontano dal nostro.

Ma torniamo al discepolo, Ludovico Cardi, che ha abbandonato il disegno galileiano, perché non era bellissimo dal punto di vista estetico. Velasquez - che ha conosciuto Galileo a Roma - e Pascevo sanno molto bene che cos'è la luna dal punto di vista iconografico. Da parte della Chiesa non abbiamo nessun tipo di opposizione.

Passo adesso all'altra scoperta sensazionale del nostro scienziato: i satelliti di Giove.

Il 7 gennaio Galileo perché guarda Giove? Perché quella sera si vedeva bene Giove. Gli astronomi lavorano così - non come quelli moderni che non guardano più niente - e vede due stelline che non si trovano nel catalogo del suo collega di Bologna Maggimi. Per lui è veramente interessante perché si tratta di due stelle fisse che non erano ancora conosciute. Il giorno dopo torna a controllare e che cosa succede? È la storia dell'astronomia: quella sera piove. Ma Galileo non lascia la sua bottiglia di vino, torna, va a dormire e si propone di ritornare il giorno dopo. Questa volta ne vede solo due, è molto strano, era un moto che loro chiamavano retrogrado, ma le stelle sono fatte così. L'11 di gennaio ne vede due spostate, il 12 una configurazione un po' curiosa: ma che cosa sta succedendo?

Non sappiamo che cosa ha pensato Galileo ma ha osservato molto bene e il 13 gennaio ne vede quattro: tre alla destra e una alla sinistra. Allora torna il giorno dopo ancora, si prende una bottiglia di vino perché la cosa diventa ancora più interessante. Piove di nuovo (questa è la vera scienza). Il 15 ne vede quattro alla destra e allora gli viene l'idea che non sia Giove a spostarsi, ma che quelle stelle siano satelliti. Se ha pensato questo non possiamo saperlo. La mia ragione per dire che è così, è che lui abitualmente la sera scriveva in italiano, e quella sera per la prima volta incomincia a scrivere in latino perché si trattava di una grande scoperta scientifica da comunicare nella lingua scientifica del tempo

Oggi scriviamo in inglese, i vostri figli scriveranno in cinese, in quel momento si scriveva in latino. Ieri, quando ho chiesto a un professore di astronomia quanti fossero ora questi satelliti mi ha risposto che ieri erano 63. Qui vi dico un'altra cosa meravigliosa di Galileo: lui ha cercato di determinare il periodo di rivoluzione di questi satelliti attorno a Giove. Nel 1612 pubblica le sue tavole. Ho paragonato questo al 1912 e ho trovato nell'Enciclopedia Britannica solo il 1910. Galileo per effettuare la scoperta ci ha messo un giorno, 18 ore e mezzo: trecento anni dopo, milioni di euro per comprare telescopi eccezionali. Questo lo dico ora perché devo lasciare la parola al relatore principale. Venere gira intorno al Sole: vedete la cosa interessante che di tanto in tanto noi percepiamo tutta illuminata e ad un certo momento non vediamo più, perché là c'è il sole e noi siamo qui; queste fasi di Venere indicano che gira attorno al Sole. Come faceva Galileo a guardare il Sole? Come vedeva le macchie solari senza subire danni? Prendeva due vetri affumicati, ma è una cosa molto pericolosa.

La cosa più bella nella vita di un professore sono gli studenti, in casa di Galileo gli studenti gli propongono di far passare la luce del Sole attraverso il telescopio e di metterlo su uno schermo, "così lei potrà vedere sullo schermo quello che c'è sul sole senza danneggiare i suoi occhi". Dunque grazie a questo studente, che si chiamava Benedetto Castelli, Galileo è riuscito a fare osservazioni veramente eccezionali.

Questo è il disegno di Galileo. Quando ha visto, non poteva vedere bene gli anelli (vedremo nella diapositiva conclusiva che cosa era): pensò allora che intorno a Giove ci fossero probabilmente alcuni satelliti che non vedeva bene e, dato questo disegno, li ha chiamati "le Orecchie". La verità verrà scoperta solo molti anni dopo dall'olandese Huygens ed è un'immagine molto bella che conosciamo tutti. Queste sono le grandi scoperte di Galileo e adesso ascolteremo delle cose ancora più meravigliose da parte del professore Piero Benvenuti. Grazie.

P. BENVENUTI - Buonasera e grazie a tutti di essere intervenuti; ringrazio anche l'amico Bill Shea per avere dato questa magnifica introduzione alla serata. Adesso tocca a me eguagliare la maestria

di chi mi ha preceduto nel raccontarvi qualche cosa. Io vi parlerò senz'altro di Galileo. Partendo però da Galileo vorrei illustrarvi che cos'è il cielo, lo stesso che lui vedeva, ma quattrocento anni dopo. Fatemi fare un passo indietro: il cielo prima di Galilei. Sappiamo benissimo che, sin dall'alba dell'umanità, il cielo ha rappresentato una specie di orizzonte oltre il quale, come nella classica siepe leopardiana, non possiamo avventurarci se non con il pensiero. È l'esempio classico e preciso del limite oltre il quale non possiamo spingerci. Sulla terra possiamo esplorare, varcare gli oceani, possiamo attraversare i deserti, possiamo andare a vedere che cosa c'è al di là di una catena di montagne. Con il cielo ciò che vediamo è irraggiungibile e di fronte a questa meraviglia - questa immagine che vedete è un'immagine presa con il telescopio spaziale Hubble e quindi rappresenta qualcosa che non si può vedere ad occhio nudo. Chi di voi ha osservato il cielo notturno nel deserto quando non ci sono luci intorno, sa che l'emozione che si prova nell'osservare quel cielo originale è tale che non si può rimanere indifferenti. Infatti, fin dall'antichità, i grandi poeti ispirati hanno percepito questo qualcosa che arrivava dal cielo. Il cielo quindi, ha sempre destato meraviglia: il Salmo 18, come sapete, parla dell'opera delle mani di Dio annunciata dal firmamento. Però questa meraviglia è anche sgomento ed angoscia, perché ci si rende conto della insignificanza della nostra presenza nell'immensità dell'universo e quindi guardando questo cielo siamo presi da una certa paura ed angoscia: non capiamo quale sia il nostro ruolo e la nostra posizione nell'universo. Ed ecco quindi che nell'antichità si cerca di costruire attorno a noi un universo che ci dia sicurezza: le sfere di Eudosso non avevano solo lo scopo di spiegare e render conto il movimento dei pianeti e delle stelle fisse ma anche di creare un sistema sicuro, certo, non ignoto; un sistema che ci protegge e ci spiega quello che avviene intorno di noi, senza destare più paura. È chiaro che come ha dimostrato benissimo il professor Shea, Galileo con il suo cannocchiale infrange queste sfere e rimuove in un certo senso l'orizzonte. Il fatto che il cielo, o meglio, la luna diventi simile alla terra, della stessa sostanza, rendendo così plausibile la domanda: "Ma allora forse c'è qualcuno che vive là, tra quelle montagne e quelle valli e che guarda a noi come alla sua luna?", rende in un certo senso il cielo più collegato alla terra. I satelliti medicei, poi, come abbiamo sentito, confermano in qualche modo il modello copernicano, il nuovo modello di visione del mondo che mette al centro dell'universo il sole e non la terra, e questa che ruota attorno al sole. Divenga plausibile proprio perché osservando il movimento di notte dei pianeti medicei si vede un piccolo sistema solare in miniatura riprodotto e visibile nei suoi movimenti. L'universo diventa completamente differente da quello che prima si immaginava: come è stato detto prima queste sono stelle osservate con il telescopio spaziale ma Galilei, quando punta il telescopio verso le Pleiadi, verso la Via Lattea, nota che questo biancore indefinito che si vede a occhio nudo è in realtà un insieme di migliaia e migliaia di stelle, e scopre così un universo molto più vasto, molto più grande di quello che si



poteva immaginare. Dallo sgomento iniziale del salmista che si era mitigato attraverso il modello di Eudosso, il modello tolemaico di nuovo si scompone e l'universo diventa incredibilmente grande e quasi estraneo all'uomo. È interessante sapere che durante la vita di Galileo, John Milton, grande poeta inglese, gli fece visita e sicuramente parlarono delle nuove scoperte e Milton nel suo *Paradise lost* scrive questi versi:

*“Come mai la natura, che di solito è così frugale e saggia, si è resa responsabile di questa sproporzione creando tutti questi eccessi di corpi però totalmente inutili che solo brillano?”.*

Continuando nel suo poema Milton fornisce una sua spiegazione, che però è metafisica, non fisica né astronomica. Su questo punto ritorneremo tra breve.

Oggi qual è il cielo che noi vediamo? Esiste ancora il cielo stellato e con quali occhi osserviamo questo universo che ci circonda? Come è cambiato il concetto di cosmo da quando Galileo ha puntato il suo telescopio? Quali sono i cambiamenti fondamentali, sostanziali della nostra concezione dell'universo? E c'è ancora un orizzonte che ci separa da qualche cosa di ignoto? Che cos'è l'uomo allora di fronte a questo nuovo universo perché qualcuno se ne prenda cura? Forse il cielo esiste ancora però noi non lo vediamo più. Questa è una immagine composta di immagini satellitari che mostra la terra di notte, e vedete che tutte le aree popolate sono totalmente illuminate, inquinate dalla luce. Le stelle sono affogate in un mare di luce artificiale che ci impedisce appunto di vedere le stelle. Quando usciremo questa sera e alzerete gli occhi al cielo, forse vedrete la Luna, quasi piena, forse piena o vicino alla fase di luna piena se guardate bene, ma se cercate di guardare le stelle scoprirete che se ne vedono pochissime. Forse non ci pensiamo abbastanza ma solo centocinquanta anni fa, duecento anni fa tutti i nostri antenati, uscendo alla sera, vedevano il cielo stellato originale. Vi assicuro - spero l'abbiate visto – che rimane impresso in maniera indelebile e crea davvero un collegamento tra l'uomo e l'universo che lo circonda. Questo collegamento quotidiano, quasi una preghiera serale che tutti potevano sperimentare duecento anni fa e prima, oggi è totalmente scomparsa. Possiamo ancora gioire di questo spettacolo ma dobbiamo cercarlo, dobbiamo isolarlo, dobbiamo andare in posti dove le luci non disturbano. Non è più una cosa naturale e quotidiana. Anche perché poi oltre alle luci c'è la televisione, le nostre abitudini e non siamo più disposti a spendere un po' di tempo, forse considerato inutile, per guardare il cielo. È la fine dell'astronomia? No, sicuramente no. Gli astronomi hanno semplicemente spostato i loro strumenti. A Padova, vicino alle case di Galileo, dove c'è ancora l'Osservatorio e il Dipartimento di Astronomia, esistono ancora degli strumenti ma sono da museo e nessuno penserebbe più di utilizzarli nelle nebbiose notti padovane. Ma anche il telescopio di Asiago, il telescopio dell'Osservatorio di Padova, che ha funzionato egregiamente per molti anni, oggi non è più competitivo. Certo, può fare qualche lavoro scientifico o può essere utile per fare un po' di attività

didattica ma dal punto di vista dell'astronomia non è più nella zona e nel posto giusto per fare l'astronomia di frontiera. Gli astronomi di oggi hanno spostato i loro osservatori in poche zone del globo dove le condizioni meteorologiche e climatiche sono tali da poter sfruttare al meglio tutte le notti dell'anno. Questi sono i telescopi dell'European Southern Observatory in Cile, La Silla Paranal Observatory, e questa strana cupola quadrata è la copertura della Large Binocular Telescope, un telescopio americano-italiano-tedesco costruito sulla cima del monte Graham in Arizona. È un telescopio binoculare, e se ve lo mostro, difficilmente riuscirete a riconoscere quale sia il telescopio. È una grande macchina molto complessa da utilizzare: questi sono i nuovi strumenti che gli astronomi di oggi utilizzano. Non solo, ma sono riusciti a portare gli strumenti anche al di là del disturbo e del filtro dell'atmosfera e sono riusciti ad esplorare l'intero spettro elettromagnetico, non solo la luce visibile ma anche le radiazioni di altre lunghezze d'onda. Non solo l'astronomo è riuscito a portare i telescopi sullo spazio, ma è riuscito anche a contrastare l'effetto di perturbazione deleterio dell'atmosfera stessa. L'atmosfera, come sapete si muove, è un gas che circonda la Terra; la luce delle stelle per arrivare ai nostri telescopi terrestri deve attraversarla e attraversandola viene distorta, viene mossa, come quando osservate il cielo in prossimità di un vento caldo o di una superficie calda, come l'asfalto. Ma oggi, prima di arrivare alla lastra fotografica, lo strumento che fa la fotografia passa attraverso uno specchio sottile sotto il quale ci sono dei pistoni che muovono leggermente questi specchio. Essi reagiscono modificando la struttura di questo specchio, in modo tale da correggere la deformazione della luce provocata dal passaggio attraverso l'atmosfera. Quindi si riproducono le condizioni che avrebbe la luce se venisse osservata al di fuori dall'atmosfera. È qualche cosa di fantastico: quel che è stato ottenuto negli ultimi anni si chiama *ottica adattiva*, ed è ormai utilizzata dai più grandi telescopi del mondo perché permette di ottenere immagini così limpide e nitide come si possono ottenere dallo spazio. Tra un attimo vedremo come la luce di una stella è mobile e deformata senza questa correzione. Questa è una stella osservata in tempo reale: una singola stella produce tante immagini che danzano sul piano focale del telescopio. nel momento in cui io accendo questo sistema di correzione vedrete la stella che diventa una immagine puntiforme, caratteristica di un astro lontanissimo che ha una struttura di questo tipo; ciò permette di ottenere delle immagini di grande qualità. Questo è il nuovo universo che oggi, 400 anni dopo Galileo, noi riusciamo ad osservare. Possiamo quindi esplorare la Via Lattea e vediamo non solo le migliaia di stelle che Galileo riuscì a scoprire con il suo piccolo telescopio, ma queste masse di gas e polveri dentro le quali le stelle nascono, vivono e muoiono. Abbiamo imparato, durante la seconda metà secolo scorso, a capire come le stelle si formino, evolvano e muoiano. Abbiamo cominciato, durante il secolo scorso, a capire che l'universo non è statico ma ha una sua vita a partire dagli elementi fondanti dell'universo stesso, cioè le stelle. Le

stelle non sono sempre uguali, hanno una loro vita che dura a seconda della loro massa e della loro situazione ma si modificano nel tempo e diventano oggetti meravigliosi come questa, che è una nebulosa planetaria, dove al centro una stellina ha esaurito tutto il suo combustibile di idrogeno ed è ora una specie di rimasuglio brillante di elio molto compatto: è una nana bianca. Tutto intorno c'è il materiale, il gas che circondava la stella inizialmente, ora si è espanso, è stato spinto via pian piano e adesso entrerà in circolo nel mezzo interstellare per dare origine ad altre stelle. C'è una specie di continua generazione di nuove stelle che utilizzano il materiale bruciato e utilizzato dalle stelle precedentemente. Queste stelle costituiscono insieme le Galassie. La Via Lattea è la galassia nella quale noi viviamo, ma di galassie ce ne sono milioni e milioni in tutto l'universo. Sono i veri mattoni dell'universo e assumono forme molto belle come questa, si riuniscono in gruppi e costellano l'universo in maniera uniforme: più guardiamo lontano e più vediamo galassie sparse in tutto il cielo. Ma la cosa veramente fondamentale che si è scoperta durante il secolo scorso, a partire dalle osservazioni di Hubble (i primi anni del secolo) e congiuntamente con la formulazione della teoria della relatività generale di Einstein, questi due eventi insieme hanno fatto sì che noi oggi sappiamo che l'universo non solo contiene degli oggetti che evolvono col tempo, ma egli stesso come universo evolve, cambia, si espande. Più lontano guardiamo nell'universo e più vediamo le galassie allontanarsi apparentemente ad una velocità sempre maggiore, proporzionale alla loro distanza. Questo si spiega come se le galassie fossero all'interno di un palloncino che si gonfia e continuamente aumentassero la loro distanza e separazione mutua. Allora questo ha costruito il nuovo modello del cosmo. Un nuovo modello che utilizza al meglio la velocità della luce, che è l'unico modo in cui conosciamo l'universo sin dai tempi dell'antichità e di Galileo. Galileo usa uno strumento, il cannocchiale, che gli permette semplicemente di vedere un numero maggiore di fotoni, una quantità di luce maggiore di quella che si può percepire ad occhio nudo. Ma il punto fondamentale è quello di raccogliere maggiore luce. Questa luce non viaggia istantaneamente: ricordo che Galilei si pose il problema di quale fosse la velocità con cui si trasmetteva la luce: sapeva sicuramente, lo trovate nei suoi dialoghi, che la luce si propaga più velocemente del suono perché quando vedete un colpo di artiglieria sparato, vedo prima il lampo e poi sento il colpo. Quando osservo un fulmine in cielo, prima vedo il lampo e poi sento il rombo del tuono; quando vedo uno che picchia il martello su una campana o su una incudine prima vedo il martello cadere sulla campana e poi sento il suono. Sicuramente, egli afferma, la velocità della luce è superiore a quella del suono, però non sa quanto sia. E immagina un esperimento per poterla misurare, ma purtroppo la velocità della luce è molto elevata per i nostri standard e l'esperimento che Galileo pensa è inefficiente, non è sufficientemente preciso per poter determinare questa velocità. Egli immagina due assistenti con due lanterne posti a grande distanza l'uno dall'altro ma sempre in vista

l'uno dell'altro e, istruiti, uno deve chiudere con uno schermo la lanterna di notte e l'altro appena vede la lanterna sparire deve fare lo stesso con la propria. E dall'intervallo di tempo trascorso posso misurare quanto tempo è intercorso perché la luce passi da un assistente all'altro. Purtroppo la luce, come sappiamo, viaggia a 300.000 km al secondo: il tempo intercorso tra questi due eventi alla distanza di qualche chilometro è talmente piccola che non è misurabile con questo sistema. Bisognerà attendere, non molto tempo dopo, il grande astronomo Ole Rømer che, pochi decenni dopo, utilizzando proprio i satelliti di Giove riesce a dare una prima stima -non molto accurata perché non aveva la possibilità di misurare bene ciò che voleva misurare -di 220.000 chilometri al secondo per la velocità della luce. Poi con gli esperimenti successivi di Fizeau e Michelson, questa velocità viene finalmente stimata.

La velocità della luce per i nostri standard è elevatissima, ma se la paragoniamo alle dimensioni dell'universo è in realtà ben piccola. E allora siccome la luce è l'unico messaggio che ci arriva al momento dall'universo questo significa che più guardiamo lontano nell'universo più guardiamo indietro nel tempo e, meravigliosamente e incredibilmente -Galileo non poteva immaginarlo- oggi possiamo ricostruire una sequenza di immagini che sono delle istantanee attuali dell'universo in varie epoche: possiamo risalire indietro nel tempo. La distanza che intercorre tra le osservazioni che vi ho mostrato delle galassie e quelle che l'amico Bersanelli studierà tra poco col suo satellite Plank, che sono il fondo cosmico, questa distanza temporale è di circa quattordici miliardi di anni. Precisamente tredici miliardi e sette. E, incredibilmente, con i miei telescopi posso fare delle sezioni temporali e vedere l'universo come era, o come è oggi, ma com'era in tempi diversi. Questa immagine ultima è una immagine di tredici miliardi e sette di anni fa. L'universo a quell'epoca non conteneva stelle, non conteneva galassie, era una massa più o meno uniforme di gas incandescente, grosso modo com'è il gas che compone il nostro sole. Noi sappiamo che non possiamo vedere dentro il sole anche se è fatto di gas, perché è un gas ionizzato. Gli elettroni sono separati dagli altri atomi e questo miscuglio che tecnicamente si chiama plasma è opaco e non permette alla luce di trasmettersi direttamente. Quindi non possiamo vedere dentro il sole, oltre questa barriera che ci preclude lo sguardo, ma qui siamo veramente all'inizio dell'evoluzione dell'universo, non siamo al momento del cosiddetto Big Bang, che non sappiamo realmente che cosa sia, siamo qualche centinaia di migliaia di anni dopo, ma praticamente è l'inizio. E qui l'universo è quasi indistinto. Ci sono delle piccolissime variazioni di densità che poi con il tempo evolveranno dando forma alle galassie e alle stelle che oggi osserviamo. Questo è quindi il nostro universo, il nostro modello di universo che possiamo immaginare evolvere in varie fasi, dopo pochi minuti dal cosiddetto Big Bang, da questa singolarità iniziale, c'è una prima nucleo-sintesi, cioè una prima produzione di elementi: si forma circa il 25% di elio, il resto è idrogeno. Ci sono tracce di elementi leggeri ma non

ci sono gli elementi pesanti, quelli che costituiscono le molecole che noi conosciamo, quelle che costituiscono il nostro corpo, gli atomi che noi conosciamo. Queste sono costruite, "cucinate" all'interno delle stelle: all'interno del nucleo delle stelle le reazioni termonucleari producono tutti gli elementi che oggi conosciamo. Questi elementi poi, quando le stelle muoiono e scoppiano come supernove o si disperdono come venti stellari, creano nuove stelle, creano molecole, nubi molecolari, dischi protoplanetari, creano i pianeti e la Terra. Allora vedete la risposta alla domanda che si poneva nel suo poema John Milton – a che cosa servono tutte queste stelle, perché sono state create, perché c'è tutto questo grande universo intorno a noi? – è che tutto questo grande universo esiste perché siamo tutti legati a una evoluzione che ha portato oggi a essere qui questa sera e a parlarci e meditare su quella che è stata la storia del nostro universo. Se non ci fossero state tutte queste fasi, questa produzione lenta, continua di elementi, noi non saremmo qui. Era necessario che questo avvenisse in questo modo. Ecco perché le stelle non sono lì inutili, ma sono legate strettamente a noi. Il ferro che è nell'emoglobina del nostro sangue è stato prodotto dall'esplosione di qualche supernova. Tutti noi siamo figli di quelle polveri di stelle che si sono sparse un tempo nell'universo.

Ma ciò che mi emoziona sempre di più nel guardare il cosmo come lo vediamo oggi con i nostri telescopi è quest'immagine. Sembra una semplice immagine di galassie, in realtà è vero, ci sono grandi ammassi di galassie, ma ci sono degli strani archi che qui vedete in varie zone e che sembrerebbero a prima vista delle altre "galassiette". Non lo sono affatto. Sono immagini distorte di galassie che si trovano dietro questo ammasso e la loro luce e immagine viene deformata dal fatto che questo spazio è diventato curvo per la presenza della massa di queste galassie. Questa geometria non è più una geometria euclidea, quella che impariamo a scuola e con i nostri sensi quando ci muoviamo nello spazio che ci è messo a disposizione: questa stanza, questo magnifico chiostro rispondono a tutti i teoremi della geometria euclidea. Voi sapete che Euclide, basandosi semplicemente sull'esperienza dei teoremi che avrebbe poi dimostrato, ha ricostruito ciò che noi sperimentiamo partendo dai famosi cinque postulati, i principi di Euclide. Con quei cinque postulati, che sono delle creazioni mentali, lui è riuscito a dimostrare tutto ciò che noi sperimentiamo misurando la geometria di ciò che ci sta intorno, e non ha mai trovato nessuna contraddizione in questo. I matematici successivamente hanno provato a eliminare uno dei cinque postulati, quello famoso delle parallele, e hanno scoperto che potevano costruire degli edifici razionali ugualmente corretti e ugualmente "veri" all'interno della loro costruzione razionale, partendo da un postulato diverso, cioè ammettendo che il postulato delle parallele non fosse vero. Queste costruzioni logiche per molto tempo apparvero come meri voli pindarici di matematici e geometri. Una costruzione logicamente consistente non dava nessuna contraddizione, tuttavia era

semplicemente una cosa astratta. Ebbene, dopo Einstein, dopo lo Space Telescope, dopo i grandi telescopi che ci permettono di vedere queste cose ci siamo resi conto che in realtà – e torneremo su questo punto della realtà - lo spazio può essere anche curvo, vale a dire coincidente con quelle costruzioni astratte che la nostra mente aveva immaginato. Questa coincidenza della razionalità, quello che io posso immaginare nella mia mente, con ciò che posso misurare e scoprire nell'universo -e non sapevamo questo, Galileo non lo sapeva, pur essendo un grandissimo fisico e matematico su questo era ignorante come io oggi sono ignorante di ciò che scopriremo tra cento anni-, ebbene questa coincidenza continua tra la razionalità del mio ragionare e ciò che osservo è qualche cosa che mi dà sempre un brivido lungo la schiena.

Che cosa abbiamo visto dunque con questi telescopi che si sono succeduti per centinaia di anni? Quattrocento anni dopo Galileo, abbiamo capito – e Galileo ci aveva provato ma non era riuscito a fare questa misura – che la velocità finita con cui viaggia la luce ci permette di vedere il passato, di ricostruire la storia del nostro universo. Anche questa è una cosa che Galileo non poteva nemmeno immaginare. L'altra grande scoperta del secolo scorso con Einstein è che lo spazio e il tempo, che Galileo in un certo tempo, ma sicuramente anche Newton, consideravano delle entità assolute, separate -da una parte lo spazio e dall'altra il tempo, come entità intoccabili e incorruttibili da parte della materia che era intorno-, in realtà sono inscindibili dalla materia e dall'energia che descrive l'universo. Spazio e tempo nascono con l'universo e si evolvono con l'universo. Non ha senso pensare a un contenitore assoluto all'interno del quale avviene il Big Bang. Questa è una immagine, una delle più disgraziate espressioni per descrivere l'universo perché non c'è nessuna esplosione, non c'è niente che esplode all'interno di una scatola. È tutto l'universo con lo spazio e il tempo che viene trascinato in questa evoluzione. Il vuoto quindi non coincide con il nulla, l'*ex nihilo* non coincide con quello che oggi i fisici considerano come il vuoto, e l'universo che ci appartiene e nel quale noi viviamo e del quale siamo parte non è qualche cosa di esterno a noi, è in evoluzione e noi ne siamo parte. E l'evoluzione di questo universo non è stata inutile, ha creato le basi per essere fertile e far nascere la coscienza che riflette sullo stesso universo e che cerca di capire che cosa sia e quale sia la relazione tra noi che viviamo in questo universo e l'universo stesso.

A questo punto poteva sembrare qualche anno fa che tutto fosse ormai piacevolmente tornato nei binari delle sfere di Eudosso, avevamo il piacere di capire che, pur sapendo che c'erano ancora tanti misteri, ormai il quadro e il mosaico della evoluzione dell'universo era perfettamente delineato e noi siamo parte di questo e ci troviamo oggi a saperlo descrivere. Quando, qualche decennio di anni fa, anzi forse dieci-quindici anni fa, qualcosa succede con le nostre osservazioni e ci troviamo di fronte ad un vero e proprio mistero, tanto da doverci chiedere come Pilato: "Che cosa è la verità?" Le galassie che abbiamo visto e che compongono il mosaico dell'universo rappresentano

semplicemente il 5% di quello che esiste. Il 25% è costituito da materia pesante, materia che fa sentire la propria azione gravitazionale ma non emette luce, non sappiamo dove sia e di che cosa sia fatta, anche se sappiamo che si tratta di materia pesante. E il 70% di quello che esiste non sappiamo assolutamente che cosa sia, per il momento l'abbiamo chiamata "energia oscura", "quintessenza": fa sentire la sua azione perché ci siamo accorti che l'universo non solo si espande ma, espandendosi, non rallenta la sua espansione anzi accelera sempre di più. Sta accelerando e il responsabile è ciò che noi abbiamo chiamato energia oscura, ma non sappiamo assolutamente che cosa sia. Forse lo sapremo tra qualche decina o centinaio d'anni, ma al momento non sappiamo che cosa sia. Allora la considerazione che viene spontanea è di considerare da una parte la nostra grande capacità di comprendere l'universo, di comprendere anche tutto ciò che appare nuovo ma dobbiamo ammettere anche il fatto che ci sono infinite cose nell'universo che noi non conosciamo ancora. Quindi oggi noi siamo coscienti del nostro universo ma anche molto ignoranti, perché la realtà del cosmo è un mistero, non è mai raggiungibile completamente. La nostra fede però è che sarà sempre intelligibile razionalmente, che potremo sempre dominarla razionalmente, ma che rimane sempre qualcosa da scoprire, c'è sempre una realtà che sta al di là della nostra comprensione globale, totale. Tutto sommato questo è consolante perché se riuscissimo a sapere tutto, dal punto di vista scientifico intendo, non ci sarebbe più bisogno degli astronomi e dei fisici, avremmo finito la nostra carriera, ma avrebbe anche delle implicazioni molto più profonde dal punto di vista filosofico e metafisico. Quindi è bene, è rassicurante che la realtà sia misteriosa, ci dà lo spazio per poter pensare a una realtà più complessa di quella che semplicemente si manifesta a noi attraverso i fenomeni spazio-temporali. E allora a questo punto possiamo con questo quadro, con questa sensazione di ciò che abbiamo imparato, con l'orgoglio di aver visto che cosa sappiamo fare, ma anche con l'umiltà di aver capito che c'è moltissimo, anzi infinite cose che noi non possiamo dominare, possiamo allora rileggere anche la seconda parte del Salmo 8: "Eppure, nonostante mi senta io angosciato di fronte all'immensità dell'universo, io sono poco meno degli angeli. Di gloria e di onore mi hai coronato, mi hai dato potere sulle opere delle tue mani, tutto hai posto sotto i miei piedi". Ma non dimentichiamo anche che lo stesso Salmo 8 ci ricorda che avremo questo potere di dominare il tutto, di entrare nel regno solo se sapremo osservare il cielo con meraviglia, con gli occhi innocenti e meravigliati di un bambino. Infatti poco prima si legge: "Con la bocca dei bimbi e dei lattanti affermi la Tua potenza". E allora con questo atteggiamento noi possiamo veramente far coincidere, conciliare ciò che impariamo attraverso il metodo scientifico con questo altro grande verso con cui inizia la Bibbia.

M. GARGANTINI: Prima di dare spazio a due o tre domande da parte del pubblico mi sembra di poter osservare che è stato davvero felice -almeno io l'ho colto così- questo parallelo che ha creato il racconto dell'esperienza di Galileo fatto dal professor Shea prima, poi riprodotto secondo lo stesso stile, atteggiamento e spirito nel racconto di uno scienziato moderno che ripercorre in altro modo gli stessi passi, con la stessa sensibilità, forse riflettendo sugli stessi salmi. Galileo sembra che ci abbia riflettuto, come pare da alcuni resoconti: ecco, quindi, il resoconto del professor Shea che ci ha mostrato l'avventura della scoperta scientifica con tutto il suo carico di umanità e di drammaticità, espressa anche dal modo in cui ha sviluppato la sua relazione. Scoperta nella quale Galileo era coinvolto con tutta la sua umanità, con pregi e difetti, con genialità e limiti, con rigore e intemperanze. E questo avvenimento ci ha poi spalancato tutta una serie di conoscenze che abbiamo sentito brevemente descrivere in questa successione di conoscenze fino ai confini dell'universo in accelerazione. Il professor Benvenuti ci ha riproposto le domande di Galileo riportandole all'oggi, che è poi ciò che a noi interessa, mostrando la potenzialità degli strumenti moderni, che generano a un ritmo sempre più veloce nuovi avvenimenti di conoscenza e di scoperta dstando comunque la stessa esperienza di sorpresa che ha si è destata in Galileo quando si è reso conto che quello che vedeva era qualcosa di nuovo, che nessuno aveva visto prima di lui. Allora è a partire da questi fatti che possiamo porci e sviluppare tutti gli altri tipi di interrogativi che, naturalmente, per il suo carattere di esperienza umana e scientifica, essa pone e ha posto nella storia. Proprio a partire da questo possiamo avviare un dibattito avendo a disposizione due personalità che possono aiutarci a fare qualche passo ulteriore. Il tempo che abbiamo a disposizione non ci consente di fare se non due o tre interventi dal pubblico.

DOMANDA: Lei ha accennato a qualcosa sul contatto che Galileo aveva con l'ambiente artigiano, degli occhialai, dei costruttori di lenti. Da quello che sappiamo se li faceva anche da solo?

W. SHEA: Credo che questa domanda sia molto importante. Galileo è un grande manager in questo senso, sa trovare i collaboratori in grado di aiutarlo, perché prima della scoperta del telescopio Galileo aveva cominciato a fare un compasso e aveva trovato un artigiano che si chiamava Mazzolini, il quale era in grado di realizzarlo. Quando poi ha cercato di fare le lenti ha incontrato delle grosse difficoltà e non è stato in grado di realizzare queste lenti come le facevano i vetrai di Murano. È una cosa molto difficile, oggi esiste ancora a Venezia una ditta, quella di Archimede Sicuso, in cui non utilizzano né computer né termometri esattamente come si faceva al tempo di Galileo, salvo che invece di avere la legna per riscaldare il forno c'è il gas. Ci mettono sei anni a imparare la tecnica. Il problema artigianale è molto più difficile di quanto credessi due o tre anni fa.



Galileo non è riuscito a fare queste lenti. È riuscito verso il 1622-23, più di dieci anni dopo, a trovare un artigiano che è riuscito a fare delle lenti di qualità. Ma Galileo aveva un interesse manuale, era liutista, uno che sa utilizzare le dita per produrre della bellezza, gli piaceva lavorare con le sue mani, aveva una vigna e per produrre il vino bisogna lavorare seriamente. Aveva il temperamento di una persona che si interessa personalmente alla realizzazione di cose concrete, come per esempio il piano inclinato. Nel caso delle lenti non è stato possibile arrivare a risultati superiori a quelli di Murano.

**DOMANDA:** Quali strumenti si stanno realizzando per il futuro?

**P. BENVENUTI:** Ci sono alcuni progetti già in atto e ce ne sono altri in progettazione. Si lavora su due linee, da una parte per aumentare la possibilità di vedere con grande sensibilità alle lunghezze d'onda che dalla terra non si possono osservare. Dalla terra, come sappiamo, si può osservare bene la luce visibile e una parte delle onde radio. Le altre radiazioni che sono pure emesse dagli oggetti celesti e quindi dall'universo vengono bloccati dall'atmosfera. Quindi dobbiamo uscire dall'atmosfera e portarci nello spazio. Il problema dello spazio è che non è facile, è costoso portare strumenti molto grandi. Siccome gli oggetti che vogliamo osservare, soprattutto nell'estremità dell'universo, sono molto deboli, sarebbe necessario portare nello spazio specchi molto grandi. Questo non è possibile, ma comunque è in fase di progettazione il successore del telescopio spaziale Hubble che si chiama "Next Generation Space Telescope", meglio noto come "James Webb Space Telescope": sarà un telescopio abbastanza grande con la caratteristica di riuscire ad osservare la luce infrarossa. Qui bisognerebbe aprire una parentesi: il fatto che l'universo si espanda significa anche che la velocità apparente delle zone più lontane sposta la propria radiazione verso il rosso. Più lontano si guarda, quindi, non solo si guarda più lontano nel tempo ma anche una radiazione sempre più fredda, sempre più spostata verso il rosso. Per osservare questa radiazione bisogna avere degli strumenti che siano freddi, cioè che non emettano essi stessi la luce perché altrimenti saremmo nella stessa condizione di cercare di osservare le stelle di giorno dalla terra. Quindi bisogna costruire questo James Webb Space Telescope, che funzionerà ad una temperatura molto vicina allo zero assoluto, quindi a temperature veramente molto basse, con tutte le difficoltà che questo comporta. Però se verrà realizzato ci permetterà di osservare l'universo estremo e soprattutto di osservare quella fase di evoluzione dell'universo che non siamo riusciti a ancora a vedere: ci manca una zona, che è quella relativa alla formazione delle prime stelle, delle prime galassie. Questo ormai è il tassello che ci manca, o meglio che fino a pochi anni fa pensavamo che fosse definitivo. Poi è successo che abbiamo scoperto la materia oscura e il fatto che l'universo si espande, quindi adesso

la corsa consiste nel costruire strumenti che ci permettono di capire che cosa sia la materia oscura. Questo lo possiamo fare anche da terra con strumenti che osservano nelle onde radio millimetriche, quindi sono in fase di progettazione enormi radiotelescopi: un chilometro quadrato di area terrestre ricoperta di tante antenne per osservare nelle onde radio. Quindi il problema è sempre cercare di utilizzare al meglio i pochi fotoni, la poca energia che l'universo lontano ci manda. Contemporaneamente abbiamo scoperto che esistono nell'universo degli oggetti estremamente violenti, ci sono degli eventi probabilmente legati al collasso di materie, buchi neri o eventi di questo tipo che producono enormi quantità di energia in maniera esplosiva. Capire che cosa succeda quando avvengono queste esplosioni è un'altra delle grandi sfide. Infine una delle linee più vicine a tutti è quella di cercare segni di presenza di vita di qualunque tipo in altre zone dell'universo, in altri pianeti, dal momento che sappiamo adesso essere ormai una caratteristica comune di tutte le stelle avere dei sistemi planetari. Tutte le volte che cerchiamo di vederli li troviamo. Quindi adesso la sfida è cercare questi pianeti e alcuni che siano compresi nella cosiddetta zona abitabile e diano qualche segnale di presenza eventuale di attività biologica. Credo che questo sia in realtà uno degli obiettivi più ambiziosi ma anche più importanti dal punto di vista del pensiero, se vedessimo che ciò che abbiamo tutto sommato imparato da questa evoluzione, cioè che l'universo è fertile e produce automaticamente la vita biologica ci farebbe meditare più profondamente anche sulla nostra esistenza, sul nostro ruolo.

DOMANDA: Volevo chiederle un parere a proposito della tesi di Stark, secondo cui le scoperte di Galileo e di Keplero sono state possibili in occidente in virtù del Cristianesimo, perché esiste un principio creatore razionale, il quale non solo desidera comunicarsi all'uomo, ma si rivela e desidera essere intelligibile all'uomo. Lei ha detto che la realtà del cosmo è mistero, è un mistero intelligibile ma inesauribile. La tesi di Stark muove dal punto di vista di uno storico. È plausibile anche dal punto di vista di uno scienziato?

P. BENVENUTI: È certamente una tesi interessante: recentemente ne ho sentita un'altra, la tesi di uno storico che si interessa di civiltà mesopotamiche, il quale sta sostenendo con un certo successo la tesi secondo cui l'origine delle prime religioni monoteiste coincide con il riconoscimento dei fenomeni astronomici ricorrenti, delle regolarità, dei cicli astronomici. Nel momento in cui uno ha intuito una regolarità nel cosmo, quindi non il caos ma una razionalità che io posso comprendere, quindi posso riflettere la mia capacità razionale in quello che osservo, lì nasce l'idea che esista una mente ordinatrice. Quindi è plausibile, è una tesi che mi convince fino ad un certo punto, mi pare che ci sia una analisi scientifica e un progresso della scienza non solo a partire da Galilei. C'è stata

una scienza anche nell'epoca greca: l'ellenismo aveva raggiunto livelli di conoscenza altissimi, siamo quasi certi che si fosse sviluppata una solida teoria eliocentrica prima di Galilei. I motivi storici per cui le cose sono andate in modo tale che abbiamo dovuto aspettare Galilei perché nascesse la nuova scienza sono molteplici e non dovuti solamente ad una evoluzione lineare. Ci sono stati degli eventi come l'incendio della biblioteca di Alessandria che hanno avuto degli effetti devastanti sulla diffusione di ciò che si era accumulato in sapere, quindi non mi sento di sposare completamente quella tesi, sicuramente c'è una parte di verità. Il risultato dell'evoluzione della scienza moderna da Galileo fino ad oggi con l'avvento della fisica quantistica, dei principi di indeterminazione, ci ha fatto capire che lo spazio e il tempo non sono entità assolute: ciò ha permesso di pensare razionalmente ad entità che stanno al di là dello spazio di manifestazione dei fenomeni spazio-temporali. Che siano descritti in modo diverso, questo non va contro la mia capacità di conoscere, tutto sommato coincide anche con il principio iniziale di Galilei, che dice: "Io rinuncio a tentare di comprendere l'essenza, a capire l'essenza delle cose, mi limito a considerare i fenomeni"; tutto questo oggi permette un dialogo molto più fruttuoso tra la metafisica, la religione e la ricerca scientifica. Non solo non c'è più conflitto, non ha più senso il conflitto, ma anzi è possibile un dialogo che dia frutti.

W. SHEA: Sono d'accordo con quello che ha detto il professor Benvenuti. Penso che ci ritroviamo in un mondo di cose che sono storiche. Ovviamente la scienza è nata in un clima di riflessione filosofica in Grecia. Galilei si vedeva come l'erede di Archimede, la teoria copernicana era una ripresa di un'idea di Aristarco. L'idea che una visione religiosa, dove c'è al centro della sua riflessione un creatore, ovviamente rende ragionevole una ricerca di leggi nel senso profondo: si tratta di una cosa che non solo accade, bensì che è stata fatta. Posto che questo sia importante, lo dobbiamo in buona parte alle religioni monoteistiche, cioè all'islam fino a delle difficoltà di carattere politico anche in qualche parte del mondo; noi abbiamo conosciuto un periodo abbastanza difficile fino alla fine del Medioevo con l'arrivo di una ripresa della tradizione greca. Penso che una giustificazione metafisica sia più facile in un contesto del cristianesimo, questo penso che sia una cosa valida. Ma si deve stare attenti a non andare al di là di quello che veramente è accaduto. Occorre riconoscere che la scienza è un tipo di riflessione in cui uno cerca di capire che le cose avvengono non per la volontà di un certo Dio, ma perché ci sono delle regole che sono state create e volute da un Creatore. Ma la ricerca rimane sempre aperta. Io penso, parlando di Galileo, che se non ci fosse stato Galileo la scienza moderna ci sarebbe ancora. Galileo, tuttavia, ha accelerato la riflessione scientifica, senza di lui qualche anno dopo lo sviluppo non sarebbe stato così dinamico,

così intenso. Molto più difficile è il problema dell'evoluzione, ma avremo un'altra occasione per questo.

DOMANDA: Mi sembra che in tutta la vicenda di Galileo, come nella scienza odierna, il punto cruciale sia il ruolo della tecnologia. Precedentemente si è fatto riferimento ad Euclide, che 1500 anni prima aveva già costruito un impianto teorico puramente logico. Il professor Shea citava la tecnologia alessandrina e greco-romana, che era già molto avanzata. Dunque in realtà non è che ci sia stato un grosso progresso tecnologico dall'epoca classica al '600. Come mai c'è stato questo salto, grazie al quale la tecnologia e la conoscenza si intrecciano e si integrano fecondamente in questo meccanismo evolutivo?

W. SHEA: Si tratta del problema della continuità/discontinuità. Talvolta nella filosofia moderna si è parlato di ritmi che vengono cambiati (ne ho discusso spesso con il mio amico Thomas Kuhn): è un modo di riprendere quello che lei sottolinea. Ci sono momenti di continuità e, ad un certo momento, a qualcuno arriva un'idea nuova, radicalmente nuova. Ho accanto a me un uomo che stimo moltissimo, uno dei più celebri e competenti astronomi al mondo. Ma sappiate che ha cominciato la sua attività scientifica insegnando che non c'è materia oscura; lui parlava di un 10 per cento della realtà. Ed è rimasto mio amico!

M. GARGANTINI: Grazie. Certo vorremmo andare avanti ancora, ma speriamo di avere altre occasioni di avere con noi il professor Shea e il professor Benvenuti per continuare questo dibattito e per approfondire i temi che sono rimasti aperti. I cieli di Galileo – possiamo dire concludendo questa serata, ma aprendo in realtà un dibattito – così come i cieli del telescopio Hubble e del prossimo telescopio spaziale narrano, quindi, un'avventura di conoscenza che come tale -abbiamo visto solo con degli accenni, ma molto efficaci- è fortemente intrecciata con l'esperienza degli uomini che l'hanno vissuta. Anche le domande vertevano su questo intreccio tra la conoscenza scientifica e la storia degli uomini.

A volte questo intreccio può anche diventare complicato, può generare dei problemi, come è stato nel caso di Galileo e in altri momenti nella storia della scienza, ma questo fa parte della natura di tale esperienza. Si tratta allora, credo, di ritrovare una posizione coerente con ciò che ha innescato la conoscenza: l'amore e la passione per la realtà, per i fenomeni, per ciò che accade. Per conoscere dunque, potremmo dire che non basta pensare, mettersi a pensare; occorre guardare ciò che accade: deve accadere qualcosa e bisogna guardarla. Oggi abbiamo proprio guardato a delle cose che sono

accadute e che ancora accadono. Bisogna, inoltre, trovare la capacità, o dovremmo dire piuttosto la libertà, di riconoscere il nuovo quando appare. Riconoscere il nuovo e farlo riconoscere.

Galileo ha avuto successo nel primo caso, meno nel secondo; ma su questo il dibattito può continuare e avremo modo di approfondirlo ulteriormente nei prossimi appuntamenti che sono in programma per il Centro Culturale di Milano. Lascio la parola al professor Camillo Fornasieri per ulteriori informazioni in proposito.

C. FORNASIERI: Sempre in collaborazione con "Euresis" proporremo la presentazione di una mostra a Milano e al Meeting di Rimini; al comitato scientifico di questa mostra appartengono, tra gli altri, anche i relatori di questa sera. Prossimamente ricordo l'incontro con Lafforgue, che avrà come tema "Lo studio e i fondamenti spirituali della conoscenza". Vorrei inoltre estendere l'invito, a tutti voi qui presenti, all'incontro che si terrà in Aula Magna dell'Università Cattolica, al quale interverranno Pierre Manent e Marta Cartabia sul tema: "Desideri, autodeterminazione, convivenza. Che cos'è la democrazia?". Grazie ancora ai relatori di questa sera e a Mario Gargantini.