

Ma non me n'accorgo: Dante e la sua intuizione dell'invarianza galileiana

Leonardo Ricci

Dipartimento di Fisica – Università di Trento
Via Sommarive 14, 38123 Povo (TN)
leonardo.ricci@unitn.it

Sommario. Nel XVII canto dell'*Inferno* Dante ci consegna l'intuizione dell'invarianza galileiana, basata su un esperimento concettuale e percettivo. In questo fu precursore di Galileo, che enunciò quel concetto basandosi su esperimenti reali e non percettivi. Dante descrisse una cosa ovvia? E ancora: i versi di Dante in cui si palesa uno dei pilastri fondamentali della fisica furono frutto del caso? Quasi certamente no. Per questo i versi finali del XVII canto dell'*Inferno* costituiscono una testimonianza anche in ambito scientifico del genio del Sommo Poeta.

Parole chiave: *Divina Commedia*, invarianza galileiana, relatività.

1. Introduzione

In un articolo pubblicato sulla rivista scientifica Nature [Ri] nel 2005, lo scrivente ha descritto la propria tesi sull'intuizione dantesca dell'invarianza galileiana. Il presente contributo ha come oggetto un approfondimento della tesi medesima, soprattutto per quel che riguarda le *condizioni al contorno*: l'importanza dei concetti di invarianza e relatività e i tratti da scienziato moderno del multiforme genio dantesco.

Il contributo è strutturato come segue. Il Paragrafo 2 riguarda i concetti di invarianza e relatività: oltre agli enunciati, viene tratteggiata l'evoluzione storica del concetto di relatività visiva, che precorre quella galileiana. Il Paragrafo 3 affronta invece il problema

del Dante scienziato. L'obiettivo è quello di descrivere quei tratti che è possibile desumere dall'opera dantesca e che sono compatibili con una moderna attitudine scientifica. Il tema del Paragrafo 4 è invece l'episodio del volo descritto nella seconda parte del XVII canto dell'*Inferno*, e l'evidenza di una costruzione narrativa volta a evidenziare un'esperienza immaginata perfettamente sovrapponibile all'enunciato galileiano di invarianza. Alcune considerazioni conclusive sono oggetto del Paragrafo 5.

2. Invarianza e Relatività

I concetti di invarianza e relatività, assai legati fra loro, sono alla base della fisica. Una discussione di entrambi va oltre gli scopi di questo contributo. Qui ci si limiterà agli enunciati e a una breve rassegna storica di come si sia pervenuti alle formulazioni moderne. Lettrici e lettori interessati potranno consultare i molti testi, soprattutto universitari, di meccanica e relatività. Ad esempio, nel manuale universitario *La Fisica di Berkeley – Meccanica* [RKK] si legge: *Le leggi fondamentali della fisica hanno la stessa forma in due sistemi di riferimento collegati da una trasformazione galileiana.*¹

L'invarianza corrisponde all'impossibilità di determinare lo stato di moto sulla base dei risultati di un esperimento condotto all'interno di un laboratorio. Il concetto di invarianza decreta l'inutilità, e quindi l'inesistenza, di ogni sistema di riferimento assoluto. Ne discende che solo i moti relativi hanno significato, da cui il concetto di relatività.

2.1. Galileo e Einstein

Il primo a formulare con chiarezza argomenti assibilibili ai concetti di invarianza e relatività fu Galileo Galilei. Pur senza enunciarli direttamente, il suo contributo fu tale che a ciascuno dei due concetti viene oggi universalmente attribuito il patronimico "galileiana". Rimandando ad una sezione successiva la motivazione che spinse Galileo alla sua formulazione, vale la pena leggere il brano della Giornata Seconda del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo Tolemaico e Copernicano*, redatto con maestria letteraria nel 1632, dove l'autore fa pronunciare a Salviati, uno dei tre interlocutori e suo alter-ego, il celeberrimo passaggio del "gran navilio":

Riserratevi con qualche amico nella maggiore stanza che sia sotto coverta di alcun gran navilio, e quivi fate. . . Osservate che avrete diligentemente tutte queste cose, benché niun dubbio ci sia che mentre il vassello sta fermo non debbano succeder cosí, fate muover la nave con quanta si voglia velocità; ché (pur che il moto sia uniforme e non fluttuante in qua e in là) voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti, né da alcuno di quelli potrete comprender se la nave cammina o pure sta ferma.

Alcune osservazioni importanti. Al termine della prima frase qui riportata è omessa la lista dettagliata di osservazioni e di esperimenti che segue *quivi fate*; il tutto può essere riassunto con **quivi fate esperimenti!** Si parla poi chiaramente, ed in maniera moderna, di **moto uniforme**. La frase *voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti* esprime il concetto di **invarianza**: “li nominati effetti” non dipendono dallo stato di moto, e sono quindi invarianti rispetto ad esso. La frase successiva *né da alcuno di quelli potrete comprender se la nave cammina o pure sta ferma* esprime invece il concetto di **relatività**: non ha senso parlare di un sistema di riferimento assoluto; ciò che contano sono solo i moti relativi.

Galileo fonda i concetti di invarianza e relatività sull’esperimento, rendendoli così colonne portanti della nascente scienza fisica. Basandosi su questo contributo fondamentale, Albert Einstein sviluppò dapprima la relatività ristretta e quindi la relatività generale. Anche in questi due casi vale la pena ricorrere direttamente alle fonti. Nell’articolo del 1905 *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* [Ei1] (*Sull’elettrodinamica dei corpi in movimento*), Einstein enuncia così il “principio” di relatività (“Relativitätsprinzip”):

Die Gesetze, nach denen sich die Zustände der physikalischen Systeme ändern, sind unabhängig davon, auf welches von zwei relativ zueinander in gleichförmiger Translationsbewegung befindlichen Koordinatensystemen diese Zustandsänderungen bezogen werden.

Le leggi, secondo le quali gli stati dei sistemi fisici evolvono, sono indipendenti da quale di due sistemi di coordinate in moto traslatorio uniforme l’uno rispetto all’altro venga utilizzato come sistema di riferimento per [la descrizione di] queste evoluzioni degli stati.

Nell’articolo del 1916 *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie* [Ei2] (*I fondamenti della teoria della relatività generale*), Einstein, per sua stessa ammissione

(“Wir gelangen also auf diesem Wege zu einer Erweiterung des Relativitätspostulates”, e cioè “In tal modo arriviamo dunque ad una espansione del postulato di relatività”), espande il postulato di relatività (“Relativitätspostulat”) come segue

| | |
|--|--|
| <i>Die Gesetze der Physik müssen so beschaffen sein, daß sie in bezug auf beliebig bewegte Bezugssysteme gelten.</i> | <i>Le leggi della fisica devono essere tali da valere se riferite ad un qualunque sistema di riferimento in moto arbitrario.</i> |
|--|--|

La conseguenza di questo nuovo enunciato fu la teoria della relatività generale.²

Concludendo, l’invarianza e la relatività galileiane sono fondate sull’osservazione della natura, sull’esperimento. Si tratta di un avanzamento decisivo rispetto ad un concetto molto più antico e accessibile, quello di relatività visiva.

2.2. Il concetto di relatività dall’antichità al Rinascimento

Nel libro VI, parte 10 della *Fisica*, Aristotele afferma: *Le parti hanno infatti differenti movimenti, come quelli che sono per sé stessi e quelli che invece lo sono in virtù del movimento dell’intero*. In una simile affermazione si potrebbe ravvisare, in nuce, il concetto di moto relativo, in questo caso di un centro di massa e delle parti di un sistema rispetto al centro di massa.

In modo più interessante, Lucrezio enuncia in questi versi del *De Rerum Natura* (libro IV, vv. 387-390) il primitivo concetto di relatività visiva:

| | |
|--|--|
| <i>Qua vehimur navi, fertur, cum stare videtur; quae manet in statione, ea praeter creditur ire. et fugere ad puppim colles campique videntur; quos agimus praeter navem velisque volamus.</i> | <i>La nave da cui siamo trasportati, si muove, mentre sembra star ferma; quella che rimane immobile all’ormeggio, si ritiene che proceda oltre. E sembra che a poppa fuggano colline e pianure oltre le quali conduciamo la nave, e con le vele voliamo.</i> |
|--|--|

I seguenti versi nell’*Eneide* di Virgilio (libro III, v. 72) esprimono lo stesso concetto:

| | |
|--|---|
| <i>Prouehimur portu terraeque urbesque recedunt.</i> | <i>Ci allontaniamo dal porto, e terre e città si ritirano</i> |
|--|---|

Nel corso del medioevo, concetti simili si ritrovano in Al Kindi (9. secolo), Witelo (13. secolo), Buridan ed Oresme (14. secolo).

Il verso di Virgilio menzionato sopra destò l'interesse di Copernico, che, nel 1543, e quindi circa un secolo prima del *Dialogo* di Galileo, lo cita nella sua opera *De revolutionibus orbium coelestium* (libro I, cap. 8):

Cur ergo hæsitamus adhuc, mobilitatem illi formæ suæ a natura congruentem concedere, magis quam quod totus labatur mundus, cuius finis ignoratur, scirique nequit, neque fateamur ipsius cotidianæ revolutionis in cælo apparentiam esse, et in terra veritatem? Et hæc perinde se habere, ac si diceret Virgilius Æneas: Provehimur portu, terræque urbesque recedunt. Quoniam fluitante sub tranquillitate navigio, cuncta quæ extrinsecus sunt, ad motus illius imaginem moveri cernuntur a navigantibus, ac vicissim se quiescere putant cum omnibus quæ secum sunt. Ita nimirum in motu terræ potest contingere, ut totus circuire mundus existimetur.

Perché allora esitiamo ancora ad ammettere il moto appropriato per natura alla sua forma, anziché attribuire un moto all'intero universo, il cui confine è sconosciuto e inconoscibile? E perché non ammettere, riguardo alla rotazione diurna, che l'apparenza è sita nel cielo, e la realtà nella terra? Questa situazione assomiglia da vicino a ciò che dice l'Enea di Virgilio: Ci allontaniamo dal porto, e terre e città si ritirano. Poiché, quando una nave si muove nella bonaccia, i naviganti vedono rispecchiarsi il suo moto nelle cose che sono di fuori, mentre loro stessi suppongono di essere fermi con tutto ciò che hanno a bordo. Parimenti, il moto della terra può senz'altro produrre l'impressione che tutto l'universo stia ruotando.

Il brano di Copernico è illuminante per chiarire il perché la relatività fosse così importante per l'astronomo di Toruń e più tardi per Galileo: entrambi volevano confutare l'obiezione dei sostenitori del geocentrismo secondo la quale, se la terra fosse in movimento, i suoi abitanti dovrebbero accorgersene. Ad esempio, nel *Dialogo*, subito dopo le parole di Salviati citate sopra, Galileo fa dire a Sagredo, il secondo dei tre interlocutori:

Resta ora l'istanza fondata su 'l veder per esperienza come una vertigine veloce ha facultà di estrarre e dissipare le materie aderenti alla macchina che va in volta; per lo che pareva a molti, ed anco a Tolomeo, che quando la Terra si rigirasse in se stessa con tanta velocità, i sassi e gli animali dovessero esser scagliati verso le stelle, e che le fabbriche non potessero con sí tenace calcina esser attaccate a i fondamenti, che esse ancora non patissero un tale eccidio.

Non va dimenticato che Copernico e Galileo, se si esclude il rasoio di Occam, e cioè la maggiore semplicità della descrizione copernicana rispetto a quella tolemaica, non avevano altri argomenti per sostenere la loro ipotesi. La prima prova scientifica del fatto che è la Terra a girare intorno al Sole e non viceversa (si assume qui il Sole coincidente con il centro di massa dei due corpi) arrivò solo nel 1728 con Bradley e la sua interpretazione del moto circolare apparente con periodicità annuale della stella Etamin, la γ della costellazione del Drago, posta in prossimità del polo dell'eclittica [Br].

3. Dante fu anche scienziato?

È opinione dell'autore che fornire una risposta diretta al quesito enunciato nel titolo del presente Paragrafo richiederebbe innanzitutto una definizione di cosa significasse il termine scienza ai tempi di Dante, tre secoli prima della rivoluzione galileiana. Una maniera alternativa per affrontare il problema è quella di chiedersi quali fossero i tratti scientifici, nell'accezione moderna del termine, dell'approccio di Dante alla descrizione dei fenomeni naturali.

La lettura dell'opera dantesca, e su tutto della *Divina Commedia*, consegna con grande chiarezza un Dante dotato di formidabili capacità di osservazione di fenomeni naturali e dell'animo umano, di altrettanto formidabili capacità di descrizione sintetica che si declinano con precisione matematica³ in realistici allestimenti scenografici, e di maestria nell'utilizzo di similitudini. A ben vedere, tutte queste caratteristiche sono oggi necessarie nel fare, comunicare e divulgare scienza. Con altrettanta chiarezza, la lettura della sua opera palesa un Dante curioso, amante della matematica, della fisica⁴ e della natura nelle sue varie manifestazioni, da quelle botaniche a quelle geografiche; un Dante che si compiaceva nel descrivere scenari e addirittura esperimenti. A tal riguardo basterà menzionare la descrizione dell'esperimento sulla brillantezza (o luminosità) in *Par. II*, 91-105: si rimane sbalorditi da dettagli scientificamente moderni⁵.

In tutto ciò non si può poi non menzionare l'enciclopedica cultura di Dante, senz'altro dovuta ad uno studio profondo delle arti del trivio⁶ e del quadrivio⁷, e supportata da una prodigiosa memoria. L'entusiasmo con il quale Dante perseguiva la *canoscenza* trasuda dai versi che compongono il tributo agli *spiriti magni* del Limbo (*Inf. IV*), alla cui vista, seppure immaginata, il Sommo Poeta si esalta.

Si diceva: Dante amava la matematica. Vale allora la pena notare come tra quegli spiriti magni, uomini e donne, mancasse Archimede. Forse Dante, allorché iniziò la composizione della *Commedia*, opera notoriamente *in fieri*, non conosceva ancora il matematico siracusano. Certo è però che Dante, per così dire, fece ammenda di questa dimenticanza (se dimenticanza fu) al culmine della narrazione: la quart'ultima terzina del *Paradiso* recita infatti:

*Qual è 'l geomètra che tutto s'affige
per misurar lo cerchio, e non ritrova,
pensando, quel principio ond'elli indige, (Par. XXXIII, 133–135)*

Sebbene *geomètra* può riferirsi a qualunque studioso di geometria, il *geomètra* per antonomasia che si sforza di misurare il cerchio è proprio Archimede. In molte altre parti della *Commedia*, Dante ci rende edotti del suo amore per la matematica. Uno degli esempi più belli, di nuovo legato alla figura di Archimede e assai importante per l'episodio del volo in *Inf. XVII*, è dato dalla combinazione di alcune terzine dei canti XXIX e XXX. L'ottavo cerchio, detto Malebolge, è composto da *dieci valli* concentriche (le bolgie, appunto).

Nel XXIX canto si legge:

*Tu non hai fatto sì a l'altre bolge;
pensa, se tu annoverar le credi,
che miglia ventidue la valle volge. (Inf. XXIX, 7–9)*

Nel XXX canto invece:

*S'io fossi pur di tanto ancor leggero
ch'i' potessi in cent'anni andare un'oncia,
io sarei già per lo sentiero,
cercando lui tra questa gente sconcia,
con tutto ch'ella volge undici miglia,
e men d'un mezzo di traverso non ci ha. (Inf. XXX, 82–87)*

In questi versi Dante assegna la lunghezza delle circonferenze delle due ultime bolge: la nona e penultima è lunga 22 miglia; la decima e ultima 11 miglia. Assumendo che

le lunghezze delle circonferenze delle bolge seguano una progressione aritmetica⁸, la prima bolgia di Malebolge avrà quindi una circonferenza di 110 miglia. Il punto non è però in questo semplicissimo ragionamento aritmetico, bensì nel perché Dante utilizzi il numero 11 e il suo doppio 22, e non invece un qualche altro numero “protagonista” della numerologia del tempo, soprattutto di stampo biblico, come il 3, il 7, il 12.

Mentre parte dell’esegesi moderna della *Commedia* [A11, A12] non attribuisce importanza a questo aspetto, la scelta del 22 e dell’11 affascinò diversi antichi commentatori, che ne colsero il significato: il numero 22, che indica in miglia la lunghezza della circonferenza della penultima bolgia, è il numeratore della frazione $22/7$, che differisce da π greco per 4 parti su 10000! Con la scelta del 22, Dante non solo assegnava al diametro della penultima bolgia un valore pari a 7 miglia, ma palesava la sua conoscenza del fatto che $\pi \cong 22/7$. Poteva saperlo? La risposta è affermativa, se si considera che tale approssimazione era stata dimostrata da Archimede con il metodo di esaurimento e che la dimostrazione era contenuta nella traduzione latina *Archimedis circuli dimensio* dell’originale greco ad opera del domenicano fiammingo Willelm van Moerbeke. La traduzione venne pubblicata nel 1269 a Viterbo, cosicché Dante poteva esserne venuto a conoscenza. In essa si legge:

Omnis circuli perimetri tripla est diametri et adhuc excedit minores quam septima parte diametri, maiores autem quam decem septuagesimis primis.

Il perimetro di ogni cerchio è tre volte il suo diametro e la parte in eccesso è minore della settima parte del diametro, ma maggiore dei dieci settantunesimi [del diametro].

Nel linguaggio matematico moderno si ha dunque:

$$\frac{223}{71} = 3 + \frac{10}{71} < \pi < 3 + \frac{1}{7} = \frac{22}{7}.$$

Galileo stesso, nel 1588 e quindi a soli 24 anni, scrisse una dissertazione dal titolo *Due lezioni all’Accademia Fiorentina circa la figura, sito e grandezza dell’Inferno di Dante* [Ga]. Questa dissertazione, nella quale Galileo dibatteva le tesi del fiorentino Antonio Manetti e del lucchese Alessandro Vellutello in merito alle dimensioni dell’*Inferno*, contiene l’esplicita citazione delle terzine citate sopra e l’utilizzo della summenzionata approssimazione di π greco (“... miglia ventidue la valle volge, [...] e, per conseguenza, viene ad aver di diametro miglia 7;”). Evidentemente Dante lasciava ben poco al caso.

4. L'intuizione dantesca dell'invarianza galileiana

La discesa di Dante dal settimo all'ottavo cerchio, quello di Malebolge, narrata nel XVII canto dell'*Inferno*, è un magnifico esempio di uno degli aspetti più caratteristici della *Commedia*: la vividezza della narrazione e il realismo della descrizione, sia per situazioni realmente vissute dal Poeta, sia laddove il racconto è frutto di pura immaginazione.

Le modalità del viaggio infernale sono ben note: Dante viaggia a piedi in compagnia di Virgilio; solo in alcuni tratti, per oltrepassare fiumi o paludi, i due utilizzano altri mezzi: ad esempio navigano in barca con Caronte nel canto III⁹ e con Flegias nel canto VIII, o in groppa al centauro Nesso nel canto XII.

Giunti sul bordo del settimo cerchio, Dante e Virgilio incontrano una *ripa discoscesa* che rende impossibile la discesa dal settimo all'ottavo cerchio a meno di utilizzare un mezzo volante. Dopo aver allontanato Dante costringendolo ad una breve passeggiata e, con l'occasione, a visitare i dannati per usura che vivono sulla *[e]strema testa di quel settimo cerchio*, Virgilio convince il mostro volante Gerione, simbolo della frode, ad accompagnarli.

Dante ritorna e trova Virgilio *ch'era salito già su la groppa del fiero animale*, e che, dopo avergli detto *Or sie forte e ardito*, gli ordina: *Monta dinanzi, ch'i voglio esser mezzo, / sì che la coda non possa far male*. La narrazione è giunta qui al verso 84. La posizione di Virgilio in groppa a Gerione gli consente di abbracciare e sostenere Dante. Va però anche notato che la posizione di Virgilio, che impersona la ragione, protegge Dante dalla *coda aguzza* di Gerione, simbolo della frode. C'è insomma, come spesso accade nella *Commedia*, un significato allegorico. D'altro canto è bene notare che le allegorie, almeno per quanto riguarda il XVII canto, terminano qui: dal verso 85 al termine, la narrazione riguarda solo l'episodio del volo e l'annessa esperienza sensoriale di Dante.

Dante si siede impaurito in groppa a Gerione davanti a Virgilio, del quale dice che *con le braccia m'avvinse e mi sostenne*. Quindi Virgilio si rivolge a Gerione. . .

*E disse: "Gerion, moviti omai:
le rote larghe, e lo scender sia poco;
pensa la nuova soma che tu hai". (97–99)*

L'ordine *le rote larghe, e lo scender sia poco* equivale a “muoviti a spirale, con grandi cerchi e scendendo lentamente”. Gerione, che era accostato al bordo del settimo cerchio, retrocede come *navicella esce di loco*, cioè da un porto; si volta, e comincia a librarsi nell'aria. Dante ha paura, e paragona la sua con quella di due personaggi mitologici che prima di lui avevano volato, senza però aver potuto raccontarlo. Ovviamente nemmeno Dante volò veramente: eppure, la vividezza e il realismo dell'esperienza immaginata del volo costituiscono, come moltissimi hanno notato (si veda ad esempio [A11, A12], un capolavoro nel capolavoro:

*Maggior paura non credo che fosse
quando Fetonte abbandonò gli freni,
per che 'l Ciel, come pare ancor, si cosse;*

*né quando Icaro misero le reni
sentì spennar per la scaldata cera,
gridando il padre a lui: “Mala via tieni!”,*

*che fu la mia, quando vidi, ch'i era
nell'aere d'ogne parte, e vidi spenta
ogni veduta fuor che della fera. (106–114)*

Nell'ultima terzina Dante, che, seduto davanti a Virgilio, avrebbe vista libera, dichiara di perdere i suoi punti di riferimento visivi: senza di essi non può sperimentare, o immaginare di sperimentare, la relatività visiva!

A questo punto arriva la terzina più rilevante per la tesi sostenuta nel presente contributo:

*Ella sen va notando lenta lenta:
rota e discende, ma non me n'accorgo
se non che al viso e di sotto mi venta. (115–117)*

I tre versi sono un tipico esempio della capacità di Dante di “comprimere informazione”, e quindi riassumere concetti e descrivere situazioni servendosi di un numero ridotto di vocaboli. L'osservatore Dante riesce innanzitutto ad immaginarsi in un sistema di riferimento che la fisica contemporanea definirebbe, con ottima approssimazione,

inerziale. Gerione compie infatti, obbedendo al precedente comando di Virgilio *Gerion, moviti omai: / le rote larghe e lo scender sia poco*, senza sussulti (*notando*) e molto lentamente (*lenta lenta*), una traiettoria a spirale (*rota e discende*). Va poi ricordato (vedi Paragrafo 3) che il diametro dell'*alto burrato*, ossia di Malebolge, è di 35 miglia, e quindi circa 56 chilometri¹⁰. Inoltre, dal momento che il mostro posa Dante e Virgilio sul *cinghio [...] tondo tra 'l pozzo e 'l pié del l'alta ripa dura*¹¹, si può supporre che il percorso a spirale abbia un diametro simile a quello del vano cilindrico.

L'ultimo dei tre versi rivela poi come Dante avesse intuito come il suo moto fosse approssimativamente rettilineo: la direzione del vento apparente è addirittura scomposta, proprio come fosse un vettore, nelle due componenti orizzontale (*al viso*) e verticale (*di sotto*).

Ma è il nucleo della terzina, coincidente con *ma non me ne accorgo*, a costituire l'apice del senso fisico e dell'intuizione fisica del canto: in groppa a Gerione e incapace di vedere alcunché, Dante dichiara di non accorgersi, o meglio, immagina di non potere accorgersi, del proprio moto, se non fosse per il vento apparente che sente sul viso. Dante insomma afferma che, a parte il vento, la sua sensazione del volo non sarebbe dissimile dall'essere fermo. Questa "invarianza", sebbene basata su percezioni sensoriali immaginate, è lo stesso concetto espresso da Galileo tre secoli più tardi. Nel lavoro di Galileo l'invarianza è esplicitamente messa in relazione ad osservazioni e risultati sperimentali. Tuttavia, non si può essere troppo severi con Dante: seduto in groppa a Gerione, non poteva fare molto di più che basarsi e riflettere sulle proprie sensazioni!

La narrazione continua con il verso 118:

*Io sentia già dalla man destra il gorgo
far sotto noi un orribile scroscio,
per che con li occhi 'n giù la testa sporgo.*

*Allor fu'io più timido a lo stoscio,
però ch'i' vidi fuochi e senti' pianti;
ond'io tremando tutto mi raccoscio.*

*E vidi poi, ché nol vedea davanti,
lo scendere e 'l girar per li gran mali*

che s'appressavan da diversi canti. (118–126)

La lettrice o il lettore potrà facilmente notare come tra il verso 117 e il 118 ci sia uno stacco. Dante esprime così il silenzio e la durata del volo. Quindi comincia a sentire il rumore dell'acqua della cascata del Flegetonte che impatta sul fondo; si sporge, ha paura, anche perché ricomincia a vedere dei fuochi e a udire dei pianti. Infine, con l'ultima terzina (*E vidi poi, ché nol vedea davanti. . .*), Dante ribadisce con grande chiarezza la precedente assenza di ogni riferimento visivo. Non c'è quindi nulla della relatività visiva di Lucrezio, Virgilio, Copernico.

Poco dopo Gerione fa scendere con dolcezza i suoi passeggeri, e quindi, a conclusione del canto, *si dileguò come da corda cocca* (come freccia dalla corda dell'arco), palesando così una capacità di volare velocemente che evidentemente non aveva esercitato con la *nova soma*, lo strano carico, che aveva appena trasportato.

Risulta difficile pensare che questa precisione nella descrizione sia frutto della casualità. Dante era perfettamente in grado di avere una simile intuizione, in virtù delle proprie attitudini scientifiche tratteggiate sopra e della propria genialità. Parafrasando in parte quanto espresso dall'autore nelle conclusioni al suo articolo del 2005 [Ri], il *Gedankenexperiment* del volo è il cuore di questo canto e della parte finale del precedente; l'intera scenografia e l'intera narrazione sono allestite proprio per la sua descrizione. In corrispondenza dell'episodio del volo, Dante sembra poi evitare ogni interpretazione allegorica ed agevolare piuttosto una lettura più diretta e "fisica" del testo medesimo. All'interno di questo *Gedankenexperiment*, Dante afferrò intuitivamente il concetto di invarianza ma, a differenza di Galileo, non sviluppò tale idea. La sua unica finalità era probabilmente quella di descrivere, per il gusto stesso di descriverlo, un concetto fisico che aveva intuito. Non andò oltre, anche perché gli mancava l'urgenza che invece spinse Galileo.

5. Conclusioni

L'opera dantesca, ed in particolare la *Divina Commedia*, è spesso oggetto di forzature interpretative. Chi scrive è ben conscio che una simile critica può essere avanzata anche alla propria tesi: esiste veramente la percezione dantesca dell'invarianza galileiana, o esiste

piuttosto una percezione/illusione dello scrivente in merito ad una percezione dantesca? Impossibile una risposta definitiva. Risulta però difficile pensare che l'insieme di dettagli narrativi riportati sopra rendano l'intuizione dell'invarianza all'interno dell'episodio del volo di *Inf.* XVII un evento casuale. E se intuizione fu, se in altre parole ci fu una volontà espressiva non frutto del caso alla base del contenuto "fisico" del XVII canto, non solo l'intuizione fu geniale, ma non fu nemmeno ovvia. A tal riguardo basti considerare il peso, tratteggiato sopra, che ha avuto il concetto di invarianza nella storia del pensiero umano.

Galileo conosceva senza dubbio il XVII canto dell'*Inferno*. Ha senso chiedersi se ne sia stato influenzato? Da questo punto di vista, l'eventuale rapporto Dante-Galileo in merito all'enunciato dell'invarianza è un esempio della problematica della primogenitura – chi arrivò primo, e chi arrivò secondo? – che spesso appassiona gli storici della scienza. Un approccio tipico consiste nel pensare che ciascuna idea abbia un progenitore o una progenitrice, e che poi ci sia chi, ereditando quell'idea, la sviluppi e, per così dire, la faccia fruttare.

Chi scrive è più propenso a una seconda ipotesi: che idee o intuizioni "fluttuino" nel tempo e nello spazio in menti diverse e non necessariamente legate fra loro; e che ad un certo punto, o per contaminazione di altre intuizioni o per il particolare contesto ambientale, una particolare idea venga alla mente giusta, che la sviluppa e valorizza.

Concludendo e riassumendo, non si può non rimanere ammirati dall'intuizione mirabile che Dante ebbe dell'invarianza galileiana. Eppure Dante non andò oltre quell'intuizione: probabilmente non aveva ancora gli strumenti e gli mancava, da sostenitore del geocentrismo, la determinazione che ebbe Galileo per confutare tale posizione. Fu invece Galileo che, tre secoli dopo, oltre ad enunciare il concetto di invarianza senza basarsi sulla relatività visiva o sulla percezione sensoriale, riuscì veramente a dotarlo di quelle basi scientifiche che lo hanno reso un pilastro della scienza moderna.

6. Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare i colleghi Grzegorz Karwasz e Zeno Gaburro per le loro segnalazioni sulle opere di Copernico e Lucrezio, e Roberta Peri per la lettura critica del manoscritto.

Note

¹Ray d’Inverno enuncia così il principio di relatività (speciale): *Tutti gli osservatori inerziali sono equivalenti* [dI]. Dieter Meschede scrive: *Non c’è alcun modo di determinare una velocità assoluta* [Me].

²In origine ci fu in realtà quello che Einstein stesso definì “*The happiest thought of my life*”.

³Si pensi ad esempio a *Inf.* XI.

⁴È bene osservare che Dante non poteva conoscere il termine fisica, dal momento che esso è stato progressivamente introdotto solo nel XIX secolo.

⁵Nella sua descrizione, Dante avrebbe potuto usare un solo specchio più vicino all’osservatore, anziché due. Nell’usare una coppia, egli conferisce all’esperimento un carattere simmetrico, con ovvia riduzione di errori sistematici in cui si potrebbe altrimenti incorrere, anche in virtù di plausibili differenze di acuità visiva tra i due occhi dell’osservatore. Si veda anche Boyde in [AV].

⁶Grammatica, e cioè il latino; dialettica, ossia la filosofia; retorica, cioè la disciplina del parlare e dello scrivere, e quindi la letteratura.

⁷Aritmetica, geometria, musica, astronomia.

⁸La medesima assunzione venne usata da Galileo nella sua opera giovanile sulle dimensioni dell’*Inferno* dantesco [Ga].

⁹Dell’attraversamento dell’Acheronte sulla barca di Caronte, Dante non ricorda niente, dal momento che era caduto (letteralmente!) in un sonno profondo.

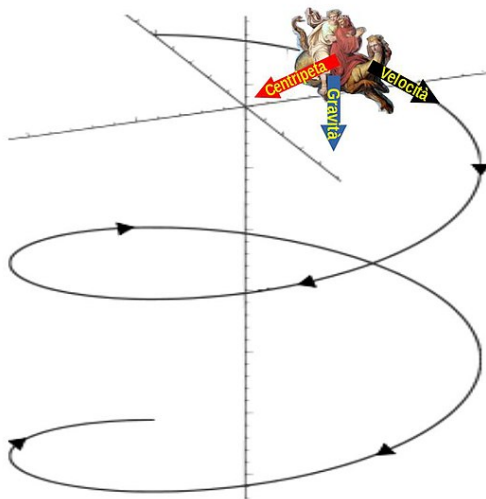
¹⁰La lunghezza del miglio italiano, simile a quello inglese e a quello romano, dal quale gli altri derivano, era circa 1.6 km [Fr].

¹¹I versi sono in *Inf.* XXVIII 7–8; il *cinghio* è la corona circolare posta alla base dell’*alta ripa dura* e che fa da cornice al *pozzo* di Malebolge.

Bibliografia

- [A1] Dante Alighieri, *La Divina Commedia*, a cura di Natalino Sapegno, La Nuova Italia Editrice (Firenze), 1982
- [A2] Dante Alighieri, *La Divina Commedia*, a cura di Anna Maria Chiavacci Leonardi, Mondadori (Milano), 1991
- [AV] AA.VV., *Dante e la scienza* (1993), a cura di P. Boyde e V. Russo, Longo Editore (Ravenna), 1995
- [Br] J. Bradley, A letter from the Reverend Mr. James Bradley Savilian Professor of Astronomy at Oxford, and F. R. S. to Dr. Edmond Halley Astronom. Reg. & c. giving an account of a new discovered motion of the fix’d stars, *Phil. Trans. R. Soc.* **35**, pp. 637–661, 1728
- [dI] Ray d’Inverno, *Introduzione alla relatività di Einstein*, Clueb (Bologna), 2001

- [Ei1] A. Einstein, Zur Elektrodynamik bewegter Körper, *Annalen der Physik* **322**, pp. 891–921, 1905
- [Ei2] A. Einstein, Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie, *Annalen der Physik* **354**, pp. 769–822, 1916
- [Fr] Tim Freegarde, Measure for measure, *Phys. World* **9**, p. 68, 1996
- [Ga] Galileo Galilei, *Due lezioni all'Accademia Fiorentina circa la figura, sito e grandezza dell'Inferno di Dante*, in *Le Opere di Galileo Galilei*, Giunti Barbera (Firenze), 1968
- [Me] D. Meschede, *Gerthsen Physik*, Springer Verlag (Berlin, Heidelberg, New York), 2002
- [RKK] M.A. Ruderman – C. Kittel – W.D. Knight, *La Fisica di Berkeley* Vol. 1, Meccanica, Zanichelli (Bologna), 1970
- [Ri] Leonardo Ricci, Dante's insight into galilean invariance, *Nature* **434**, p. 717, 2005
-



Matteo Ruffoni: *Dante, Virgilio e Gerione in volo.*

(<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ElicaDanteGerone.jpg>)