

Cartesio e Galileo: due approcci diversi alla nascita della scienza moderna

Brunello Tirozzi

Department of Physics, University La Sapienza of Rome
Enea Research Center, Frascati,

Premessa

La nascita del pensiero scientifico e filosofico moderno è un processo studiato e commentato da un gran numero di autori molto qualificati. Penso di aggiungere un granello a tanta scienza, ma che non sia inutile perché sono venuto casualmente a conoscenza di episodi e scritti che forse non sono molto noti.

Anche se fossero noti agli storici possono essere stati interpretati non esattamente perché contengono formule e sviluppi insoliti che possono essere sfuggiti alle persone che non hanno dimestichezza con le formule matematiche. Il lavoro si divide in due parti, una dedicata ad un curioso ma importante episodio della vita di Cartesio che ho appreso da un film-documentario per la televisione di Rossellini del 1973 [1] l'altra è dedicata al primo seminario che Galileo fece all'inizio della sua importante carriera scientifica [2]. Si tratta di notizie che non ho sentito citare nelle discussioni su questi due importantissimi scienziati.

Cartesio e la caduta dei gravi

Rossellini ha fatto alcuni film storici molto ben documentati. Uno di questi film era sulla vita di Cartesio. In un certo punto del film si vede Cartesio che passeggia per una città dell'Olanda con alcuni commilitoni dato che partecipava alla guerra dei 30 anni.

Sembra anche che fosse un bravo soldato. Ad un certo punto Cartesio vede un manifesto, veramente insolito per ogni epoca storica, in cui un fisico olandese poneva il problema di calcolare il tempo t impiegato da un corpo di massa m a cadere al suolo partendo da fermo da un'altezza h . Sul manifesto era anche scritto l'indirizzo del fisico che chiedeva che chiunque sapesse qualcosa sull'argomento si rivolgesse a lui. Nel film però non era spiegato bene il motivo di questo insolito manifesto. La domanda posta era in contrasto con l'interpretazione tolemaica della fisica e quindi si cercavano alleati. Secondo Aristotele e Tolomeo

i corpi si muovono andando nei loro posti naturali con alcuni movimenti dati e non si poteva pensare di calcolare la velocità del corpo. Bisogna anche tener conto che i greci e con loro tutta la tradizione fino al '600 ignoravano il concetto di velocità istantanea. Per calcolare la velocità istantanea di un corpo bisogna eseguire un limite che è stato introdotto solo con il calcolo infinitesimale creato da Cauchy ed altri matematici del '700. Infatti bisogna dividere l'incremento dello spazio percorso per l'intervallo di tempo impiegato a percorrerlo e fare tendere l'intervallo di tempo a zero. Tradotto in formule matematiche si ha che per calcolare la velocità al tempo t_0 bisogna calcolare il rapporto

$$\left(\frac{s(t) - s(t_0)}{t - t_0} \right)$$

Dove $s(t)$ è la distanza percorsa fino al tempo t , $s(t_0)$ è la distanza percorsa fino al tempo t_0 , $s(t)-s(t_0)$ è lo spazio percorso nell'intervallo di tempo da t_0 a t . La frazione ha il significato di velocità media nell'intervallo di tempo $t-t_0$. Se si fa tendere t a t_0 con l'operazione di limite si definisce la velocità istantanea. Si deve fare un processo di limite che richiede infinite operazioni, perché si deve calcolare la frazione per ogni tempo fra t e t_0 e vedere il valore della frazione quando t si avvicina a t_0 .

Anche il paradosso di Zenone nasce dal fatto che i greci non riuscivano a concepire le successioni infinite di operazioni.

Cito i versi di due poeti.

La strofa XXI del Cimitero Marino di Paul Valéry.

Zenone! Duro Zenone Eleata!
Mi hai trafitto con quella freccia alata
Che vibra, vola e che non vola! Vita
Mi dona il suono, e la freccia mi uccide!
Ah! il sole... quale ombra di testuggine
Per l'anima, a gran passi Achille immoto!

(Traduzione di Fernanda Giaveri (2014) .

In questi versi sono esposti in modo sintetico e magistrale due aspetti del paradosso di Zenone. La freccia trafigge e uccide, ma applicando il ragionamento di Zenone, in verità non arriverebbe mai sull'obiettivo. Questo perché se si divide il tempo in intervalli sempre più piccoli $1, 1/10, 1/100, 1/1000..$ gli spostamenti della freccia (supponendo la velocità v costante) diventano $v, v/10, v/100, v/1000....$ Se si sommano questi spostamenti si ottiene un risultato finito perché è la somma della serie geometrica:

$$v+v/10+v/100+v/1000.....= 10 v/9$$

se si sceglie v opportunamente si ottiene la distanza necessaria per arrivare sull'obiettivo, Achille raggiunge la tartaruga con un analogo ragionamento. Ma come ho detto prima i greci ignoravano i procedimenti basati su infinite operazioni. Zenone viveva nel V sec. A.C. il calcolo infinitesimale che permette di fare queste operazioni è del XVIII sec. D.C. Quindi per Zenone la somma di questi infiniti termini, sempre più piccoli, non portava a nessun risultato e per questo nasceva il paradosso. Ad ogni modo ho una grande ammirazione per i matematici e fisici greci che già nel V secolo A.C: si erano posti molti problemi che sono stati risolti solo 23 secoli dopo!

La poesia di Valentino Zeichen descrive in modo originale il paradosso di Zenone. Consolare Flaminia dal libro Ogni cosa a ogni cosa ha detto addio, dal libro le Poesie 1963-2014, pag. 366

A piazzale Flaminio
da pedone m'incammino
perseguo la retta via
fino a Ponte Milvio.
Quando delego ai piedi
l'artificio del pensare,
all'istante ho la visione

di Achille e la Tartaruga
nel paradosso di Zenone.
All'andata sono Achille
intruso nello spazio tempo,
con passo celere scompongo
l'unità di lunghezza
del miglio romano.

Ritorno da Tartaruga
col passo tarato
sul metro nostrano.
All'arrivo mi volto;
Achille non m'insegue
e neanche mi precede.

Cieco come quel lato
Della medesima moneta
che l'altra faccia non vede,
la calo nella mano tesa
che sporge dal marciapiede.

Valentino-Achille scompone lo spazio-tempo, l'unità di lunghezza del miglio romano, è un modo elegante per dire che fa la scomposizione $v + v/10 + v/100 + \dots$. Questa è l'operazione che fa superare il paradosso come ho detto sopra. Però Zeichen si diverte a superare il paradosso di Achille per introdurre subito un altro paradosso: Achille non si vede più.

Il problema posto dal fisico olandese cui Cartesio risponde esprimeva l'esigenza di superare il punto di vista Tolemaico per arrivare ad una scienza veramente predittiva. Però lo poteva fare nell'Olanda non direttamente sotto il dominio della Chiesa Cattolica Romana che tacciava di eresia chiunque volesse abbandonare la fisica tolemaica. E' chiaro che per rispondere alla domanda bisogna calcolare la velocità di caduta del grave in funzione dell'altezza h . La risposta è che il tempo t è dato dalla formula

$$t = \sqrt{2h/g}$$

dove h è l'altezza da cui cade il corpo, da fermo, g è l'accelerazione di gravità. A quei tempi non si conosceva il valore di g e si pensava, seguendo Tolomeo, che la velocità di caduta dei corpi fosse proporzionale alla massa.

Ma c'era senz'altro un fervore che attraversava le menti di filosofi e fisici che sentivano che era venuto il momento di introdurre la matematica nella fisica e nelle scienze e quindi di passare a una nuova fisica. Il fervore era così accentuato da spingere il matematico olandese a mettere in strada un cartello con il problema. Neanche nella rivoluzione scientifica che portò alla nascita della Meccanica Quantistica e Relativistica era successo un simile evento. Chi ha mai visto agli inizi del XX secolo un cartello per strada che chiedeva, per esempio, di stimare le righe di emissione dell'atomo di Elio?

Galileo: stima dell'altezza di Lucifero

Sono stato molto sorpreso dalla scoperta, leggendo la biografia su Galileo di Reston [3] a pag. 46-47, che il primo seminario di Galileo è stato sulla stima dell'altezza di Lucifero basandosi sui versi della Divina Commedia. Fu fatto all'Accademia Fiorentina. Dietro questa scelta c'erano svariate esigenze. Reston dice espressamente che Galileo capì che la "scienza poteva far luce su questioni strettamente letterarie e parimente la letteratura poteva essere utile alla scienza". Esiste una lunga serie di tentativi di fare delle stime delle dimensioni dell'inferno dantesco ma quella di Galileo è la più chiara e inoppugnabile. Dunque Dante dice nell'Inferno, canto XXXI, vv. 58-59, parlando di Nimrod, che la

La sua faccia mi pareva lunga e grossa
Come la pina di San Pietro a Roma.

La pina è alta 5.5 braccia (un braccio è circa 55 cm). Galileo aveva studiato medicina per questo sapeva i rapporti medi fra le dimensioni delle parti del corpo umano. La testa è circa un ottavo dell'altezza del corpo quindi Nimrod è alto 44 braccia . Dante era alto tre braccia, quindi il rapporto fra l'altezza di Nimrod e l'altezza di Dante è circa 15. Inoltre Dante dice che il braccio di Lucifero è molto più lungo dell'altezza di Nimrod di quanto l'altezza di Nimrod sia più grande di quella di Dante. Tradotto in formule questo discorso ha questo aspetto, detta L la lunghezza del braccio di Lucifero e H l'altezza di Nimrod si ha la disuguaglianza

$L/H > 15$

quindi la lunghezza del braccio di Lucifero è maggiore o uguale di $H \times 15 = 660$ braccia. Le proporzioni del corpo umano sono tali che l'altezza del corpo umano è pari a 3 volte la lunghezza del braccio. Quindi L è maggiore di $3 \times 660 = 1980$ braccia = 1100 metri. Da notare che la conclusione è che Lucifero ha un'altezza maggiore o uguale a 1100 metri, si tratta di una disuguaglianza e non di un'uguaglianza come sostiene Reston. Ci sono due commenti importanti secondo me. Uno è che Galileo ha usato stime quantitative nel perfetto stile dei fisici arrivando addirittura a fare una stima di maggiore o uguale. I fisici usano gli ordini di grandezza per capire i fenomeni da sperimentare. L'altra osservazione è che l'introduzione della matematica da parte di Galileo non è avvenuta nella fisica, cosa che avrebbe portato Galileo in conflitto con l'Inquisizione che dominava anche nella Repubblica Veneta, ma su stime, molto serie, riguardanti la Divina Commedia. La mia interpretazione è che Galileo aveva l'esigenza di non esporsi portando la matematica nella fisica e che si doveva coprire dato che attaccava la filosofia aristotelica anche con toni molto violenti. Una riprova di questo atteggiamento è un' insolito libretto che Galileo pubblicò, nascondendosi dietro lo pseudonimo di De Cecco Ronchitti da Bruzene, dal titolo "In Perpovosito De La Stella Nuova", libretto riportato interamente nel libro di Bellone [4]. Bruzene è un piccolo paese alla periferia di Padova che adesso è denominato Brugine. La necessità di nascondersi dietro uno pseudonimo è non solo la forte polemica di Galileo contro i filosofi aristotelici ma anche il fatto che un tal Pagnoni aveva denunciato all'Inquisizione il comportamento libertino e antireligioso di Galileo sotto istigazione della madre fortemente contraria alla vita non consona alla morale religiosa che Galileo conduceva. Queste testimonianze sono in forte contrasto con le dichiarazioni di Zichichi che sosteneva, in una mostra di pannelli su Galileo [5], il profondo spirito religioso di Galileo. Forse questo spirito è apparso più tardi ma sicuramente non in Galileo giovane. La nuova stella di cui si discute nel libro è la supernova di Keplero che comparve nella notte del 9 ottobre del 1604. Nel testo due contadini parlano del contrasto fra un

matematico ed un filosofo sul metodo da usare per studiare questo fenomeno che fu una delle cause della rivoluzione scientifica del '600. Il filosofo seguiva il pensiero Tolemaico e quindi sosteneva che non c'era bisogno di fare misure, il matematico invece seguiva il metodo della scienza nuova e sosteneva che bisognava misurare la posizione e l'intensità della stella che era comparsa all'improvviso. Chiaramente l'autore del libro era Galileo che infatti eseguì delle osservazioni sull'intensità della luce della stella. Non era la prima volta che compariva una supernova che però non è un fenomeno frequente. La supernova è l'esplosione di una stella alla fine del suo percorso che dura all'incirca 6 miliardi di anni. La stella acquista la sua energia da continue esplosioni, dovute alla fusione nucleare. Queste esplosioni provocano l'aumento delle sue dimensioni che è seguito da un raffreddamento a causa dell'espansione del gas. Quando il combustibile nucleare termina la stella può finire in un'esplosione o in una forte contrazione che arriva fino al buco nero. L'esplosione è la supernova, la sua luminosità aumenta enormemente per poi terminare per il successivo raffreddamento del gas che si espande. Nel 1100 D.C. comparve la Nebulosa del Granchio che fu osservata dagli astronomi cinesi anche di giorno, nel 1572 ci fu un'altra supernova. Fortunatamente le supernove sono sempre esplose molto lontano dalla terra, la più vicina è la nebulosa del Granchio che dista 5500 anni luce dal sole mentre la supernova di Keplero dista 20000 anni luce dal sole. Queste supernove sono oggetto di studio anche adesso. La loro esplosione è importante nell'evoluzione dell'Universo perché portano alla nascita delle stelle di neutroni che generano a loro volta gli elementi pesanti con cui si costituiscono i pianeti, altrimenti l'Universo sarebbe composto solo da materia gassosa. Galileo sostenne che il nuovo corpo celeste non poteva essere un pianeta ma una stella perché non aveva spostamenti significativi e che l'apparizione di questo nuovo corpo celeste contraddiceva la dottrina tolemaica secondo la quale i corpi celesti e la sfera celeste erano immutabili e non soggetti a nessuna variazione. La supernova di Keplero è stata una delle cause della rivoluzione scientifica del '600 e ha determinato la costruzione di nuovi elementi pesanti utili per la formazione dei pianeti. A proposito del problema di Cartesio, l'ultimo argomento interessante e divertente che voglio trattare è la polemica di Galileo sul problema della caduta dei gravi. I tolemaici sostenevano che la velocità di caduta era proporzionale alla massa. Anche adesso molta gente che non si ricorda bene la fisica studiata a scuola sostiene questa tesi. Galileo portò un divertente esempio: se si accetta che un corpo cade tanto più velocemente quanto più grande è la sua massa osservate i chicchi di grandine. Cadono contemporaneamente qualunque sia la loro dimensione e massa. Ma allora se i chicchi più grandi cadono più velocemente debbono stare più in alto altrimenti non potrebbero cadere insieme con i chicchi più piccoli. Cosa evidentemente assurda.

L'ultima riprova la diede Armstrong quando scese sulla luna. Prese due corpi di massa diversa e li fece cadere davanti agli occhi incuriositi di tutto il mondo. Arrivarono contemporaneamente sulla superficie lunare, e disse "Galileo aveva ragione". Sulla terra i corpi con massa diversa cadono con diversa velocità per la presenza dell'attrito dell'aria. Ma sulla Luna non c'è atmosfera.

Conclusione

In questi esempi si vede chiaramente quanto la nascita della nuova scienza suscitasse tensioni intellettuali, sociali e politiche. L'apparire delle supernove ha dato una spinta fondamentale a questo processo. L'altra componente importante è il ruolo che Galileo ha dato alla letteratura e la poesia. Altrettanto importante è stato il ruolo che Cartesio ebbe nella filosofia. Cito per esempio alcuni versi dal dialogo di De Cecco

“Che più vaneggi o Stagirita stolto
e puro il Ciel, e ingerabil credi?
Stella noua in lui fissa, il chiaro volto
discopre scintillando, e non la vedi?”

Non si capiva perché fosse finita la luce della supernova, il problema viene espresso elegantemente in rima.

Purtroppo il legame fra scienza e letteratura è durato fino all'illuminismo e poi è cessato. Lo spirito del romanticismo aveva chiuso le porte all'atteggiamento scientifico. La colpa è anche degli scienziati, sicuramente.

Bibliografia

- [1] <https://it.wikipedia.org/wiki/Cartesianus> (miniserie televisiva), 1973
- [2] James Reston, Galileo, la biografia, pp. 46-47, Edizioni PIEMME Pocket, 2005 , Casale Monferrato,
- [3] Valentino Zeichen, Poesie 1963-2014, pp. 366 "Consolare Flaminia" ,Oscar Mondadori, 2014
- [4] Enrico Bellone, Galilei e l'abisso. Un racconto, Codice edizioni, Torino, 2009
- [5] Antonino Zichichi, <https://carlomafera.wordpress.com/2014/08/26/galileo-galilei-tra-scienza-e-fede-una-mostra-permanente-nella-basilica-di-santa-maria-degli-angeli-a-roma/>