

La Divina commedia e le scienze

Prof. Maurizio Marinozzi

Cosmologia

Perché una lettura in chiave scientifica di Dante ? Per rispondere a questa domanda confrontiamo una terzina Dantesca con una citazione di Einstein

Pd I - 88,90

e cominciò: «Tu stesso ti fai grosso
col falso imaginar, sì che non vedi
ciò che vedresti se l'avessi scosso.

*e cominciò a dire: «Tu stesso ti impedisce di
capire pensando cose false, così che non
vedi ciò che invece vedresti se avessi
scacciato questo pregiudizio.*

E' più facile disintegrare un atomo che un pregiudizio

Albert Einstein

Indice

Il lavoro si articola nei seguenti punti:

Cosmologia

Astronomia

Mitologia

Dimensioni dell'Inferno

Matematica

Infinito e Probabilità

Fisica

Cosmologia

Partiamo alla scoperta di Dante, descrivendo quelle che erano le sue conoscenze in campo cosmologico e scientifico e come tali conoscenze si fossero sviluppate nel tempo, fino ad arrivare all' uomo medievale.

Nella sua divina commedia il poeta presenta una struttura cosmologica estremamente dettagliata e specchio della concezione del tempo, in cui l'idea di sfericità era già ampiamente presente.

Egli immagina la terra divisa in due emisferi, quello delle terre emerse, che lui definisce la *gran secca*, e quello delle acque e tra i due percepisce già dodici ore di differenza come testimoniato nel XXXIV canto, in cui viene descritto come, vicino a Lucifero sia mezzanotte, e poi, *in si poc ora*, sulle spiagge del purgatorio, sia già mezzogiorno.

If XXXIV 104-105

e come, in sì poc' ora,
da sera a mane ha fatto il sol tragitto?».

E in che modo, in così poco tempo il sole ha compiuto il suo percorso dalla sera al mattino?».

If XXXIV 118

Qui è da man, quando di là è sera;

Qui è mattino, quando nell'altro è sera

Ma come queste conoscenze si erano evolute prima di arrivare all'uomo medioevale?

Una delle prime ipotesi sulla conformazione della terra ci arriva da Anassimandro, che ipotizza una terra simile ad un cilindro, completamente racchiusa in una sfera, quella del cielo, e solamente una delle due superfici base è abitata.

Da qui è possibile dedurre un concetto fondamentale, che è quello di antipodo, e inoltre nel cilindro viene spontaneo pensare ad un asse e, senza una direzione privilegiata, immaginando l'orientamento dell'asse del cilindro arbitrario, il passaggio dal cilindro alla sfera il passo è breve. Questa è l'idea introdotta da Parmenide nel III sec A.C.

Una volta ipotizzata quella che poteva essere la conformazione terrestre si iniziano a cercare conferme pratiche. Ecco allora che guardando una barca che si avvicina dall'orizzonte ne individuamo prima la vela e poi lo scafo.

Un'altra argomentazione della sfericità della terra è l'osservazione che l'ombra che la terra getta sulla luna nelle eclissi è circolare qualunque sia la posizione relativa della terra, del sole e della luna e questo fa escludere l'ipotesi che la terra possa essere pensata come un disco. A confermare questa ipotesi ci sono addirittura alcune dimostrazioni che Archimede ci propone sfruttando i primi principi dell'idrostatica.

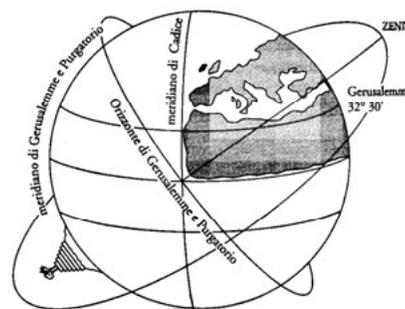
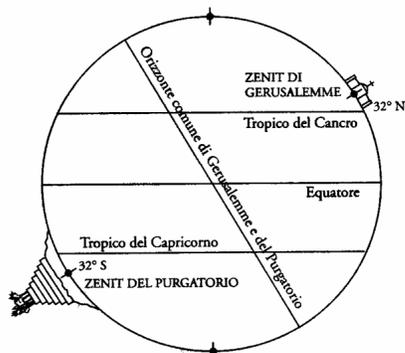
Il concetto di sfericità della terra è comunque rimarcato nei seguenti versi

Pg, IV , 68-71

"...immagina Sion
con questo monte in su la terra stare
si' ch'amendue hanno un solo orizzòn
e diversi emisperi;

*immagina Gerusalemme e questo monte stare sulla
terra, in modo tale che abbiano entrambi un orizzonte
comune ma emisferi opposti;*

Gerusalemme hanno l'orizzonte comune e si trovano in emisferi opposti



Ma il risultato più eclatante ci arriva da Eratostene, bibliotecario di Alessandria, che con un esperimento, semplice, solo in apparenza, misura il raggio terrestre.

La misura che Eratostene fa del raggio terrestre si fonda sul fatto che a latitudini diverse, nella stessa ora del giorno lo stesso oggetto proietta ombre di lunghezza diverse.

Dante conosceva perfettamente questo fenomeno come testimoniato in questi versi

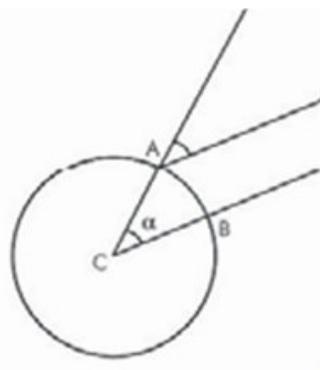
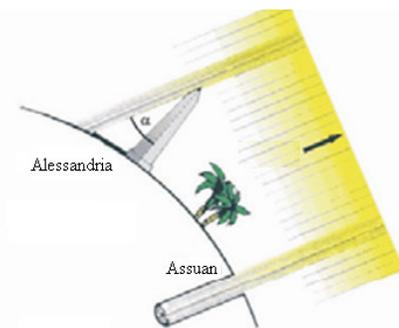
Pg. XXX, 88-90

poi, liquefatta, in sé stessa trapela,
pur che la terra che perde ombra spiri,
sì che par foco fonder la candela;

poi, sciogliendosi, gocciola dalla superficie sugli strati inferiori, quando l'Africa, la terra dove le ombre sono corte, manda il vento, che agisce come il fuoco che scioglie la candela

Il vento caldo che viene da' Africa. "la terra che perde ombra" fa sciogliere il ghiaccio.

Ma torniamo all'esperimento di Eratostene che avviene in questo modo. Egli considera



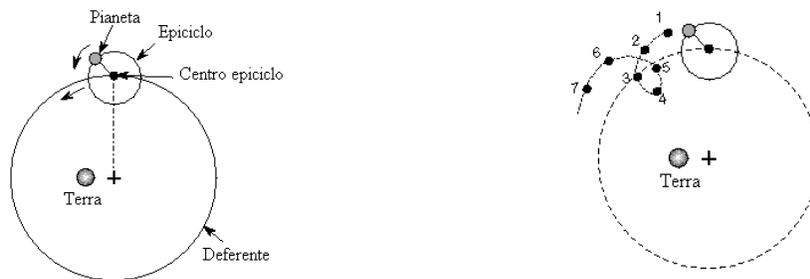
due città Assuan e Alessandria. Nel giorno del solstizio d'estate i raggi del sole, ad Assuan, cadono perpendicolarmente e illuminano il fondo di un pozzo, ad Alessandria un bastone piantato in terra proietta un'ombra con un angolo di 7 gradi con Alessandria. Ora sapendo la distanza tra le due città con una semplice proporzione è possibile risalire al raggio terrestre che viene calcolato da Eratostene con un margine d'error incredibile per quei tempi.

Non ci sono arrivate testimonianza dirette dell'esperimento da Eratostene. Le uniche notizie dell'esperimento ci pervengono da un divulgatore che per descrivere l'esperimento ipotizza che Assuan e Alessandria siano sullo stesso meridiano e che Assuan si trovi sul tropico del cancro.

Oggi sappiamo che queste ipotesi non sono esattamente verificate: non siamo quindi in grado di ricostruire come effettivamente sia avvenuto l'esperimento se non che per misurare la distanza tra le due città si sia servito di alcune mappe topografiche realizzate forse per la tassazione del territorio. (L'ICI è una novità dei giorni nostri? "*Nihil novi sub sole*")

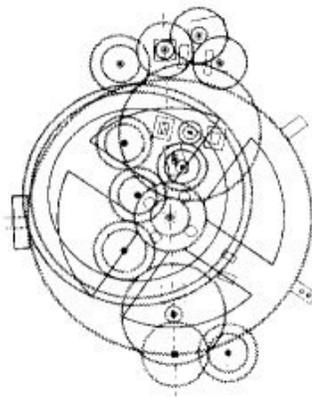
Ma c'è un altro particolare straordinario: Eratostene prende come unità di misura per il raggio terrestre lo stadio: questo è definito in modo che il raggio terrestre risulta essere di 252.000 stadi. Questo numero non è casuale: infatti 2520 è il più piccolo numero divisibile per tutti i numeri naturali da 2 a 10. Questa scelta è stata fatta per facilitare tutti i possibili calcoli che coinvolgono il raggio terrestre.

La genialità degli astronomi antichi viene poi applicata anche per analizzare il moto dei pianeti ne è un esempio il manufatto ritrovato ad Anticitera, un meccanismo dagli



ingranaggi quasi moderni che fungeva anche da calendario perpetuo descrivendo i moti della luna e del sole.

Questa è una ricostruzione ai raggi X che illustra la complessità del manufatto. Bastava girare una manovella per leggere in un quadrante la posizione di sole luna e pianeti allora conosciuti.



Un altro scienziato del tempo, Tolomeo, osservando il moto dei pianeti si accorge che il loro moto è tutt'altro che circolare uniforme e la loro traiettoria presenta degli strani cappi.

Per interpretare questo moto si ipotizzò che il pianeta percorra un'orbita circolare chiamata epiciclo e il centro dell'epiciclo percorra un'altra circonferenza detta deferente.

Perciò riconduce il moto imperfetto dei pianeti alla combinazione di due moti perfetti

Astronomia

Dante era un profondo conoscitore dell'astronomia medioevale e un entusiasta contemplatore delle meraviglie del cielo. La letteratura e l'astronomia potevano essere accostati in epoca medioevale poiché il sapere non era specialistico ma piuttosto enciclopedico.

L'importanza del cielo nel pensiero di Dante è sottolineata dalle parole con cui vengono concluse le tre cantiche

Inferno

e quindi uscimmo a riveder le stelle.

Purgatorio

puro e disposto a salire a le stelle.

Paradiso

l'amor che move il sole e l'altre stelle.

In un'opera del settimo secolo di Isidoro da Siviglia, le Etimologie, si espongono le arti liberali cioè quelle del trivio e del quadrivio: la grammatica, la retorica e la dialettica fanno parte del trivio mentre aritmetica, geometria, musica e astronomia fanno parte del secondo gruppo. I dotti medioevali conoscevano tutti questi aspetti del sapere.

Per Dante l'osservazione del cielo è estremamente importante in tutte le sue manifestazioni quotidiane.

Parla di stelle cadenti:

Pd XV

e pare stella che tramuti loco,
se non che da la parte ond'e' s'accende
nulla sen perde, ed esso dura poco...

*mostra come una stella che stia cambiando posto, ma
nel luogo da cui è partita nessuna stella sparisce, e la
luminosità dura poco;*



di comete

Pd XXIV

Così Beatrice; e quelle anime liete
si fero spere sopra fissi poli,
fiammando, volte, a guisa di comete.

*Così disse Beatrice; e quelle anime beate ruotarono
come corone sui loro poli, fiammeggiando e descrivendo
orbite come le comete.*



descrive l'arcobaleno

Pg XXV 91-93

E come l'aere, quand' è ben piomo,
per l'altrui raggio che 'n sé si riflette,
di diversi color diventa addorno;

*e come l'aria, quando è gonfia di umidità, si adorna di
tutti i colori dell'arcobaleno, per il raggio del sole, che
si riflette in esso,*

In questo caso addirittura lega il fenomeno dell'arcobaleno all'umidità atmosferica. Dunque un momento essenziale per Dante è l'osservazione del cielo nella sua quotidianità. Osserva le costellazioni Orione, Toro, il Carro, i Gemelli, con le due stelle di Castore e Polluce, la costellazione dei Gemelli è importantissima per Dante, è nato sotto questo segno.

Parla anche della Via Lattea che viene citata anche nel Convivio

Pr. XIV, 97-99

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

*Comme la Via Lattea, tutta punteggiata di stelle
diverse, maggiori o minori, si estende tra i due poli del
mondo biancheggiante a tal punto da far dubitare
anche gli uomini più sapienti;*



La fisica Aristotelica confinava la Galassia nello spazio sublunare, in quanto non rientrava nella perfetta simmetria greca. Dante intuisce che la Via Lattea è formata da tante stelle.

Comunque la natura della via Lattea sarà interpretata correttamente solo da Galileo che, puntando il telescopio in quella direzione, si accorse che la via Lattea era un ammasso di stelle.

La Via Lattea appare come una lunga striscia bianca che si snoda fra i due poli celesti. Nell'ambito di questa striscia sono, tuttavia, individuabili numerose stelle, più o meno luminose.

Nel mondo medievale circolavano diverse teorie sulla natura e la formazione della Via Lattea, che Dante raccoglie e discute nel Convivio

Capitolo XIV del Convivio

*Appresso le comparazioni fatte de li sette primi cieli, è da procedere a li altri, che sono tre, come più volte s'è narrato. Dico che lo Cielo stellato si puote comparare a la Fisica per tre proprietadi, e a la Metafisica per altre tre: ch'ello ci mostra di sé due visibili cose, sì come le molte stelle, e sì come la **Galassia**, cioè quello bianco cerchio che lo vulgo chiama la Via di Sa' Iacopo; e mostraci l'uno de li poli, e l'altro tiene ascoso; e mostraci uno suo movimento da oriente ad occidente, e un altro, che fa da occidente ad oriente, qua si ci tiene ascoso. Per che per ordine è da vedere prima la comparazione de la Fisica, e poi quella de la Metafisica.*

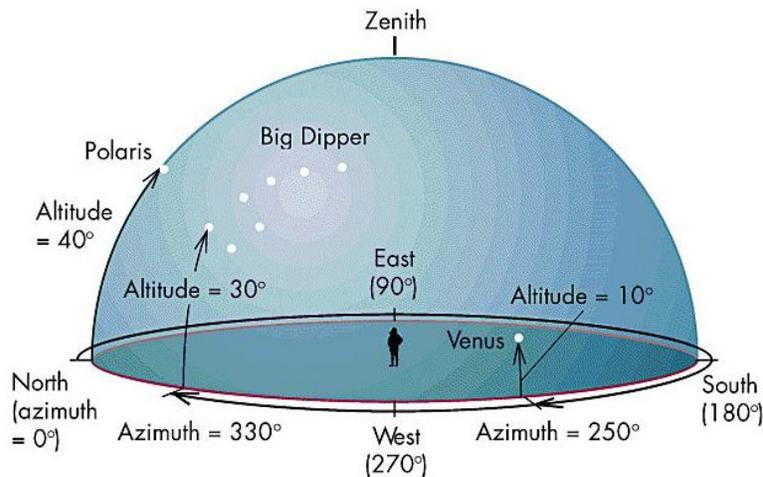
Dante non si limita solamente all'osservazione ma usa correttamente anche coordinate astronomiche come il meridiano locale

Pg., II, 3-4

"...meridian cerchio, che ci sovrasta col suo più alto punto."

Ormai il sole era giunto a toccare l'orizzonte di Gerusalemme (il meridiano di esso cioè sovrasta perpendicolarmente la città).

Il meridiano locale passa per Nord il Sud e lo Zenith il meridiano è graduato come fosse un grosso goniometro posto in cielo



Parla del movimento delle stelle attorno alla stella polare

Pr., XIII , 7-12

"...immagini quel carro a cu' il seno
basta del nostro cielo e notte e giorno,
sì ch'al volger del temo non vien meno;
immagini la bocca di quel corno
che si comincia in punta dello stelo
a cui la prima rota va dintorno,..."

*.. provi un po' a immaginare nella sua mente che
l'Orsa Maggiore a cui basta lo spazio del cielo boreale
sia per il moto diurno sia per il notturno, così che non
tramonta girando attorno alle stelle che formano il suo
timone; provi a immaginare che le due stelle che
formano l'orlo dell'Orsa Minore, che comincia in cima
all'asse terrestre intorno a cui ruota il Primo Mobile,*

Dante qui ci sta parlando di stelle circumpolari, stelle cioè, che nel nostro emisfero non sorgono e non tramontano mai e immagina che tutto ruoti attorno alla stella polare "in punta dello stelo".



Nell'inferno i riferimenti sono pochi non si vedono le stelle, all'inferno non si parla mai del sole.

Nel purgatorio sono più frequenti e servono per scandire il tempo, le albe e i tramonti e il passare delle ore.

Nel paradiso i riferimenti sono tantissimi ed è proprio in questa cantica che emerge con tutta chiarezza la concezione cosmologica dantesca.

Si parla spesso della posizione dei pianeti e della luna qui abbiamo un riferimento alla luna piena che era nel cielo al momento dell'inizio del viaggio fantastico

If. XX, 127-130

e già iernotte fu la luna tonda:
ben ten de' ricordar, ché non ti nocque
alcuna volta per la selva fonda».
Sì mi parlava, e andavamo introcque.

*e già ieri notte la luna è stata piena: e te ne devi certo
ricordare, perché ti fu d'aiuto nella situazione in cui ti
trovavi nella selva oscura». Così mi parlava e nel
frattempo camminavamo.*

Tutti i riferimenti nel Purgatorio servono per capire meglio la geografia dell'epoca medioevale: la gran secca era tutta situata nell'emisfero nord e in alcune mappe dell'epoca

si distinguono i meridiani: quello che passa da Gerusalemme a zero gradi a 45° ovest c'è l'Europa, il limite occidentale sono le colonne d'Ercole il Marocco, Cadice a circa 90° ovest e il limite orientale è il fiume Gange a 90° a Est.

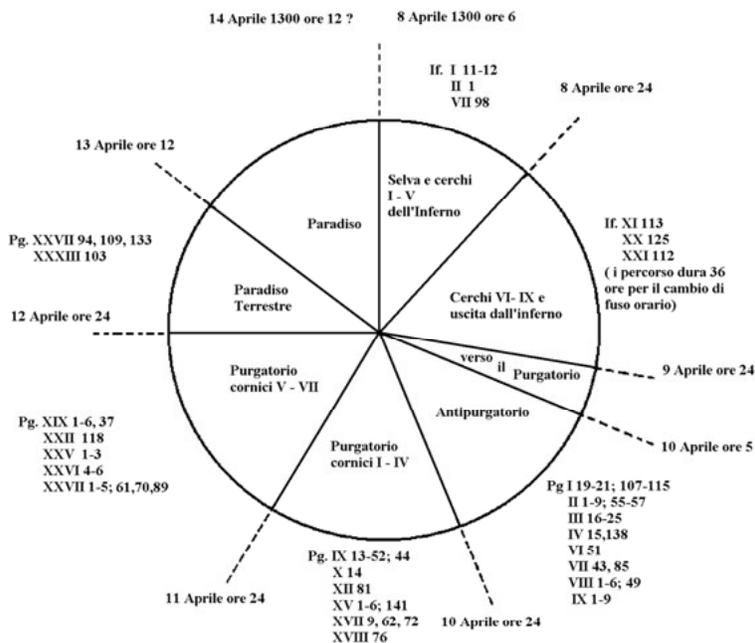
Pg. II, 1-6

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

Ormai il sole era giunto a toccare l'orizzonte di Gerusalemme (il meridiano di esso cioè sovrasta perpendicolarmente la città), e la notte, che ruota attorno alla terra dalla parte opposta rispetto al sole, usciva dal Gange nella costellazione della Bilancia, e quest'ultima cade dalle mani della notte quando essa diventa più lunga del giorno;

Il sole stava tramontando a Gerusalemme e la notte, personificata come una costellazione, che si trova in opposizione al sole, stava uscendo dal Gange in congiunzione con la costellazione della Bilancia e la notte non si troverà più nella costellazione della Bilancia dopo l'equinozio autunnale quando cioè la notte diventa piano piano più lunga del giorno. Qui si fa riferimento all'estremo Est: il Gange, le Indie.

Da dove deriva la cultura astronomica? Dante conosceva l'Almagesto di Tolomeo e le tavole Alfonsine del XIII secolo di re Alfonso X di Castiglia che danno la posizione dei pianeti nel cielo. Il poeta inizia il suo cammino giovedì 7 e termina giovedì 14 aprile del 1300: questa è la datazione più accettata ma se si fa un commento prettamente astronomico della divina commedia dobbiamo datare l'inizio del viaggio il giorno 25 marzo 1301 data in cui corrispondono tutti i riferimenti celesti astronomici citati da Dante.



Il viaggio inizia all'equinozio di primavera.

If., I, 37-4

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

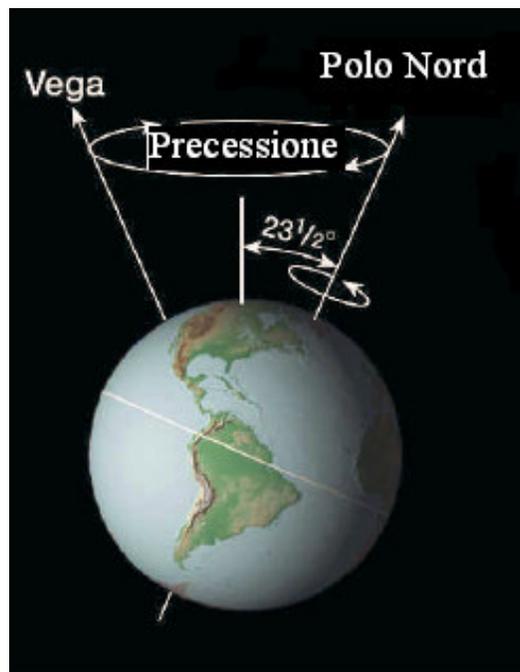
*Era la prima ora del mattino e il sole aveva iniziato la
sua ascesa accompagnato dalla costellazione dell'Ariete,
che era con lui quando Dio, sommo amore, aveva per la
prima volta fatto ruotare quei corpi celesti;*

Siamo all'inizio del viaggio ed era l'inizio del mattino ecc. era convinzione medioevale che la creazione del mondo sia avvenuta in primavera durante l'equinozio. Nel disegno precedente vengono riportati tutti i riferimenti della commedia utili alla datazione del viaggio.

Solamente all'uscita dall'Inferno Dante e Virgilio rivedono il cielo e nel primo canto del purgatorio tornano a riveder le stelle.

Prima di continuare nella lettura di Dante diamo alcuni cenni sul fenomeno celeste della precessione.

La scoperta della precessione è attribuita a Ipparco di Nicea (ca. 190 a.C. -ca. 120 a.C.), astronomo greco. Il moto di precessione consiste nella rotazione dell'asse terrestre attorno una retta inclinata di circa 23° rispetto all'asse terrestre, questo moto è dovuto all'azione gravitazionale del Sole sul rigonfiamento equatoriale della Terra ed al fatto che questo non giace sull'eclittica. Il periodo è di circa 23000 anni.



Il moto di precessione ha due effetti: alcune stelle possono essere visibili ora ma non esserlo stato sempre in passato e viceversa. Inoltre ora il prolungamento dell'asse terrestre indica la Stella polare, il polo Nord; fra 12.000 anni, la stella più luminosa della costellazione Vega sarà il nuovo Polo Nord Celeste a causa della precessione.

Dante mostra di conoscere tutti i movimenti delle stelle anche quello di precessione degli equinozi e in questi versi sembra esserci un preciso riferimento a questo moto

Pg I, 19-24

Lo bel pianeta che d'amar conforta
faceva tutto rider l'oriente,
velando i Pesci ch'erano in sua scorta.
I' mi volsi a man destra, e puosi mente
a l'altro polo, e vidi quattro stelle
non viste mai fuor ch'a la prima gente.

Venere, il bel pianeta che fa nascere l'amore, faceva brillare la parte orientale del cielo nascondendo con la sua luce la costellazione dei Pesci, che era al suo seguito. Io mi girai sulla destra e rivolsi la mia attenzione al cielo del polo antartico, e allora vidi quattro stelle non viste mai da nessuno tranne che dai primi uomini.

Lo bel pianeta è Venere e si trovava a Est nella costellazione dei Pesci che sembravano la guida di questo pianeta.

Queste stelle "non viste mai fuor ch'a la prima gente" sono da intendersi in chiave metaforica: esse rappresentano le virtù cardinali prudenza giustizia forza e temperanza poi nella valletta dei principi altre tre stelle rappresentano le virtù teologali fede speranza e carità.

Ma gli astronomi vedono in questi versi un chiaro riferimento alla precessione degli equinozi perché le stelle rappresenterebbero la costellazione della Croce del Sud, costellazione che si vede nell'emisfero australe. Per effetto del moto di precessione questa costellazione potrebbe essere stata visibile anche dal nostro emisfero al tempo della creazione del mondo.

Le stelle di questa costellazione comunque erano già state catalogate da Tolomeo, la loro posizione era nota ai navigatori fenici.

Un'altro possibile riferimento alla precessione si trova in questi versi

Pg. XI, 103-108

Che voce avrai tu più, se vecchia scindi
da te la carne, che se fossi morto
anzi che tu lasciassi il 'pappo' e 'l 'dindi',
pria che passin mill' anni? ch'è più corto
spazio a l'eterno, ch'un muover di ciglia
al cerchio che più tardi in cielo è torto.

Quale fama maggiore potrai tu avere, in capo a mille anni, se morendo abbandoni il tuo corpo ormai vecchio, di quella che avresti se fossi morto ancora bambino, prima di lasciare la 'pappa' e i 'dindin'? E questo in relazione all'eternità è un periodo più breve che un battito di ciglia rispetto al cielo delle stelle fisse che si muove più lentamente di tutte le altre sfere celesti.

Mille anni rispetto all'eternità sono come un battito di ciglia rispetto al moto celeste più lento.

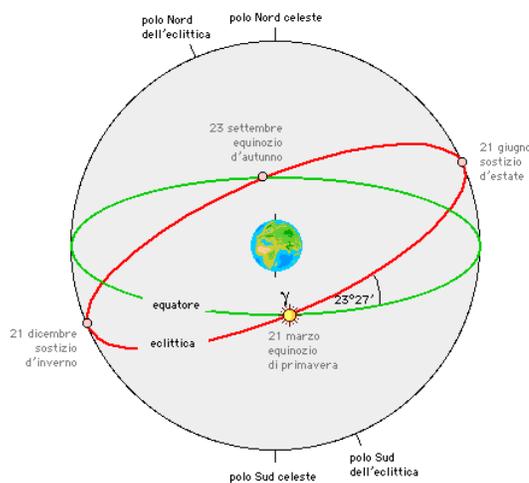
Dunque il riferimento fatto in precedenza alla precessione degli equinozi (rivoluzione dell'asse terrestre che si completa in 23000 anni) sembra trovare conferma nel passo appena citato dove si dice che il movimento delle stelle fisse è più lento di tutti gli altri movimenti celesti.

Vengono trattati anche aspetti dell'astronomia del tempo molto complicati. Ad esempio.
Pr., X, 7-9

"Leva dunque, lettore, a l'alte rote
meco la vista, dritto a quella parte
dove l'un moto e l'altro si percuote;..."

*Alza dunque, lettore, verso i cieli rotanti gli occhi
assieme a me, proprio in quel punto del cielo dove si
incontrano i due movimenti rotatori dei corpi celesti;*

Siamo invitati da Dante ad alzare lo sguardo proprio in quella parte "dove l'un moto e l'altro si percuote". I due moti sono quelli apparenti del sole: quello annuale che si svolge sull'eclittica e quello giornaliero che si svolge sull'orizzonte. Il poeta ci parla di un punto del cielo molto importante il punto equinoziale o punto gamma Υ



Il punto gamma è uno dei due punti di intersezione di due cerchi l'eclittica e l'equatore celeste. L'eclittica dal punto di vista astronomico deve essere considerata la proiezione nel cielo dell'orbita terrestre, mentre l'equatore è la proiezione in cielo del nostro equatore. Questi due cerchi sono inclinati fra loro di circa 23°

Eclittica e l'equatore dunque si incontrano in due punti: punto gamma rappresentato dalla posizione del sole nell'equinozio primaverile e punto omega 23 settembre che corrisponde all'equinozio autunnale

Ma Dante non si ferma qui e continua

Pr., X, 14-21

"...l'oblico cerchio che i pianeti porta,
...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 meno lontano
fosse il partire, assai sarebbe manco
e giù e sù de l'ordine mondano."

*Vedi che da quel punto diverge lo zodiaco, la fascia
circolare inclinata su cui si muovono i pianeti per
soddisfare le esigenze della terra che ha bisogno di loro.
Perché, se lo zodiaco non fosse inclinato molti influssi
celesti sarebbero privi di effetti e quasi tutte le
potenzialità terrene non potrebbero realizzarsi, e se il
grado di inclinazione dell'eclittica rispetto al cerchio
dell'equatore fosse maggiore o minore sia nell'emisfero
sud sia in quello nord mancherebbe molto all'ordine
terrestre.*

Qui ci parla dello zodiaco: *"l'obliquo cerchio che i pianeti porta"*: infatti i pianeti come anche il sole la luna li dobbiamo sempre cercare in una delle dodici costellazioni dello zodiaco e ci dice che l'inclinazione di cui abbiamo detto è molto importante: se non ci fosse non potremmo avere le stagioni e l'ordine mondano sarebbe sconvolto

Commentiamo ora un passo che ha dato molto filo da torcere ai commentatori della commedia:

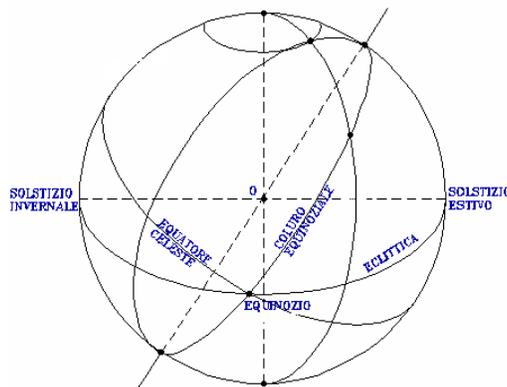
Pr., I , 37-42

"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."

Il sole, che illumina l'universo, sorge per gli uomini da diverse parti dell'orizzonte; ma quando nasce esattamente a est, da quel punto che unisce quattro cerchi a formare tre croci, sorge unito con la migliore stagione dell'anno e con la costellazione più favorevole per rendere come cera molle la materia del mondo agli intendimenti della volontà divina che vi imprime l'impronta.

Il sole sorge esattamente a est solo durante l'equinozio di primavera e autunno durante i giorni dell'anno il punto del sorgere del sole è spostato verso sud (in autunno e in inverno) o verso nord nelle altre stagioni. Fra tutti i punti dell'orizzonte da cui può sorgere il sole uno è certamente il privilegiato. Quel punto in cui quattro cerchi si uniscono a formare tre croci il sole sorge con miglior corso (*migliore stagione: la primavera*) e con miglior stella esce congiunta con la (*costellazione dell'ariete*) Questa punto è il punto equinoziale.

Cerchiamo di capire: i quattro cerchi sono eclittica, orizzonte, meridiano celeste, coluro equinoziale equinoziale cerchio che unisce il punto cardinale est il punto cardinale ovest e il nord. Il sole all'equinozio di primavera sorge dal punto individuato dal questi quattro cerchi. Le tre croci non sono ad angolo retto.



E' interessante vedere come Dante descrive il moto dei pianeti. Per la luna e il sole è semplice sorgono a oriente e tramontano ad occidente lungo il piano dell'equatore, ma per i pianeti abbiamo anche un altro movimento annuale che li fa spostare da oriente a

occidente attraverso le costellazioni dello zodiaco. Per effetto della combinazione di questi due moti i pianeti si muovono non con un movimento regolare ma formano dei cippi (il movimento retrogrado)

Questo movimento veniva spiegato col sistema di epicicli e deferente da Tolomeo nel suo *Almagesto*. L'epiciclo, è un cerchio piccolino che porta il pianeta e il centro dell'epiciclo ruota su un altro cerchio il deferente il quale ha come centro la terra.

Pr., VIII , 1-3

"Solea creder lo mondo in suo periclo
che la bella Ciprigna il folle amore
raggiasse, volta nel terzo epiciclo;..."

*Il mondo era solito credere, correndo gravi rischi, che
Venere, bella dea di Cipro, irradiasse sulla terra l'amore
folle ruotando nell'epiciclo del terzo cielo;*

Il moto di Venere è l'unico riferimento agli epicicli nella commedia.

Ritorniamo al passo che avevamo in parte commentato (la parte in grigio) in riferimento alla sfericità della terra. Quel passo continua e dice:

Pg., IV , 68-74

"...immagina Sion
con questo monte in su la terra stare
si' ch'amendue hanno un solo orizzòn
e diversi emisperi; onde la strada
che mal non seppe carreggiar Fetòn,
vedrai come a costui convien che vada
da l'un, quando a colui da l'altro fianco;..."

*immagina Gerusalemme e questo monte stare sulla
terra, in modo tale che abbiano entrambi un orizzonte
comune ma emisferi opposti; per cui comprenderai che
è necessario che l'orbita del sole (la via che Fetonte per
disgrazia sua e degli uomini non seppe percorrere)
debba scorrere a nord del purgatorio, quindi a sinistra,
e che scorra a sud di Gerusalemme, quindi a destra,.*

Virgilio si rese ben conto che io me ne stavo tutto stupito a guardare il sol

Il carro del sole era uscito dal suo percorso il cielo si è bruciato formando la via lattea ma è interessante osservare la precisazione di Dante:

che vada / da l'un, quando a colui da l'altro fianco,

quando si osserva il moto del sole dall'emisfero boreale ci si accorge che: sorge a Est culmina a Sud e tramonta a Ovest e per osservare il suo moto mettiamo le spalle a Nord e rivolgiamo lo sguardo a Sud. Nell'emisfero australe capita l'opposto il sole sorge sempre a Est e tramonta sempre a Ovest ma per osservare il percorso del sole bisogna mettersi con le spalle verso Sud e guardare a Nord

Continuiamo la lettura e in questi ultimi due passi ci sembra che Dante voglia veramente strafare:

Nel cielo di Marte incontra un suo avo Cacciaguida il quale per dire il suo anno di nascita il 1091 utilizza una perifrasi astronomica

Pd., XVI, 34-39

" 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 fiate venne questo foco
a infiammarsi sotto la sua pianta.

*«Dal giorno dell'Annunciazione al momento del parto
con il quale mia madre, che è già in paradiso, mi fece
nascere, il pianeta Marte caldo di fuoco tornò
cinquecento ottanta volte a scaldarsi sotto la zampa
della costellazione del Leone.*

Per specificare la data della sua nascita Cacciaguida dice che dal giorno dell'annunciazione al giorno del parto con cui sua madre lo diede alla vita, il pianeta Marte "questo foco" si è trovato in congiunzione con il Leone 580 volte "al suo Leon cinquecento cinquanta e trenta fiata venne". Ma come si risale da questo al 1091? Anno di nascita di Cacciaguida. 580 va moltiplicato per 687 che è il periodo siderale di Marte, cioè il periodo che il pianeta impiega a tornare nella stessa posizione in cielo, e lo si divide per i giorni dell'anno e si ottiene la data di nascita di Cacciaguida.

$$\frac{580 \cdot 687}{365} = 1091$$

Analizziamo per ultimo il canto IX del purgatorio i primi 12 versi

Pg IX, 1-12

La concubina di Titone antico
già s'imbiancava al balco d'oriente,
fuor de le braccia del suo dolce amico;
di gemme la sua fronte era lucente,
poste in figura del freddo animale
che con la coda percuote la gente;
e la notte, de' passi con che sale,
fatti avea due nel loco ov' eravamo,
e 'l terzo già chinava in giuso l'ale;
quand' io, che meco avea di quel d'Adamo,
vinto dal sonno, in su l'erba inchinai
là 've già tutti e cinque sedavamo.

Aurora, sposa del vecchissimo Titone, già si imbiancava con il belletto affacciandosi al balcone dell'oriente, appena uscita dalle braccia dell'amato; la sua fronte brillava ingemmata dalle stelle disposte a formare l'immagine dello Scorpione, bestia fredda, che trafigge gli uomini con la coda; mentre lì, nel purgatorio, dove noi eravamo, la notte aveva percorso due passi del suo cammino partendo dall'inizio e anzi stava completando il terzo, allorché io, che mi portavo appresso il corpo, eredità di Adamo, vinto dal sonno, mi distesi sull'erba là dove tutti e cinque ci eravamo messi a sedere.

Secondo tutti i commentatori moderni qui Dante vorrebbe descrivere un'aurora in Italia, mentre in Purgatorio erano trascorse quasi tre ore di notte. Un esperto di astronomia, in accordo con i più antichi esegeti dell'opera, chiarirebbe che Dante inequivocabilmente descrive non un'alba solare ma un'alba lunare.

Leggiamo in maniera critica questi versi.

Si nota subito che Dante parli di "concupina" e non di sposa di Titone: certamente la differenza fra le due figure non è da poco!

E a conferma di ciò al verso 3 chiama Titone "amico" e non marito. Siamo dunque nella clandestinità di un amore. Titone, sposo di Eos, l'aurora solare "dalle dita di rosa" come la chiamavano i lirici greci, la tradiva con l'altra aurora, quella lunare, quella notturna, quando Eos, ancora da venire, non poteva vederlo! Dunque Titone ebbe due aurore: come sposa quella solare, come concubina quella lunare. Gli incontri con quest'ultima dovevano avvenire "lontano dalla moglie", come conviene ad ogni fedifrago che si rispetti, quindi erano nel cuore della notte, quando la luna è nella settimana del plenilunio e sorge lontano dall'alba.

Ma queste affermazioni come sono suffragate dai versi di Dante?

Dal quarto al sesto dice che la sua fronte era coperta di gemme che formavano la figura del freddo animale che colpisce la gente con la coda. Si parla chiaramente dello Scorpione, le cui stelle sono molto luminose

Il riferimento al velenoso pungiglione dello Scorpione è fin troppo chiaro. Solo l'aurora lunare avrebbe potuto affacciarsi all'orizzonte orientale con la fronte cinta dalle gemme dello Scorpione.

Inoltre il riferimento delle quasi tre ore di notte è perfetto:

e la notte, de' passi con che sale, / fatti avea due nel loco ov' eravamo, / e 'l terzo già chinava in giuso l'ale

quando Dante si smarrì nella "selva oscura" era luna piena, poi attraversò l'Inferno in un giorno, quindi era in Purgatorio da un giorno: la luna che sorgeva era posteriore di tre giorni al plenilunio, sorgendo dunque, rispetto all'inizio della notte (tramonto del sole) con un ritardo di circa 156 minuti, pari a quasi tre ore, per l'esattezza 2 ore e 36 minuti! Inoltre al plenilunio la Luna era nella Bilancia, segno opposto all'Ariete dove era il Sole; tre sere dopo la Luna, che in media percorre $13^{\circ},33$ al giorno da Ovest verso Est, si era spostata di circa 40° ; poiché ogni segno zodiacale occupa 30° sulla eclittica, da metà Bilancia verso Est abbiamo: prima notte: $13^{\circ},33$ su 15° restanti di Bilancia: la Luna è ancora in questo segno; seconda notte: $26^{\circ},66$: siamo nella parte iniziale dello Scorpione; terza notte: $39^{\circ},99$: siamo verso la fine dello Scorpione: ma l'aurora precede il sorgere della Luna e dunque è proprio nel bel mezzo della figura di questo segno. La precisione del poeta è fantastica!

MITOLOGIA

Oltre ad elementi scientifici, nel paradiso di Dante, sono presenti anche numerosi riferimenti alla mitologia che è opportuno prendere in considerazione.

Analizziamo quindi le maggiori costellazioni citate.

Ariete

Il grafo del segno dell'ariete è principalmente caratterizzato da 3 elementi:

l'immagine di corna caprine che riportano all'icona del montone; un germoglio che spunta che riconduce alla primavera; la lettera gamma che definisce l'equinozio di primavera.

L'Ariete dal Vello d'oro è il risultato dell'unione tra Poseidone nelle spoglie di un montone ed una fanciulla trasformata in pecora.

La mitologia greca racconta che dopo esser stato sacrificato a Zeus, l'Ariete viene trasformato nella costellazione mentre il Vello, consacrato ad Ares, rimarrà nell'isola Colchide finché non sarà conquistato dagli Argonauti.

Bilancia

La leggenda della Bilancia riporta ad una storia molto triste.

Dionisio, venuto a portare il dono del vino agli uomini, ne lascia al Re Icaro un otre. Icaro condivide il dono con i suoi pastori che ne equivocano le proprietà inebrianti e credendosi avvelenati uccidono il Re.

Il cadavere viene ritrovato da sua figlia Erigone che chiede vendetta a Dionisio, e s'impicca.

Dionisio sconvolge la mente di tutte le fanciulle Ateniesi che a loro volta una ad una si suicidano.

La strage avrà termine, come consigliò l'oracolo di Delfi, quando gli assassini di Icaro saranno puniti.

Cancro

La costellazione del Cancro occupa uno spazio di cielo minimo e le sue stelle non sono neanche particolarmente brillanti.

La mitologia racconta che il Cancro fu il granchio che attanagliò il tallone di Ercole in aiuto dell'Idra.

Per l'eroe non fu difficile schiacciarlo ma Giunone, riconoscente, pose il crostaceo tra le costellazioni.

Gemelli

Graficamente la costellazione dei Gemelli è rappresentata da un glifo che ricorda il numero due in cifre romane.

I Romani con questo simbolo indicavano i Dioscuri Polluce e Castore figli di Leda, nati da un uovo.

Castore, dominatore di cavalli ma mortale, Polluce lottatore immortale.

Alla morte di Castore, Polluce chiede di condividere il destino mortale del fratello, così Zeus impietosito concede ai due un giorno in cielo e uno sottoterra e pone il loro simbolo come costellazione.

Leone

Le origini mitologiche del Leone risalgono ad una delle ultime fatiche d'Ercole.

Il Leone, belva in vulnerabile, viene sconfitto solo dall'eroe previa strategia.

Zeus, in memoria dell'impresa del figlio, pone il Leone tra le costellazioni.

Scorpione

Quella dello Scorpione è una costellazione molto vasta nota sin dal tempo dei babilonesi.

La leggenda racconta che lo Scorpione, con il suo veleno, uccise il gigante Orione che voleva possedere Artemide.

La Dea, grata, pone lo Scorpione come costellazione e in memoria dell'evento anche Orione.

Toro

Il Toro è la costellazione posta in cielo da Zeus in memoria del suo giovane amore con Europa con la quale generò Minasse, Sarpedone e Radamente.

Orsa maggiore

In seguito alla seduzione di Zeus nei confronti della Ninfa Callisto, Giunone colta da gelosia, trasforma la Ninfa in un'orsa.

Giove, impietosito la trasforma nella costellazione dell'Orsa Maggiore

Galassia

La Galassia è una cicatrice evidente nella Via Lattea causata dall'inesperienza di Fetente nel guidare il Carro del Sole.

Fetente, figlio di Apollo e Climene, per dimostrare ad Epafo la sua discendenza divina acquista il permesso del padre per guidare il Carro del Sole, ma portandolo fuori dal consueto cammino rischia di incendiare la terra provocando una ferita nella Via Lattea.

Struttura e dimensioni dell'Inferno

Cercheremo ora in questa parte di capire come è fatto l'inferno e di calcolarne le dimensioni, e dal momento che nessuno è mai andato e ritornato dall'Inferno, come si evince dalle stesse parole di Dante,

Uscite di speranza voi ch'entrate

e come anche Virgilio aveva riportato nell'Eneide

Eneide libro VI, 126

... facilis descensus Avemo;
... .. ;
sed revocare gradum superasque evadere ad auras,
hoc opus, hic labor est.

Facile il discender all'Inferno,
Ma 'l piè ritrarne, e fuor dell'aura morta
Il poter ritornare all'aura pura,
Questo, quest'è impres'alta, impresa dura:

L'unico modo per capire le dimensioni dell'inferno è dunque riflettere sulle rime dantesche.

Il discorso verterà su due lezioni sull'argomento "La figura, sito, e grandezza dell'Inferno di Dante Alighieri" tenute da Galileo Galilei alla dotta e nobile accademia fiorentina.

Le lezioni di Galileo sono state pubblicate da Le Monnier, 1970 "Galileo Galilei, Scritti Letterari" a cura di Alberto Chiari

Prima di Galileo altri personaggi illustri si posero tale problema, citiamo fra gli altri Antonio Manetti e Alessandro Vellutello.

Galileo in queste due lezioni si propone di determinare il sito e la dimensione dell'inferno e ha seguito nel suo ragionamento i seguenti punti:

1. considerare la forma dell'inferno sia in assoluto quanto *in comparazione di tutta la terra*
2. vediamo dove è posto, *ciò è sotto la superficie della terra*
3. in quanti gradi differenti tra loro per *maggio o minor distanza dal centro* del mondo, e quali di essi siano semplici e quali composti di più cerchi o gironi.

I gradi sono distinti tra loro per la maggior o minore vicinanza dal centro, questo non sempre avviene nei cerchi, visto che nel quinto grado trovano posto 2 cerchi e che il settimo cerchio, tormento dei violenti è diviso in gironi.

4. misurare gli intervalli che tra un grado è l'altro si trovano
5. misurare le larghezze per traverso di ciascun grado, cerchio o girone

Questo lavoro si prefigge di determinare soprattutto la distanza che separa il cerchio dei violenti da Malebolgie: cioè la profondità del burrato di Gerione e la distanza tra Malebolgie e le ghiaccie che si identifica con il pozzo dei giganti

L'inferno è un cono scavato all'interno della terra, col vertice al centro e con la base sulla superficie, quindi questa base è arrotondata, come una volta e al suo centro si trova Gerusalemme.

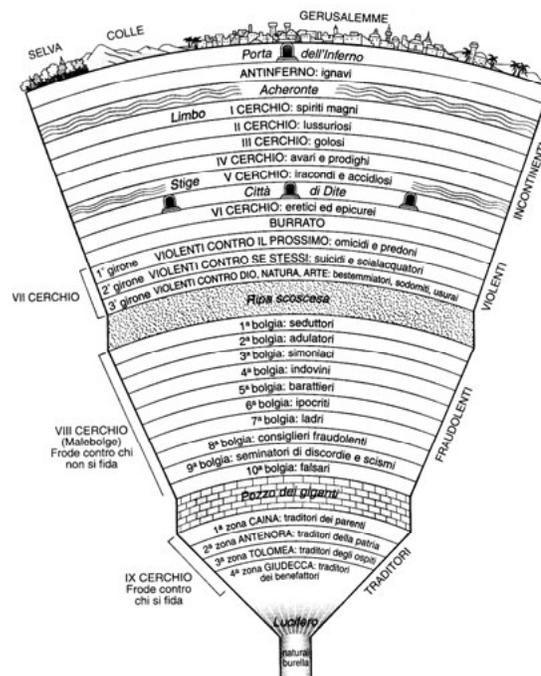
Struttura e dimensioni dell'Inferno

Per il primo punto Galileo ricava, da considerazioni tratte dal libro di Archimede della Sfera e del cilindro, che l'intero vano dell'Inferno occupa un po' meno 1/14 di tutta il volume della terra.

La volta che racchiude l'inferno vale l'ottava parte del raggio terrestre.

L'inferno, dunque, ha la forma di un grosso cono con il vertice al centro della terra e l'ingresso è secondo il Manetti tra Cuma e Napoli vista la vicinanza di luoghi come lago Averno, Monte Drago, Acheronte, Lipari Mongibello e altri simili luoghi che per fenomeni orribili sembrano luoghi infernali.

La caverna è distribuita in 9 cerchi differenti tra loro per diametro e lontananza dal centro. Così da assomigliare ad un grosso anfiteatro, qui però invece di una piazza abbiamo un punto.

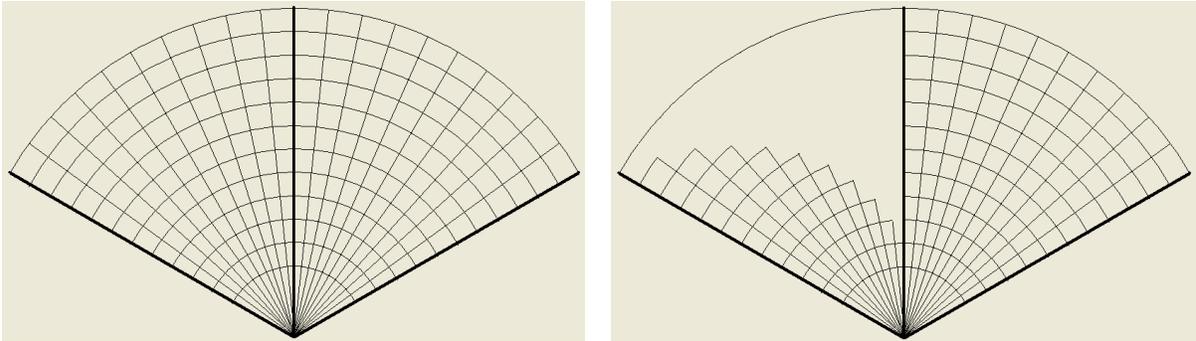


L'anfiteatro è diviso in 9 cerchi

1. il limbo (i grandi dell'antichità)
2. lussuriosi
3. golosi
4. prodighi e avari,
5. iracondi e gli accidiosi (Palude Stigia)
6. eretici (Città di Dite)
7. diviso in tre gironi violenti contro il prossimo (fiume di sangue); violenti contro se stessi (bosco di sterpi), violenti contro natura, arte, Dio (deserto di sabbia) questi tre gironi sono sullo stesso livello e quindi alla stessa vicinanza dal centro della terra
8. peccatori che usarono la malizia in modo fraudolento (questo cerchio è diviso in dieci bolgie)
9. traditori in quattro zone sfere concentriche. Al centro c'è Lucifero.

Struttura e dimensioni dell'Inferno

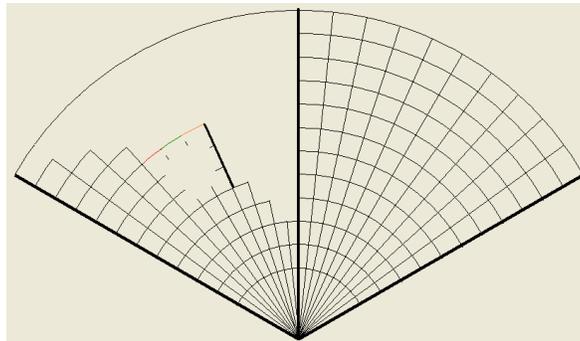
La cosa più semplice è immaginarsi l'inferno diviso nei vari cerchi in maniera uguale sia per quello che riguarda la distanza che per quello che riguarda l'apertura angolare.



Nel disegno di destra vengono rappresentati in alto la superficie terrestre e scendendo di gradino in gradino i vari cerchi dell'inferno. In questa rappresentazione i vari cerchi distano tra loro tutti della stessa quantità.

Così i gradini che Dante deve scendere sarebbero tutti uguali

Ma se un cerchio fosse più largo degli altri anche la distanza che lo separa dal successivo cambierebbe...



Se un cerchio fosse più largo degli altri, per esempio fosse diviso in più gironi, la distanza che lo separa dal successivo sarebbe maggiore. Infatti in tutti i disegni dell'Inferno notiamo una notevole asimmetria tra le distanze tra i vari cerchi: Dante è costretto a superare queste distanze ricorrendo la prima volta al mostro volante Gerione che gli fa superare la ripa scoscesa e il pozzo dei giganti è superato grazie all'ascensore rappresentato dal gigante Anteo.

Ma perché ipotizziamo che un cerchio sia più grande degli altri? Il settimo cerchio è diviso in tre gironi è detto esplicitamente da Dante

Struttura e dimensioni dell'Inferno

If XIII, 16-18

E 'l buon maestro «Prima che più entre,
sappi che se' nel secondo girone»,
mi cominciò a dire, «e sarai mentre
che tu verrai ne l'orribil sabbione

*E il saggio maestro: «Prima che tu prosegua ancora –
cominciò a dirmi – sappi che sei nel secondo girone e
continuerai ad esservi finché giungerai al tremendo
deserto di sabbia.*

È possibile ora ricavare la profondità della ripa scoscesa dai versi di Dante?

La nona e penultima bolgia ha circonferenza di 22 miglia.

If XXIX 7-9

Tu non hai fatto sì a l'altre bolge;
pensa, se tu annoverar le credi,
che miglia ventidue la valle volge.

*Tu non ti sei comportato così nelle altre bolge; se tu
credi di poter contare le anime, pensa che la bolgia ha
una circonferenza di ventidue miglia.*

e, per conseguenza, viene ad aver di diametro miglia 7.

Inoltre la decima e ultima bolgia ha circonferenza 11 miglia come si vede nel passo seguente, dove dice:

If XXX,82 -87

con tutto ch'ella volge undici miglia,
e men d'un mezzo di traverso non ci ha.

*e sì che la bolgia ha una circonferenza di undici miglia
e non ha mai una larghezza minore di mezzo miglio.*

avendo, per conseguenza, di diametro miglia $3\frac{1}{2}$; inoltre la larghezza decima bolgia è $\frac{1}{2}$ miglia (*men d'un mezzo di traverso non ci ha*) e supponendo questa larghezza comune a tutte le altre, la prima, la maggiore di tutte le bolgie, viene ad aver di diametro 35 miglia.

E se tanto è lì di diametro l'Inferno, facendo il conto troveremo, dovere esser distante tal luogo dal centro miglia $81\frac{3}{22}$.

Sapendo il diametro e la larghezza dell'inferno in due punti distinti possiamo trovare con semplici proporzioni tutte le altre dimensioni.

Anche per la dimensione delle ghiacce Caina, Antenora, Tolomea e Giudecca abbiamo delle indicazioni precise.

Inf XXXIV 28-33

Lo 'mperador del doloroso regno
da mezzo 'l petto usciva fuor de la ghiaccia;
e più con un gigante io mi convegno,
che i giganti non fan con le sue braccia:
vedi oggimai quan' esser dee quel tutto
ch'a così fatta parte si confaccia.

*L'imperatore del regno del dolore usciva dal lago
ghiacciato con la metà superiore del petto; e le sue
proporzioni sono più simili a quelle di un gigante di
quanto i giganti non lo siano alle dimensioni di un suo
braccio: ormai puoi capire da solo quanto deve essere
grande quel corpo intero che è proporzionato a una
simile parte.*

Matematica

Inf XXXIV 76-81

Quando noi fummo là dove la coscia
si volge, a punto in sul grosso de l'anche,
lo duca, con fatica e con angoscia,
volse la testa ov' elli avea le zanche,
e aggrappossi al pel com' om che sale,
sì che 'n inferno i' credea tomar anche.

*Quando noi fummo arrivati là dove la coscia si articola
con il bacino, esattamente dove l'anca si allarga,
Virgilio, con fatica e con il respiro affannato, girò la
testa dove Lucifero aveva le gambe e si aggrappò al
pelo, come chi va in salita, così che io credevo di tornare
di nuovo nell'inferno.*

Da questi versi ricaviamo due informazioni molto importanti:

Lucifero è immerso nella ghiaccia fino al petto (*da mezzo 'l petto uscia fuor de la ghiaccia*)

Il rapporto tra le dimensioni di Lucifero e il braccio di un gigante equivale al rapporto tra la statura di Dante e quella del gigante (*e più con un gigante io mi convegno, / che i giganti non fan con le sue braccia*).

Nei versi 76-81 Dante ci fa sapere che l'ombelico di Lucifero è situato esattamente al centro della terra (... *a punto in sul grosso de l'anche*).

Ora, ci resta da determinare la dimensione di Lucifero e quindi la distanza tra l'ombelico e metà del petto sapendo in questo modo la dimensione della ghiaccia minore.

Anche per questa dimensione Dante ci fornisce un indizio prezioso. Parlando di Nembrot primo dei giganti che lui trova nel pozzo afferma che:

Inf XXXI,58-61

La faccia sua mi pareva lunga e grossa
come la pina di San Pietro a Roma,
e a sua proporzione eran l'altre ossa;

*La sua faccia mi sembrava lunga e grossa come la pina
in bronzo di San Pietro a Roma, e in proporzione ad
essa erano le altre membra.*



Galielo ricorda che il Durero nel suo libro "Misura Umana" riporta tutte le dimensioni e proporzioni tra le varie parti del corpo umano ben proporzionato per cui possiamo risalire dalle dimensioni della, pina a quella del gigante e per ultimo a quella di Lucifero da cui la dimensione della ghiaccia più interna.

E' vero che l'Inferno è una invenzione dantesca, ma è stato presentato in modo che tutte le misure siano almeno plausibili .

Una ultima riflessione Dante conosceva il moto di precessione ed è forse un caso che l'apertura del cono dell'inferno coincida con l'angolo del cono formato dall'asse terrestre nel suo moto di precessione?

Matematica

In questa parte si approfondisce il rapporto fra Dante e le scienze matematiche.

Il poeta, in particolare nella Divina Commedia, si dimostra attento conoscitore di nozioni di logica e matematica applicata come la riflessione della luce, ha intuizioni che sembrano anticipare la legge di gravitazione universale e il principio di induzione; si interessa inoltre di geometria euclidea e problemi antichissimi come la quadratura del cerchio.

Per quanto riguarda la logica in passi come :

Pd. VI, 20-21

vegg'io or chiaro sì come tu vedi
ogni contraddizione e falsa e vera.

*lo vedo ora con la medesima chiarezza con cui tu vedi
che in ogni giudizio contraddittorio un termine è vero e
l'altro falso.*

Dante cita espressamente principi, come il principio di non contraddizione e del terzo escluso, che costituiscono i fondamenti su cui si basano i ragionamenti matematici in logica binaria. Il principio del terzo escluso nega l'esistenza di un terzo valore di verità oltre al vero e al falso ed è stato spesso messo in discussione dai matematici; negandolo si sviluppano logiche polivalenti come la logica fuzzy, che stabilisce l'attribuzione ad ogni proposizione di un valore di verità numerico compreso fra 0 e 1.

Il principio di non contraddizione afferma che una proposizione e la sua contraria hanno valori di verità diversi.

Un esempio di applicazione di questi principi è in questo passo:

If. XXVII, 118-120

Ch'assolver non si può chi non si pente,
né pentere e volere insieme puossi,
per la contraddizion che no'l consente

*non si può dare l'assoluzione a chi non si pente e non si
può contemporaneamente fare il peccato e pentirsene:
vi è una contraddizione che non lo ammette'*

Guido da Montefeltro aiuta il papa Bonifacio VIII ad espugnare una città con la frode: commette il peccato con la sicurezza dell'assoluzione di Bonifacio VIII, mandante del suo crimine. Alla morte di Guido, San Francesco vorrebbe condurlo con sé in paradiso, ma un nero cherubino lo trascina all'Inferno accusandolo di aver dato il consiglio fraudolento. Applicando il principio di non contraddizione, infatti, non è ammissibile macchiarsi di un peccato e pentirsene contemporaneamente: l'assoluzione del papa è dunque fasulla e Guido da Montefeltro non può far altro che finire all'inferno. La lotta fra San Francesco e il nero cherubino è sul piano logico ed è rappresentabile con un simbolismo moderno in questo modo.

Siano:

U l'insieme-universo degli esseri umani

V(x) il predicato ad un posto: x ha gravemente peccato

P(x) il predicato ad un posto: x si è pentito

A(x) il predicato ad un posto: x è stato (validamente) assolto

g la costante: Guido da Montefeltro.

Le premesse del nero cherubino sono tre:

1. $V(g)$ cioè: g ha gravemente peccato(dando il consiglio fraudolento)
2. $(\forall x)\neg[A(x)\wedge\neg P(x)]$ cioè: assolver non si può chi non si pente
3. $(\forall x)\neg[P(x)\wedge V(x)]$ cioè: ne pentere e volere insieme puossi.

La tesi del nero Cherubino è:

$T : \neg A(g)$ cioè: Guido non è stato (validamente) assolto.

Le premesse del demonio sono accettabili e **sostituendo la costante g al posto della generica x** agli enunciati 2. e 3 abbiamo:

$$2' : \neg[A(g)\wedge\neg P(g)]$$

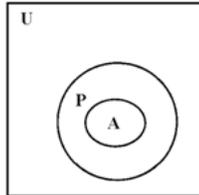
$$3' : \neg[P(g)\wedge V(g)]$$

Consideriamo ora l'implicazione:

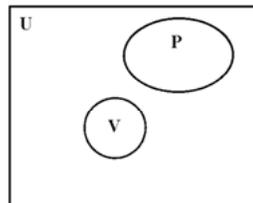
$$(1 \wedge 2' \wedge 3') \rightarrow T.$$

Uno schema forse più intuitivo per esprimere lo stesso ragionamento si basa invece sull'insiemistica.

“Assolver non si può chi non si pente” significa che: “Ogni assolto è un pentito” e, in termini di insiemi, se A è l'insieme degli assolti (validamente) e P quello dei pentiti: $A \subset P$ (l'insieme A è contenuto in P):

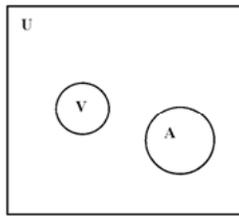


“Ne pentere e volere insieme puossi” significa che: “Nessun pentito è un peccatore volontario”; se con V indichiamo l'insieme dei peccatori consapevoli, abbiamo: $P \subset CV$ (cioè; P è incluso nel complementare di V):



Matematica

Se ne deduce che $A \subset CV$, cioè che l'insieme degli assolti è incluso nel complementare dei peccatori volontari o, meglio, che nessun assoluto può essere un peccatore volontario.



In modo esplicito, se g è un elemento di A , allora è anche elemento di CV , cioè non è elemento di V .

L'episodio si chiude con questa affermazione del nero cherubino e la sorpresa di Guido da Montefeltro che non pensava di poter essere inchiodato dalla logica.

Oh me dolente! Come mi riscossi

Quando mi prese dicendomi: "Forse

Tu non pensavi ch'io loico fossi"!

Fedele alla concezione medievale di sapere enciclopedico, Dante si interessa anche di questioni più pratiche, considerate al tempo come matematica applicata, ma che noi oggi chiameremmo fisica.

Un argomento molto discusso al tempo era la natura delle macchie lunari: cominciavano ad essere messe in discussione le certezze aristoteliche della perfezione dei corpi celesti. Dante non aveva gli strumenti con cui verificare sperimentalmente la loro natura, quindi si propone di confutare convinzioni errate. In particolare, una diffusa spiegazione dell'esistenza di imperfezioni sulla superficie lunare era la considerazione che la Luna fosse in alcune parti più densa e in altre più rarefatta. Nel passo

Pd. XXII, 140-141

senza quell'ombra che mi fu cagione,
per che già la credetti rara e densa

*Vidi la Luna tutta brillante di luce senza quelle
macchie che furono la causa per cui la credetti più
rarefatta in alcuni punti e in altri più densa.*

Beatrice respinge questa asserzione considerando che se davvero la Luna fosse molto rarefatta in alcune zone, durante le eclissi solari i raggi solari dovrebbero filtrare la sua superficie, mentre l'immagine della Luna che si vede in quelle occasioni è del tutto oscura. Dante è particolarmente interessato alla base sperimentale come mezzo per arrivare a conoscenze effettive.

Matematica

Pd. II, 94-96

Da questa istanza può deliberarti
esperienza, se giammai la provi,
ch'esser suol fonte ai rivi di vostr'arti

*Da questa obiezione può liberarti, se vuoi farne la
prova, un esperimento che di solito è fondamento delle
tecniche umane, come la sorgente è per i fiumi.*

L'interesse di Dante per il metodo empirico si vede nell'esperimento dei tre specchi dal passo

Pd. II, 97-105

«Tre specchi prenderai; e due rimovi da te
d'un modo e l'altro più rimosso,
tr'ambo li primi, gli occhi tuoi ritrovi.
Rivolto ad essi, fa che dopo 'l dosso
ti stea un lume, che i tre specchi accenda,
e torni a te da tutti ripercosso.
Benché, nel quanto, tanto non si stenda
la vista più lontana, li vedrai,
come convien ch'igualmente risplenda».

*Si prendano tre specchi; si collochino i due esterni alla
medesima distanza dall'osservatore, e il terzo risulti
visibile agli occhi dell'osservatore posto più lontano.
Stando di fronte ad essi, si faccia in modo che dietro
alle spalle dell'osservatore vi sia una sorgente luminosa
che illumini i tre specchi e si rifletta da tutti e tre gli
specchi verso l'osservatore. Benché l'immagine più
lontana non abbia tanta estensione in grandezza,
l'osservatore vedrà che la luce nello specchio più
lontano avrà la medesima intensità luminosa delle altre
due, riflesse dagli specchi più vicini».*

L'esperimento consiste nel disporre due specchi alla stessa distanza dall'osservatore esternamente, mentre il terzo da posto esattamente davanti all'osservatore ma più lontano rispetto agli altri due. Viene poi posta una sorgente luminosa dietro all'osservatore che illumina gli specchi; si dovrebbe in questo modo notare che la luce si vede riflessa nei tre specchi con uguale luminosità.

In realtà l'esperimento è falso, visto che non si interessa a misurazioni matematiche della sorgente luminosa e la luce riflessa sullo specchio di fronte è più fioca, ma è importante rilevare la preoccupazione di Dante di basare le sue convinzioni sull'osservazione diretta. Questo spirito si nota anche in un altro passo

Pg. XV, 16-21

Come quando da l'acqua o da lo specchio
salta lo raggio a l'opposita parte,
salendo su per lo modo parecchio
a quel che cade, e tanto si diparte
dal cader della pietra in igual tratta,
sì come mostra esperienza e arte

*Come quando dall'acqua o da qualsiasi altra superficie
specchiante il raggio di luce si riflette dalla parte
opposta risalendo verso l'alto con uguale obliquità del
raggio che è sceso, e si allontana dalla perpendicolare di
un angolo simile a quello del raggio incidente (come
dimostrano l'esperienza e la teoria),*

dove Dante fa correttamente riferimento al fenomeno di riflessione della luce per cui l'angolo di incidenza della luce è congruente e complanare a quello di riflessione.

L'attenzione per i problemi della fisica conduce Dante a considerazioni molto avanzate per il suo tempo: in questi passi

If. XXXIV, 111

al qual si traggon d'ogni parte i pesi

*hai oltrepassato il punto verso il quale gravitano i pesi
da ogni direzione.*

Matematica

sembra anticipare la legge di gravitazione universale di Newton; il poeta, infatti si riferisce al centro della Terra, dove staziona Lucifero, come al punto da cui sono attratti tutti i pesi. Inoltre, Dante rappresenta in modo realistico il percorso verso la cima del Purgatorio:

Pg IV, 88-94

«... Questa montagna è tale,
che sempre al cominciar di sotto è grave,
e quant'uom più va su e men fa male,
però quand'ella ti parrà soave,
tanto che su andar ti fia leggero
come, a seconda, giù andar per nave,
allor sarai al fin d'esto sentiero».

«Questa montagna è fatta in modo tale che sempre è faticoso intraprenderne la salita dal basso; ma quanto più si sale tanto meno affatica. Perciò, quando ti sembrerà tanto piacevole che salire in alto sarà per te facile come scendere con una nave col favore della corrente, allora sarai giunto alla fine di questo percorso».

inizialmente la salita è più difficile, perché ci si sente più pesanti, poi la fatica diviene sempre più lieve, perché poeticamente ci si avvicina a Dio e l'attrazione al centro della Terra è minore, finché sulla sommità del Purgatorio l'effetto di attrazione si è annullato per cui il poeta non si stupirebbe di vedersi sollevare da Terra così come è normale vedere scendere giù da una montagna un fiume.

Pd. I, 136-138

Non dèi più ammirar, se bene stimo,
lo tuo salir, se non come d'un rivo,
che d'alto monte scenda giuso ad imo

Non devi più stupirti – se giudico rettamente – per la tua ascesa al cielo, se non di come ti stupiresti che un ruscello scende dalla cima della montagna giù verso il basso.

Passando alla matematica pura, Dante sembra cogliere il ragionamento che sta alla base del metodo di induzione definito in modo rigoroso solo alla fine dell'800 da parte del matematico Peano.

Questo principio costruisce assiomaticamente l'insieme dei numeri naturali, fino a quel momento concepito intuitivamente. L'induzione si fonda sulla definizione del numero n per poi passare agli altri definendoli come $n+1$: questo metodo può essere chiarito attraverso l'effetto domino, in cui le tessere cadono perché è caduta la prima. Dante accenna a questo ragionamento nel passo:

Pd. XV, 55-57

Tu credi che a me tuo pensier mei
da quel ch'è primo, così come raia
dall'un, se si conosce, il cinque e il sei.

Tu pensi che a me il tuo pensiero discenda da Dio, inizio di ogni cosa, così come si irraggiano dalla conoscenza dell'unità gli altri numeri

Dal numero uno si conoscono tutti gli altri numeri, come il cinque e il sei. Il passo è tutt'ora oggetto di diverse opinioni critiche: alcuni ritengono che il poeta abbia avuto la stessa intuizione di Peano, mentre altri sono certi che il suo ragionamento sia così facilmente intuibile per la mente umana che Dante non si meriti alcun riconoscimento.

Riguardo alla geometria Euclidea, Dante dimostra la sua conoscenza in due passi:

Matematica

Pd. XVII, 16-17

... come veggion le terrene menti
non capere in triangolo due ottusi.

*con la stessa chiarezza con cui gli uomini comprendono
che due angoli ottusi non possono essere contenuti in
un triangolo,*

Pd. XII, 97-102

o se nel mezzo cerchio far si puote
triangol sì che un retto non avesse,

*o se da un semicerchio si può ricavare un triangolo che
non abbia un angolo retto.*

qui fa riferimento a due teoremi sui triangoli: un triangolo non può avere più di un angolo ottuso visto che la somma degli angoli interni di un triangolo è uguale a due angoli retti e un triangolo inscritto in una semicirconferenza è rettangolo. Nell'altro passo

Pd. XXXIII, 133-136

Qual è il geometra, che tutto s'affige
per misurar lo cerchio, e non ritrova,
pensando, quel principio ond'elli indige,
tal era io a quella vista nova.

*Come il matematico che si concentra tutto per
individuare la misura del cerchio e non riesce a trovare,
per quanti sforzi faccia, il principio di cui ha bisogno,
così ero io davanti a quella straordinaria visione*

Il poeta fa riferimento ad uno dei problemi più discussi della storia riguardo alla geometria euclidea: si tratta della quadratura del cerchio. L'impossibilità del problema menzionata da Dante riguarda l'approccio seguito dagli antichi Greci per trattare le questioni geometriche; essi consideravano un problema risolvibile se erano in grado di fornire la soluzione con il solo uso di riga e compasso. Seguendo questo metodo, il problema non ha soluzione e i Greci dovevano averlo dedotto senza una dimostrazione rigorosa che verrà fornita solo nel 1882 da Lindemann.

La quadratura del cerchio si può considerare come una questione strettamente legata al numero π . Esso si definisce come rapporto fra la lunghezza di una circonferenza ed il suo diametro ed è stato oggetto di studio per gli studiosi sin dai tempi più antichi. Ciò che ha spinto così tanti matematici a studiare un metodo efficace per calcolare con precisione la misura del π è la sua indiscussa importanza nei grandi problemi matematici come la quadratura del cerchio, la duplicazione del cubo e la trisezione di un angolo.

Matematica

Una delle prime approssimazioni si ha nella civiltà egizia: lo scriba Ahmes lascia scritta l'approssimazione di π a 3,16 con un errore inferiore all'1%.

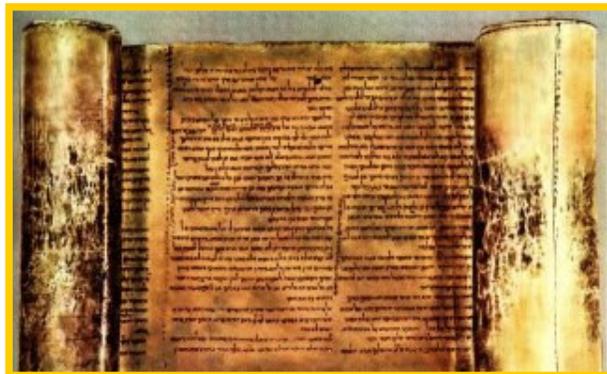


Iscrizione di Ahmes. Frammento del Papiro Rhind – 1650 a.C.

British Museum di Londra

Togli $1/9$ a un diametro e costruisci un quadrato sulla parte che rimane; questo quadrato ha la stessa area del cerchio.

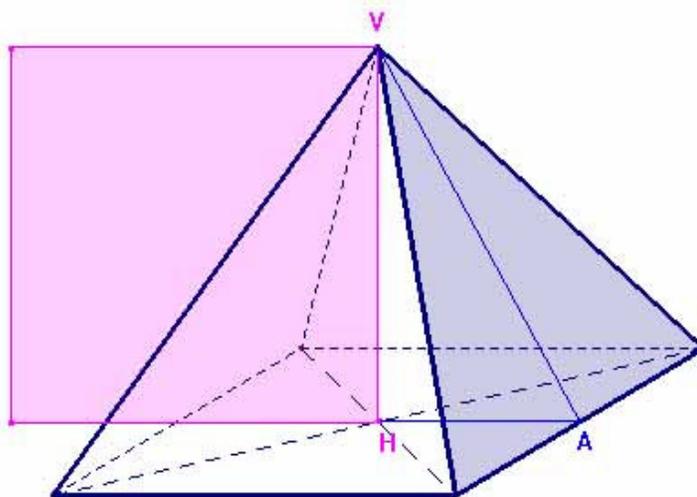
Il π viene citato anche nella Bibbia, parlando di una vasca circolare con un diametro di dieci cubiti e trenta di circonferenza, dal che risulta che il rapporto circonferenza diametro era circa 3. (Antico Testamento, I Re, 7:23)



E' la civiltà greca che vede grandi sforzi per la determinazione di π con metodi sempre più efficaci. Nei suoi scritti Ippocrate da Chio (V sec.a.C.) afferma che ogni cerchio è

proporzionale al quadrato del proprio diametro e quasi contemporaneamente Anassagora si era occupato di quadrare il cerchio.

Erodoto annota che la Grande Piramide di Giza fu costruita in modo tale che l'area di ogni faccia laterale fosse uguale all'area di un quadrato di lato uguale all'altezza della piramide.



Il che porta a concludere che il rapporto tra perimetro di base e altezza vale con ottima approssimazione il π noto ai nostri giorni.

$$\frac{\text{perimetro di base}}{\text{altezza}} = \frac{4 \cdot l}{h} = 4 \cdot \sqrt{\frac{2}{1 + \sqrt{5}}} \cong \pi$$

Dinostrato pensa di aver risolto questo problema servendosi della quadratica, una curva trascendente studiata e usata per la prima volta da Ippia, mentre Antifonte, contemporaneo di Socrate, approssima la circonferenza partendo dal quadrato inscritto, e raddoppia successivamente il numero dei lati sino a trovare un poligono che per la piccolezza dei lati "coincide" con il cerchio: dal punto di vista della pura astrazione rappresenta, per l'epoca, una notevole intuizione, anche se con errori grossolani. Questo ragionamento viene ampliato dal suo contemporaneo Brisone il quale considera anche i poligoni regolari circoscritti.

Degno di nota è il contributo dato da Archimede nel 200 a.C. Ciò che lo distingue dai suoi predecessori è l'abbandono dei limiti pratici di riga e compasso per rivolgersi a procedimenti più astratti basati sulla ragione. Egli, seguendo il precedente di Antifone, immaginò la circonferenza come compresa fra due insiemi di poligoni regolari, uno inscritto e l'altro circoscritto alla circonferenza stessa, partendo da un poligono di sei lati, poi raddoppiando arriva a 96. I perimetri di entrambi gli insiemi di poligoni davano luogo a due successioni, convergenti verso un limite comune, cioè la lunghezza della circonferenza.

Matematica

Dopo Archimede la frazione $22/7$ diventa di uso corrente nelle misure relative al cerchio, tanto che è quella a cui si riferisce Dante.

La circonferenza di ogni cerchio è tripla del diametro, più una parte minore di un settimo e maggiore di dieci settantunesimi.

$$3 + \frac{10}{71} < \pi < 3 + \frac{1}{7}$$

Infinito e probabilità

L'infinito di Dante

Nella sua Commedia Dante ci porta, attraverso riferimenti incastrati perfettamente, a conoscenza della sua spiccata cultura numerologica e matematica. Valido argomento di riflessione potrebbe essere dunque anche il modo di intendere l'infinito nella cultura del medioevo, particolarmente parlando della concezione che il sommo dimostra di apprezzare:

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.

Ogni singola scintilla girava assieme al cerchio di fuoco; ed erano tanto numerose, che il loro numero diventava di tante migliaia più della progressione numerica in base alle caselle della scacchiera

Dante parla del doppiar degli scacchi, chiaro riferimento alla leggenda di Sissa Nassir, inventore del gioco degli scacchi, che come ricompensa al suo signore chiese venisse posto nel prima casella della scacchiera 1 chicco di riso, il doppio della quantità nello scacco precedente nel secondo, di nuovo il doppio nella terza e così via fino alla 64° casella, secondo la successione $1 \quad 2 \quad 2^2 \quad 2^3 \quad 2^{64}$

Il numero totale dei chicchi di grano impiegati è 18 446 744 073 709 551 615, in notazione scientifica $1,8447 \cdot 10^{19}$. un numero tale di chicchi di riso significherebbe ricoprire la terra di 3,62 chicchi per cm^2 .

Ma questo non è ancora l'infinito...

Infatti Dante per indicare il numero degli angeli usa "inmillare" ovvero al posto di raddoppiare la quantità da una casella alla successiva la moltiplica per mille, identificando un numero che, solo parlando di scacchiera di 8 per 8 caselle, sarebbe già considerato dalla mente di molti come tendente a infinito: 10^{189} . Dante qui intende che il numero degli angeli superi addirittura il numero infinitamente grande usato nella bibbia per descrivere la folla dei salvati: miriadi di miriadi, ovvero mille miliardi di miliardi cioè 10^{144}

A questo punto si sente il bisogno di spendere qualche parola sulla concezione dell'infinito, già presente nell'antichità e ampiamente discussa, come ente non commensurabile, definibile solo per negazione e, secondo alcune scuole di pensiero, non utilizzabile in dimostrazioni matematiche in quanto esso conduce a paradossi. Secondo il famoso paradosso di Zenone, infatti, l'infinito (o l'infinitesimale) utilizzato per condurre dimostrazioni o per identificare una quantità porterebbe a negazioni di cose che effettivamente accadono (la negazione del movimento); infatti se osserviamo Achille e la tartaruga siamo sicuri che il primo raggiunga il secondo, ma se poniamo il problema come una successione la situazione sembra cambiare.

Supponiamo che la velocità v di Achille sia doppia di quella della tartaruga e che quest'ultima abbia mezzo metro di vantaggio, riuscirà Achille a raggiungere la tartaruga?

Nel frattempo che Achille copre la distanza di mezzo metro (vantaggio iniziale della tartaruga), l'animale, che si muove a velocità $v/2$ si è spostato di un quarto di metro; Achille copre anche questa distanza ma nel frattempo la tartaruga è avanzata $1/8$ di

metro..... così l'eroe sembra dover percorrere infiniti tratti di percorso e non raggiungere mai la tartaruga.

Gli spostamenti che Achille ha superato quando raggiunge la posizione precedentemente occupata dalla tartaruga è indicata dalla seguente successione

$$1/2 \quad 1/2 + 1/4 = 3/4; \quad 3/4 + 1/8 = 7/8 \quad 7/8 + 1/16 = 15/16; \quad \dots \quad (2n - 1)/2n$$

Si può facilmente notare, detta S_n la successione il limite per n che tende a infinito di S_n è un numero finito, prova che una successione infinita di numeri può avere una somma finita.

$$\lim_{x \rightarrow \infty} s_n = S$$

$$\forall \varepsilon > 0 \quad \exists \tilde{n} > 0 \quad |s_n - S| \leq \varepsilon; \quad \forall n \geq \tilde{n}$$

Un altro paradosso dell'infinito è quello della trombetta di Gabriele



solido costruito attraverso la rotazione sull'asse delle ascisse di un ramo di iperbole equilatera: infatti se volessimo riempire questo solido con del liquido noteremmo che la cosa è possibile in quanti il suo volume è finito, mentre se volessimo verniciare la sua superficie dovremmo usare una quantità infinita di vernice.

Calcolo del volume

$$\int_1^{\infty} 2\pi y^2 \cdot dx = \int_1^{\infty} k \cdot \frac{dx}{x^2} = k \cdot \left[-\frac{1}{x} \right] = \textit{finito}$$

Calcolo della superficie

$$\int_1^{\infty} 2\pi y \cdot dx = \int_1^{\infty} k \cdot \frac{dx}{x} = k \cdot [\ln x] = \infty$$

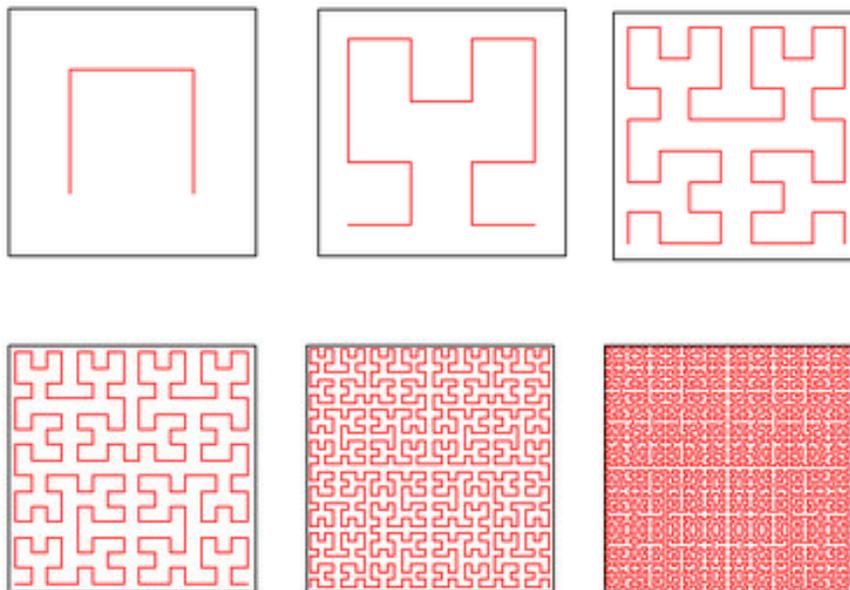
Attenzione: mentre per il calcolo del volume porta ad un risultato preciso, il calcolo della superficie restituisce solo un valore indicativo. Si può verificare che il calcolo della superficie non è corretto applicando questo metodo al calcolo della superficie del cono ottenuto ruotando attorno all'asse x una retta.

Spiegare perché il secondo integrale non dà risultati corretti non è banale. Tenterò dicendo che sto misurando una superficie curva affiancando tante piccole superfici piane.

Se io volessi tappezzare la superficie di un cofano curvo di una macchina con dei francobolli: troverei che in alcuni punti ci sono delle sovrapposizioni o degli spazi vuoti.

La formula è comunque presa in considerazione, in quanto comunque da una stima circa il calcolo della superficie e il fatto che il risultato diverge porta alla verifica del paradosso. Considerato che il risultato è infinito lo prendiamo per buono.

Ancora un paradosso, il frattale di Peano: si parla di una curva che è contenuta in una



parte di piano finita (un quadrato), costruita attraverso la ripetizione con dimensione sempre ridotta di una stessa forma per infinite volte. Il paradosso è che in uno spazio finito sia contenuta una curva di lunghezza infinita. Da questi paradossi si può capire come la concezione di infinito sia difficile da studiare.

Alighieri, però, in questi passi dimostra non solo una profonda conoscenza numerologica, ma anche una mente molto vicina alla matematica con i suoi paradossi e la sua difficoltà di calcolo; ovviamente noi non sappiamo se egli avesse già fatto questi calcoli o se sapesse farli, ma sicuramente aveva in testa il metodo e le conoscenze necessarie a risolvere problemi del genere.

Infine, Dante parla dell'infinito anche nel convivio, in cui instaura un paragone tra la matematica e il sole, come questo illumina tutte gli altri corpi ed è inguardabile, la matematica illumina tutte le altre discipline scientifiche ma il suo obiettivo è inconoscibile, perché "l'occhio della conoscenza non può fermarsi sull'infinità dei numeri".

Senza peccare nel cercare di attribuire a Dante la conoscenza di una disciplina moderna come la probabilità, si può notare come il suo concetto potrebbe essere già presente in una mente brillante come la sua, infatti nei versi:

Pg. VI 1-9

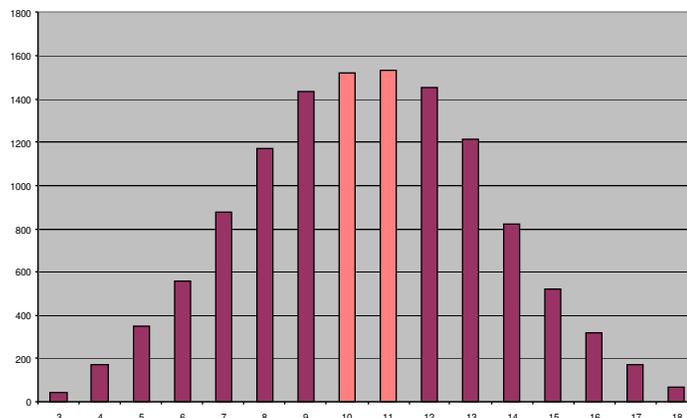
Quando si parte il gioco de la zara,
 colui che perde si riman dolente,
 repetendo le volte, e tristo impara;
 con l'altro se ne va tutta la gente;
 qual va dinanzi, e qual di dietro il prende,
 e qual dallato li si reca a mente;
 el non s'arresta, e questo e quello intende;
 a cui porge la man, più non fa pressa;
 e così da la calca si difende.

Quando i giocatori della zara si lasciano, il perdente si ferma solo e addolorato ripetendo le giocate e impara a sue spese, indispettito e scornato; tutti gli spettatori invece se ne vanno con il vincitore: uno va avanti per fare strada, un altro lo tocca da dietro e un altro di fianco si fa notare da lui; quello intanto non si ferma e ascolta l'uno e l'altro; dà la mano a uno, che allora non lo molesta più; e così si difende dalla calca.

Il gioco della zara, dall'arabo zahr (dado) è da identificarsi col gioco dei dadi, per esempio quello attuato in Italia in cui si lanciano 3 dadi, dal momento in cui si lanciano a quello in cui si fermano si deve scommettere su un numero, se la somma dei valori sulle facce dei dadi coincide con il numero pronosticato si vince la scommessa. Questo è un gioco in cui la vittoria è a caso, ma studiando la probabilità che capitino i singoli numeri (da 3 a 18) si vede che i numeri centrali sono quelli che hanno la probabilità maggiore di uscire; affinché questo concetto venga notato è necessario ripetere i tiri innumerevoli volte in modo da far avvicinare l'accadimento reale col calcolo delle probabilità; questa è una tabella in cui sono scritti per ogni numero in quanti modi può essere composto con i tre dadi, e si nota che i numeri centrali hanno ne hanno più degli altri.

Il numero	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
È ottenuto in	1	3	6	10	15	21	25	27	27	25	21	15	10	6	3	1
	modi															

L'istogramma che segue è la simulazione di circa 12000 lanci. Vengono riportati per ogni numero possibile il numero di eventi favorevoli e risulta evidente che i numeri 10 e 11 sono quelli che si verificano più frequentemente.



Dante dice infatti che chi perde è addolorato, ma ripetendo più volte i tentativi riesce a comprendere la legge probabilistica.

Infinito e probabilità

Effettivamente l'analisi matematica del gioco risulta abbastanza semplice e Dante deve averla effettuata ma è necessario notare che Dante non aveva gli stessi strumenti che oggi ci permettono di ripetere virtualmente il tiro della zara fino ad evidenziare i risultati della teoria in un grafico di probabilità. Tutto ciò deve far parte di quelle abilità matematiche che sicuramente Dante possedeva.

Fisica

Se nella Divina Commedia sono presenti collegamenti più o meno stretti con le scienze matematiche, sono altrettanto riscontrabili ragionamenti e pensieri squisitamente legati alla fisica.

Prima di prendere in esame questi temi, a dire il vero, senza la pretesa di esaurire il discorso con il nostro lavoro, è bene chiarire un concetto.

Sono trascorsi più di sette secoli dalla stesura della "Divina Commedia" fino al nostro attuale sapere scientifico, e sarebbe anacronistico e sciocco affermare che Dante conosceva esattamente teorie e ragionamenti che persino ai giorni nostri sono considerate in fase embrionale.

Quello che deve sorprendere, e che speriamo di riuscire a trasmettere, è il fatto che il Sommo Poeta sia riuscito a cogliere appieno l'essenza di queste teorie.

Il lavoro assume maggiore rilievo se si pensa inoltre al fatto che Dante sia riuscito a descrivere determinate situazioni ed esperienze, senza potersi appoggiare alle conoscenze matematiche odierne (Es. Ipersfera, Principio di invarianza Galileiana).

Queste considerazioni dovrebbero da sole giustificare la scelta di Boccaccio di far precedere al termine commedia l'aggettivo "Divina".

Percezione Dantesca dell'invarianza galileiana

La teoria dell'invarianza galileiana si costruisce su un'esperienza che cercherò di riassumere: Esperienza del gran naviglio.

- Si appenda un secchio forato sotto coperta in una barca, in modo che le gocce cadano in un orcio;
- Se si osserva il moto delle gocce ci si accorge che cadono tutte nel vaso sottostante;
- Proviamo ora a fare la stessa osservazione con l'imbarcazione in movimento.
- Le gocce si comportano esattamente come prima.
- Nessun cambiamento avviene inoltre nel volo degli insetti sottocoperta.

Galileo ne dedusse che per mezzo della sola osservazione dei movimenti che si verificano sotto coperta è impossibile decidere se la nave resti ferma o si muova.

Infatti, i movimenti di persone, oggetti e animali si svolgono ugualmente sia che la nave abbia un movimento, sia che essa sia immobile.

Ricollegiamoci ora alla discesa di Dante dal settimo all'ottavo cerchio, narrata nel canto XVII dell'Inferno.

La presenza di una "ripa discoscesa" tra i due punti dell'inferno rende impossibile la discesa se non utilizzando un mezzo volante, rappresentato dal mostro Gerione.

Leggiamo questi versi :

If. XVII, 115-117

Ella sen va notando lenta lenta;
rota e discende, ma non me n'accorgo
se non che al viso e di sotto mi venta.

*Questa se ne va nuotando molto lentamente; compie
dei giri scendendo, ma non me ne accorgo se non per il
fatto che il vento mi soffia sul viso e dal basso.*

Oltre a sottolineare la straordinaria immaginazione dantesca, dal momento che descrive con indiscutibile abilità il volo, che non ha mai avuto modo di sperimentare, questi versi rivelano intuizioni fisiche di notevole importanza.

Il moto di Gerione è una spirale con cerchi molto ampi, percorsa abbassandosi lentamente e senza sussulti (“*notando*”), ossia, come direbbe un fisico, quasi uniformemente.

È lo stesso Virgilio a consigliare questo moto:

If. XVII, 97-99

e disse: «Gerion, moviti omai:
le rote larghe, e lo scender sia poco;
pensa la nova soma che tu hai».

*e disse: «Gerione, adesso muoviti; i tuoi giri siano
larghi e graduale la discesa; pensa al carico eccezionale
che porti»*

Ma perché sceglie questo sistema?

Innanzitutto ricordiamo che il diametro venne stimato, fra gli altri, da Galileo stesso in circa 35 miglia, ossia approssimativamente 60 km: questa stima si basa su due indicazioni precise, date rispettivamente al verso 9 del canto XXIX ed ai versi 86-87 del canto XXX (dove tra l'altro si può evincere che Dante conoscesse l'approssimazione $\pi \cong 22/7$).

In questa situazione l'effetto centrifugo avvertito, legato alla accelerazione centripeta, è

$$a = \frac{v^2}{r}$$

praticamente nullo e il moto arriva ad assomigliare quasi totalmente ad un moto rettilineo. Ricordiamo che per il calcolo dell'accelerazione centripeta si usa questa formula

Dante scompone addirittura la velocità del vento che gli colpisce il viso in una componente orizzontale (“*dal viso*”) e in una verticale (“*di sotto*”).

Ma la parte che conferma maggiormente la nostra considerazione è “*ma non me n'accorgo*”, proprio come avveniva con la barca di Galileo, non vi è alcun modo di accorgersi del moto se non per il vento.

Per quanto un simile ragionamento vada oltre le conoscenze medioevali, risulta difficile credere che sia frutto di casualità.

La geometria del cosmo dantesco.

Prendiamo ora in considerazione la geometria del cosmo rappresentato da Dante, essa appare complessa, affascinante e tutt'altro che Euclidea.

Come poteva Dante conciliare la limpida geometria del cosmo greco con le richieste imposte dalla presenza onnipotente di un Dio attivo e presente in ogni luogo?

Dove si poteva collocare tale Dio?

Se letta con attenzione la Commedia presenta delle “inversioni” nei punti chiave

Guardiamo alcuni passi della Divina Commedia che dovrebbero aiutarci a comprendere.

Nel 34 canto dell'inferno Dante e Virgilio scendono fino alla Giudecca e si arrampicano lungo il fianco di Satana: si trovano infatti nel centro della Terra.

If XXXIV, 77

Quando noi fummo là dove la coscia
si volge, a punto in sul grosso de l'anche,

*Quando noi fummo arrivati là dove la coscia si articola
con il bacino, esattamente dove l'anca si allarga*

Fisica

Leggiamo infatti *“la dove la coscia si volge, al punto, in sul grosso dell’anche”*

In questo punto c’è da notare un fatto particolare: si produce un’inversione continuando a camminare nella stessa direzione, invece di scendere comincia a salire.

Dante effettivamente non se ne accorge subito, ma vede le gambe di Lucifero rivolte verso l’alto: *“le gambe in su tenere”*.

If XXXIV, 90

e vidili le gambe in sù tenere;

*Io alzai gli occhi credendo di vedere Lucifero così come
lo avevo lasciato, e gli vidi invece stendere le gambe
verso l’alto;*

Una seconda inversione avviene poi nel passaggio al purgatorio rispetto all’inferno: la spirale di discesa dell’inferno è infatti orientata a sinistra, mentre l’ascesa al monte del purgatorio si avvita verso destra.

Un altro importante capovolgimento lo troviamo nel passaggio dal Nono cielo all’empireo,

Pd XXX, 38,39

ricominciò: «Noi siamo usciti fore
del maggior corpo al ciel ch’è pura luce:

*Noi siamo usciti dal Primo Mobile fino all’empireo che
è cielo di pura luce,*

dove le nove sfere materiali e visibili che ruotano attorno alla Terra, si specchiano nelle nove gerarchie angeliche che ruotano attorno a Dio, cioè sostanzialmente nel passaggio dal mondo materiale a quello spirituale.

Il disegno che segue è particolarmente significativo. Questa immagine rappresenta il cosmo come lo si intendeva nel medioevo.

Nonostante l'approssimazione del disegno, è possibile notare un importante elemento di discontinuità "inversione" nella figura: c'è un cambiamento di curvatura.

Il passaggio dal nono cielo all'empireo, in effetti, è stata pensata come un rivoltolamento dello spazio: ciò che nel mondo visibile appariva concavo, dal momento che vi eravamo all'interno, nel mondo invisibile appare convesso, poiché lo guardiamo dall'esterno.

È come se il mondo visibile si riflettesse capovolto nel mondo invisibile.

Chiaramente ne deriva uno spostamento del centro.

Quando Dante abbandona l'ottavo cielo, si trova nella costellazione dei gemelli nel "bel nido di Leda" come Dante stesso specifica nel 27 canto del Paradiso.

Pd XXVII - 98,102

E la virtù che lo sguardo m'indulse,
del bel nido di Leda mi divelse
e nel ciel velocissimo m'impulse.

E la virtù che lo sguardo di Beatrice mi concesse, mi staccò dalla mia bella costellazione dei Gemelli e mi spinse nel Primo Mobile, il cielo più veloce di tutti

Arrivando al nono cielo scopre di non avere più alcun riferimento, tutto appare uniforme e trasparente, tant'è che dice di avere la sensazione di trovarsi "ognidove".

Pd XXVII, 109,111

e questo cielo non ha altro dove

e questo cielo non ha altra collocazione se non la mente



che la mente divina, in che s'accende

divina, nella quale si accende l'amore che lo fa muovere e la virtù che essa fa scendere sugli altri cieli

Questo non è più un luogo dello spazio, ma un luogo della mente divina.

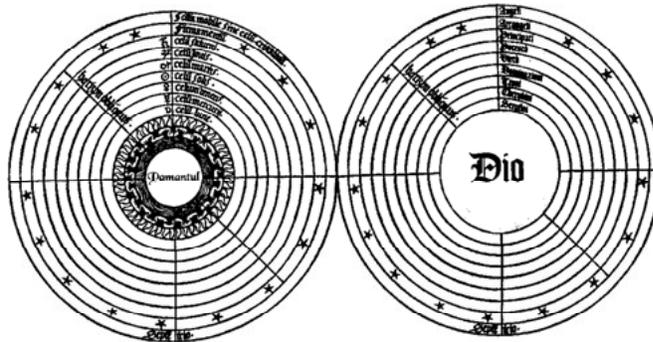
“E questo cielo non ha altro dove che la mente divina in che d'accende”.

In questo punto interviene inoltre Beatrice dicendo che il nono cielo comprende e fa muovere tutte le sfere precedenti .

Pd XXVII, 115,118

Non è suo moto per altro distinto,

Il suo movimento non è misurato da qualche altro



ma li altri son mensurati da questo,
sì come diece da mezzo e da quinto;

*movimento, ma tutti gli altri prendono il movimento
da questo, come il dieci è composto dai numeri primi
cinque e due*

In questo Dante si ispira ampiamente al filosofo Aristotele per cui il tempo è “la misura del movimento, del prima e del dopo”.

Se l’origine del movimento si trova nel nono cielo, allora anche l’origine del tempo deve trovarsi in questo punto. Dante aiuta l’immaginazione di questa realtà servendosi di una metafora.

Pd XXVII , 118,120

e come il tempo tegna in cotal testo
le sue radici e ne li altri le fronde,
omai a te può esser manifesto.

*E ti deve essere ormai chiaro che il tempo ha in questo
cielo le sue radici come in un vaso e negli altri cieli le
sue fronde*

Le radici del tempo sono nel nono cielo, mentre le foglie dell’albero sono sparse negli altri otto cieli.

Si viene così a creare l’immagine di un albero capovolto se osservato dalla terra , dritto se osservato dall’empireo.

L’universo dantesco appare dunque formato da due sfere, quella di sinistra è formata a sua volta d sfere concentriche visibili e corporee, con velocità di rotazione crescenti man mano che si va verso l’esterno.

Quella di destra è invece formata da sfere invisibili e incorporee con al centro Dio, e caratterizzata da velocità di rotazione crescenti man mano che ci si avvicina all’interno.

Tuttavia, la rappresentazione non è così semplice, l’universo infatti deve necessariamente essere uno per poter esaurire l’intero spazio, pur essendo composto da due parti.

Inoltre Dante afferma che Dio debba necessariamente comprendere entrambi i mondi. In sostanza è come se dicessimo che qualsiasi oggetto che si trovi nell'universo di destra, si trova in effetti dappertutto.

Geometricamente parlando è come se affermassimo che la sfera di destra è tangente a quella di sinistra in tutti i suoi punti contemporaneamente.

Ricapitolando, per poter rappresentare l'universo, la geometria richiesta da Dante deve dunque soddisfare determinate condizioni:

- L'universo deve avere un solo centro, quello di Dio;
- La sfera di destra deve essere tangente in ogni punto a quella di sinistra, cioè l'empireo deve essere presente in tutti i punti del sensibile;
- Partendo da un qualsiasi punto del mondo e mantenendo invariata la direzione si dovrebbe tornare allo stesso punto.

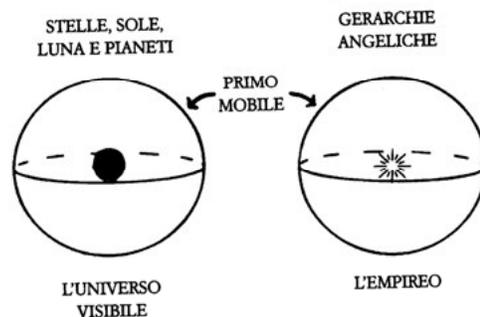
Ma una geometria del genere esiste?

Certamente non si tratta di quella Euclidea.

Una geometria capace di rappresentare tale mondo è stata presentata per la prima volta da Bernhard Riemann nel 1854 nel suo lavoro "Sulle ipotesi che stanno alla base della geometria".

Guardiamo ancora alcune affermazioni della cosmologia moderna:

1. Noi viviamo in uno spazio-tempo curvo. Immaginiamo questo spazio con raggio di curvatura molto piccolo, se allungo il braccio mi tocco la nuca, anche i raggi di luce percorrerebbero una traiettoria curva così che in un tale mondo troverei immancabilmente un tizio maleducato che mi dà sempre le spalle: io stesso.



2. La nuca che vedo, oltretutto non è quella di adesso, ma quella di stamattina.

Guardando il cielo noi non vediamo il presente ma il passato.

Quanto più lontano guardiamo nello spazio, tanto più lontano penetriamo nel passato.

Queste affermazioni ricordano in qualche modo la descrizione fatta da Dante.

La cosmologia odierna d'altra parte rappresenta l'universo come un'ipersfera, vale a dire come una sfera a quattro dimensioni, o se preferite una sfera la cui superficie è uno spazio tridimensionale.

Ebbene la stessa cosa si può dire dell'universo di Dante: questo universo è una ipersfera.

Immaginarsela è decisamente difficile la nostra mente non ce lo permette, ma proviamo dunque a scendere di una dimensione.

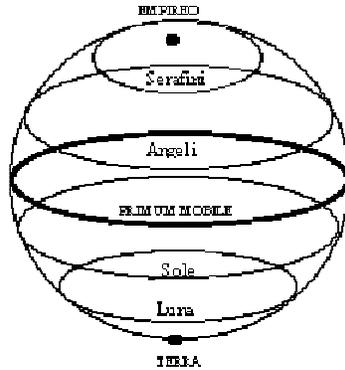
Immaginiamoci di essere bidimensionale, e di vivere sulla superficie di un brodo che qualcuno sta mangiando.

Ricordiamoci che essendo bidimensionale non posso sporgermi per vedere che qualcuno sta mangiando.

Che cosa vedo: inizialmente un punto, quando il cucchiaio tocca il brodo, poi una linea curva chiusa che si allarga fino a coincidere con la grandezza massima del cucchiaio successivamente, quando il cucchiaio viene sollevato dal piatto, la curva intersezione del cucchiaio con la superficie del brodo diminuisce via via fino a ridiventare un punto.

Come vedrei dunque una sfera se fossi bidimensionale?

La vedrei come intersezione della sfera stessa con il piano in cui mi trovo: cioè vedrei un



cerchio di raggio variabile che cresce fino alla dimensione dell'equatore per poi ridiminuire.

Dunque, come vedrei un'ipersfera essendo tridimensionale?

Per scoprirlo dovrei intersecare l'ipersfera con il mondo tridimensionale Euclideo.

Partiamo dall'equazione della sfera di raggio R:

$$X^2+Y^2+Z^2=R^2$$

L'inserimento di una nuova dimensione, ad esempio W è semplice e l'equazione diventa:

$$X^2+Y^2+Z^2+W^2=R^2$$

Per poterla rappresentare, devo necessariamente rendere una di queste quattro dimensioni un parametro fisso: la congelo.

Questo parametro lo chiameremo W_0 e lo sostituiamo a W.

L'equazione, ora, risulta dunque:

$$X^2+Y^2+Z^2=R^2-W_0^2$$

Questa in effetti non è altro che l'equazione di una sfera il cui raggio al quadrato è $R^2-W_0^2$

Come varia l'intersezione?

Quando W_0 cresce da $-R$ a 0 quello che vedo è una sfera il cui raggio cresce da 0 fino a $+R$; quando invece W_0 cresce da 0 a $+R$ quello che vedo è una sfera il cui raggio decresce da $+R$ fino a 0.

Nel mondo descritto da Dante il parametro fisso W_0 non è altro che la velocità di rivoluzione.

L'universo dantesco è una enorme ipersfera che interseca il nostro mondo tridimensionale nella forma di una successione di sfere, a cominciare da quella di raggio minore con più alta velocità di rivoluzione.

Con tutto ciò non voglio assolutamente affermare che Dante sapesse che stava parlando di un'ipersfera, tutt'altro.

Fisica

Va però sottolineata la sua capacità di trovare un compromesso tra i vincoli teologici del cristianesimo, (quali il principio della simmetria e dell'onnipotenza divina) e l'immagine dell'universo sferico greco.

Inoltre, la geometria a cui siamo pervenuti, spiegherebbe anche l'affermazione di Dante per cui l'empireo sembra *"inchiuso da quello che rinchiude"*.

Pd. XXXX, 12

parendo inchiuso da quel ch'elli 'nchiude,

e che si mostra come circondato da ciò che in verità circonda.

In altre parole, l'empireo comprende ciò in cui è compreso.

Queste affermazioni non sono frutto della nostra immaginazione, ma spunti interessanti e conferme ci sono state date da numerosi scritti di fonti ben più notabili di noi.

Mark Petersen - Dante and the 3-sphere "American Journal of Physics", 1979 Dimostra come l'universo dantesco non sia euclideo

Robert Osserman - The Poetry of the universe: A Mathematical Exploration of Cosmos. 1992 Da misure effettuate dal satellite COBE fornisce una prova della sfericità dell'universo

William Egginton - Stanford University scrive un saggio su come Dante è riuscito a parlare tanto correttamente di cose che non poteva capire matematicamente. "On Dante, Hyperspheres, and the Curvature of the Medioeval Cosmos"

Fisica

Misura del tempo

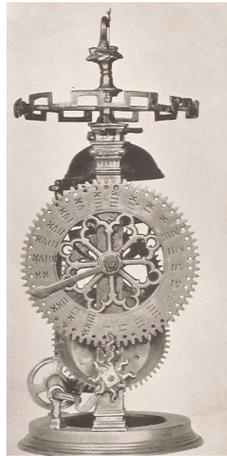
Bisogna innanzitutto ricordare che il concetto di tempo, come lo si aveva nel 1300 era banale, e l'utilizzo dei primi orologi era limitato allo scandire i momenti della preghiera.

La regola degli ordini monastici impone orari precisi per le preghiere del giorno:

"Sacrista debet temperare horologium, et ipsum facere sonare ante matutinas pro se excitando quotidie"

Liber Unum Cistercenisum, ca. 1110

La frase riportata ricorda il compito dei religiosi, che dovevano spostare periodicamente un piccolo peso per *"temperare"*, ossia aggiustare l'orario degli orologi cambiandone il momento di inerzia, di questi strumenti ancora molto imprecisi.



Inoltre si ha la certezza, data da reperti concreti, dell'esistenza di questi arcaici orologi solo a partire dal 1300.

Questo rapporto tempo-chiesa è facilmente riscontrabile in questi versi di Dante.

Pd. X, 139-148

Indi, come orologio che ne chiami
nell'ora che la sposa di Dio surge
a mattinar lo sposo perché l'ami,
che l'una parte l'altra tira e urge,
tin tin sonando con sì dolce nota,
che 'l ben disposto spirito d'amor urge;
così vid'io la gloriosa rota
muoversi e render voce a voce in tempra
ed in dolcezza ch'esser non po' nota
se non colà dove gioir s'insempra

Quindi, come un orologio che ci svegli nell'ora in cui la Chiesa, sposa di Dio, si alza a recitare le preghiere del mattino a Cristo, suo sposo, perché continui ad amarla, orologio nel quale una ruota dentata tira quella che segue e fa girare quella che precede, facendo risuonare il tintinnio della soneria con tale dolcezza, che lo spirito ben disposto si gonfia d'amore; così io vidi la corona dei beati in gloria muoversi e accordare una voce con l'altra, in un concerto così armonioso che non può essere conosciuto se non là, nel paradiso, dove la gioia è eterna

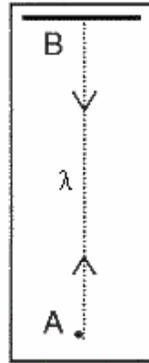
Tuttavia il sommo poeta non poteva deluderci con una visione così popolare e capziosa della dimensione temporale, non mancano infatti considerazioni che lasciano intravedere un pensiero più soddisfacente.

Il tempo e la relatività

Prendiamo ad esame il concetto di relatività temporale di Einstein

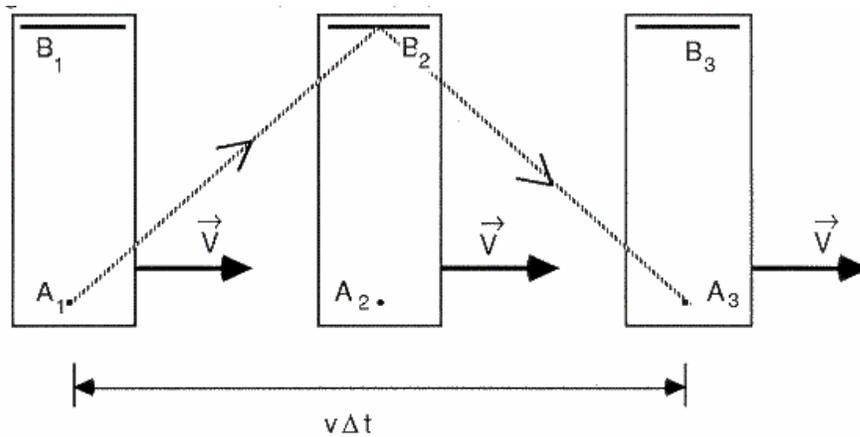
Fu Einstein a sfatare il concetto di tempo assoluto e ad introdurre il concetto di dilatazione dei tempi

Immagina di costruire un orologio in cui il tic tac è determinato dal rimbalzare di un raggio di luce tra due specchi.



Nell'orologio a luce non in movimento, il raggio di luce viene emesso dalla base, rimbalza nella parte superiore e ritorna alla posizione iniziale dopo un tot di tempo.

Nell'orologio a luce in movimento, il raggio di luce coinvolto è quello obliquo che deve compiere uno spostamento maggiore, impiegando conseguentemente un tempo maggiore dell'unità precedentemente rilevata.



Allo stesso modo, se confrontiamo la misurazione di due orologi, il primo in movimento e il secondo fisso, scorgiamo un lieve di scostamento tra le due misurazioni, quantificabile con questo fattore.

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Fisica

Grazie a questa esperienza dimostrò che il tempo passa più lentamente per l'orologio in movimento, introducendo il concetto di dilatazione temporale.

Due diversi sistemi di riferimento viaggiano infatti in due tempi.

Ma questa è un'invenzione fisica o una realtà quotidiana?

La relatività dei tempi è dimostrata con una celebre esperienza sul movimento dei muoni che arrivano sulla superficie della terra.

Leggiamo ora questi versi di Dante:

Pd. XXXX, 12

«Or tu chi se' che 'l nostro fummo fendi,
e di noi parli pur come se tue
partissi ancor lo tempo per calendi?».

*«Ma tu chi sei mai che attraversi il fumo che ci punisce
e parli di noi anime proprio come se tu dividessi ancora
il tempo sulla base del calendario?».*

Dante e l'anima del purgatorio vivono in sistemi di riferimento sostanzialmente diversi: l'uno vive nella dimensione terrena, l'altro è proiettato nell'eternità, senza limiti di tempo. Ma allora Dante ha anticipato perfino la relatività dei tempi?

Conclusione

Poiché questa breve nota vuol parlare di Dante Alighieri (1265- 1321), far cenno ai matematici suoi contemporanei e della presenza della matematica nella Commedia, è bene cominciare, come si è fatto or ora, ricordando le date esatte della vita del sommo Poeta italiano. Ecco dunque alcune rapide carrellate che potrebbero avere un qualche interesse.

Matematici contemporanei di Dante, da lui citati (più o meno esplicitamente) nella Commedia

PIETRO ISPANO (1220-1277), papa Giovanni XXI: è l'autore delle *Summulae logicales*, in dodici libri, che Dante ricorda in Pd. XII, 134-135:

...e Pietro Ispano.

lo qual giù luce per dodici libelli.

Dante conobbe, studiò ed apprezzò quest'opera, alcuni elementi della quale appaiono certo in alcuni *passi logici* del Poema. Vi sono più testimonianze concordanti sul fatto che Dante bambino ascoltasse una lezione di *Ottica Geometrica* di Pietro, pare a Siena.

GUIDO BONATTI o BONATO o BONATTO (1200-1220 - 1296-1298): astronomo ed astrologo fiorentino presso la corte di Guido da Montefeltro ed assiduo frequentatore di Federico II, posto da Dante tra gli indovini, in Inf.XX 118. Il suo *Tractatus astronomiae* (in 10 libri) ebbe una certa rinomanza all'epoca e certo Dante lo conobbe.

MICHELE SCOTTO o SCOTO (cioè "lo scozzese") (1150 - 1200 - 1236 ca): è nominato accanto a Guido Bonatti Inf.XX 115-117:

Quell'altro che ne' fianchi è così poco,

Michele Scotto fu, che veramente

de le magiche frode seppe 'l gioco.

Matematico, astronomo ed astrologo, evidentemente molto magro, vissuto alla corte di Federico II, traduttore insigne di Aristotele ed Avicenna (Federico II lo spinse a regalare all'Università di Bologna alcune delle sue traduzioni). Nel suo libro astronomico *Liber introductorius*, sono mescolate questioni scientifiche e magiche, divinatorie, profetiche (com'era, d'altra parte, in uso a quei tempi).

GIOVANNI BURIDANO (1300 ca - 1350 ca): rettore dell'Università di Parigi, logico e filosofo; la famosa questione dell'asino, è citata da Dante in Pd. IV 1-3.

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 intra due brame

GIOVANNI DUNS SCOTO (1265 ca - 1308): filosofo, logico. Dante non lo cita direttamente, ma alcune delle sue osservazioni sulla relazione tra scienza e fede fanno pensare che ne conoscesse il pensiero, d'altra parte molto diffuso in Italia.

Conclusione

GIOVANNI DI SALISBURY (1110-1180) vescovo di Chartres: logico aristotelico. Dante non lo cita, ma sembra conoscerlo, almeno per quanto riguarda alcune interpretazioni del pensiero aristotelico che fa sue.

ROBERTO GROSSATESTA (1175-1253) vescovo di Lincoln: fisico, matematico, scienziato naturale, filosofo, logico; la sua famosa teoria della luce sembra ispirare, in certi punti, alcune riflessioni di Dante, forse sentite accennare e senza conoscenza diretta.

BOEZIO DI DACIA (XIII sec.): filosofo e logico aristotelico; essendo considerato insieme a Sigieri di Brabante (ca 1235 -1283) (cit. in Pd. X 133 - 138) il fondatore dell'averroismo latino, cioè di un'interpretazione radicale e rigorosa del pensiero di Aristotele, Dante ne deve certamente aver conosciuto, se non le opere, almeno il pensiero, visto che di questo egli fu anche accusato; l'opera logica di Boezio fu infatti condannata nel 1277, mentre la lettura di Dante fu vietata più o meno per lo stesso motivo nel 1335 (14 anni dopo la morte del Poeta), e per diversi anni.

Dante cita poi una quantità notevole di matematici antichi e li pone:

in Paradiso:

AGOSTINO DI TAGASTE (354-430): aritmetico, ma non lo nomina in quanto matematico bensì come teologo (XXXII 35).

BEDA IL VENERABILE (673- 735): enciclopedista, creatore di giochi matematici più volte copiati nel corso dei secoli (X 131), per esempio da Alcuino nell'VIII sec.

BOEZIO SEVERINIO TORQUATO (480-526): enciclopedista, scrisse, tra l'altro, trattati di aritmetica e di geometria ai quali certo si ispirò Dante per le sue conoscenze generali (X 124-129 e Convivio).

BRISSE o BRISONE (III sec. a.C.) (c'è chi dice fosse allievo di Euclide): geometra che tentò di misurare il valore di π con un numero razionale (XIII, 124-126); è citato da Dante come esempio di modo scorretto di ragionare, grazie ad osservazioni tratte da Aristotele.

ISIDORO DI SIVIGLIA (560 ca - 630): vescovo di Siviglia, enciclopedista (X 130-131); si sa che fu uno studioso di abaco (come si direbbe oggi: di algoritmi).

PITAGORA (VI-V sec. a.C.) forse cit. I 82-84 (dico forse perchè l'identificazione del personaggio citato in quei versi con Pitagora non è concorde).

TOMMASO D'AQUINO (1221 ca-1274): filosofo, matematico, logico, più volte citato da Dante come logico e teologo (X, XI, XII).

nessuno in Purgatorio!

nel Limbo (Inf IV):

ERACLITO (550-480 ca. a.C.): filosofo e matematico.(138)

EUCLIDE DI ALESSANDRIA (IV sec. a.C.): matematico (142).

PLATONE (427 a.C.-347 a.C.): filosofo e matematico (134-135) [è negativamente citata in Pd. IV, 49-63 la teoria platonica del ritorno delle anime].

Conclusione

TALETE DI MILETO (VII-VI sec. a.C.): filosofo e matematico (137)

CLAUDIO TOLOMEO DI ALESSANDRIA (II sec. d.C.): astronomo e matematico (142).

ZENONE DI ELEA (V sec a.C.): filosofo, logico (138) (e Convivio).

in Inferno:

EMPEDOCLE di AGRIGENTO (V sec. a.C.): filosofo e matematico (XII 41-43).

Vi sono poi vari matematici che Dante non cita nella Commedia, ma nel Convivio; tra questi:

ALBUMASAR (IX secolo): astronomo, astrologo e matematico arabo.

ALFRAGANO (IX secolo): astronomo, astrologo. matematico arabo, la cui opera *Liber de aggregationibus scientiae stellarum* è solitamente considerata una delle principali fonti di informazione astronomica di Dante ed altri.

Dante cita un solo chimico e lo mette all'Inferno XXIX 136-139

*sì vedrai ch'io son l'ombra di Capocchio,
che falsai li metalli con l'alchìmia;
e te dee ricordar, se ben t'adocchio,
mentre com'io fui di natura buona scimia».*

Conclusione

“... ..Infine, vorrei chiudere con un elogio al mondo medievale e a quello di Dante. Era un mondo che si trovava di fronte a un problema che noi moderni abbiamo eliminato. Gli uomini di allora si vedevano costretti a conciliare un’immagine scientifica del mondo, quella greca, pagana e materialista, con un’esigenza assoluta, che derivava dalla certezza della Rivelazione.

Per l’uomo medievale esistevano tanto la Ragione quanto la Rivelazione, tanto il mondo dei sensi quanto Dio. Esisteva tanto la parte del mondo centrato sulla Terra quanto quella centrata su Dio, tanto il visibile quanto l’invisibile.

Non era facile conciliare questi mondi, ma si viveva fino in fondo in questa tensione, e parte della straordinaria fertilità della cultura medievale deriva proprio dal fatto che gli uomini di quell’epoca sono riusciti a vivere con questa tensione a un’altezza intellettuale che a noi, che abbiamo optato solo per la metà sinistra dell’immagine, sfugge quasi del tutto.

Noi abbiamo scartato quasi completamente la metà destra del mondo, ed è per questo motivo che siamo capaci solo della creatività nel visibile e quasi completamente privi della creatività dell’invisibile. Viviamo come amputati. Stiamo in guardia! Da quando viviamo solo nel visibile, gli occhi di Beatrice si sono chiusi. A quali occhi potremo ormai ancorare il nostro sguardo? A che sguardo potremo mai aggrapparci?”

Dal libro:

Gli occhi di Beatrice

Com’era davvero il mondo di Dante

di Horia-Roman Patapievici

edito da Bruno Mondatori

Conclusione

