



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Prolusione di
Piero Benvenuti

**«Origine ed evoluzione dell'universo:
cosa può o non può dire la scienza»**

Inaugurazione 794° anno accademico
Venerdì 26 febbraio 2016, Aula Magna "Galileo Galilei"

Origine ed evoluzione dell'universo: cosa può e non può dire la scienza

Piero Benvenuti

È oltremodo impegnativo parlare del cosmo solo pochi giorni dopo la notizia dell'osservazione diretta di onde gravitazionali emesse, forse miliardi di anni fa, da due buchi neri coalescenti, ma lo è ancor più dovendo parlarne qui, in quest'Aula Magna così densa di storia e a pochi passi dalla cattedra di Galilei. Per questo motivo mi sembra opportuno iniziare proprio con una citazione dell'illustre astronomo pisano.

Scriveva Galilei il 16 dicembre 1612 all'amico Mark Welser:

*“Perché, o noi vogliamo specolando tentar di penetrar l'essenza vera ed intrinseca delle sostanze naturali; o noi vogliamo contentarci di venir in notizia d'alcune loro affezioni. Il tentar l'essenza, l'ho per impresa non meno impossibile, e per fatica non men vana, nelle prossime sostanze elementari che nelle remotissime e celesti. Ma se vorremo fermarci nell'apprensione di alcune affezioni, non mi par che sia da desperar di poter conseguirle anco nei corpi lontanissimi da noi, non meno che ne i prossimi.”*¹

A ragione possiamo considerare questo limpido passo come il manifesto del metodo scientifico moderno e forse mai profezia si è avverata e continua ad avverarsi esattamente come previsto e, anzi, oltre ogni aspettativa. Di lì a pochi anni infatti, l'Anglo che tanta ala vi stese, Isaac Newton, completando l'opera di Galilei, fondava la meccanica classica formulando la teoria della gravitazione

1 G. Galilei, *Terza Lettera a Marco Welser*, 1 dicembre 1612

universale e rivoluzionando – forse in modo più sommesso – il concetto di spazio e, di conseguenza, di tempo.

Tali furono i successi dell'applicazione della nuova fisica ai moti celesti – non solo il moto dei pianeti era descritto e previsto con grande precisione, ma addirittura la teoria prediceva la presenza di corpi non ancora scoperti, come Urano – che il punto centrale del manifesto galileiano, quella rinuncia consapevole a “tentare l'essenza” e ad accontentarsi di scoprire le “affezioni”, ovvero le relazioni tra i fenomeni misurabili nelle “sensate esperienze”, venne presto dimenticato... E a volte lo si dimentica ancor oggi, soprattutto discorrendo di Cosmologia... Torneremo su questo aspetto tra breve.

Prima di entrare nel vivo del tema proposto, vorrei sottolineare la distanza storica ed epistemologica che separa i due termini usati nel titolo: Origine ed Evoluzione.

Distanza storica, temporale, perché la domanda sull'Origine è antica quanto l'Uomo che da sempre, in tutte le culture di cui abbiamo notizia, si è chiesto, a volte con angoscia esistenziale, quale fosse l'origine di tutto quanto lo circondava.

Dell'Evoluzione globale ed unitaria del Cosmo invece, nulla sapevano fino a circa cent'anni fa, quando nessuno, neppure il genio di Albert Einstein poteva sospettare che l'universo avesse una storia, che fosse passato attraverso fasi diversissime tra loro ancorché tutte collegate causalmente.

Distanza anche epistemologica, perché, come meglio vedremo in seguito, l'evoluzione del cosmo la possiamo e dobbiamo investigare con il metodo scientifico galileiano, ma esplorarne l'origine significa tentarne l'essenza e quindi, per suo proprio statuto, il metodo scientifico non può procedere da solo e deve trovare come alleate altre forme di conoscenza, in una sorta di razionalità allargata che ci permetta di procedere oltre il limite imposto dalle “sensate esperienze” e dalla “realtà misurabile”.

Come dicevo, la domanda sull'origine è antica: “da dove è uscito tutto questo?” si chiedeva l'uomo delle caverne alzando gli occhi al cielo e le stesse parole – magari in inglese – le possiamo porre in bocca all'astronomo d'oggi che osserva l'universo con i più sofisticati strumenti: “*Where the hell did it all come from?*”.

Se la domanda è rimasta la stessa, non altrettanto possiamo dire per la cosmologia; e il motivo è evidente: se la cosmologia tratta di tutto ciò che esiste nell'universo, non può che considerare ciò che è conosciuto attraverso l'osservazione e quindi, in epoche diverse, diverso è stato il modello cosmologico elaborato dall'Uomo.

L'epoca classica, quando l'unico mezzo d'osservazione era l'occhio umano e l'universo visibile limitato al Sole, alla Luna, ai pianeti erranti e alle “stelle fisse”, aveva prodotto una cosmologia perfetta, sia dal punto di vista filosofico-teologico, che scientifico. Un modello letteralmente antropocentrico, che aveva ispirato scienziati, filosofi, artisti e poeti, in un'ammirevole unità del sapere alla quale non possiamo non guardare senza una certa nostalgia.

Di fatto, il cannocchiale di Galilei, in quelle fatali notti padovane tra gennaio e marzo del 1610, infrange definitivamente le sfere cristalline della cosmologia aristotelico-tolemaica e, pur aprendo una nuova finestra sull'universo, rende l'Uomo orfano di una cosmologia comprensibile. L'universo diviene improvvisamente illimitato, popolato di una miriade di stelle mai immaginate prima...E si riaffaccia l'antica angoscia esistenziale: “Di fronte all'immensità del cosmo, chi è l'Uomo perché qualcuno si ricordi di lui?”.

Il poeta inglese John Milton, che fece visita a Galilei ad Arcetri negli ultimi anni della sua vita, trasse ispirazione dai colloqui con il grande scienziato. Scrive nel suo poema più famoso, *Paradise Lost*: “*How Nature, wise and frugal, could commit such disproportions, with superfluous hand so many nobler bodies to create?*”. E più tardi anche Leopardi mette in bocca al suo Pastore errante l'angoscia dell'uomo di

fronte al cosmo infinito: “E quando miro in ciel arder le stelle – Dico fra me pensando: - A che tante facelle?... Uso alcuno, alcun frutto indovinar non so”.

Era necessario attendere l'avvento delle nuove tecnologie osservative per ritrovare l'intimo legame tra il cosmo e l'uomo... Tutto inizia circa cent'anni fa, grazie a due grandi progressi: uno teorico, la Teoria della Relatività Generale, l'altro osservativo, rappresentato dall'apparente “recessione” delle galassie.

Einstein rivoluziona la fisica prima con la Relatività Ristretta, assumendo come postulato la costanza universale della velocità della luce e successivamente, con la Relatività Generale, trasforma radicalmente i precedenti concetti, newtoniani e kantiani, di spazio e tempo. Il nuovo continuo spazio-temporale non è più un assoluto ed indifferente contenitore, ma è inscindibilmente legato alla materia-energia del cosmo.

La distribuzione di materia-energia plasma la struttura geometrica dello spazio-tempo e lo spazio, così “curvato” definisce le traiettorie che la materia e la luce devono seguire.

Un risultato incredibile allora, verificato a fatica con le osservazioni dell'eclissi di Sole del 1919, ma oggi accessibile a tutti: le immagini spettacolari ottenute con il Telescopio Spaziale Hubble ci mostrano come l'aspetto originale di galassie lontane, passando attraverso grandi distribuzioni di massa, come quelle di un ammasso di galassie più vicine, ci appaia deformato in molteplici archi e filamenti. Segno evidente che lo spazio plasmato dalla massa si sia trasformato in una “lente gravitazionale”: a volte si generano immagini curiose, che stimolano la fantasia, come l'evanescente sorriso del gatto di Alice...

Al trionfo della Relatività Generale mancava ancora un anello: la rivelazione diretta delle onde gravitazionali. Se la massa deforma lo spazio attorno a sé, quando questa si muove la deformazione la segue e questa variazione temporale si deve propagare nello spazio circostante. Einstein l'aveva previsto e gli effet-

ti indiretti dell'emissione delle onde gravitazionali erano già stati confermati dall'osservazione di una stella pulsar binaria.

Finalmente, pochi giorni fa, dopo più di mezzo secolo di perseveranza, gli interferometri della collaborazione LIGO hanno rivelato le onde emesse, con tutta probabilità, da due buchi neri coalescenti in uno. Un fenomeno frequente nelle epoche passate, reso ora percepibile dall'estrema sensibilità raggiunta dagli strumenti.

Si apre così una nuova, attesa finestra osservativa, complementare a quella della radiazione elettromagnetica, che ci permetterà di penetrare in scenari cosmici finora preclusi all'indagine.

Ed è una grande soddisfazione sottolineare che l'Italia e il nostro dipartimento di Fisica ed Astronomia sono in prima linea in questa ricerca con la costruzione e l'operazione dello strumento Virgo, sito a Cascina nei pressi di Pisa, e parte della collaborazione mondiale sulla ricerca delle onde gravitazionali. Ci auguriamo tutti che questo risultato porti rinnovato impulso e nuove risorse alla nostra ricerca di base.

Dopo questo intermezzo di attualità, torniamo alle rivoluzioni che hanno dato origine alla cosmologia moderna. Quando Einstein prova ad applicare le equazioni della Relatività Generale all'intero universo, ottiene un risultato per lui inatteso: le equazioni dicono che l'universo non può rimanere statico, deve espandersi o contrarsi. Ma ciò era contrario a quanto appariva all'epoca e allora Einstein modifica le sue equazioni introducendo una costante, la costante cosmologica, che ha il compito di "stabilizzare" l'universo descritto dalle sue equazioni.

Vale la pena di ricordare infatti che fino al 1920, gli astronomi si chiedevano ancora se alcune immagini nebulose viste con i loro telescopi fossero delle nubi gassose appartenenti alla nostra Galassia oppure fossero esse stesse delle galassie, simili alla nostra Via Lattea, ma molto più lontane. È del 1920 il famoso

“*Great Debate*” tra gli astronomi americani Shapley e Curtis per stabilire la natura della galassia di Andromeda.

Due anni dopo, nel 1922, Edwin Hubble dimostra, grazie all’osservazione di un particolare tipo di stelle variabili, che Andromeda è esterna alla nostra galassia e si trova addirittura a circa 2 milioni e mezzo di anni luce da noi.

L’universo diviene immensamente più grande e le galassie, non più le stelle, sono i veri “mattoni” costituenti il cosmo. Permane però un mistero, un paradosso: perché il cielo ci appare buio? Cosa c’è tra galassia e galassia? Se l’universo si estendesse all’infinito e fosse uniformemente popolato di galassie, il cielo notturno dovrebbe apparirci tutto tassellato di galassie e luminoso come di giorno...

Uno spiraglio di soluzione del mistero arriva nel 1927 con la pubblicazione in francese, in una oscura rivista belga, dell’articolo “*Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques*”. (“Un universo omogeneo di massa costante e raggio crescente che giustifica la velocità radiale delle nebulose extragalattiche”). Infatti i dati osservativi recentemente pubblicati indicavano che le galassie apparivano allontanarsi tutte dall’osservatore con velocità crescente, proporzionale alla loro distanza. Lemaître per primo propone un modello teorico che spiega i dati osservativi. Curiosamente la traduzione in inglese del suo lavoro sulla rivista inglese, ben più nota, *Monthly Notices* riporta solo il modello teorico, “censurando” i dati osservativi che invece vengono pubblicati nello stesso anno da Edwin Hubble, che così lega indissolubilmente il suo nome alla legge che descrive l’espansione dell’universo.

Le galassie sembrano quindi allontanarsi l’una dall’altra, ma non si tratta di una velocità dinamica, come quella che noi sperimentiamo nella vita quotidiana. È lo spazio che si espande, trascinando con sé le galassie, come l’uvetta in una focaccia che lievita...

Proprio perché è lo spazio che si espande, non osserviamo solo l'apparente recessione delle galassie, ma tutte le "lunghezze" ci appaiono allungarsi, inclusa la lunghezza delle onde elettromagnetiche della "luce". Gli oggetti cosmici remoti ci appaiono quindi più arrossati rispetto alla luce da loro emessa in origine. È il fenomeno del *red-shift* cosmologico che ci permette, dall'osservazione di oggetti noti, come stelle e galassie, di stimare la loro distanza e, nota la loro velocità di recessione, la legge di espansione cosmica.

Se l'universo è in espansione, significa che nel passato era più denso e conseguentemente più caldo. Nel 1948, George Gamow ipotizza che nelle fasi iniziali dell'espansione il cosmo doveva essere costituito da un gas uniforme di protoni ed elettroni, completamente ionizzato, quindi opaco alla radiazione e in grado, durante un brevissimo intervallo di tempo, di produrre per nucleo-sintesi Elio e tracce di elementi leggeri. Le sue previsioni, del fondo cosmico di microonde e della nucleo-sintesi primordiale, oggi ampiamente confermate, costituiscono, assieme all'espansione dell'universo, i tre pilastri su cui poggia saldamente l'attuale modello cosmologico.

Possiamo ora cercare di ricostruire la storia del cosmo...

Dell'inizio e della possibilità che tutto emerga da una fluttuazione quantistica dello spazio-tempo, diremo tra poco. Sembra invece sempre più plausibile una fase di espansione esponenziale, chiamata inflazione, che dopo circa 10^{-33} secondi dall'ipotetico istante zero, quasi istantaneamente fa aumentare le dimensioni dell'universo di una quantità smisurata. Non vi sono prove dirette di questa fase, né sono note le cause di un tale evento, unico nella storia del cosmo, ma se lo ammettiamo, molte inspiegabili incongruenze del modello cosmologico spariscono: il futuro ci dirà se l'ipotesi continuerà ad essere sostenibile.

Dopo questa fase, le nostre conoscenze si fanno più solide: la già citata nucleo-sintesi primordiale produce atomi di Elio in quantità ben definita (circa il 25%), successivamente le prime stelle producono al loro interno tutti gli elementi chi-

mici che ben conosciamo e che costituiscono la realtà materiale che ci circonda e di cui siamo fatti noi stessi. Infatti le stelle, esplodendo e disseminando i loro prodotti di sintesi nel mezzo interstellare lo arricchiscono chimicamente ed è sempre affascinante ricordare che ogni singolo atomo di ferro che circola in questo momento nel nostro sangue con l'emoglobina è stato prodotto all'interno di qualche lontana stella poi esplosa come supernova... Siamo veramente figli delle stelle!

Le nubi molecolari così arricchite collassano per formare nuove generazioni di stelle e con loro – oggi lo sappiamo per certo – i pianeti, molti dei quali simili per dimensioni e condizioni fisiche alla nostra Terra.

Anche la vita biologica e la coscienza si saranno sviluppate con la stessa omogeneità evolutiva che finora abbiamo osservato nel cosmo? Non lo possiamo ancora affermare, e forse non potremo mai rispondere con certezza a questo affascinante interrogativo...

Lasciamolo per ora sospeso e torniamo alla nostra storia cosmica: quali sono le caratteristiche fondamentali del cosmo che abbiamo appreso negli ultimi decenni?

- Il cosmo ha una “storia” che si dipana nel tempo da circa 13,8 miliardi di anni.
- Il cosmo evolve come un'unità interconnessa ed inscindibile di spazio-tempo e materia-energia.
- Ogni fase della sua evoluzione dipende dalla precedente e prepara le fasi successive.
- Dopo 14 miliardi di anni, almeno su uno sperduto, minuscolo pianeta, dall'evoluzione cosmica è emersa la vita biologica e la coscienza di sé.

- Senza evocare inconcludenti principi antropici, dobbiamo riconoscere che siamo in relazione con tutto il cosmo attraverso una sorta di golden braid, di catena dorata che ci collega ad ogni sua fase evolutiva.
- È tutto quindi prevedibile? *Et videtur quod sic...* Direbbe Tommaso

Ecco invece che l'universo ci impartisce una lezione di umiltà: quando ogni cella del mosaico cosmico sembrava aver trovato la giusta collocazione, i dati osservativi ci dicono che tutto quello che finora conoscevamo dell'universo, stelle, galassie, nebulose, non rappresenta che il 5% di tutto ciò che esiste. Circa il 25% del tutto è costituito da materia oscura, ovvero da materia che fa sentire la propria azione gravitazionale, ma non emette radiazione elettromagnetica (luce) di alcun tipo e il restante 70% circa è attribuibile all'energia oscura, un'entità di natura da definire (di “ndd” direbbero i colleghi medici) di cui sappiamo solo che è responsabile di una inattesa accelerazione dell'espansione cosmica.

Non è questa la sede per approfondire le basi osservative e scientifiche di queste ultime affermazioni che possono apparire apodittiche. Possiamo però proporre qualche riflessione conclusiva di carattere epistemologico.

La scoperta (imprevedibile) della materia oscura e dell'energia oscura presenti nell'universo dovrebbe far tacere per sempre coloro che ancor oggi si illudono di poter arrivare ad una Teoria del Tutto (*Theory of Everything* o ToE). Chi ci può infatti assicurare che tra 10, 20... 100 anni, gli astronomi non scoprono altre entità imprevedibili, fino ad allora nascoste nella trama cosmica?

L'unica fede dello scienziato deve essere la convinzione di riuscire sempre, anche di fronte ai dati sperimentali più inattesi, a trovare quelle “affezioni” tra i fenomeni che ne permettono una descrizione razionale: con le “necessarie dimostrazioni”, come diceva Galilei.

Ma dovrebbe anche essere umilmente consapevole che non potrà mai porre la parola fine alla sua ricerca.

Inoltre, dal momento che lo spazio-tempo è inscindibile dalla materia-energia, dovrebbe riconoscere che l'ipotetico istante zero che il modello matematico-cosmologico (non necessariamente la realtà) prevede, è insondabile dal metodo scientifico.

Nonostante la lezione di umiltà impartitaci dal cosmo stesso, leggiamo in un recente libro di Hawking e Mlodinow – *“The Grand Design”* – le seguenti affermazioni:

“Come possiamo comprendere il mondo in cui ci troviamo? Come si comporta l'universo? Qual è la natura della realtà? Che origine ha tutto ciò?...Per secoli questi interrogativi sono stati di pertinenza della filosofia, ma la **filosofia è morta**... Così sono stati gli scienziati a raccogliere la fiaccola... della conoscenza.”

Ora, vedo con piacere che i miei colleghi filosofi qui presenti sono vivi e vegeti e non sembrano avere alcuna intenzione di commettere un suicidio collettivo: potremmo sorridere di fronte a queste ingenuie sciocchezze o consigliare agli autori di leggere (non rileggere che per loro non mi sembra il termine adeguato) Platone, Lettera settima, prima di parlare della fiaccola della conoscenza.

Ma il libro è un best seller e quindi penso dovremmo preoccuparci. Soprattutto se lo leggiamo in parallelo con voci, vere o false non ha importanza, di riduzione o eliminazione dello studio della filosofia dalla scuola.

Che fare? Da quanto abbiamo visto, il cosmo e la sua evoluzione (che comprende naturalmente anche l'evoluzione biologica e l'emergere della coscienza) è il terreno ideale per una collaborazione costruttiva tra scienza e filosofia.

In particolare l'unitarietà dell'evoluzione cosmica, la relazionalità che collega ogni sua fase e la non-località della realtà fenomenica, chiedono con forza alla filosofia di approfondire l'ontologia delle relazioni.

E dove se non qui, nell'Università, dovrebbe avvenire concretamente questo riavvicinamento della cultura scientifica e di quella umanistica, di scienze, filosofia e arte, insieme in cammino verso la trasformazione della conoscenza in sapienza?

Il nostro dipartimento di Biologia ha già tracciato un solco importante e coraggioso in questa direzione e mi auspico che altri, soprattutto Fisica, Astronomia e Matematica seguano l'esempio.

Questo mio auspicio mi permette, in conclusione, di rendere omaggio a un mio grande Maestro, uno dei maggiori poeti italiani del Novecento, Andrea Zanzotto, che ho avuto il privilegio di avere come professore di lettere alle scuole medie.

Già allora incitava noi, giovani appena usciti dalle elementari, a perseguire un umanesimo globale, mischiando scienza e poesia. Affascinato dall'emergente cibernetica, alternava lezioni sulla *consecutio temporum* con l'algebra di Boole.

Attentissimo agli sviluppi della scienza e critico feroce dello scempio culturale cui suo malgrado assisteva, nel dicembre del 1999 pubblicò sul Corriere della Sera una breve, mestamente ironica poesia che mi sembra emblematica.

Eravamo alla vigilia – ricordate – della famigerata bufala del millenium bug e nella notte tra il 21 e il 22 dicembre la Luna, in fase di plenilunio, si sarebbe trovata molto prossima al perigeo, alla distanza minima dalla Terra. Ci sarebbe apparsa quindi leggermente più grande del solito, ma non più luminosa perché, come sanno gli studenti di astronomia, la luminosità superficiale di un oggetto che brilla di luce riflessa, non dipende dalla sua distanza. Ma tant'è, tutti i giornali e i media annunciarono al mondo che quella sera si sarebbe vista la Luna più brillante del millennio.

Zanzotto naturalmente capì subito l'inconsistenza scientifica degli annunci e dedicò questo suo divertimento all'amica Luna:

Luna starter di feste bimillinarie

Fotomodella d'altissimo rango
in piena forma sembri questa sera,
pur sempre amica Luna
(non si direbbe granché dilatata).

Ma di certo un lievissimo cachino
ti sfugge mentre adocchi sulla Terra
formicolare la gente assatanata:

perché ben sai
che gran parte del senno umano ormai
nel tuo mirabil tondo è congelata.

Invano striglia Astolfo l'ippogrifo.

Al mondo per le sue presenti mete,
non serve il senno, basterà la rete.

La conclusione ci serva di monito: se vogliamo evitare che le generazioni future rimangano irretite dalla poltiglia pseudo-informativa che ci invade quotidianamente, dobbiamo fornir loro validi strumenti di difesa che non possono che essere multidisciplinari.

E se noi universitari padovani perseguiremo questo obiettivo di unità culturale, non faremo altro che tener fede al nostro glorioso pluricentenario motto
“Universa Universis Patavina Libertas”

Ad Majora!