

Ottavio Serra *

Dante e la scienza

Premessa.

Lo spunto per questo articolo è stato l'invito del Prof. Leopoldo Conforti, profondo conoscitore della letteratura classica e appassionato cultore della poesia dantesca, a tenere una conversazione su *La scienza nella Divina Commedia* nell'ambito della rubrica culturale "Il mio Dante", che egli presenta sul canale televisivo *Ten*.

La conversazione è andata in onda la sera di domenica otto gennaio 2006; questo articolo segue abbastanza fedelmente lo schema della trasmissione.

Introduzione.

La *Commedia* di Dante, detta *divina* dal Boccaccio, è per giudizio unanime la vetta insuperata della letteratura italiana. In essa il poeta ha profuso tutto il sapere della sua epoca: letterario, filosofico, religioso, scientifico, plasmandolo col suo genio e rendendolo parte integrante della sua poesia.

Pur se il sapere scientifico della *Commedia* è superato, non se ne può prescindere, se si vuole raggiungere una comprensione piena e profonda dell'opera.

La disgregazione politica, sociale ed economica dell'impero romano lasciò dietro di sé uno strascico di povertà e violenza; il problema principale per l'uomo dell'epoca era quello di sopravvivere a guerre, epidemie e carestie. Lentamente si affievolì l'interesse verso la parte più razionale del pensiero e ci si avvicinò alla religione come all'unico porto sicuro, soprattutto per la sua visione mistica della morte. In un quadro simile, l'anelito a cantare le lodi di Dio divenne un'importante spinta allo studio dell'astronomia, vista come un strumento per intendere la gloria del Creatore attraverso la comprensione delle meraviglie del creato.

Lo studio dell'astronomia medioevale fu condotto da filosofi della tarda latinità (IV - V secolo d.C.), come Marziano Capella (che trasse spunto dall'opera enciclopedica di Varrone e tra l'altro fu il primo a suddividere tutto lo scibile umano nelle "Arti liberali", quelle del "trivio" e quelle del "quadrivio") e Macrobio, filosofo neoplatonico, che nei suoi "Saturnalia" citò il "Somnium Scipionis" di Cicerone, che conteneva una trattazione cosmologica, di carattere generale e descrittivo, nel capitolo riguardante le questioni astronomiche. In seguito, sotto Teodorico, il suo consigliere Severino Boezio (455-524), che fu uno degli ultimi studiosi dell'alto medioevo a conoscere il greco, tradusse dal greco in latino testi filosofici e scientifici, in particolare astronomici e matematici. Quasi contemporaneamente, l'ultimo grande scrittore della latinità, Cassiodoro (480-575) si ritirò nella natia Calabria dopo la conquista bizantina di Ravenna e fondò diversi conventi in cui promosse una considerevole opera di traduzione e trascrizione di testi filosofici e scientifici antichi, nei quali erano raccolti anche elementi di astronomia.

Da questi presupposti la storia dell'astronomia medioevale si sviluppò attraverso le seguenti fasi principali:

Come per tutta la cultura dell'alto medioevo, di tipo enciclopedico, le basi per gli studi astronomici erano trattazioni generali e compendi (come il già citato "Somnium Scipionis"); lo studio dell'astronomia difettava quindi di carattere analitico e di rigore metodologico. Vi mancavano elementi di critica alle teorie e ciò spiega perché il modello tolemaico venne accettato negli ambienti scientifici dell'epoca, senza discussione, per oltre un millennio.

Lo studio delle scienze veniva coltivato negli ambienti ecclesiastici, che andavano acquistando un'importanza sempre maggiore, e nei quali l'interesse per gli aspetti teorici del sapere non venne mai meno; ciò portò poi alla progressiva identificazione tra luoghi di culto e luoghi di studio. Nacquero le scuole-cattedrali, antenate delle moderne università, al cui sviluppo diede grande contributo Gerberto D'Aurillac (divenuto poi Papa col nome di Silvestro II).

Gli Arabi cominciarono a dedicarsi all'astronomia dopo essere venuti a contatto con la cultura indiana; d'altra parte l'espansione araba nel bacino del mediterraneo e in particolare la conquista di Alessandria permise loro di entrare in possesso delle testimonianze scritte della cultura filosofica e scientifica greca e di assimilarne i contenuti. Grazie a ciò l'astronomia araba compì progressi sia per quanto riguarda le tecniche di osservazione e di posizione stellare, sia perché cominciò ad avviare programmi coordinati di ricerca tesi a sottoporre a verifica le affermazioni del modello tolemaico, del quale però nessuno provò a sovvertire il principio fondamentale, risalente ad Aristotele, secondo il quale la Terra occupava il centro dell'universo.

Importanza fondamentale rivestì in questo periodo l'imponente lavoro di traduzione dal greco dei testi scientifici in arabo, in latino e, successivamente, in volgare; ricordo in particolare Michele Scotto e Gherardo da Cremona, traduttore dall'arabo dell'opera di Al Fargan, dal quale Dante ricava quasi tutte le sue nozioni astronomiche, riportate nel Convivio.

L'astronomia ricevette grande impulso anche dall'astrologia, accettata dalla religione cristiana non già come previsione di un futuro prestabilito, ma come metodo di comunicazione con le "intelligenze celesti", espressioni di Dio e responsabili della ripartizione della virtù negli esseri umani (San Tommaso). Prove sperimentali della veridicità dell'astrologia venivano considerati i fenomeni magnetici, di cui trattò diffusamente il piccardo Piero Peregrino di Maricourt in una lettera intitolata "Del magnete" spedita nel 1269 all'amico Sigieri di Brabante, ricordato da Dante come logico finissimo*; si riteneva infatti che il fenomeno per cui l'ago magnetico si rivolga naturalmente verso il Nord si potesse spiegare unicamente con una influenza del Cielo sulle vicende terrestri.

* Come Dante fa dire a San Tommaso: *Essa è la luce eterna di Sigieri – che, leggendo nel vico degli strami, - sillogizzò invidiosi veri.* (Paradiso, X, vv. 136-138).

Nella divina Commedia di Dante si trova la massima sintesi del pensiero astronomico medioevale.

Dalle molte citazioni astronomiche dantesche (soprattutto nel Paradiso oltre che nel Convivio, in cui spiega in dettaglio alcune teorie) è possibile costruire un quadro organico e assai preciso della visione dell'universo nel Medioevo.

Parlerò ora di alcuni riferimenti scientifici nella Divina Commedia, dapprima di quelli astronomici, poi di quelli logici e matematici.

Riferimenti astronomici

(Inf. I, 1-3)

**Nel mezzo del cammin di nostra vita
mi ritrovai per una selva oscura,
ché la diritta via era smarrita.**

Il viaggio comincia il 25 marzo 1300, venerdì santo.

Secondo il Salmo 89, la vita umana perfetta è di 70 anni, perciò Dante il 1300 ha 35 anni, a metà della vita umana.

Inoltre Dante da Aristotele apprende che secondo Empedocle il ciclo cosmico è di 13 mila anni. Adamo è vissuto per 930 anni (Genesi) e attese 4302 anni nel Limbo prima che Cristo lo liberasse il sabato di Passione nell'anno 32, a 33 anni esatti dall'incarnazione (Convivio e XXVI° canto del Paradiso). Perciò la liberazione di Adamo avvenne 5200 anni dopo l'inizio del ciclo cosmico, che sommati alla data del viaggio, 1300 d. C., fanno 6500 anni, esattamente metà del ciclo cosmico. Il viaggio dunque avviene a metà della vita (media presunta) di Dante e a metà del ciclo cosmico.

Secondo alcuni il viaggio si sarebbe svolto dal 2 all'8 aprile del 1300, secondo altri dal 25 marzo al 2 aprile del 1301. Entrambe le datazioni sono da scartare per i seguenti motivi. Dante vuole che il

viaggio si svolga nel 1300, anno del giubileo; inoltre vuole che cominci il venerdì santo, e questo, nel 1300, cade il 25 marzo, data particolarmente fausta perché anniversario esatto della concezione; siccome la gestazione di Maria dura esattamente 9 mesi, si ritrova ancora il 25 come data di nascita di Gesù (25 dicembre).

(Inf. I, 37-40)

**Temp'era dal principio del mattino,
e 'l sol montava 'n sù con quelle stelle
ch'eran con lui quando l'amor divino
mosse di prima quelle cose belle;**

Sono le 6 del mattino dell'equinozio di primavera. Il Sole è in Ariete. Il mondo è stato creato il 25 marzo dell'inizio del ciclo cosmico, lo stesso giorno dell'incarnazione e della morte di Cristo. Noi sappiamo che nel 1300 la precessione degli equinozi aveva portato il Sole verso la costellazione dei Pesci, come ben sapevano gli astronomi dell'epoca, per cui dopo circa tre secoli (ottobre 1582) Gregorio XIII promulgherà il calendario che porta il suo nome, per riportare l'accordo tra la data della Pasqua e l'equinozio di primavera.

E' degno di nota che la riforma del calendario è opera di un calabrese, Luigi Lilio, come ricorda Leopardi giovinetto nella sua Storia dell'Astronomia. Di Lilio diffusamente parla Luigi De Franco in una sua opera sui filosofi calabresi dei secoli XVI e XVII.

Probabilmente Dante non era a conoscenza di questo sfasamento causato dalla precessione degli equinozi, scoperta da Ipparco nel II secolo a. C. e della quale gli arabi erano certamente a conoscenza.

(Purg. II, 1-9)

**Già era 'l sole a l'orizzonte giunto
lo cui meridian cerchio coverchia
Ierusalèm col suo più alto punto;
e la notte, che opposta a lui cerchia,
uscita di Gange fuor con le Bilance,
che le caggion di man quando soverchia;**

Sono le 6 del mattino; Dante e Virgilio ancora sono sulla riva del mare. Il Sole era giunto all'orizzonte occidentale del meridiano di Gerusalemme e del Purgatorio che gli è agli antipodi. E la notte, che è opposta al Sole, avanzava da Est lasciando la costellazione della Bilancia (opposta all'Ariete) ed entrando nello Scorpione al passare dei giorni.

(Purg. IV, 52-57)

**A seder ci ponemmo ivi amendui
vòlti a levante ond'eravam saliti,
che suole a riguardar giovare altrui.
Li occhi prima drizzai ai bassi liti;
poscia li alzai al sole, e ammirava
che da sinistra n'eravam feriti.**

Dante e Virgilio riposano su una balza dopo l'aspra salita.

Guardando ad Est Dante si meraviglia che il Sole sia alla sua sinistra. Ciò succede perché egli si trova nell'emisfero sud al di là del tropico del capricorno. Il purgatorio è immaginato agli antipodi di Gerusalemme e perciò ad una latitudine di circa 32° Sud. Per chi guarda ad Est, il Sole è sempre alla sua destra nell'emisfero Nord, per esempio a Gerusalemme, sempre alla sua sinistra nell'emisfero Sud, per esempio al Purgatorio. Nella fascia tropicale l'osservatore che guarda ad Est vede il Sole alla sua destra o alla sua sinistra in funzione della latitudine e della data che a sua volta dipende dalla declinazione del Sole.

Per fare un esempio, a Khartoum nel Sudan, che si trova a circa 16° di latitudine Nord, il Sole si vede quasi sempre a destra, salvo per 16 giorni, da 8 giorni prima a 8 giorni dopo il solstizio d'estate. Al solstizio d'estate il Sole è sul tropico del Cancro, a 23° e mezzo di latitudine nord.

(Par. I, 37-48)

**Surge ai mortali per diverse foci
la lucerna del mondo; ma da quella
che quattro cerchi giugne con tre croci,
con miglior corso e con migliore stella
esce congiunta, e la mondana cera
più a suo modo tempera e suggella.
Fatto avea di là mane e di qua sera
tal foce, e quasi tutto era là bianco
quello emisferio, e l'altra parte nera,
quando Beatrice in sul sinistro fianco
vidi rivolta e riguardar nel sole:
aquila sì non li s'affisse unquanco.**

Il sole sorge da punti diversi dell'orizzonte, a seconda del periodo dell'anno. Ma ha migliore influenza sugli uomini a primavera, la bella stagione, quando sorge dal punto gamma (punto equinoziale), per il quale i cerchi equatore, eclittica e coluro degli equinozi, incontrando l'orizzonte, formano tre croci. I quattro cerchi simboleggiano le quattro virtù cardinali: prudenza, giustizia, forza e temperanza, le tre croci le virtù teologali: fede, speranza e carità.

Ricordo che i coluri sono due meridiani, cerchi massimi della sfera celeste passanti per i poli celesti, il primo per i punti equinoziali, l'altro, perpendicolare al primo, per i punti dei solstizi.

Di là mane: nel Purgatorio; di qua sera: nell'emisfero Nord. Beatrice fissa il sole girandosi sul *sinistro fianco*, per il motivo che in precedenza ha spiegato Virgilio (Purg, IV, vv. 52-57)

Prima di procedere, conviene ricordare la sequenza dei cieli intorno alla Terra, immobile al centro dell'universo, e la corrispondenza con le discipline del trivio, del quadrivio e delle scienze filosofiche: Luna-Grammatica, Mercurio-Dialettica, Venere-Retorica, Sole-Aritmetica, Marte-Musica, Giove-Geometria, Saturno-Astronomia, Cielo delle Stelle Fisse-Fisica e Metafisica, Cristallino (primo mobile)-Filosofia morale, Empireo (sede di Dio motore immobile)-Teologia.

Il numero dieci è un retaggio pitagorico. L'ordine dei Cieli segue la distanza crescente dalla Terra secondo i dati astronomici di Al Fargan, ripetutamente citato da Dante nel Convivio col nome di Alfagrano.

Mentre la distanza della Luna dalla Terra è passabilmente corretta (48 raggi terrestri anziché 60), le altre distanze riportate da Al Fargan sono fortemente errate. I periodi di rivoluzione invece si determinano più facilmente e perciò sono abbastanza precisi, anche per Saturno, il più lontano dei pianeti conosciuti.

(Par. II, 49-51)

**Ma ditemi: che son li segni bui
di questo corpo, che là giuso in terra
fan di Cain favoleggiare altrui?"**

Beatrice, prima di dare la spiegazione, chiede a Dante la sua opinione. Questi risponde dicendo che, secondo lui, le macchie chiare e scure della Luna dipendono dalla maggiore o minore rarefazione della materia lunare, come egli espone, insieme ad altre opinioni scientifiche, nel Convivio (Trattato II, Cap. XIII). Potrebbe anche dipendere dalla maggiore o minore distanza delle regioni lunari, se ci fossero monti e valli.

Dopo una confutazione di tipo metafisico, Beatrice continua:

(Par II, 73-148)

**Ancor, se raro fosse di quel bruno
cagion che tu dimandi, o d'oltre in parte
fora di sua materia sì digiuno
esto pianeta, o, sì come comparte
lo grasso e 'l magro un corpo, così questo
nel suo volume cangerebbe carte.
Se 'l primo fosse, fora manifesto
ne l'eclissi del sol, per trasparere
lo lume come in altro raro ingesto.
Questo non è: però è da vedere
de l'altro; e s'elli avvien ch'io l'altro cassi,
falsificato fia lo tuo parere.
S'elli è che questo raro non trapassi,
esser conviene un termine da onde
lo suo contrario più passar non lassi;
e indi l'altrui raggio si rifonde
così come color torna per vetro
lo qual di retro a sé piombo nasconde.
Or dirai tu ch'el si dimostra tetro
ivi lo raggio più che in altre parti,
per esser lì refratto più a retro.
Da questa istanza può deliberarti
esperienza, se già mai la provi,
ch'esser suol fonte ai rivi di vostr'arti.
Tre specchi prenderai; e i due rimovi
da te d'un modo, e l'altro, più rimosso,
tr'ambo li primi li occhi tuoi ritrovi.
Rivolto ad essi, fa che dopo il dosso
ti stea un lume che i tre specchi accenda
e torni a te da tutti ripercosso.
Ben che nel quanto tanto non si stenda
la vista più lontana, li vedrai
come convien ch'igualmente risplenda.**

Ho riportato questo lungo brano, perché è un caratteristico esempio di argomentazione dialettica, portata a livelli raffinati dai filosofi scolastici. I tardi peripatetici ne abusarono fino al ridicolo, dando spazio alla pungente satira di Galilei e alla succosa parodia che ne fa il Manzoni per bocca di Don Ferrante.

Dopo una confutazione di tipo metafisico, Beatrice ricorre ad argomenti fisici.

Secondo Beatrice, l'ipotesi della tenuità della materia lunare non regge, perché durante le eclissi di Sole dovrebbe trasparire la luce solare dove il mezzo è più rarefatto. Siccome ciò non accade, si potrebbe pensare che la superficie lunare non sia liscia, ma presenti delle valli che appaiono scure perché ivi la luce è riflessa da più lontano. Descrive addirittura un possibile esperimento con gli specchi, corretto in linea di principio per quanto riguarda l'intensità della luce riflessa, ma fallace per spiegare le macchie. Continua poi con una spiegazione teologica nella parte finale del canto.

E' interessante ricordare che già Plutarco (*De facie in orbe Lunae*) aveva avanzato l'ipotesi che ci fossero valli e montagne sulla Luna, ma bisognò aspettare il cannocchiale di Galilei per averne la prova. Il chiaro e lo scuro non dipendono però da minore o maggiore distanza dei monti e delle valli lunari dalla Terra (la differenza percentuale delle distanze dalla Terra è piccolissima), ma dalla differenza di composizione del suolo, che implica differenza di *albedo* (fattore di diffusione della luce).

In ogni caso, Dante fa un passo indietro rispetto alle idee sostenute nel Convivio (forse anche per motivi religiosi: perfezione dei cieli, virtù angeliche...). Beatrice conclude con una spiegazione teologica, in versi d'indiscutibile bellezza:

”Virtù diversa fa diversa lega
col prezioso corpo ch'ella avviva
nel qual, siccome vita in voi, si lega.
Per la natura lieta onde deriva,
la virtù mista per lo corpo luce,
come letizia per pupilla viva.
Da essa vien ciò che da luce a luce
par differente, non da *denso e raro*:
essa è *formal principio, che produce,*
conforme a sua bontà, lo turbo e il chiaro.”

Il corsivo è mio.

(Par. III, 46-51)

**I' fui nel mondo vergine sorella;
e se la mente tua ben sé riguarda,
non mi ti celerà l'esser più bella,
ma riconoscerai ch'i' son Piccarda,
che, posta qui con questi altri beati,
beata sono in la spera più tarda.**

Splendidi versi, ma a me compete solo richiamare l'attenzione su “la spera più tarda”. Il motore immobile comunica la rotazione al cielo cristallino che muove con virtù via via decrescente gli altri cieli, fino a quello della Luna che è il più basso. Tutti possiamo osservare che la Luna ritarda di circa 50 minuti al giorno rispetto al Sole (circa 13° in termini angolari). Il fatto si spiega così: La Luna compie da Est a Ovest una rivoluzione intorno alla Terra (e relativamente al Sole) in 29 giorni e mezzo (Mese Sinodico o Lunazione), ma intanto il Sole gira intorno alla Terra, sempre da Est a Ovest, in un giorno e perciò la Luna perde un giorno ogni 29. Perciò in un giorno ritarda di $(1/29,5) \times 24 \times 60 = 49$ minuti circa. La Luna in un mese sinodico incrocia il Sole 28 volte e perciò “*crede*” che il suo giro intorno alla Terra duri un giorno in meno, il contrario di Mister Fogg, che fece il giro del mondo andando verso Est e perciò credette di aver impiegato un giorno in più degli 80 scommessi. (“*Il giro del mondo in 80 giorni*” di J. Verne). Si noti che la spiegazione è indipendente da chi si assuma in moto, la Terra o il Sole; ciò che conta è il moto relativo, l'unico che abbia significato. Ma allora Galilei ha rischiato invano?

(Par.V, 127-129)

**Non so chi tu se', né perché aggi
anima degna, il grado della spera
che si vela ai mortal con altrui raggi...**

Il poeta chiarirà nel canto successivo che si sta rivolgendo a Giustiniano. Per Dante Mercurio è la «*più velata dai raggi del Sole di null'altra stella...*» (Convivio II-14); ciò accade perché Mercurio non assume mai una distanza angolare dal Sole maggiore di 22° 9'. La spiegazione è semplice nel sistema copernicano, in quanto Mercurio è il pianeta più vicino al Sole. Per questo Mercurio è visibile raramente e, quando lo si può osservare, appare assai vicino all'orizzonte poco prima dell'alba o poco dopo il tramonto, quando cioè il Sole con i suoi raggi ne offusca il bagliore. Mercurio, come Venere, essendo un pianeta interno all'orbita terrestre, presenta le fasi come la Luna, però la loro *falce* non è visibile senza cannocchiale.

(Par. VIII, 11-12)

**e da costei ond'io principio piglio
pigliavano il vocabol de la stella
che 'l sol vagheggia or da coppa or da ciglio.**

Il cielo prende il nome dalla Dea Venere, e il pianeta amante del Sole lo segue da vicino, ora come Vespero ora come Diana o Lucifero. I Greci si accorsero tardi che si trattava dello stesso pianeta.

(Par. IX, 118-120)

**Da questo cielo, in cui l'ombra s'appunta
che 'l vostro mondo face, pria ch'altr'alma
del triunfo di Cristo fu assunta.**

Qui non mi interessa la storia di Raab, ma l'opinione dell'astronomo arabo Al Fargan, dal quale Dante ricavò le sue conoscenze astronomiche (*Alfagrano*, Convivio II, XIII), secondo il quale il cono d'ombra della Terra arriva fino a Venere.

(E allegoricamente arrivano fino a Venere anche le passioni terrene).

(Par. X, 13-21)

**Vedi come da indi si dirama
l'oblico cerchio che i pianeti porta,
per sodisfare al mondo che li chiama.
Che se la strada lor non fosse torta,
molta virtù nel ciel sarebbe in vano,
e quasi ogni potenza qua giù morta;
e se dal dritto più o men lontano
fosse 'l partire, assai sarebbe manco
e giù e sù de l'ordine mondano.**

L'eclittica porta i pianeti e il Sole obliquamente rispetto all'equatore, per il bene degli uomini. Se così non fosse, non ci sarebbero le stagioni e l'ordine divino nel mondo sarebbe sovvertito.

(Par. X, 28-33)

**Lo ministro maggior de la natura,
che del valor del ciel lo mondo imprenta
e col suo lume il tempo ne misura,
con quella parte che sù si rammenta
congiunto, si girava per le spire
in che più tosto ognora s'appresenta;**

Il Sole comincia a lasciare il punto equinoziale e sorge sempre più presto. Il suo moto misura il tempo (Vedi Aristotele, *De coelo*).

Secondo le cognizioni astronomiche del tempo, tutti i corpi celesti, anche le stelle, ricevono luce dal Sole. Ciò rappresenta un bel passo indietro rispetto all'opinione, poniamo, di Anassagora, secondo il quale: *Le stelle sono pietre infuocate*.

(Par. XI, 49-51)

**Di questa costa, là dov'ella frange
più sua rattezza, nacque al mondo un sole,
come fa questo talvolta di Gange.**

San Tommaso paragona San Francesco al Sole nel periodo di massimo fulgore quando è più alto sull'orizzonte, cioè al solstizio d'estate, quando sorge dal tropico del Cancro, a 23° e mezzo di latitudine Nord, latitudine della foce del Gange.

L'informazione geografica è estremamente precisa.

(Par. XIV, 97-99)

**Come distinta da minori e maggi
lumi biancheggia tra ' poli del mondo
Galassia sì, che fa dubbiar ben saggi;**

Quel biancor è la Via Lattea, che diede luogo a tante ipotesi, esaminate nel Convivio (trattato II, Cap. XIII), dove Dante ricorda che secondo Aristotele, seguito da Tolomeo e Avicenna, si tratta di una concentrazione di stelle. La nebulosità fu risolta in stelle dal cannocchiale di Galilei.

(Par. XVI, 28-39)

(Cacciaguida si rivolge a Dante, forse in latino)

**dissemi: “Da quel dì che fu detto ‘Ave’
al parto in che mia madre, ch’è or santa,
s’alleviò di me ond’era grave,
al suo Leon cinquecento cinquanta
e trenta fiata venne questo foco
a nfiammarsi sotto la sua pianta.**

I fiorentini computavano gli anni *ab incarnatione*, cioè da quando l’angelo disse *AVE* a Maria. Questo ardente pianeta, dice Cacciaguida, da allora fino al giorno della mia nascita compì 580 rivoluzioni. Siccome un anno marziano consta di 687 giorni, come Dante sa da Al Fargan (Convivio II, XIII), dividendo il prodotto 580×687 per 365, si ottiene l’anno di nascita di Cacciaguida: 1091.

(Par. XXII, 112-117)

**O gloriose stelle, o lume pregno
di gran virtù, dal quale io riconosco
tutto, qual che si sia, il mio ingegno,
con voi nasceva e s'ascondeva vosco
quelli ch’è padre d’ogne mortal vita,
quand’io senti’ di prima l’aere tosco;**

Gloriose stelle della costellazione dei Gemelli. Dante entra nel cielo 8° delle stelle fisse. Quando Egli nacque, il Sole era nella costellazione che gli diede tanto ingegno (modestamente aggiunge: qual che si sia).

Si riteneva che il cielo delle stelle avesse un moto proprio che lo faceva ritardare di un grado ogni 70 anni. Ciò è dovuto alla precessione degli Equinozi, per cui tra 13000 anni (il ciclo di Empedocle!) il polo Nord punterà verso la stella Vega.

2) Riferimenti logici e matematici

Le conoscenze scientifiche di Dante hanno svariate fonti. Per l’astronomia e la fisica, Aristotele (tradotto in latino da Boezio) e gli Arabi: Al Fargani, Avicenna, Averroè; per la geometria Euclide, attraverso Boezio, e gli arabi. Forse ebbe notizia anche del *Liber Abaci* di Fibonacci e dell’aritmetica con le cifre indo-arabe. Dante ha sicuramente conosciuto le *Summulae logicales* di Pietro Hispano (Pietro di Giuliano da Lisbona, 1220? Papa Giovanni XXI nel 1276, morto a Viterbo nel 1277), che troviamo in Paradiso (XII, 134-135):

...”**e Pietro Hispano, lo qual giù luce in dodici libelli;**”

L’opera di Boezio fu messa all’indice a Parigi nel 1270, ma Dante ebbe modo di studiarla nello studio bolognese, che godeva di uno statuto di libertà, raro in quei tempi, per la protezione dell’imperatore.

(Inf. XXVII, 112-123)

**Francesco venne poi, com'io fu' morto,
per me; ma un d'i neri cherubini
li disse: "Non portar; non mi far torto.
Venir se ne dee giù tra ' miei meschini
perché diede 'l consiglio frodolente,
dal quale in qua stato li sono a' crini;
ch'assolver non si può chi non si pente,
né pentere e volere insieme puossi
per la contradizion che nol consente".
Oh me dolente! come mi riscossi
quando mi prese dicendomi: "Forse
tu non pensavi ch'io löico fossi!"**

Guido da Montefeltro narra a Dante come il diavolo lo sottrasse a San Francesco, perché l'assoluzione preventiva che gli aveva dato Bonifacio VIII per il consiglio fraudolento non era valida. Il diavolo invoca il principio di non contraddizione enunciato da Aristotele negli *Analitici*.

(Inf. XXIX, 1-12)

**La molta gente e le diverse piaghe
avean le luci mie sì inebriate,
che de lo stare a piangere eran vaghe.
Ma Virgilio mi disse: "Che pur guate?
perché la vista tua pur si soffolge
là giù tra l'ombre triste smozzicate?
Tu non hai fatto sì a l'altre bolge;
pensa, se tu annoverar le credi,
che miglia ventidue la valle volge.**

La nona bolgia ha un giro di 22 miglia. Forse Dante vuol farci sapere che egli conosceva il famoso rapporto 22/7 tra circonferenza e diametro, appreso da Boezio o da fonti arabe, visto che non aveva mai sentito parlare di Archimede, altrimenti lo avrebbe messo nel Limbo con gli spiriti magni, Talete, Euclide, e (udite, udite), Democrito, Avicenna e Averroè. Forse anche per questo la Commedia nel 1335, 14 anni dopo la morte del poeta, fu proibita, insieme a tutti gli altri scritti di Dante, dal Capitolo provinciale di S. Maria Novella.

(Purg. VI, 1-9)

**Quando si parte il gioco de la zara,
colui che perde si riman dolente,
repetendo le volte, e tristo impara;**

Forse è l'unico riferimento alla matematica dell'incerto.

Quando finisce il gioco dei tre dadi, chi perde riflette sui numeri giocati e impara, troppo tardi, su quali avrebbe dovuto puntare. Siccome il punteggio va da 3 a 18, i numeri più probabili sono 10 e 11. Come si vede, il calcolo delle probabilità ha queste origini poco illustri. Anche Galileo si occupò di gioco di dadi: per il lancio di due dadi giustificò correttamente ciò che i giocatori sapevano per esperienza, l'essere 7 il numero più probabile. La parola *zara*, da cui il francese *hasard* (caso) viene dall'arabo *zehir*, zero o nulla, perché se il lancio dava un risultato troppo basso (3 o 4) o troppo alto (18 o 17), i giocatori gridavano: *zehir (lancio) nullo*.

Alcuni commentatori riportano che l'esclusione dei valori estremi era dovuta al fatto che la probabilità era troppo piccola, ottenibile in un sol modo: tre "1" per il tre, due "1" e un "2" per il quattro, tre "6" per il diciotto, due "6" e un "5" per il diciassette.

Purtroppo per questi commentatori ciò è sbagliato: “3” e “18” si ottengono veramente in un solo modo, ma “4” e “17” si ottengono in tre modi ciascuno e perciò sono tre volte più probabili. (Per il “4” valgono le disposizioni “112”, “121”, “211”).

La nascita ufficiale del calcolo delle probabilità avvenne nel 1600 per la soluzione di un problema di gioco un po' più complesso proposto dal cavaliere De Meray a Fermat e Pascal.

(Par. VI, 19-21)

**Io li credetti; e ciò che 'n sua fede era,
vegg'io or chiaro sì, come tu vedi
ogne contraddizione e falsa e vera.**

Giustiniano vede ora chiaramente ciò che, per l'insegnamento di Agapito, credette per fede: le due nature, umana e divina di Cristo, in una stessa persona, altrettanto chiaramente come Dante vede che da una contraddizione segue indifferentemente una proposizione e la sua negazione. Questa interpretazione è sostenuta dalla conoscenza che Dante aveva delle *Summulae logicales* di Pietro Hispano nelle quali è riportato il meta-teorema dello Pseudo-Scoto: *ex falso (sequitur) quodlibet*. Secondo altri Dante si riferisce al principio del terzo escluso, ma questa interpretazione pare meno convincente.

(Par. XIII, 94-102)

**Non ho parlato sì, che tu non posse
ben veder ch'el fu re, che chiese senno
acciò che re sufficiente fosse;
non per sapere il numero in che enno
li motor di qua sù, o se necesse
con contingente mai necesse fenno;
non si est dare primum motum esse,
o se del mezzo cerchio far si puote
triangol sì ch'un retto non avesse.**

San Tommaso scioglie il dubbio di Dante sulla sapienza di Salomone, che fu il più sapiente dei re, non di tutti gli uomini (Adamo e Cristo lo superano).

Egli lo loda perchè chiese sapienza per essere un buon re, non per avere scienza in:

Teologia (conoscere il numero delle potestà angeliche preposte al moto delle sfere celesti);

Logica (modale) (se una premessa necessaria e una contingente implicano una conseguenza necessaria. Aristotele, *Analitici Primi*, Libro I, cap.16);

Fisica (se esista o meno un primo motore). Aristotele non ammette che ci sia un moto non causato, ignora il principio di inerzia (che dovrà aspettare Galileo) e perciò, per evitare una regressio infinita, deve postulare un motore immobile, che il tomismo identificò con Dio (da cui la necessità del decimo cielo, l'empireo);

Geometria (Se si può inscrivere in un semicerchio un triangolo non rettangolo, cosa che Dante sapeva impossibile dagli *Analitici Secondi*, Libro I, cap.1). In questo passo Aristotele ricorda anche che la somma degli angoli interni di un triangolo è uguale a due retti. Quest'ultimo teorema può aver fuorviato qualche commentatore nel passo seguente.

(Par. XVII, 13-18)

**"O cara piota mia che sì t'insusi,
che, come veggion le terrene menti
non capere in triangol due ottusi,
così vedi le cose contingenti
anzi che sieno in sé, mirando il punto
a cui tutti li tempi son presenti;**

Il *non capere in triangol due ottusi* Dante lo trova nella Metafisica di Aristotele. Dispiace che insigni commentatori moderni sappiano molta meno geometria di Dante. Scartazzini lo fa corollario del

teorema: “la somma dei tre angoli interni di un triangolo è un angolo piatto”. Questo richiede il postulato euclideo delle parallele, mentre in Euclide si dimostra prima, senza il detto postulato, un teorema meno forte, cioè che la somma di due angoli interni è minore di due retti. Ciò ne fa un teorema valido anche nella geometria iperbolica di Lobacesky (non però nella geometria ellittica di Riemann). Da questo discende a fortiori l’ enunciato dei due ottusi.

Il caso particolare riportato da Aristotele si giustifica intuitivamente (intuizione euclidea!) spiccando dagli estremi di un segmento due semirette formanti col segmento stesso (e dalla stessa parte) angoli ottusi: si *vede* che le semirette non s’incontrano e perciò il triangolo avente quel segmento come base non si chiude, non esiste.

(Par. XXIII, 1-12)

**Come l’augello, intra l’amate fronde,
posato al nido de’ suoi dolci nati
la notte che le cose ci nasconde,
che, per veder li aspetti disïati
e per trovar lo cibo onde li pasca,
in che gravi labor li sono aggrati,
previene il tempo in su aperta frasca,
e con ardente affetto il sole aspetta,
fiso guardando pur che l’alba nasca;
così la donna mia stava eretta
e attenta, rivolta inver’ la plaga
sotto la quale il sol mostra men fretta**

Ho riportato tutti questi 12 bellissimi versi in omaggio a Leopoldo Conforti, finissimo lettore di questo canto. Ai fini del mio discorso, a me interessa l’ultimo.

Il Sole al meridiano (mezzogiorno) ha la massima altezza sull’orizzonte. Ora è un fatto matematico generale che in corrispondenza di un massimo (o di un minimo) la rapidità di variazione di una grandezza tende ad annullarsi: *mostra men fretta*.

E’ per lo stesso motivo che ai solstizi il Sole varia molto lentamente la sua declinazione e la sua posizione rispetto alle stelle: *solstizio = il Sole sta*.

Certamente ai tempi di Dante questo annullarsi della *derivata di una funzione* non poteva che essere il frutto di un’evidenza osservativa, ma quanti e suggestivi richiami alla scienza moderna (*moderna* si fa per dire) può offrire una lettura non tradizionale del poema dantesco!

(Par. XXVIII, 91-93)

**L’incendio suo seguiva ogni scintilla;
ed eran tante, che ’l numero loro
più che ’l doppiar de li scacchi s’inmilla.**

Dante ha conoscenza del gioco degli scacchi e dell’aneddoto secondo il quale il suo inventore Sissa Nassir chiese allo Scià di Persia un chicco di grano per la prima casella, 2 per la seconda e così raddoppiando fino alla 64^a. Tale numero è enorme: $2^{64}-1$, all’incirca 10 miliardi di miliardi di chicchi. Per avere un’idea, ammesso che ci vogliano 10 chicchi per fare un grammo, quel numero equivale a più di mille miliardi di tonnellate di grano (di gran lunga più di quanto ne sia stato prodotto sulla Terra dal tempo dei Sumeri).

E’ la somma di una progressione geometrica: $1+2+2^2+2^3+\dots+2^{63}$.

Si noti l’analogia col problema di Achille e della tartaruga: $1+1/2+1/2^2+1/2^3+\dots+1/2^n+\dots$ ad oltranza (all’infinito). Tra parentesi, la somma fa 2, perciò (ovviamente) Achille raggiunge la tartaruga. (Tale risultato si può ottenere anche con un po’ di cinematica elementare e un’equazione di 1° grado).

Dante dice che il numero degli angeli, s’inmilla, cioè anziché raddoppiare, ogni volta si moltiplica per mille. Non sappiamo se Dante sapesse fare un simile calcolo, probabilmente no, anche se forse conosceva le cifre arabe, introdotte in Italia da Leonardo Pisano detto il Fibonacci verso il 1202.

Ma non basta la numerazione posizionale per sommare una progressione. Probabilmente il suo era solo un modo per dire che il numero degli angeli era sterminato. A proposito, l'inmillarsi di Dante fa $10^{192}-1$, cioè la cifra 1 seguita da 192 zeri (dal quale numero a rigore, *ma è ridicolo*, va tolto 1).

(Par. XXXIII, 133-138)

**Qual è 'l geomètra che tutto s'affige
per misurar lo cerchio, e non ritrova,
pensando, quel principio ond'elli indige,
tal era io a quella vista nova:
veder voleva come si convenne
l'imgo al cerchio e come vi s'indova;**

E' la similitudine geometrica più celebre della Divina Commedia.

Dante ha conoscenza del problema dai commentatori arabi; i commentatori di Dante farebbero bene a fermarsi al significato testuale, invece di fuorviare il lettore con l'affermazione che *non esiste quadrato equivalente al cerchio* (Scartazzini), il ché è grossolanamente sbagliato, e che l'impossibilità di trovare il rapporto *esatto* (sic) tra circonferenza e diametro è stata dimostrata definitivamente dalla scienza moderna (Scartazzini, Bosco). Questo è falso. Il primo comandamento del docente dovrebbe essere: *non indurre in confusione*.

Lindeman nel 1882 ha dimostrato ben altra cosa: che il rapporto tra circonferenza e diametro (*nella geometria euclidea*, precisiamo) è un numero trascendente (niente di *trascendente*: vuol dire non algebrico, non radice di un'equazione polinomiale a coefficienti interi).

Come dice Bruno d'Amore (Università di Bologna) nel suo "Più che il doppiar de li scacchi s'inmilla", Ed. Pitagora 2001, <*Sarebbe bello se ogni tanto il docente di italiano e quello di matematica facessero compresenza*>.

(Par. XXXIII, 1-6)

**"Vergine Madre, figlia del tuo figlio,
umile e alta più che creatura,
termine fisso d'eterno consiglio,
tu se' colei che l'umana natura
nobilitasti sì, che 'l suo fattore
non disdegnò di farsi sua fattura. ..."**

Questa sequenza di contrapposizioni è un modo poetico di riferire la teoria degli opposti di Aristotele: caldo-freddo, secco-umido, rado-denso, leggero-grave. La teoria degli opposti, insieme alla teoria del luogo naturale, secondo la quale per ogni corpo c'è un luogo al quale il corpo tende a seconda della sua natura, mi suggerisce una possibile ricostruzione del perché Aristotele pone la Terra immobile al centro dell'universo, e Dante con lui (Convivio, Trattato III, cap. 5). Vedi, per esempio:

Paradiso, canto I, v.v. 91-93 "Tu non se' in terra sì come tu credi;
ma folgore, fuggendo il proprio sito,
(andando contro natura)

non corse come tu ch'ad esso riedi".

(tu che ritorni al tuo luogo naturale, il Paradiso)

v. 115 "questi ne porta il fuoco inver la luna"
(il luogo naturale del fuoco)

v.v. 136-141 "Non dei più ammirar, se bene stimo,
lo tuo salir, se non come d'un rivo
se d'alto monte scende giuso ad imo.
(il luogo naturale dell'acqua è giù)

**Maraviglia sarebbe in te, se, privo
d'impedimento, giù ti fossi assiso,**

come a terra quiete in foco vivo”.

Siccome i leggeri (fuoco, aria) tendono, come tutti possono osservare, in alto, dunque al loro luogo naturale che è il cielo, periferia dell’universo, i loro opposti (acqua, terra) tenderanno all’opposto della periferia, cioè al centro dell’universo. Ma è esperienza quotidiana che i gravi cadono verticalmente, lungo i raggi del globo terrestre, perciò puntano al centro della Terra. Segue che il centro della Terra coincide col centro dell’Universo.

Siccome la Terra è un grave, occupando il suo luogo naturale, *li resta immobile*, non avendo motivo di muoversi da una parte anziché da un’altra, come l’asino del famoso esempio di Buridano (Università di Parigi, prima metà del ‘300).

(Paradiso, IV, 1-6):

**Intra due cibi, distanti e moventi
d'un modo, prima si morria di fame,
che liber'omo l'un recasse ai denti:
sì si starebbe un agno tra due brame
di fieri lupi, igualmente temendo;
sì si starebbe un cane intra due dame;**

.....

Il principio di Buridano sarà ripreso più tardi da Leibniz come principio di ragion sufficiente. Nella scienza moderna si è sviluppato come principio di simmetria e serve di fondamento alle leggi di conservazione (della quantità di moto, dell’energia, del momento angolare). Spesso è utilizzato per escludere che qualcosa possa accadere; ne è un esempio la legge di inerzia di Galilei: se niente spinge o attira un corpo, non c’è motivo che questo muti il suo stato di moto e perciò persevera nello stato di moto rettilineo uniforme e in particolare, se è fermo, resta fermo, come *un cane intra due dame*.

*** Già docente nel Liceo scientifico “Scorza” di Cosenza**