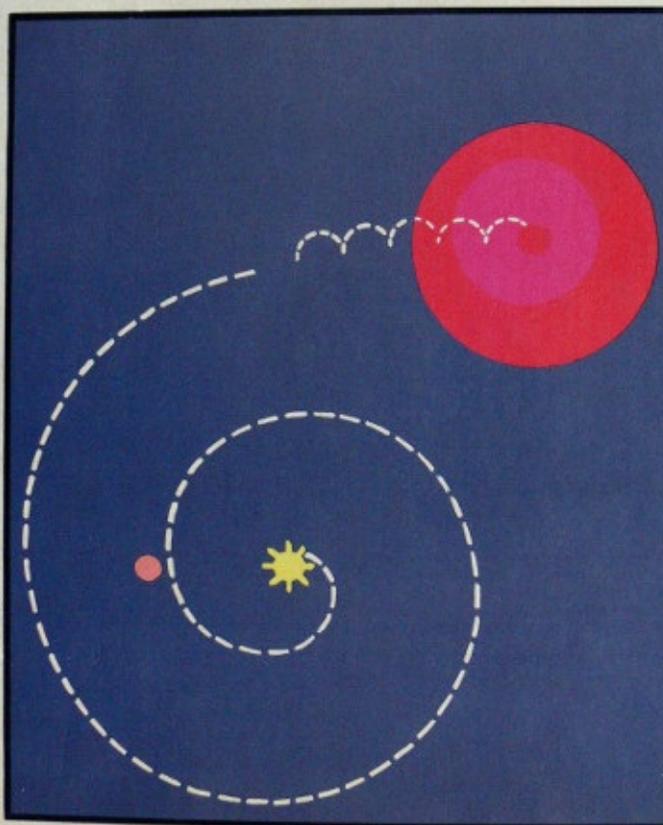


GIUSEPPE ZUNGRI

L'ENIGMA DEI CIELI

la posizione dell'uomo nell'immensità dell'universo • il vortice • scoperto come si formano i sistemi planetari abitati e le galassie • fatta piena luce sui dischi volanti • lo spazio fonte di energia • il principio dell'unità della natura • la parola delle nuove scienze su tanti affascinanti ed esaltanti misteri • un libro sbalorditivo e shockante • 50 illustrazioni



**COLLANA
MONDI
SCONOSCIUTI**

MEB

Giuseppe Zungri è nato il 16/07/1934 a Limbadi (Cz) ed ha fatto studi tecnici, lavora da molti anni a Torino. Si è appassionato fin da bambino alla scienza ed ai misteri che ci circondano.

Egli è convinto dell'Unità dell'Universo e che quindi tutti i fenomeni anche i più sconcertanti e complicati si debbano spiegare razionalmente e non con assurde fantasie.

Copyright © 1973 by Casa Editrice M.E.B. Corso Dante, 73 - 10126 Torino
Copertina di Marco Rostagno Stampa Nuove Arti Grafiche S.p.A. - 12038
Savigliano

GIUSEPPE ZUNGRI

L'ENIGMA DEI CIELI

(1973)



A mia madre
A mio padre

Ezechiele 1 (4-15/19)

Io guardai ed ecco venire da settentrione un vento di tempesta, una grossa nuvola con un globo di fuoco, che spandeva tutto all'intorno di essa uno splendore...

.....

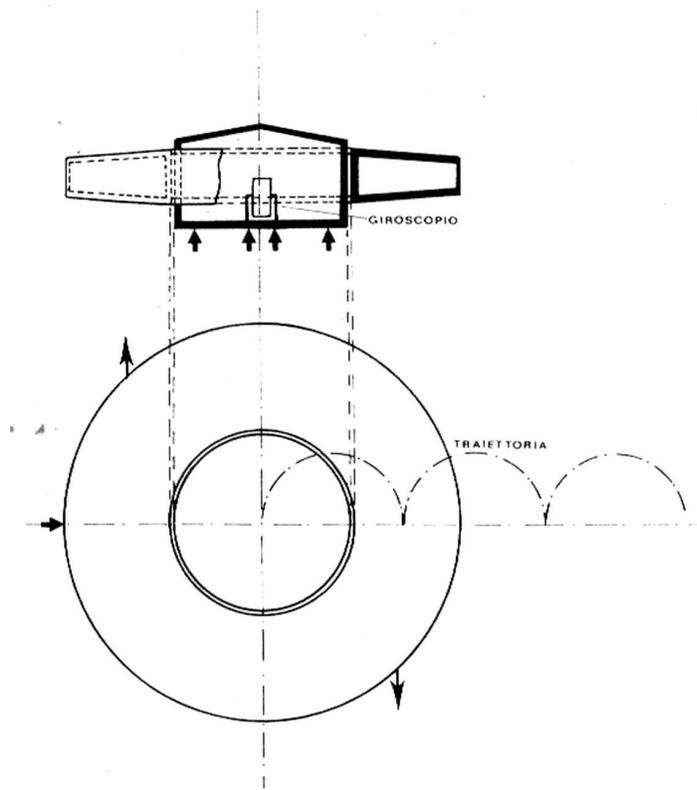
Or come io stavo guardando gli esseri viventi, ecco una ruota in terra presso ciascuno di essi.

L'aspetto delle ruote e la loro forma erano levigatissimi, e tutti e quattro si somigliavano.

Il loro aspetto e la loro forma erano come quello di UNA RUOTA IN MEZZO AD UN'ALTRA RUOTA.

Quando si muovevano andavano ognuno per proprio conto, e ANDANDO NON SI VOLTAVANO.

Quanto ai loro cerchi erano grandissimi e formidabili e PIENI DI OCCHI TUTT'INTORNO.



Disegno schematico di un « Disco volante »

Premessa

— Se un corpo senza peso (gravità neutralizzata con un'altra forza uguale e contraria), si fa ruotare uniformemente per mezzo di una coppia, ed inoltre si applica al suo baricentro una forza costante complanare al piano di rotazione, che traiettoria descriverà? Può descrivere una cicloide? —.

Questo problema è stato proposto ad un noto professore di meccanica.

La risposta in realtà non c'è stata, è stata vaga, e comunque ha escluso che il corpo possa descrivere una cicloide.

Bisogna però precisare che il docente non ha potuto dire se la mia soluzione era esatta o meno, perché per motivi che sarebbe qui lungo spiegare, non ne è venuto a conoscenza.

Invece l'ufficiale dell'aeronautica militare ing. Enrico Gamba ed il prof. Aldo Muggia del politecnico di Torino hanno riconosciuto giusta la soluzione del problema e che la traiettoria descritta dal corpo è proprio una cicloide.

Riferisco queste circostanze per fare intendere che il problema più che essere difficile, per il risultato che dà era innanzitutto impensabile, ...ed i Dischi volanti si muovono proprio descrivendo una cicloide!

Difatti essi possono raggiungere velocità elevatissime perché cambiando continuamente direzione non comprimono l'aria, cioè eludono la resistenza del mezzo e quindi la « barriera del calore ».

E' bene ricordare che un velivolo convenzionale non può superare certe velocità, non per mancanza di spinta, ma perché fonderebbe per l'attrito con l'aria; è vero che è stata superata la barriera sonica, ma oltre c'è quella termica.

Ecco perché questi velivoli hanno la forma di un disco che, come ben si sa, se dovesse muoversi rettilinearmente, sarebbe un pessimo profilo aerodinamico ed incontrerebbe un'enorme resistenza nell'attraversare l'atmosfera.

Poi, non facendo ruotare la cabina sistemata al centro, come sarà spiegato nel

testo, si sfugge anche alla forza centrifuga e perciò, con questi velivoli, si possono compiere manovre incredibili come per es., fare marcia indietro ad altissima velocità.

Sia il Sistema solare, sia le galassie hanno la configurazione di un vortice. Il vortice lo troviamo anche nell'atmosfera terrestre (uragani, mulinelli), ed è molto diffuso in natura, dato che la materia si dispone spesso secondo una spirale. Anche con la gravità vedremo che sembra esserci un'analogia.

Perché si forma il vortice? — Perché la materia si dispone descrivendo una traiettoria di minor resistenza, analogamente al moto dei Dischi volanti. I Dischi volanti sono quindi velivoli adatti a muoversi in un'atmosfera, ma non nello spazio vuoto.

Difatti le astronavi (se ne sono viste lunghe un chilometro) che provengono probabilmente dalle stelle, hanno la forma di un sigaro, ed i Dischi volanti in esse contenuti, servono soltanto per la ricognizione sui pianeti.

E' impossibile?

Si può dire che non c'è stata scoperta che non sia stata giudicata impossibile!

Forse adesso è diverso perché si è più preparati?

Relativamente la situazione è sempre identica, ed avviene perché l'uomo si affeziona alle cose acquisite, e rifiuta ciò che può far cadere il suo castello di carte. Poi col tempo inevitabilmente tutti si convertono alle nuove idee.

Gli Dei delle religioni erano degli extraterrestri?

Può darsi che questi siano stati considerati Dei o diavoli dagli uomini del passato, ma Dio è al di sopra di ogni cosa; egli è presente nella nostra mente ed a lui, ognuno a modo nostro, tutti ci rivolgiamo continuamente.

Nel nostro cervello c'è qualcosa che funziona automaticamente senza che noi ce ne rendiamo conto, ed anche mentre stiamo pensando ad altro o stiamo dormendo.

Certe volte si tenta inutilmente di risolvere un problema, ma a distanza di tempo ci ritorna in mente, e spesso con la soluzione.

Probabilmente la più grande conquista per l'uomo sarà quella di riuscire a capire il proprio cervello e ad usarlo nel modo giusto.

Un automa per quanto perfezionato riuscirebbe mai a spiegarsi sé stesso?

Nell'uomo è rilevante il senso della competizione che lo fa progredire e non lo fa annoiare, ma dovrebbe essere presa sportivamente, senza vittime.

In fondo la vita sembra una continua attesa, ed intanto sarebbe meglio poterla vivere serenamente.

Ringrazio gli Autori e gli Editori dei libri che ho consultato per scrivere questo, che spero di essere riuscito a rendere chiaro e facilmente comprensibile a tutti.

Esprimo gratitudine al dott. Achille Brasati Di Sellala che mi ha coadiuvato con l'entusiasmo e con suggerimenti.

Giuseppe Zungri

I. Uomo ed Universo

La scienza ha suddiviso empiricamente tutta la materia esistente in natura in tre regni: — Regno dei non viventi, i minerali; regni dei viventi, i vegetali e gli animali.

Però bisogna tener ben presente che ogniqualvolta le manifestazioni della natura vengono suddivise in determinate branche, ciò si fa arbitrariamente e solo come ipotesi di lavoro.

Di fatti non c'è nessun principio attendibile che ci faccia supporre che i fenomeni naturali debbano essere staccati tra di loro, anzi il progresso c'induce sempre più a pensare il contrario, cioè alla continuità ed all'unicità della Natura.

La Natura s'identifica con Dio, e tutte le grandi religioni riconoscono un solo Dio supremo. Solo i primitivi vedono un dio in ogni cosa: dio del mare, del vento, del sonno, dea dell'amore, ecc. —.

Chi avrebbe mai pensato che l'energia potesse trasformarsi in materia, e viceversa?

C'è forse una delimitazione ben definita tra fisica e chimica?

Effettivamente non esiste; e quella linea immaginaria di demarcazione tra fenomeni fisici e chimici, è andata sempre più scomparendo man mano che si è approfondita la conoscenza.

Difatti già da tempo i chimici debbono, per riconoscere la « valenza » di un elemento, interessarsi di elettroni, cioè di quegli elettroni che determinano la capacità di un atomo a combinarsi con un'altro.

Prima invece gli elettroni erano di esclusiva competenza dei fisici, perché non si sapeva che la valenza dipendesse dagli elettroni. D'altra parte i fisici si occupano anche di reazioni ... nucleari.

Quanto si è detto per la fisica e per la chimica, vale in generale per tutti i campi della scienza.

Ritornando ai regni della Natura, ci poniamo questa domanda:

— Come si e generata la vita?

Si sono fatte diverse ipotesi, alcune delle quali ormai hanno soltanto interesse storico.

Ancora nel secolo scorso si pensava alla « generazione spontanea », praticamente dal nulla, perché si può osservare che in taluni liquidi prosperano degli insetti o dei microorganismi.

Ciò è dovuto alle uova degli stessi insetti, per es. uova di mosca, ed ai batteri contenuti nell'aria, che cadendo nel liquido, ivi si sviluppano.

Prima lo scienziato-poeta F. Redi, e poi definitivamente Pasteur, hanno chiarito la questione, dimostrando che se il liquido viene isolato o bollito, non avviene nessuna generazione.

Un'altra teoria proponeva che la vita è sempre esistita nello spazio, e che da esso era giunta sulla Terra.

Una variante a questa teoria era l'ipotesi che la vita fosse giunta sulla Terra da un altro pianeta, ma senza spiegare però come si fosse prodotta colà!

Per le teorie che sostengono la provenienza della vita dallo spazio o comunque dal di fuori della Terra, c'è evidentemente oltretutto da risolvere il problema di come ciò possa avvenire, senza che il germe di vita perisca durante il tragitto, anche se ammettiamo viaggiante all'interno di una meteora; perché esso viene inevitabilmente sottoposto alle altissime temperature dell'attrito con l'atmosfera, ed alle radiazioni dello spazio vuoto (da quest'ultime noi siamo protetti dall'aria che avvolge la Terra).

Rimangono adesso le due teorie più importanti, e che hanno diverso significato.

Le Religioni, dall'interpretazione dei libri sacri, concludono che la vita sia di origine soprannaturale, poiché Dio, avendo creato tutte le cose, ha anche creato gli esseri viventi, e l'uomo a sua immagine e somiglianza.

Da un punto di vista filosofico e poetico quest'interpretazione è giusta; ma dal punto di vista scientifico non è fruttuosa, perché lo scienziato non si accontenta

di saperlo, ma vuole sapere come sia avvenuto, altrimenti non ci sarebbe nessun progresso.

Giordano Bruno, sostenitore della pluralità dei mondi, così ci spiega: — « Come chiarissimamente ogn'uno può vedere, nei libri divini... non si trattano dimostrazioni et speculazioni circa le cose naturali, come se fosse filosofia: ma... per le leggi si ordina la pratica circa le azioni morali. Avendo dunque il divino legislatore questo scopo davanti agli occhi, nel resto non si cura di parlare secondo quella verità per la quale non profitterebbero i volgari, per ritrarsene dal male et appigliarsi al bene: ma di questo il pensiero lascia agli uomini contemplativi: et parla al volgo di maniera, che secondo il suo modo di intendere et di parlare, venghi a capire quel ch'è principale » —.

Una risposta al quesito che abbiamo inizialmente posto, hanno cercato di darla diversi uomini « contemplativi », tra i quali ricordiamo principalmente il naturalista francese J. B. Lamarck,

A. R. Wallace, ed in modo determinante il famoso Charles R. Darwin, che nel 1858 pubblicò « Dell'origine delle specie per selezione naturale ».

Per lo scienziato ovviamente la risposta è molto ardua, perché implica una spiegazione di come si sia generata la vita (perché, forse non si saprà mai, forse non esiste un perché).

La vita non sarebbe un fenomeno staccato da tutti gli altri fenomeni della natura. La materia partendo da uno stato grezzo, semplice, con continuità, si va organizzando in forme sempre più complesse, fino ad arrivare, in determinate condizioni favorevoli, alla vita, ed all'uomo.

L'evoluzione della materia terrestre rappresenta un caso particolare della evoluzione più generale dell'Universo, perché anche questo si evolve, come vedremo.

Effettivamente non c'è una distinzione ben definita tra vita e non vita. I biologi sono per es. in disaccordo sul collocamento dei virus. Perché questi si possono considerare dei microorganismi viventi, ma tuttavia somigliano moltissimo, sia chimicamente che fisicamente, alle proteine, che sono le molecole più complesse del regno minerale.

Esistono anche delle alghe calcaree ed alghe silicee e se il virus sembra l'anello

di congiunzione tra mondo minerale e mondo animale, queste aderiscono sia alla natura dei vegetali che a quella dei minerali.

Comunque, se la vita ha avuto origine da materia inorganica, ciò è più probabile che sia avvenuto negli oceani, perché, per svilupparsi, la cellula primordiale che casualmente si era prodotta, aveva bisogno di altra materia organica che soltanto nell'acqua era abbondante.

Ma quali sarebbero le condizioni adatte alla formazione di un essere vivente?

Noi conosciamo la vita soltanto così come sulla Terra e notiamo che in quei luoghi dove le condizioni di temperatura, pressione, presenza di acqua, ossigeno, carbonio, radiazioni, ecc., si discostano da quei valori ritenuti ottimi, la vita va scadendo verso forme sempre più primitive, più semplici.

Da ciò dovremmo dedurre che lo sviluppo della vita su gli altri corpi celesti, è possibile soltanto se vi sono condizioni simili a quelle che esistono sul nostro pianeta.

Ci sarebbe però, secondo alcuni, un'altra alternativa.

Non sarebbe possibile che quelle forme di vita che sulla Terra sono rimaste allo stato primitivo, in altre condizioni, su altri pianeti, si sarebbero potute sviluppare fino ad uno stadio elevato?

Per es., nell'acqua vivono benissimo sia pesci che piante, ed anche a profondità enormi, dove vi sono enormi pressioni ed assenza di luce.

Bisogna tuttavia tenere conto che per poter stabilire con sicurezza dove si può sviluppare la vita, bisognerebbe conoscere perfettamente che cosa essa sia, e come si forma.

Sembra certo però che il carbonio sia indispensabile alla vita, perché è il solo elemento che può formare molecole molto complesse formate da migliaia di atomi che servono alla costruzione di quell'acido famoso, DNA, presente nel nucleo cellulare e portatore dei caratteri ereditari.

Un altro elemento capace di formare molecole complesse, ma in minor grado, sarebbe il silicio. Cioè alcuni ritengono che potrebbero esistere esseri viventi con una chimica basata sul silicio, anziché sul carbonio come è quella degli

organismi viventi sulla Terra.

Il passaggio sulla Terra dal mondo minerale a quello vivente si stima circa tre miliardi di anni fa, ma i fossili più antichi sembrano datare soltanto un miliardo di anni. L'uomo ha incominciato a foggare la pietra, circa 700 mila anni fa.

Secondo la scienza l'uomo, pur essendo considerato il prodotto più pregiato della evoluzione, appartiene: al regno animale; alla classe dei mammiferi; all'ordine dei primati.

I primati derivano da mammiferi simili a topi, vissuti circa 70 milioni di anni fa, e comprendono oltre all'uomo, le scimmie, le scimmie antropomorfe (gorilla, scimpanzè...), le tupaie, le lemuridi, ecc., caratterizzati da mani prensili grazie al pollice opponibile alle altre dita, occhi spostati in avanti con vista stereoscopica, quasi tutti arboricoli, e con notevole abilità ed agilità.

Da ciò si deduce che non è come taluni pensano che l'uomo derivi dalla scimmia, ma l'uomo e la scimmia hanno soltanto antenati comuni: è chiaro che più indietro nel tempo si va, più parenti sgraditi troviamo! La scimmia ha seguito una evoluzione diversa. Difatti essa è ancora su gli alberi, mentre l'uomo gradatamente ha conquistato tutta la superficie terrestre e già si appresta a colonizzare i pianeti; altrimenti come si farà con l'attuale incremento demografico?

Cinque pianeti del Sistema solare erano già noti agli uomini di 5000 anni fa, per il fatto che essi sono visibili ad occhio nudo, e si muovono sulla sfera celeste tra le stelle fisse; difatti pianeta significa stella errante.

Essi portano nomi di Dei, e sono nell'ordine di distanza dalla Terra (anche dal Sole!): Mercurio, Venere, Marte, Giove, Saturno.

Anche Urano però si può vedere ad occhio nudo, ma esso fu scoperto soltanto nel 1781 da William Herschel, con un telescopio che si era costruito da sé.

Poi si scoprì Nettuno nel 1846, e Plutone nel 1930.

E' presumibile che l'uomo appena acquistò la capacità di pensare, incominciò a farsi domande su ciò che lo circondava. Quindi le teorie per spiegarsi l'Universo debbono essere moltissime, anche se si esclude la preistoria.

L'uomo si sente relativamente sicuro solo quando riesce a rendersi conto di un fenomeno; altrimenti è preso dal panico e cerca di spiegarselo irrazionalmente, oppure lo ignora, cerca di convincersi che non esiste.

Difatti da una parte vengono sviscerate le « spiegazioni » più assurde e dall'altra si assiste allo scetticismo più paradossale. Il primo uomo che concepì chiaramente un universo logico fu Aristotele, vissuto nel quarto secolo A. C.

Per Aristotele in realtà esistevano due Universi: uno finito, terrestre, che andava dal centro della Terra fino alla Luna esclusa; ed uno celeste, che si estendeva dalla Luna in sù verso l'infinito, dove c'era anche la sede degli Dei.

L'Universo terrestre era composto dalla mescolanza di quattro elementi fondamentali, che in ordine di pesantezza erano: la Terra, l'Acqua, l'Aria, il Fuoco.

Essi si trovavano in continua agitazione e rimescolio, altrimenti si sarebbero dovuti disporre secondo sfere concentriche ed in modo che l'elemento più pesante si trovasse più in basso, cioè: prima la sfera di Terra, poi quella di Acqua, poi quella di Aria, ed infine quella di Fuoco, che evidentemente conteneva le altre tre, e segnava il limite con le sfere celesti.

Quindi tutta la materia terrestre, essendo composta dalla combinazione di questi quattro elementi, tendeva continuamente, senza posa, a collocarsi secondo la disposizione ideale delle sfere di appartenenza.

Così un sasso lanciato in aria ricade verso il centro della Terra; similmente la pioggia viene giù per unirsi all'Acqua; la « polvere » e la fiamma invece vanno verso l'alto per raggiungere le sfere connaturali.

In questo modo però non avrebbero potuto esistere che dei movimenti verticali! E difatti questi vennero considerati « moti naturali ». Tutti gli altri moti invece erano dei « moti violenti », nel senso che si opponevano alle leggi naturali e potevano esistere soltanto finché agiva su di essi una forza esterna.

L'Universo celeste era composto invece di una materia speciale, immutabile ed incorruttibile, raccolta in sfere cristalline levigatissime, e comprendeva la Luna, i pianeti e le stelle.

Non solo la materia era di natura divina, ma anche il moto dei corpi celesti era

diverso da tutti gli altri moti, perché lo ritenevano perfettamente circolare.

Per gli Antichi il moto circolare uniforme, al contrario di tutte le altre traiettorie, era perfetto perché si chiudeva su sé stesso e quindi non aveva né inizio né fine; ed un corpo che si muoveva così, non si fermava più, per l'eternità.

Effettivamente le stelle, la Luna ed il Sole (fig. 1), appaiono all'osservatore ruotanti secondo circonferenze, ma i pianeti no (fig. 2)! Ed il voler considerare anch'essi divini, fu causa di molti rompicapi, per l'interpretazione delle loro orbite, e di ritardo nel progresso della fisica.

Nell'Universo di Aristotele, la Terra che stava al centro, non poteva avere quindi assolutamente nessun movimento circolare, perché oltretutto non era fatta di materia celeste (ma già fin da allora un discepolo di Aristotele, Eraclide Pontico, pensava che la Terra potesse ruotare!).

Probabilmente qualche lettore sorriderà per le idee di Aristotele, ma credo non sia il caso, per due ragioni. La prima per rispetto al più insigne e più dotto filosofo dell'antichità, i cui scritti hanno l'estensione di un'enciclopedia.

La seconda perché, relativamente, è probabile che la nostra migliore teoria sull'Universo, non spieghi più fenomeni noti, di quanto ne spiegasse quella di Aristotele.

Dopo Aristotele, non si fece praticamente nessun progresso per circa 2000 anni, ... e quando questo avvenne, fu la fine tragica di un mondo.

Claudio Tolomeo alessandrino, nel secondo secolo D. C., scrisse un'opera ponderosa di astronomia, l'Almagesto, che significa la grande compilazione, che per molti secoli fece testo per quanto riguardava la scienza del cielo.

Essa comprendeva tutto quello che fino ad allora era noto. Tolomeo concepiva ancora l'Universo con la Terra al centro; a distanza gradatamente crescente, ruotavano la Luna, Mercurio, Venere, Sole, Marte, Giove, Saturno e la sfera delle stelle fisse; aldilà immobile stava ancora l'Empireo, cioè la sede degli Dei.

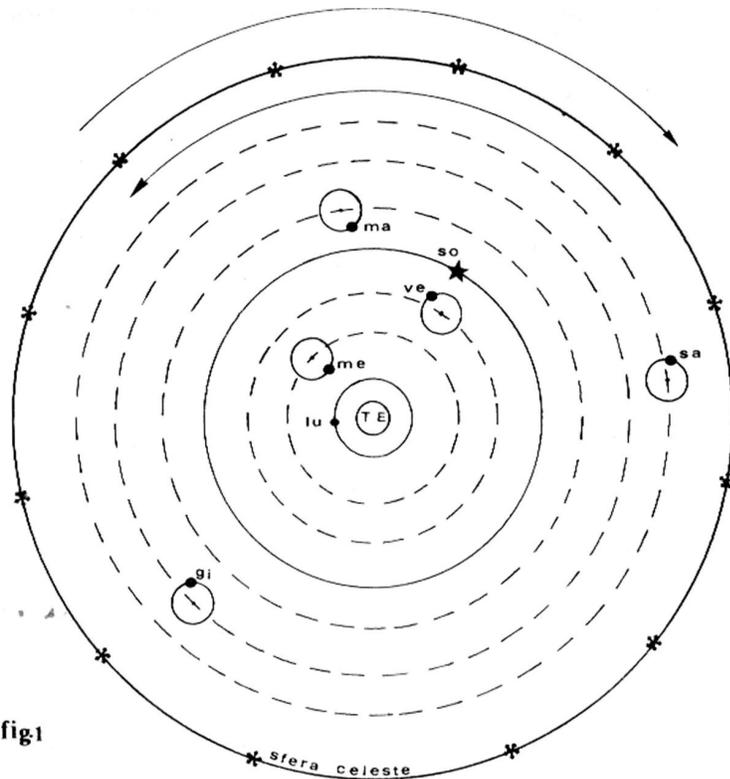
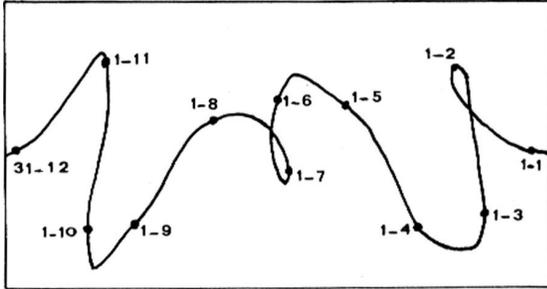


fig1

Fig-1: I nostri avi guardando il cielo vedevano, come vediamo noi, le stelle fisse sulla « sfera celeste », ed i pianeti erranti sullo sfondo detta « sfera celeste ». A loro è venuto « spontaneo » ritenere la Terra ferma e tutto il resto in moto intorno ad essa (la Terra sembra fermi). Il moto dei pianeti visti dalla Terra è molto irregolare (vedi fig. 2); quello della Luna, del Sole, e della Sfera celeste invece appare circolare. Gli Antichi hanno pensato che anche i pianeti si dovevano muovere di moto circolare uniforme (in effetti si muovono di moto quasi circolare ma però intorno al Sole!), e si sono esauriti per spiegare la traiettoria vista dalla Terra di ogni pianeta, come **DOVUTA AD UN INSIEME DI MOTI CIRCOLARI INTORNO ALLA TERRA!** In questa figura è illustrata la « teoria degli epicicli », dove si vede che ogni pianeta ruota intorno ad un centro posto sulle linee tratteggiate, che a sua volta ruota intorno alla Terra. Ma essa è approssimata, perché per spiegare con più precisione il moto dei pianeti, giunsero ad immaginare decine di « sfere ruotanti dentro altre sfere » intorno alla Terra (per il solo Mercurio ce ne volevano 13).



TRAIETTORIA DI MERCURIO 1955

Il moto dei pianeti visto dalla Terra appare molto complicato: questa è la traiettoria descritta da Mercurio nell'anno 1955 (da gennaio a dicembre).

Poiché la sfera delle stelle fisse sta aldilà della Luna, dei pianeti e del Sole, questi dalla Terra si vedono transitare sul suo sfondo, lungo una striscia circolare, detta zodiaco, (fig. 8), avente l'estensione di 16° .

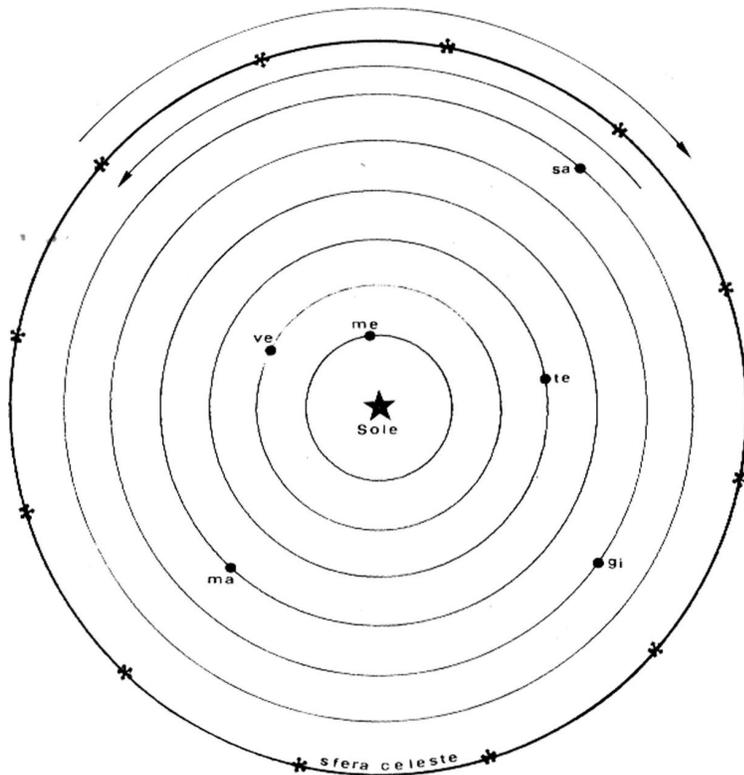
Lo zodiaco è stato suddiviso in 12 segni, corrispondenti alle 12 costellazioni su cui il Sole passa, cioè si proietta, durante i 12 mesi dell'anno.

Essi sono « quelli dell'oroscopo » e sono stati immaginati dai babilonesi: Ariete, Toro, Gemelli, Cancro, Leone, Vergine, Bilancia, Scorpione, Sagittario, Capricorno, Acquario, Pesci.

Visto dalla Terra, il moto di ogni pianeta sulla fascia dello zodiaco, somiglia ad una serpentina, e talvolta inverte addirittura il senso della direzione (fig. 2).

Ma ciò è normale: non è da attribuire ad un difetto della teoria geocentrica! Solo se noi ci trasferiamo idealmente sul Sole, (fig. 3), vediamo i pianeti ruotare regolarmente intorno a noi (come dalla Terra vediamo la Luna; il Sole lo vediamo anche ruotare regolarmente intorno alla Terra, ... ma solo per il fatto che siamo noi a ruotare intorno ad esso (fig. 3).

Quindi guardando dalla Terra gli altri pianeti, è evidente che dobbiamo aspettarci che essi descrivono delle traiettorie complicate sullo sfondo dello zodiaco, perché noi stessi ruotiamo intorno al Sole e con velocità diversa da quella di ogni altro pianeta (ciò risulterà più chiaro nel cap. 4).



Insomma come descrizione del movimento dei corpi celesti visti dalla Terra, nella teoria di Tolomeo, entro i limiti di precisione della descrizione stessa, non c'è nessun errore, semplicemente perché è vero che essi si muovono così, visti dalla Terra.

Però se consideriamo il Sole al centro, la descrizione delle orbite risulta molto più semplice (fig. 3), e da questa descrizione si può poi stabilire anche, più facilmente, la posizione dei corpi celesti rispetto alla Terra, e cioè come da essa si debbano vedere.

Inoltre bisogna pure tenere conto che la descrizione geocentrica di Tolomeo, era resa ancora più difficile dalla esigenza di non poter assegnare altro moto ai pianeti, che quello circolare uniforme (perché come abbiamo visto, erano costituiti di materia celeste).

Quindi quei moti così irregolari dei pianeti, visti dalla Terra, si dovevano ottenere soltanto dalla combinazione di moti circolari uniformi (i pianeti potevano descrivere solo circonferenze).

Questo non era un compito facile evidentemente, e difatti non è stato risolto che approssimativamente, e con molte complicazioni.

Una descrizione che dà un'idea approssimata, è quella di (fig. 1), in cui ogni pianeta ruota lungo una circonferenza il cui centro, a sua volta, ruota intorno alla Terra (teoria degli epicicli).

Ma l'aspetto più importante non è quello descrittivo, perché il movimento nella fisica è relativo.

Cioè se uno si trova su di un treno che si muove a velocità costante, e guardando dal finestrino, vede gli alberi andare in senso opposto, può benissimo supporre che il treno sia fermo, e che invece siano gli alberi a muoversi; anzi se sul treno non vi fossero scosse, egli non potrebbe stabilire chi è che si muove, se il treno o gli alberi, o l'utti e due.

Se però vogliamo sapere oltre al come, perché i pianeti si muovono, allora la descrizione geocentrica bisogna scartarla senz'altro. Difatti la fisica non ha fatto nessun progresso fintantoché non è stata scoperta la teoria eliocentrica.

Perché è evidente che con delle traiettorie dei pianeti, così come si vedono dalla Terra, non si poteva mai capire che i pianeti ruotano intorno al Sole perché sono attratti da esso, cioè non si poteva scoprire la gravitazione, nel modo come è avvenuto.

Fu Niccolò Copernico (1473-1543) che propose la teoria eliocentrica.

Perché egli notò che tutto si semplificava se si poneva il Sole e non la Terra, al centro dell'Universo (fig. 3).

Ma anche così rimaneva qualche irregolarità tra osservazione e teoria.

Ciò era dovuto al fatto che le orbite dei pianeti intorno al Sole, sono delle ellissi (un'ellisse somiglia ad una curva ovale) e non delle circonferenze.

Questa scoperta è stata fatta da Giovanni Keplero (1571-1630), che formulò anche come vedremo, le leggi che regolano il moto dei pianeti intorno al Sole.

La teoria eliocentrica fu validamente sostenuta da Galilei Galileo (1564-1642), che puntando il suo cannocchiale verso i corpi celesti, poté sperimentalmente confermarne la validità, facendo crollare quel mondo metafisico ed irrealista, che per tanto tempo aveva oscurato la mente degli uomini di scienza.

Guardando nel cannocchiale e verso le stelle, Galilei che da tempo aveva aderito alla teoria eliocentrica, non vide affatto l'Universo celeste che aveva ipotizzato Aristotele: — Le sfere cristalline ed incorruttibili si mostrarono simili alla sfera terrestre! Difatti la Luna presentava una superficie tutta butterata con crateri e protuberanze ed il Sole era pieno di macchie! Inoltre il pianeta Giove sembrava un altro mondo, perché aveva delle lune che gli giravano attorno!

Così scrive Paolo Rossi: « Non mancarono le polemiche aspre, i rifiuti tenaci, le ostinate manifestazioni d'incredulità. Essi provenivano soprattutto dagli ambienti della cultura accademica legata alle posizioni dell'aristotelismo. Il celebre Cremonini, amico e collega di Galileo a Padova, non crede che Galileo abbia visto qualcosa, protesta contro quegli "occhiali" che imbalordiscono la testa e rimprovera Galileo di essere entrato "in tutte quelle girandole".

A Bologna, l'astronomo Giovanni Antonio Magini assume un atteggiamento di ostilità e di malevolenza. Quando Galileo si reca a Bologna nell'aprile del 1610 per cercare di persuadere gli studiosi della verità delle sue scoperte, Martino Horki, che diventerà in seguito un avversario irruento, scrive al grande Keplero: — ho provato in mille modi questo strumento di Galilei, sia nelle cose inferiori che nelle superiori; nelle prime fa meraviglie, ma fallisce nel cielo perché le stelle fisse appaiono duplicate » —.

Come si possono spiegare reazioni di questo genere?

E' evidente che la mente umana presenta una forte inerzia alle novità e di conseguenza si deve dedurre che la sua velocità di apprendimento ha un limite molto basso, specie nei non più giovani.

Ed il bello è che ... la storia si ripete puntualmente; si è pronti a criticare l'abberrazione ed il pregiudizio passati ... ma non ci si accorge di quelli presenti!

Probabilmente come un muscolo, il cervello si sviluppa con l'uso che se ne fa, ma gradualmente e questo accrescimento si trasmette in qualche modo alle generazioni future.

Non saprei dire poi se entra in giuoco anche la gelosia.

B. Russel si preoccupava del rapido avanzare della scienza, perché temeva che l'uomo non riuscisse a tenerne il passo.

Ai contestatori della rotazione della Terra, Galilei rispondeva così: — « Rinserratevi con qualche amico nella maggiore stanza che sia sotto coverta di alcun grande navilio, e quivi fate di aver mosche, farfalle e simili animaletti volanti; siavi anco un gran vaso d'acqua, e dentrovi de' pescetti; sospendasi anco in alto qualche secchiello, che a goccia a goccia vadia versando dell'acqua in un altro di angusta bocca, che sia posto a basso; e stando ferma la nave, ...osserverete che avrete diligentemente tutte queste cose, ...fate muover la nave con quanta si voglia velocità; che (pur che il moto sia uniforme e non fluttuante in quà ed in là) voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti, né da alcuno di quelli potrete comprendere se la nave cammina o pure sta ferma ... le goccioline cadranno come prima nel vaso inferiore, senza caderne pur una verso poppa; benché, mentre la gocciola è per aria, la nave scorre di molti palmi... » —

Queste parole di Galilei, esprimono chiaramente il principio di relatività del movimento. Egli afferma che se la nave si muove a velocità costante, per quanto grandissima questa possa essere, è impossibile sapere se essa sia ferma od in moto, senza guardare un punto di riferimento esterno.

E le conseguenze sono notevolissime perché se il moto di un corpo si può stabilire soltanto in riferimento ad un altro corpo, esso perde ogni significato, in senso assoluto, e moto uniforme equivale ad assenza di moto.

Probabilmente qualcuno può pensare: — Va bene, non si può stabilire se sia in moto l'osservatore oppure quell'altro corpo a cui ci si riferisce, per es. se si sia in moto il proprio treno oppure quello adiacente; ma se si guarda a terra ci si accorge che il proprio treno è fermo!

Ma questo non significa che ci sia moto assoluto, ma semplicemente che rispetto alla Terra il proprio treno è fermo e quello altro è in moto, e che i due treni sono in moto relativo.

Se per es., ci troviamo nello spazio, lontano dalla Terra e da qualsiasi corpo celeste, come facciamo a sapere se siamo in moto uniforme o se siamo fermi?

Prima di Einstein si ammetteva che tutto lo spazio fosse pervaso da un fluido immobile rispetto a tutto il resto della materia, l'etere cosmico. Esso era presente ovunque, anche nell'interno degli atomi e serviva come mezzo per la propagazione della luce, la quale è noto si trasmette anche attraverso il vuoto.

Quindi si sosteneva che con esperimenti ottici, si poteva sempre ed ovunque stabilire la velocità di un corpo rispetto all'etere, perché doveva esistere una specie di « vento di etere ».

Che cos'è precisamente il vento d'etere? Era già stato accertato con vari esperimenti, che la velocità della luce non si somma alla velocità già eventualmente posseduta dalla sorgente. Questo comportamento nella velocità delle onde può sembrare contro il senso comune, ma se si riflette si scopre che è giustificato (ammettiamo che il mezzo attraverso cui si propagano rimane immobile, pur non conoscendone la vera natura).

Difatti anche la velocità delle onde sonore, rispetto al ricevitore immobile, non dipende dalla velocità della sorgente; dipende dal moto dell'aria attraverso cui si propagano, ma che ammettiamo sia immobile.

Immaginiamo due corrieri, n° 1 e n° 2. Essi debbano trasportare un messaggio. E' evidente che la velocità del n° 1, non può cambiare quella del n° 2: se questo ha la velocità di 30 Km/ora, il fatto che il primo gli consegni il messaggio avendo viaggiato a 20, od a 40 Km/ora, non influisce per niente sulla velocità del secondo, perché essa rimane in tutti e due i casi di 30 Km/ora! Può variare soltanto se il corriere n° 2, decide di sua iniziativa di cambiare velocità!

E la velocità del suono nell'aria, può variare soltanto se varia la temperatura o la pressione dell'aria.

In questa analogia, il primo corriere sta a rappresentare la sorgente, mentre il secondo, il mezzo attraverso cui si propagano le onde (l'aria o l'etere), cioè la capacità del mezzo di trasmettere le onde.

La velocità di un corpo invece (dato che è una cosa insita nel corpo stesso, cioè non si propaga tramite altro mezzo), dipende dalla velocità già eventualmente posseduta inizialmente.

Se per es., un uomo si trova su di un treno la cui velocità è di 50 Km/ora, e lancia un sasso con una velocità (rispetto al treno) di 10 Km/ora, avviene che: 1) se lo lancia nello stesso senso della velocità del treno, la velocità del sasso rispetto alla terra risulta di $50 + 10 = 60$ Km/ora; 2) se lo lancia nel senso opposto, la velocità del sasso risulta di $50 - 10 = 40$ Km/ora.

Al contrario le onde, qualunque sia la velocità della sorgente, e qualunque sia la

loro direzione di propagazione, come abbiamo visto, mantengono sempre la stessa velocità rispetto ad un osservatore fermo, perché essa dipende solo dal mezzo in cui si propagano.

Per es., la velocità del suono è di 340 mt/sec nell'aria alla temperatura di 15° C, di 1410 mt/sec nell'acqua, di 4800 mt/sec nel ferro; e la velocità della luce per es., è minore nell'acqua che nell'aria.

E se invece: la sorgente sonora rimane ferma, l'aria rimane ferma, il ricevitore si muove verso la sorgente; è come quando si muove la sola sorgente? No!, perché il moto del ricevitore rispetto all'aria equivale al moto in senso contrario dell'aria rispetto al ricevitore. Un uomo su di un'auto scoperta in moto, non sente l'aria venirgli incontro, come se lui stesse fermo e si muovesse l'aria? Che si muova il ricevitore rispetto all'aria, oppure che si muova l'aria rispetto al ricevitore, è l'identica cosa. E se l'aria si muove, la velocità del suono che trasporta si somma a quella dell'aria (come il sasso lanciato dal treno in corsa). E' come ascoltare una persona con il vento che viene verso di noi. Ecco perché si pensava per analogia di poter stabilire il moto di un corpo, misurando la velocità della luce, cioè con il « vento di etere »: la velocità della luce di una sorgente doveva apparire diversa a secondo della direzione del moto del ricevitore rispetto alla sorgente (vedi sasso lanciato dal treno in corsa).

Furono eseguiti numerosi esperimenti per scoprire il vento di etere, ed il più famoso è quello di Michelson-Morley, che sfruttava la velocità di 30 Km/sec della rotazione della Terra intorno al Sole.

Ma tutti diedero esito negativo, la velocità della luce è risultata sempre la stessa, come se il ricevitore stesse fermo. Si fecero moltissime discussioni e supposizioni, ma fu determinante l'intervento di Einstein, che enunciò i due seguenti principi: 1) Il moto di un corpo è sempre relativo (perché la velocità della luce è indipendente da quella dell'osservatore); 2) La velocità della luce è indipendente anche da quella della sorgente (come già si sapeva).

Insomma Einstein riconobbe che la velocità di un corpo non si può determinare confrontandola con quella della luce perché questa, come avevano d'altronde mostrato gli esperimenti, possiede l'unica velocità assoluta: in qualsiasi circostanza si misura, si ottiene sempre lo stesso valore $c = 300.000 \text{ Km/sec}$.

Quindi per es., dire che è il corpo A a muoversi rispetto a] corpo B o dire che è B

a muoversi rispetto ad A, è ugualmente lecito, perché non esiste un corpo con un moto privilegiato (assoluto): esiste soltanto un moto relativo tra A e B.

Se ci troviamo sopra un treno che si muove alla velocità di 60 Km/ora, e ne incontriamo un altro in moto alla velocità di 40 Km/ora ed in senso contrario al nostro, quale è la nostra velocità rispetto all'altro treno? Evidentemente è di $60 + 40 = 100$ Km/ora. Se invece l'altro treno si muovesse nello stesso senso del nostro, la velocità relativa sarebbe di $60 - 40 = 20$ Km/ora.

Analogamente si somma la velocità del suono con quella di un ricevitore.

Ma per la luce e per tutte le onde elettromagnetiche non avviene così, la velocità relativa ad un osservatore, fermo od in moto che sia, è sempre $c = 300.000$ Km/sec.

Ciò significa per es., che se noi ci trovassimo alla velocità di 200.000 Km/sec, ed un raggio di luce ci passasse vicino, la nostra velocità rispetto ad esso sarebbe sempre di 300.000 Km/sec, sia che ci muovessimo nel suo stesso senso od in senso contrario, od in qualsiasi senso!

Ovviamente ciò appare assurdo ed impossibile, dato che sappiamo che la luce non si muove più in fretta quando un osservatore si allontana da essa, e non rallenta quando un osservatore si avvicina ad essa, ma si propaga in ogni caso a velocità costante.

L'unica spiegazione possibile dello sconcertante fenomeno riscontrato sperimentalmente, è che lo spazio si contrae nella direzione del moto e che il tempo scorra in modo diverso per osservatori con differente moto relativo.

E difatti ponendo (come si è visto) nel principio della relatività di Einstein, la velocità della luce invariabile rispetto a qualsiasi osservatore, cioè assoluta, si giunge alla conseguenza che il tempo è relativo e che la lunghezza è relativa.

E' necessario chiarire un fatto: comunemente si crede che la relatività vuole che il « vento di etere » non esista, e quindi considerando ciò assurdo, si rifiuta Einstein!

Ma il « vento di etere » esiste, cioè la velocità della luce si deve sommare, e si somma regolarmente a quella dell'osservatore; ma poiché lo spazio si contrae ed il tempo scorre differentemente, proprio in modo che la velocità della luce risulti

in ogni caso $c = 300.000 \text{ Km/sec}$, avviene che il «vento di etere» non si riesce a rilevarlo: tutto qui. Si ricorda a tal proposito che la velocità dipende dal tempo e dallo spazio secondo la nota formula:

velocità = spazio / tempo.

Il risultato degli esperimenti di Michelson-Morley e degli altri simili, era inaspettato; ma in fondo è una logica conseguenza dal principio fondamentale dell'Universo, cioè dall'unicità ed inscindibilità della Natura, e quindi dalla interdipendenza e dalla unità delle leggi fisiche.

Cioè, se non si riesce a scoprire il moto uniforme assoluto con esperimenti meccanici (relatività di Galilei), non lo si può nemmeno scoprire con esperimenti ottici (o elettrici, o acustici, ecc.), perché tutta la fisica è una sola cosa e le varie parti, la meccanica, l'ottica, l'acustica, l'elettricità, ecc., non sono affatto indipendenti tra loro, ma sono elementi di uno stesso discorso, di uno stesso ragionamento, senza soluzione di continuità; difatti i principi della meccanica sono a fondamento di tutte le branche della fisica.

Ma ancora oggi che la teoria della relatività di Einstein è stata largamente confermata sperimentalmente, c'è qualcuno che non sa rinunciare alla vecchia idea del « vento d'etere ». E si giustifica spesso il fallimento dei numerosi ed accurati esperimenti eseguiti per scoprirlo, con l'ipotesi che la Terra (e tutti i corpi) possano trascinare l'etere che si trova nelle loro vicinanze.

Ma ciò è stato escluso da osservazioni astronomiche: difatti se l'etere fosse trascinato, l'apparente spostamento annuale delle stelle fisse dovrebbe essere diverso da quello osservato; e la luce proveniente da una stella dovrebbe essere intercettata prima ancora che dal bordo della luna che si trova a passare tra la stella e l'osservatore, dall'etere che il nostro satellite trascinerebbe.

Poiché non esiste un punto fermo a cui riferirsi, il movimento è sempre relativo e quindi non ha nessun significato assoluto; difatti dipendendo dal moto del corpo a cui si riferisce, ogni movimento può assumere qualsiasi valore; per es., diventa zero qualsiasi movimento di un corpo rispetto ad un altro corpo avente la stessa velocità con la stessa direzione.

Questi principi furono pubblicati nella « Teoria della relatività ristretta » nel 1905 e se anche non può sembrare, portarono una rivoluzione senza precedenti nel campo del sapere. Qualche conseguenza della relatività la incontreremo nel cap.

18".

La teoria della relatività sviluppatasi sui due principi che abbiamo visto, porta alla immediata conseguenza che il tempo è relativo e quindi lo sono anche la lunghezza e le altre grandezze fisiche: solo la velocità della luce è assoluta.

Ciò significa che se io misuro un certo tempo col mio orologio, esso non corrisponde a quello misurato da un altro osservatore in moto rispetto a me. Per piccole velocità non c'è differenza apprezzabile, e per questo non si avvertiva e non si avverte; ma porta a risultati molto diversi per grandi velocità prossime a quelle della luce.

Se la mia misura di un oggetto è 1, e quella fatta da un altro osservatore in moto rispetto a me è 1', quale delle due è da considerare esatta?

Questa domanda è priva di senso perché non esiste misura assoluta, essa dipende dall'osservatore, dal sistema di riferimento, quindi non esistendo un punto di vista privilegiato tutte le misure relative sono esatte.

Fin qui Einstein aveva stabilito che non esiste movimento uniforme assoluto. Poi si è chiesto: — Esiste moto non uniforme assoluto?

Galilei aveva affermato che non si poteva stabilire se la nave fosse in moto: « pur che il moto sia uniforme e non fluttuante in qua ed in là ».

Difatti è chiaro che se la velocità varia, oppure la traiettoria s'incurva, un uomo che si trovi dentro la cabina di una nave, anche senza guardare fuori, si rende conto che è in moto perché subisce delle spinte; e quindi il moto non uniforme sembra proprio assoluto, perché si può percepire senza fare riferimento ad un corpo esterno.

Dopo 11 anni di meditazione, nel 1911, all'età di 37 anni, Einstein pubblicò la « Teoria della relatività generale », asserendo che anche il moto accelerato è relativo.

Accenneremo come è giunto a questa conclusione, più avanti, quando avremo parlato del 2° principio della dinamica, cioè del concetto di massa.

Ai tempi di Galilei, a molti sembrava assurdo che la Terra potesse ruotare senza che nessuno notasse qualche effetto.

Come mai non si sentiva il « vento » dell'aria?

— Perché l'aria partecipa anch'essa al moto di rotazione.

Come mai se un uomo fa un salto, ricade sullo stesso punto?

— Perché lasciando la Terra porta con sé il moto di rotazione che aveva prima quando era a contatto con il suolo.

Ma allora non erano molti quelli che riuscivano ad ammettere simili « assurdità ».

Tanto che Galilei, per una falsa interpretazione della Bibbia, fu costretto ad « abiurare », cioè a rinnegare i suoi errori e le sue eresie (una specie di autocritica moderna!)

Durante questa rivoluzione astronomica, che cosa succede ai famosi tre moti: moto naturale, moto violento, moto circolare perfetto?

Il moto naturale ed il moto violento scompaiono, ma rimane il moto circolare perfetto.

Difatti Galilei stabilisce che se un corpo è fermo, rimane fermo se nessuna forza esterna va ad agire su di esso. Se invece un corpo è in moto e nessuna forza esterna agisce su di esso, continua a muoversi di moto uniforme, ... ma segue la curvatura della Terra. Questo concetto è evidentemente nuovo e contro quello aristotelico secondo cui affinché un corpo rimanga in moto, deve agire su di esso una spinta continua: cessata la spinta, finito il moto!

Galilei giunse al principio d'inerzia secondo questo ragionamento (fig. 4 a, b, c).

Se noi ponessimo una pallina sull'orlo sinistro del piano inclinato a, e fossero nulle sia la resistenza di attrito che dell'aria, intuivamo che la pallina cadendo raggiungerebbe l'orlo destro.

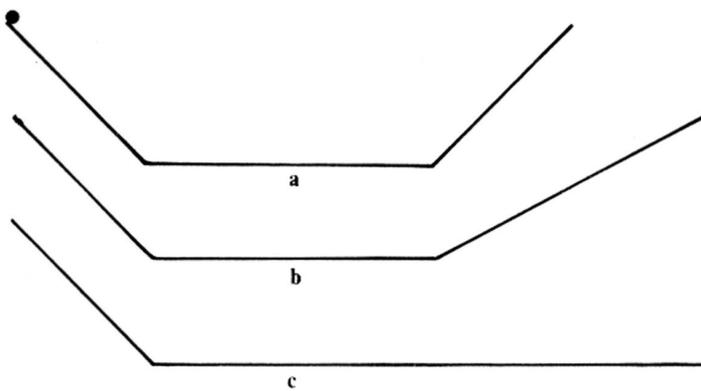
Se invece la ponessimo sull'orlo sinistro del piano inclinato b, la pallina per raggiungere la stessa altezza, arriverebbe sull'orlo destro, percorrendo quindi uno spazio maggiore.

Se la poniamo sull'orlo sinistro del piano inclinato c, dove raggiungerebbe

l'altezza iniziale? Non la raggiungerebbe mai, quindi si muoverebbe sempre!

Però per Galilei l'Universo era finito, quindi non poteva la pallina muoversi lungo la retta all'infinito, perché affermava: « la natura non muove dove non è possibile arrivare ».

Quindi la pallina seguendo la curvatura della Terra, doveva descrivere un moto circolare uniforme che « è il solo atto a mantenersi equabile, rigirandosi sempre senza allontanarsi o avvicinarsi a qualche prefisso termine ».



(fig. 4): In questa figura bisogna immaginare il lato di destra che va sempre più abbassandosi fino a diventare orizzontale (c). In (b) è meno inclinato che in (a), ma è di lunghezza maggiore in modo da raggiungere la stessa altezza.

A pensarci bene non si può rigorosamente sostenere che la pallina debba seguire una linea retta, perché non si può dimostrare. La linea retta è un'idea astratta, matematica, e non sappiamo se fisicamente esiste. Ed a questo punto non si può fare a meno di pensare allo « spazio curvo » delle teorie cosmologiche moderne, che incontreremo più avanti.

Il primo principio (o principio d'inerzia) della dinamica, fu enunciato da I. Newton (1642-1727), assieme al 2° ed al 3°, e suona così: — Ogni corpo persevera nel suo stato di quiete

o di moto rettilineo uniforme, fino a che tale stato non viene modificato dall'azione di forze esterne —.

Dal principio d'inerzia derivano le seguenti conseguenze:

1) Se un corpo già fermo si mette in moto, significa che è intervenuta una forza ad agire su di esso.

2) Se un corpo non si muove di moto uniforme, non si muove cioè a velocità costante, significa che su di esso agisce una forza (un'automobile si muove a velocità costante solo quando la lancetta del tachimetro sta ferma su di un numero).

3) Se un corpo non si muove di moto rettilineo, ma si muove descrivendo una curva, significa che su di esso agisce una forza.

Il primo punto mi sembra che sia per tutti ovvio.

Il secondo punto invece è meno evidente, perché si confonde col primo. Difatti dall'esperienza quotidiana noi vediamo che al contrario bisogna applicare una forza per mantenere una velocità costante; per es., premere sull'acceleratore dell'auto in salita, e frenare, cioè applicare una forza in senso contrario in discesa. Però su di una strada piana, se non ci fossero le resistenze passive, non bisognerebbe né accelerare né frenare, altrimenti l'auto non si muoverebbe a velocità costante. In discesa ed in salita c'è la forza di gravità che agisce sul moto dell'auto, ed accelerando o frenando non si fa altro che neutralizzarla.

Il terzo punto è ancora meno evidente, perché difficilmente vediamo dei corpi muoversi secondo una linea perfettamente retta. Per es., un proiettile sparato orizzontalmente descrive una curva (approssimativamente una parabola) e non una retta.

Questo fatto sembrerebbe contraddirci, perché una volta uscito dalla canna, non agendo più su di esso la forza del gas dello scoppio, dovrebbe continuare a muoversi per sempre a velocità costante e secondo una linea retta orizzontale.

Ma invece conferma la regola, perché effettivamente a far curvare la traiettoria del corpo è la forza di gravità, cioè il suo peso.

Da queste considerazioni possiamo concludere che se su di un corpo in moto, agisce una forza, il corpo si muoverà a velocità non costante, oppure secondo una linea curva.

Tale tipo di moto si dice accelerato, perché per accelerazione s'intende la

variazione di velocità, sia come grandezza, che come direzione.

Il secondo principio della dinamica stabilisce che: — L'accelerazione è direttamente proporzionale alla forza applicata, avviene nella stessa direzione della forza ed è inversamente proporzionale alla massa; cioè $a = F / m$ (se la forza diventa doppia, l'accelerazione diventa doppia; se la massa diventa doppia l'accelerazione diventa metà).

Il secondo principio della dinamica introduce nella fisica una nuova grandezza, m , la massa di un corpo.

La massa di un corpo non bisogna confonderla con il peso dello stesso corpo, perché quest'ultimo, come vedremo, non è altro che la forza F con cui la Terra attira il corpo verso il proprio centro; invece la massa m , è il rapporto tra la forza applicata sul corpo e la corrispondente accelerazione, cioè $m = F / a$.

Il peso di un corpo, è noto a tutti, che varia a secondo della sua distanza dal centro della Terra; così uno stesso oggetto pesa di più ai poli, e meno all'equatore oppure su di una montagna. La massa di un corpo invece è sempre la stessa ovunque si trovi, perché il rapporto - rimane costante; se per uno stesso oggetto in montagna si avesse $F = 10$ ed $a = 5$, ed al polo risultasse $F = 12$, qui si avrebbe $a = 6$, in modo che $10 / 5 = 12 / 6 = 2 = m$ (e ciò perché l'accelerazione è proporzionale alla forza).

Se un corpo si porta molto lontano dalla Terra e da altri corpi celesti, nello spazio, il suo peso diminuisce moltissimo, ma la sua massa rimane sempre la stessa. Ecco perché si dice che la massa rappresenta la quantità di materia che si trova in un corpo, la quale appunto non può variare semplicemente per il fatto che si sposta da un posto ad un altro.

Dall'esperienza comune notiamo che la massa di un corpo presenta una sorta di resistenza a variare il proprio stato di moto o di quiete, cioè ad essere accelerata.

Difatti più grande è la massa più resistenza oppone al moto, cioè maggiore è la forza che dobbiamo applicare.

Poiché $a = F / m$, per ottenere la stessa accelerazione, una massa doppia necessita di una forza doppia.

Supponiamo che all'altezza di 10 mt dalla superficie terrestre, ci siano due sfere, una di piombo ed una di legno, di uguale diametro. Se le lasciamo cadere nello stesso istante, chi raggiunge per prima il suolo? Prima che Galilei facesse l'esperimento, si pensava che quella di piombo arrivasse prima, ma adesso noi siamo sicuri che arrivano contemporaneamente.

Difatti gli astronauti sulla Luna, dove non c'è la resistenza dell'aria, hanno ripetuto l'esperimento con una palla di acciaio e un foglio di carta, ed hanno ottenuto lo stesso risultato di Galilei. Come si spiega questo fatto?

Secondo la fisica classica così: la sfera di piombo ha una massa (quantità di materia) maggiore di quella di legno; quindi la forza di gravità cioè il suo peso, è maggiore di quello della sfera di legno; questo significa che la palla di piombo è sollecitata da una forza diretta verso il basso, maggiore di quella con cui è sollecitata la sfera di legno. (Ecco perché i contemporanei di Galilei pensavano che dovesse arrivare prima!).

Ma che cosa abbiamo anche detto? Che maggiore è la massa, maggiore è la resistenza che essa oppone al moto!

In conclusione, se la forza diretta verso il basso è maggiore per la sfera di piombo, anche la sua resistenza al moto è maggiore, perché tutti e due sono proporzionali alla massa.

Ecco perché le due sfere arrivano contemporaneamente.

Una osservazione basata sul senso comune, forse chiarisce meglio questo fenomeno. A noi sembra che la palla di piombo debba arrivare prima perché « cade dall'alto »; ma dalla parte diametralmente opposta della Terra, allora bisognerebbe « sollevarla dal basso », e quindi dovrebbe arrivare dopo!

La resistenza che una massa oppone ad essere accelerata, si chiama forza d'inerzia. Possiamo dunque dire che la 'forza di gravità di un corpo è direttamente proporzionale alla sua forza di inerzia (azione e reazione).

Così scrive Martin Gardner: « Al centro della teoria generale di Einstein c'è quello che egli chiama il principio di equivalenza. E cioè l'affermazione sconcertante (Newton lo avrebbe considerato pazzo) che la gravità e l'inerzia non sono altro che la stessa cosa. Il che non sta semplicemente a significare che hanno effetti simili. Gravità ed inerzia sono due parole diverse che indicano

esattamente la stessa cosa ».

Ritorniamo adesso per un momento alla « Teoria della relatività ristretta ». Einstein dopo averla formulata probabilmente avrà fatto il seguente ragionamento. Se il moto uniforme è relativo, deve esserlo pure quello accelerato, perché il primo non è altro che un caso particolare del secondo, in cui l'accelerazione è uguale a zero. E questo concetto rientrerebbe in quella caratteristica di continuità ed unicità della Natura di cui abbiamo già parlato.

E dire che la maggior parte dei fisici era decisa ad assegnare il principio di relatività solo al moto uniforme, e considerare assoluto il moto accelerato!

Veramente le apparenze erano contrarie, ma Einstein le ha interpretate in modo soddisfacente.

Considerare il moto accelerato relativo significa, come abbiamo visto per il moto uniforme, che se un osservatore è in moto accelerato rispetto alla Terra, può considerare sé stesso fermo, e quindi la Terra in moto accelerato in senso contrario.

Nel caso del moto uniforme ciò è possibile, perché l'osservatore non è in grado di stabilire chi è in moto. Questo fatto si può comprendere benissimo pensando a quando si è su di un treno fermo, e quello sul binario adiacente si mette in moto: non si capisce chi si stia muovendo.

Nel caso del moto accelerato invece c'è una forza che agisce sul corpo.

Quindi in base a questa forza si può dire con sicurezza che il corpo sia in moto accelerato?

Non si può dire perché ... potrebbe darsi che il corpo sia fermo su di un pianeta, e che la forza che agisce su di esso sia ... la forza di gravità!

Einstein descrisse questa situazione con l'esperienza ideale dello ascensore nello spazio vuoto lontano da corpi celesti, ed in moto con una velocità che cresce costantemente.

Sé questa accelerazione è uguale a quella di caduta dei gravi (accelerazione di gravità g), le persone che si trovano nell'ascensore pensano di trovarsi in un campo gravitazionale come se fossero fermi sulla Terra.

Immaginiamo un'astronave in moto nello spazio, lontano da corpi celesti, e con i motori spenti; in queste condizioni i passeggeri e tutti gli oggetti sono senza peso, e l'astronave si muove quasi a velocità costante e di moto rettilineo (non si ha un moto del tutto uniforme perché la risultante delle forze gravitazionali dovute ai corpi celesti è sempre presente e non è mai uguale a zero). Se accendiamo per un momento i razzi, i passeggeri si sentono premuti contro il sedile e quindi pensano giustamente che l'astronave stia accelerando. Quando i razzi vengono spenti e l'astronave ritorna a muoversi di moto uniforme (anche se a velocità maggiore per l'acceleramento subito), i passeggeri perdono nuovamente il peso.

Supponiamo adesso che dopo un po' di tempo l'astronave passi vicino ad un pianeta e che il comandante accenda i razzi quanto basta per vincere l'attrazione del pianeta ed in modo che l'astronave continui a muoversi di moto uniforme. Che cosa pensano i passeggeri che ignorano sia il pianeta sia la manovra del comandante? Dato che riacquistano peso, pensano che l'astronave stia nuovamente accelerando! Invece l'astronave sta continuando a muoversi di moto uniforme ... ed il loro peso è dovuto alla forza gravitazionale del pianeta.

Nella fisica è valido solo quello che si può sperimentare, che si può accertare mediante esperimenti, tutto il resto appartiene al mondo delle ipotesi. E nessun esperimento interno potrebbe dire se il peso che le persone posseggono sia dovuto ad un campo gravitazionale o ad un acceleramento. Per questo Einstein ha concluso che gravità ed inerzia sono esattamente la stessa cosa. Difatti questa forza si manifesta solo quando un corpo è ostacolato a cadere liberamente.

Se l'ascensore o l'astronave cadessero liberamente nello spazio, le persone sarebbero senza peso; appena questa caduta è ostacolata, ecco che il peso si fa sentire.

Come può essere ostacolata la caduta? In due modi: 1) Applicando un razzo, cioè una forza, al veicolo; 2) facendo poggiare il veicolo sopra un pianeta.

Ordinariamente il peso (la forza) che si avverte viene chiamato forza di inerzia nel caso di accelerazione, e forza di gravità negli altri casi; ma è evidente che in sostanza sono la stessa cosa perché sono dovute alla stessa causa, e cioè all'impedimento di cadere liberamente.

Quando un satellite artificiale ruota attorno alla Terra con

i razzi spenti, gli astronauti dentro la loro cabina sono senza peso, perché il satellite, anche se descrive approssimativamente una circonferenza, « cade » liberamente attorno alla Terra, essendo appunto i razzi spenti.

Ricordiamo che per la fisica classica la mancanza di peso è giustificata dal fatto che la forza di gravità uguaglia la forza di inerzia, che in questo caso è rappresentata dalla forza centrifuga.

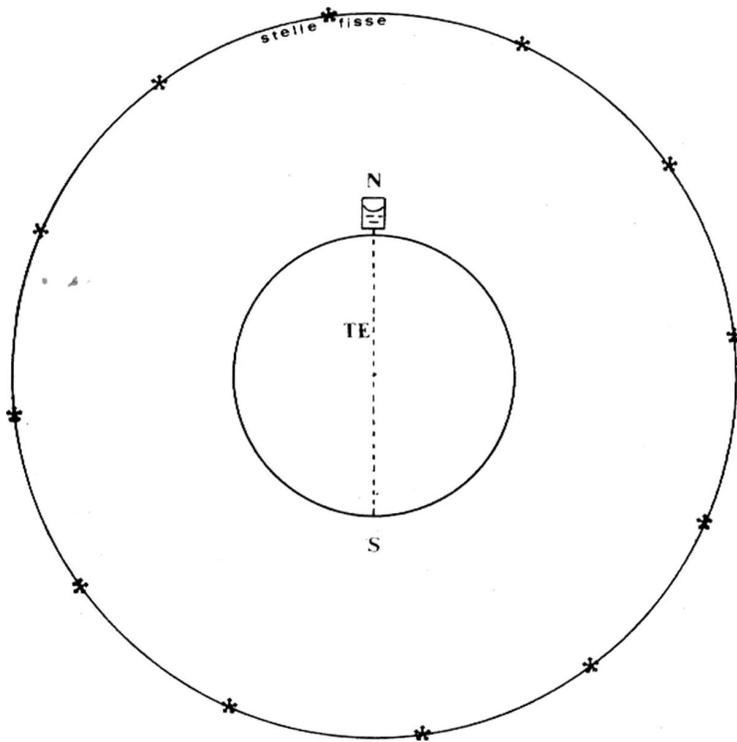
Ritornando al principio di relatività del movimento accelerato, possiamo dunque dire che se l'ascensore è in moto accelerato, esso si può considerare fermo, mentre l'Universo intero si muove in senso contrario. Ma il peso delle persone è generato dalla presenza di tutta la materia dell'Universo, oppure dal solo moto relativo? Insomma se non ci fosse tutta la materia dell'Universo, se l'ascensore fosse solo, si genererebbe il peso?

Su questo punto i pareri sono discordi, perché qualcuno asserisce che il moto sarebbe sempre relativo allo spazio-tempo; questo esisterebbe indipendentemente dalla materia, e quindi si avrebbe in ogni caso inerzia.

Un esperimento contro quest'ultima tesi, sarebbe quello seguente. Si immagina (fig. 5), un secchio contenente dell'acqua, posto proprio sul polo nord della Terra. Consideriamo due casi:

- 1) se esso ruota assieme alla Terra, rispetto alle stelle, per la forza centrifuga il livello dell'acqua s'incurva (vedi figura);
- 2) se facciamo ruotare il secchio con velocità uguale ma di senso contrario a quello della Terra, in modo che esso non ruoti rispetto alle stelle, il livello diventerà perfettamente piano.

fig.5



Nel primo caso il secchio ruota rispetto alle stelle fisse ed allo spazio tempo (non ruota rispetto alla Terra) ed il livello dell'acqua s'incurva; nel secondo caso invece pur ruotando rispetto alla Terra ed allo spazio tempo, il livello dell'acqua non s'incurva perché non ruota rispetto alle stelle fisse.

In questo esperimento, la volta celeste cioè le stelle fisse, bisogna considerarle come rappresentanti tutta la materia dell'Universo. Perché quando diciamo che un mobile si muove rispetto a tutto l'Universo, dobbiamo tener ben presente che questo è composto da un'infinità di corpi distribuiti in ogni direzione. Quindi rispetto a tutti significherebbe rispetto al centro dell'Universo; ma poiché la volta celeste è tanto distante che le stelle di cui è formata si possono considerare ferme rispetto a noi, possiamo ritenere che il mobile si muova rispetto alla volta celeste.

Riprendiamo adesso, dopo questa breve parentesi sulla Relatività, la fisica classica.

Il terzo principio della dinamica afferma che: — Ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria. Immaginiamo un pattinatore con una grossa palla di ferro in mano; se egli la lancia in avanti, la stessa spinta che ha esercitato contro

di essa si ripercuote su di lui, ... e lo fa indietreggiare di molti metri!

Anche il noto rinculo delle armi da fuoco ne è una chiara dimostrazione; la palla va da una parte e l'arma da quella opposta, e tutte e due sono sottoposte alla stessa spinta. La palla, avendo una massa molto più piccola di quella dell'arma, in base al 2° principio, viene accelerata molto di più e quindi percorre molto spazio; invece l'arma si limita a rinculare.

Questo comportamento dell'arma e della palla si può spiegare anche in base al « principio della conservazione della quantità di moto » che credo chiarisca ancora meglio il fenomeno.

Questo principio che è fondamentale per la fisica, dice che la quantità di moto di un sistema non può cambiare se su di esso non agisce una forza esterna; qualsiasi interazione che si verifica tra le sue parti non può cambiare la quantità di moto. Per quantità di moto si intende il prodotto della massa complessiva del sistema, moltiplicata per la sua velocità: $m \times v$.

Ora se noi abbiamo un cannone carico, la sua massa complessiva sia m , e la sua velocità $v = 0$; quindi la quantità di moto sarà $m \times 0 = 0$, e tale dovrà rimanere perché durante lo scoppio non agirà nessuna forza esterna.

Se quindi con m_c chiamiamo la massa del cannone scarico, con m_p la massa della palla, con v_c la velocità del cannone e con v_p quella della palla, dopo lo scoppio, per avere la quantità complessiva di moto uguale a zero, quella della palla dovrà essere uguale e contraria a quella del cannone, cioè $v_p \times m_p = -v_c \times m_c$, che si può anche scrivere: $v_p / -v_c = m_c / m_p$,

che afferma appunto che le velocità sono inversamente proporzionali alle rispettive masse (più piccola è la massa, maggiore è la velocità).

Sul terzo principio della dinamica è basato il motore a reazione che è molto importante, perché senza di esso non si sa come si sarebbe potuto volare nel vuoto.

Difatti l'elica per funzionare ha bisogno di « avvitarsi » nell'aria.

Ma siamo sicuri che nel vuoto il 3° principio sia valido?

Nell'aria il motore a reazione funziona. Esso consiste essenzialmente di un tubo

dal quale esce un violento getto di gas; insomma si muove ... come un razzo.

Forse il razzo sulla Terra funziona perché il gas uscendo violentemente e urtando contro l'aria, produce una spinta in senso opposto?

Se così fosse, come farebbe a funzionare nello spazio vuoto?

Oggi i viaggi sulla Luna hanno dimostrato che funziona, ed il terzo principio è stato enunciato circa 300 anni fa. Ma non tutti erano convinti che il motore a reazione potesse funzionare nel vuoto!

Ecco una dimostrazione tratta dal quotidiano « La Stampa » di Torino, del 24 luglio 1969, e dal titolo: — Il « mea culpa » del N. Y. Times.

« Il New York Times ha chiesto scusa, dopo 49 anni, a Roberto H. Goddard, uno dei padri dell'astronautica, che aveva

giudicato, al tempo dei primi esperimenti, più ignorante di un liceale, maniaco e presuntuoso.

Il professore non gradì quell'apprezzamento, ma con l'aiuto di Lindbergh, che gli procurò il denaro, proseguì nei suoi studi, e nel deserto del Nuovo Messico lanciò i primi razzi. Sopportò con rassegnazione gli attacchi della tubercolosi e quella dei critici; e se non ebbe la stima dei contemporanei, gli compete d'ora in poi l'ammirazione dei posteri ».

Se guardiamo la (fig. 3), notiamo che i pianeti ruotano intorno al Sole, cioè essi descrivono delle linee curve. Ma poiché noi sappiamo che ogni corpo dovrebbe muoversi rettilinearmente, dobbiamo Concludere che su di essi agisce qualche forza che li costringe ad incurvare la traiettoria in modo da descrivere approssimativamente delle circonferenze intorno al Sole. Difatti se noi leghiamo una pietra ad uno spago e la facciamo ruotare velocemente, notiamo che lo spago viene teso fortemente, e che il nostro dito deve esercitare uno sforzo verso l'interno della curva, per mantenere la pietra in rotazione. Ciò ci dice appunto che è lo spago che costringe la pietra a ruotare, e che la forza è diretta continuamente verso il centro di rotazione: per questo si chiama forza centripeta.

Spesso questa forza si confonde con la forza centrifuga, la quale non esisterebbe senza la prima, perché è soltanto una conseguenza, una reazione alla forza centripeta.

Quindi la forza centrifuga secondo il 3° principio della dinamica, è una forza uguale ma di senso opposto a quella centripeta, cioè è diretta dal centro verso la periferia.

Dunque se un corpo si muove descrivendo una circonferenza con velocità costante, c'è una forza costante che agisce su di esso e che è diretta sempre verso il centro.

Se c'è una forza sappiamo che dev'esserci anche un'accelerazione diretta nello stesso senso (2° pr).

Quest'accelerazione che esprime la variazione, in direzione, della velocità, risulta uguale a v^2 / r , dove v è la velocità di rotazione, ed r il raggio della circonferenza.

La velocità v , che varia evidentemente continuamente direzione, è sempre perpendicolare alla forza, e quindi in ogni istante è rivolta secondo la tangente alla circonferenza.

Essa come nel moto rettilineo è uguale allo spazio diviso il tempo $v = s / t$; durante un giro lo spazio percorso è rappresentato dalla lunghezza della circonferenza $= 2 \pi r$, ed il tempo dal periodo T , quindi $v = 2 \pi r / T$, e poiché il periodo T è l'inverso del numero di giri al secondo n , cioè $T = 1 / n$, si può anche scrivere $v = 2 \pi r n = \omega r$.

Nel moto circolare la velocità si può esprimere anche in funzione dell'angolo descritto in un determinato tempo, e si chiama velocità angolare ω , ed è $\omega = 2 \pi n = \text{rad/sec}$; quindi essa non si esprime in gradi al sec ma in radianti al sec, ed è:

$1 \text{ rad} = 180^\circ / \pi = 57.3^\circ$ (se per es. $\omega = 10 \text{ rad/sec}$, significa che il corpo ruota di $57.3 \times 10 = 573^\circ$ al secondo).

Evidentemente risulta poi $v = 2 \pi r n = \omega r$.

Nel caso del Sistema solare non c'è nessuna « fune » tesa tra il Sole ed i pianeti, ma questa forza, per quanto misteriosa possa apparire, deve esistere.

Essa è stata immaginata da I. Newton, ed è stata chiamata forza gravitazionale. E' una forza che agisce ... a distanza, e se anche non si sa chiaramente come ciò possa avvenire, si può benissimo verificare con esperimenti di laboratorio, che la

materia ha questa proprietà di attrarsi reciprocamente, secondo questa formula: $F = G (m' \times m'' / d^2)$

Questa formula dice che la forza F con cui due masse si attraggono è: 1) direttamente proporzionale alle masse stesse m' ed m'' ; 2) direttamente proporzionale ad un numero costante G ;

3) inversamente proporzionale al quadrato della distanza d tra le masse (se la distanza diventa doppia la forza diventa $1/4$, se la distanza diventa tripla la forza diventa $1/9$, e così via).

Questa forza è quella che fa cadere i corpi, e che ci tiene attaccati alla Terra; se non ci fosse la gravità ... precipiteremmo nell'abisso dello spazio, perché non dobbiamo ignorare che agli antipodi, cioè esattamente dalla parte diametralmente opposta della sfera terrestre, un uomo si trova con la testa in giù, rispetto a noi.

Bisogna anche notare che essa è molto piccola, perché bisogna sempre moltiplicarla per un coefficiente molto piccolo: $G = 0,00000007$.

Difatti normalmente non si nota nessuna attrazione tra i corpi sulla superficie terrestre, perché le resistenze di attrito sono sempre superiori alla forza gravitazionale; per es., due grosse navi ferme poste l'una accanto all'altra, non si ravvicinano perché la resistenza di attrito con l'acqua, è superiore alla reciproca forza di attrazione.

Noi notiamo la gravità sulla superficie terrestre soltanto nel peso dei corpi; ma in questo caso il motivo è comprensibile; da una parte c'è la massa del corpo considerato ... ma dall'altra c'è la massa della Terra, che evidentemente è molto grande.

Abbiamo visto che la gravitazione è una forza che agisce a distanza, ma non è la sola che si conosca. Due cariche elettriche si attraggono se sono di segno opposto, e si respingono se sono dello stesso segno. La stessa cosa avviene per due corpi magnetizzati. Anche nell'atomo ci sono forze che agiscono a distanza.

Come può un corpo esercitare una forza a distanza?

Una volta si ammetteva che ciò potesse avvenire. Poi specialmente per opera di Maxwell, si creò il concetto di « campo », perché egli sostenne che bisognava

cercare la natura dell'azione in ogni punto del mezzo interposto.

Nel caso specifico si trattava del mezzo attraverso cui si propagano le onde elettromagnetiche, e questo ipotetico fluido immobile ed assoluto, fu chiamato etere cosmico. Ma nessuna prova

sperimentale riuscì mai a provarne la reale esistenza, come abbiamo già accennato.

Attualmente la teoria della relatività l'ha sostituito con lo « spazio-tempo ». Cioè uno spazio col tempo che fa da quarta dimensione; ma anche se ha cambiato nome, è sempre rimasto un fantasma, per noi esseri tridimensionali, perché non possiamo averne coscienza. Solo matematicamente si riesce a concepirlo. Comunque ha una natura ed una differenza fondamentale rispetto all'etere, perché questo era una specie di gas che pervadeva tutte le cose, anche lo spazio interatomico, ed era indipendente dalla materia.

Invece secondo gli indirizzi attuali sembra che lo spazio-tempo non sia indipendente dalla materia, ma è una sua manifestazione: dove non c'è materia, non c'è né spazio né tempo.

Non tutti i fisici però sono d'accordo, perché c'è qualcuno che afferma che lo spazio-tempo esista indipendentemente dalla materia, e che la materia potrebbe derivare da esso; (probabilmente hanno tutti ragione ed alla fine ... salterà fuori che spazio-tempo e materia sono equivalenti!).

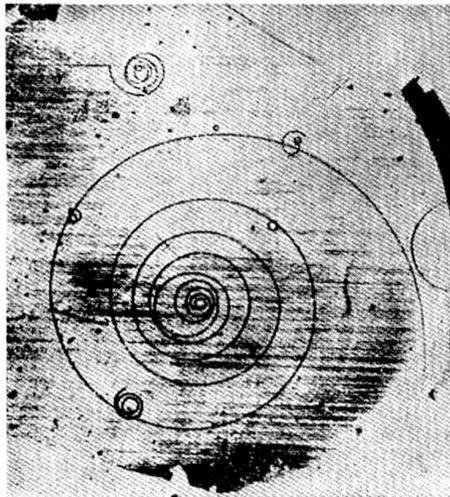
Con lo spazio-tempo, Einstein spiega la gravitazione, affermando che essa in realtà non è per niente una forza, ma una deformazione dello spazio-tempo nel campo gravitazionale di una massa.

Nel caso del Sole avviene che intorno ad esso lo spaziotempo « s'incurva », perché tutti i corpi incurvano lo spazio in funzione della propria massa. I pianeti in questo spazio a quattro dimensioni incurvato, debbono seguire il principio d'inerzia perché non c'è nessuna forza che agisce su di essi (la gravità non è un forza), ed in realtà lo seguono perché, quelle che a noi esseri « tridimensionali » sembrano delle linee curve in realtà nello spaziotempo sono delle « rette », chiamate geodetiche.

Nel suo libro sulla relatività, edito da Boringheri, C. V. Durell dice testualmente: « Secondo Newton, la Terra descrive un'ellisse intorno al Sole a causa di una

forza di attrazione esercitata da questo su di essa; ma secondo Einstein la presenza del Sole genera nelle sue vicinanze irregolarità nello spazio-tempo, e la Terra semplicemente sceglie il suo cammino in questo dominio intricato seguendo un percorso (possiamo chiamarla una spirale ellittica nello spazio tempo?) tale che, quando si tenga conto della distorsione dello spazio-tempo, la separazione misurata lungo di esso tra due eventi qualsiasi ha il valore massimo. In altre parole, l'orbita terrestre è curva non perché il Sole esercita una forza sulla Terra, ma perché nel dominio dello spazio-tempo distorto intorno al Sole la geodetica non è retta ma curva: è più facile muoversi tra gli ostacoli seguendo un percorso curvo, proprio come attraversando un bosco in cui ci siano zone più fitte e zone meno fitte di alberi, è spesso più facile seguire un percorso curvo che tentare di andare sempre dritti »¹.

Chi ha letto la premessa a questo libro non può non rimanere sorpreso a sentir quel che dice il prof. Durell. Anche la (fig. 6) ci lascia perplessi, pur non avendo ancora trattato dettagliatamente il vortice.



A che cosa è dovuto il moto a spirale di questi elettroni, come risulta in una camera a bolle?

¹ Secondo questa nuova interpretazione di Einstein la gravitazione è una proprietà geometrica dello spazio, e quindi si ha che la Matematica (la geometria è matematica!) ...diventa Fisica. Ecco un altro esempio dell'Unità della Natura!

Esiste qualche analogia tra vortice, traiettoria dei Dischi volanti, ed orbite gravitazionali?

Secondo i relativisti la deformazione dello spazio-tempo da parte delle masse, dovrebbe avvenire a mezzo di onde gravitazionali, ed alle particelle elementari

relative è stato assegnato il nome di « gravitoni », analogamente ai « fotoni » della luce.

Sia Einstein che altri fisici hanno cercato di trovare una « Teoria del campo unificato », cioè una teoria che potesse spiegare in maniera unitaria tutte le « forze » di campo, cioè tutte le « forze » che agiscono a distanza, ma finora inutilmente.

La fisica cerca d'interpretare l'Universo facendo delle ipotesi (teorie), che confronta poi con la realtà.

Questo è il metodo introdotto da Galilei, perché prima di lui la scienza aveva ben poco credito, era una specie di filosofia.

La teoria della relatività è migliore di quella classica di Galilei-Newton, perché riesce a spiegare più fenomeni conosciuti, ma non li spiega tutti, specie quelli che riguardano le particelle elementari dell'atomo, e le singolarità astronomiche.

Per es., la teoria della relatività è riuscita a spiegare tra l'altro la rotazione dell'orbita di Mercurio, la quale è la più ellittica delle orbite planetarie. Difatti la relatività prevede una tale rotazione, per tutte le orbite ellittiche, mentre non la prevedeva la gravitazione di Newton, che era stata ricavata empiricamente dai moti dei pianeti descritti da Keplero.

Lo scopo della scienza è quello di spiegare il maggior numero di fenomeni con una sola legge, e non per niente, ma perché così, vedendo le cose da un punto di vista più generale, si possono scoprire altri fenomeni che altrimenti sarebbero potuti sfuggire.

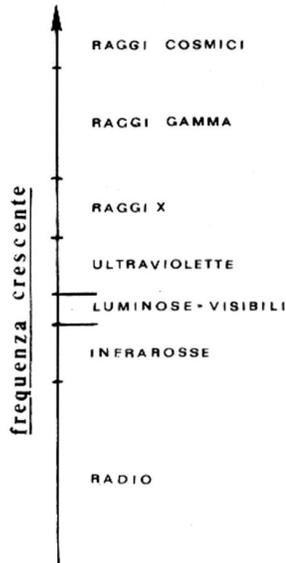
E' come guardare da un aereo la superficie terrestre.

Per es. Maxwell con la sua teoria elettromagnetica della luce ha previsto teoricamente le onde radio, che poi sono state ottenute sperimentalmente da H. Hertz, ed utilizzate da G. Marconi (fig. 7).

Ma è evidente che più si avanza verso questo obiettivo, più diventa difficile sia la teoria, che il confronto sperimentale con la realtà.

Bisogna anche riconoscere che le scoperte non sono mai opera di un singolo, sono sempre preceduti da fatti, o supposizioni di molti altri; ad un certo punto

qualcuno riesce a riassumerli coerentemente.



ONDE ELETTROMAGNETICHE (fig. 7): *Quando una particella elettricamente carica (non un atomo normale perché è neutro) accelera o rallenta la sua velocità, emette delle onde elettromagnetiche. Ciò avviene negli acceleratori di particelle, sincrotroni, e per questo vengono dette « radiazioni sincrotroniche ». Sono chiamate onde elettromagnetiche, perché è un campo elettrico e magnetico che le produce, oscillando periodicamente, come avviene nelle antenne. Tutte le onde elettromagnetiche si propagano nello spazio alla velocità della luce, trasportando energia radiante.*

Con la concezione copernicana dell'Universo, l'uomo aveva fatto un bel passo avanti, ma rimaneva ancora imprigionato (o protetto?) dalla « sfera celeste » ... e bisognava infrangerla.

Ovviamente ciò non si sarebbe potuto fare senza il cannocchiale che è andato sempre più perfezionandosi fino ai moderni radio telescopi, cioè telescopi che ricevono dallo spazio le onde radio (fig. 7) non visibili.

Tutte le informazioni che si hanno sui corpi celesti ci giungono con le onde elettromagnetiche di (fig. 7).

Fino ad un decennio fa ci servivamo soltanto delle onde luminose, ma adesso siamo in grado di analizzare l'intera gamma dello spettro elettromagnetico. Le onde luminose ovviamente sono state le prime ad essere utilizzate perché

impressionano il nostro occhio. Poi con speciali apparecchi radioriceventi si captarono le onde radio, ed infine tutte le altre a mezzo di fotocellule, rivelatori termici, lastre fotografiche, camere di ionizzazione, ecc.

Bisogna anche notare che sulla superficie terrestre arrivano soltanto onde radio, onde infrarosse, ed onde visibili; tutte le altre vengono assorbite dall'atmosfera terrestre, e quindi per rilevarle bisogna mandare gli strumenti nello spazio vuoto.

Estendendo l'analisi a tutte le onde elettromagnetiche, il quadro dell'Universo è apparso sempre più complesso perché molti corpi celesti e molti loro aspetti non si potevano scoprire con le sole onde luminose.

Qualche altra informazione sui corpi celesti ci viene anche dalle meteoriti che sono delle masse più o meno piccole ruotanti intorno al Sole, che divengono visibili quando attraversano l'atmosfera terrestre, sotto l'aspetto di « stelle cadenti ».

Di notte, se volgiamo lo sguardo verso il cielo, vediamo le stelle incastonate sulla volta celeste.

Ma l'Universo è molto più grande e più complicato di quanto si riesce ad intravedere con i soli occhi, ed inoltre non è composto di sole stelle.

A noi sembra di essere fermi al centro di una sfera cava ruotante da est verso ovest, e sulla cui superficie interna siano fissate le stelle.

Essa è la sfera celeste, e bisogna immaginarla come un ingrandimento della sfera terrestre, con un nord, un sud, est, ovest ...equatore celeste ...ecc. (fig. 8).

Noi vediamo le stelle nascere ad oriente e tramontare ad occidente, ad eccezione della stella polare, la quale essendo situata quasi esattamente al polo nord della sfera celeste, rimane ferma. Ma tale rotazione è solo apparente perché in realtà siamo noi che giriamo da ovest verso est intorno all'asse terrestre.

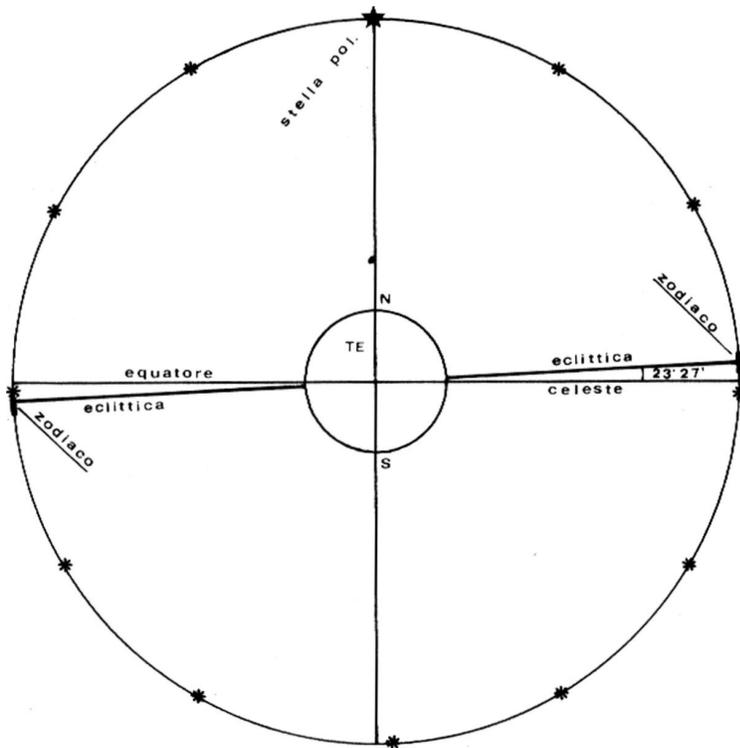


fig.8

Quindi ricordiamo che:

1) Poiché la Terra ruota intorno al Sole, noi guardando verso di esso, lo vediamo spostarsi sulla sfera celeste (zodiaco), e quindi ci sembra che sia il Sole a ruotare intorno a noi e non viceversa. Ciò avviene durante un anno, e l'intersezione con la sfera celeste del piano in cui giace l'ellisse descritta dalla Terra, si chiama eclittica (fig. 8).

2) Alla rotazione della Terra intorno al proprio asse è dovuta l'apparente rotazione in 24 ore della sfera celeste, (fig. 8), ed il giorno e la notte relativamente alla luce proveniente dal Sole.

3) Il fatto che l'asse di rotazione della Terra non è perpendicolare al piano della eclittica, ma è inclinato di $23^{\circ} 27'$, determina le quattro stagioni, poiché uno stesso fascio di raggi solari, se raggiunge la superficie terrestre obliquamente, si distribuisce su maggiore area e quindi scalda di meno. Difatti durante l'estate il Sole è alto nel cielo, mentre durante l'inverno è basso verso l'orizzonte e quindi i raggi ci giungono obliqui.

Anche la fissità delle stelle è apparente. Esse sono state riunite in costellazioni che sembrano immutabili nel corso di una vita umana (la configurazione di ogni costellazione la vediamo sempre identica durante la nostra vita), ma in effetti le stelle si spostano reciprocamente ed inoltre si trovano a distanze molto diverse da noi, anche se appartenenti ad una stessa costellazione.

Le costellazioni osservate a lunghi intervalli di tempo difatti mostrano un cambiamento nella loro configurazione e quindi la disposizione delle stelle nel cielo cambia. Le stelle sembrano mantenere la stessa posizione reciproca, e sembrano ad uguale distanza da noi, soltanto perché sono molto distanti.

Se consideriamo due oggetti che si trovano a diversa distanza da noi, i nostri occhi riescono a percepire la loro diversa distanza sempre meno man mano che ci allontaniamo da essi; ad un certo punto ci sembra che siano ad uguale distanza (come le stelle).

Analogamente il nostro occhio non riesce ad apprezzare angoli molto piccoli, e quando un oggetto è molto lontano, anche un suo grande spostamento è visto sotto un angolo piccolissimo. Di ciò è facile rendersi conto disegnando l'angolo che ha per vertice il nostro occhio e per lati le semirette passanti per le posizioni iniziale A e finale B dello spostamento AB (fig. 9). Allontanando da O, AB in A'B' e poi in A''B'', si nota come l'angolo vada diminuendo con la distanza: $A\acute{O}B > A'\acute{O}B' > A''\acute{O}B''$.

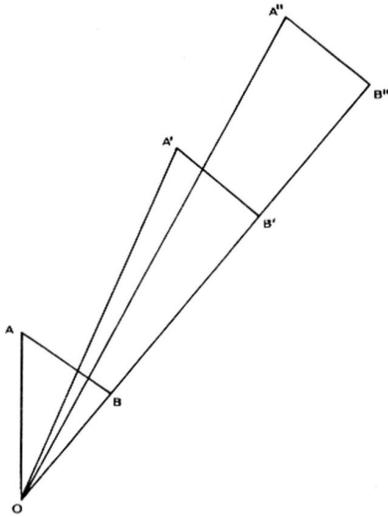
Una constatazione che dà una chiara intuizione dell'apparente fissità delle stelle è la seguente.

Quando si è su di un treno in moto si può osservare che gli alberi vicini si spostano velocemente (rispetto a noi considerati fermi), mentre quelli lontani sembrano quasi fermi (come le stelle).

I pianeti ed il Sole che sono relativamente vicini, si vedono in movimento tra di loro e rispetto alle stelle « fisse ».

In ultima analisi l'Universo sarebbe composto di materia ed energia, che sono poi legate tra di loro dalla famosa equivalenza: $Energia = Massa \times Veloc. \text{ luce}$ ¹. Però questi due enti si manifestano sotto diversi aspetti, e non sono distribuiti uniformemente. La materia è raccolta in corpi di varia grandezza, ed a diversa distanza tra di loro. Il diametro di questi corpi, trascurando i più piccoli, va da

milioni di anni luce a pochi chilometri.



(fig-9): In questa figura si può vedere come diminuisce l'angolo, sotto cui si vede il segmento AB, man mano che aumenta la distanza da O. Questo angolo è detto « distanza angolare » ed evidentemente rappresenta l'angolo formato dalle rette congiungenti l'occhio con due stelle. Il « potere risolutivo » di uno strumento ottico è la capacità di far vedere separati due oggetti l'un l'altro adiacenti, e si esprime appunto con la minima distanza angolare rilevabile. Il nostro occhio ha un potere risolutivo di un sessantesimo di grado, cioè di $1'$: ciò significa che se due stelle si trovano ad una distanza angolare maggiore od uguale ad un primo si vedono separate, altrimenti si vedono come un solo corpo. Analogamente se una stella si allontana da un'altra (durante il corso di una vita umana) di una distanza angolare inferiore ad $1'$, noi con i soli occhi non riusciamo ad accorgercene.

Secondo una scala di grandezza decrescente, si hanno: ammassi di galassie, galassie, stelle, pianeti, satelliti. Lo spazio tra i vari corpi, anche se in generale è molto più rarefatto di qualsiasi vuoto ottenibile in laboratorio, è dovunque occupato, non uniformemente, da gas, particelle solide, e radiazioni di energia; cioè in effetti non esiste uno spazio veramente vuoto.

Gli ammassi di galassie sono galassie riunite ruotanti intorno al centro di massa di ogni raggruppamento, e ve ne sono formati da un minimo di qualche unità, ad un massimo di diverse migliaia. Ogni galassia è formata da miliardi di stelle che ruotano intorno al suo centro di massa. I pianeti sono dei corpi freddi, come i satelliti, e ruotano intorno ad una stella. I satelliti invece ruotano intorno ad un pianeta. Il Sole fa parte della galassia chiamata Via Lattea, e ruota attorno al suo

centro di massa, ad una distanza di 25.000 anni luce, con una velocità di 220 Km/sec. La Via Lattea appartiene al gruppo locale composto di circa 20 galassie. Tutto ciò che riusciamo a vedere ad occhio nudo fa parte della Via Lattea, se si escludono tre galassie che vediamo però come delle piccole nubi, dell'ordine di grandezza della Luna piena; esse sono: quella che si vede nella costellazione di Andromeda, l'M31, e le due Nubi di Magellano NGC6822. Nell'Universo non c'è niente che si possa considerare fermo, ma tutto è in moto relativo. Tutti i corpi dello spazio, anche se si trovano a distanze immense, non sono indipendenti l'uno dall'altro, ma sono legati dalla gravitazione. La gravitazione è quella proprietà della materia per cui tutti i corpi si attraggono reciprocamente. Detta forza è proporzionale al prodotto delle masse, ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza, come abbiamo già visto.

Questa legge è molto generale e guida il moto della Luna intorno alla Terra, quello della Terra intorno al Sole, quello del Sole intorno al centro della galassia, quello delle galassie in un ammasso, ed anche l'espansione dell'universo, come si vedrà più avanti. Ecco alcune distanze e dimensioni relative ai corpi celesti. Distanza Terra Luna: 1 secondo luce; distanza Terra Sole: 8 minuti luce; distanza Sole stella più vicina: 5 anni luce; diametro della Via Lattea: 90.000 anni luce; distanza Via Lattea galassia più vicina: 150.000 anni luce; estensione dell'ammasso locale: 2.000.000 di anni luce; distanza dell'ammasso di galassie più vicino : 10.000.000 di anni luce.

Considerando il diametro delle stelle, delle galassie, degli ammassi, e le distanze tra le stelle, tra le galassie, tra gli ammassi, si constata che lo spazio occupato dalle stelle, la galassia, è estremamente vuoto, mentre al livello di galassie e di ammassi, lo spazio risulta molto popolato. Difatti il diametro medio di una stella, di appena 10 secondi luce, è nulla rispetto alla distanza media tra due stelle, 10 anni luce; cosicché quando due galassie entrano in collisione, e sembra ce ne siano parecchie, per le enormi distanze rispetto al diametro, è quasi impossibile che due stelle si scontrino.

Le distanze tra le galassie e tra gli ammassi sono invece dello stesso ordine di grandezza dei rispettivi diametri, quindi sono relativamente vicini, e per questo si possono osservare galassie in collisione.

Bisogna tener presente che le distanze astronomiche non possono essere esatte, sono soltanto indicative.

Ciò è dovuto al fatto che gli astronomi non hanno mezzi sicuri e precisi per misurare distanze, specie quelle enormi. Col metodo geometrico della parallasse si può misurare solo fino ad una distanza di circa 100 anni luce.

Sembra che la teoria cosmologica dello stato stazionario sia nata proprio per un errore di distanza che ha messo in crisi per un certo tempo la teoria avversaria. Difatti ad un certo punto l'età dell'universo risultava inferiore all'età della Via Lattea, contraddicendo fundamentalmente la teoria evuzionistica. Per la teoria dello stato stazionario invece, come si vedrà, l'universo è sempre esistito così come adesso e quindi non ha significato parlare di età.

Quando si scoprì l'errore, le distanze degli ammassi risultarono molto maggiori, e l'età dell'universo raggiunse un valore maggiore di quello di qualsiasi suo componente, ma ormai la teoria dello stato stazionario si era diffusa.

La luminosità apparente di una stella o di una galassia dipende evidentemente dalla sua luminosità reale (o assoluta), ma dipende anche dalla sua distanza, perché l'intensità della luce è inversamente proporzionale al quadrato della distanza.

Si ha infatti: luminosità app = luminosità ass / (4π X distan²). La distanza delle galassie vicine, si può ottenere per mezzo di stelle variabili. Queste sono le variabili Cefeidi, che si contraggono e che si espandono ritmicamente, ed allo stesso modo varia anche la loro temperatura e luminosità, con un periodo massimo di 15 giorni.

Si è trovato infatti che le stelle variabili di uguale periodo, hanno anche uguale luminosità assoluta.

Se in una galassia si riesce ad osservare una di queste stelle, è facile rilevare il suo periodo, cioè il tempo che intercorre tra due valori minimi della sua luminosità apparente.

Poiché con metodi trigonometrici, nella nostra galassia, si è riusciti a calcolare approssimativamente la distanza e quindi la luminosità assoluta di alcune stelle variabili vicine, conoscendo il periodo di una variabile posta in qualsiasi galassia, per confronto, se ne deduce anche la luminosità assoluta.

* Con la formula: $dist = \sqrt{\frac{lum_{ass}}{lum_{app} \times 4 \pi}}$

è facile poi calcolare la distanza della galassia a cui la stella appartiene.

Le distanze delle galassie distanti, poiché in queste non si distinguono stelle, ma si vedono come nubi, vengono misurate prendendo come base la luminosità assoluta media delle galassie vicine. Cioè si ammette che questa sia uguale a quella delle galassie più lontane, e si ricava la distanza dalla luminosità apparente, con la stessa formula sopraddetta.

In altre parole le galassie più piccole sarebbero le più lontane. Ma con questo metodo non si tiene conto che le galassie osservate a miliardi di anni luce, sono anche più giovani di miliardi di anni, di quelle vicine, e che quindi la loro luminosità assoluta media può essere diversa.

Difatti una galassia si vede com'era quando la luce è partita da essa, e quindi più indietro nel tempo corrispondentemente agli anni luce di distanza.

La luminosità di una galassia è costante nel tempo?

La luminosità di una stella sappiamo che varia di molto ed in modo non regolare; il nostro Sole diventerà molto più grande

e quindi più luminoso, e poi andrà diminuendo di luminosità.

Dobbiamo riconoscere che la conoscenza delle distanze è fondamentale per la comprensione dell'Universo, ogni teoria cosmologica non può farne a meno.

A che punto saremmo oggi se Miss H. S. Leavitt non avesse scoperto la relazione che intercorre tra periodo e luminosità delle stelle variabili?

Cioè probabilmente non si sarebbe potuto progredire nella conoscenza del mondo, se non fossero esistite le stelle variabili. Questo fatto può farci riflettere sulla relazione che c'è tra l'uomo e l'Universo. Se l'uomo è qualcosa di più e di diverso dalla materia e dagli altri viventi, si può sperare che possa riuscire a comprendere tutto.

Se invece è un animale soltanto più perfezionato, probabilmente non riuscirà mai a spiegarsi completamente l'Universo, e nemmeno a visitarlo, od a comunicare con tutte le altre forme di vita intelligenti che vi possano esistere.

Difatti è certo che un delfino, che sembra il più intelligente degli altri animali,

non potrà mai capire ... che la terra è rotonda.

L'Universo, anche per esigenze di descrizione, viene spesso mostrato in modo schematico, ed i corpi celesti appaiono come tante belle figure geometriche imperturbabili ed in bell'ordine.

Ma la realtà è ben diversa. Ci sono corpi che abbandonano le loro orbite, che si contorcono, stelle e persino galassie che esplodono con inaudita violenza, collisioni inimmaginabili.

Esistono delle galassie che pur essendo di dimensioni quasi stellari (quasar), emettono una enorme quantità di energia che non si riesce a spiegare come possa generarsi, tanto che alcuni astronomi pensano che nell'Universo ci sia ancora una forma di energia sconosciuta.

Ci sono delle stelle che esplodono emettendo una tale quantità di energia che, se esplodesse una di quelle a noi vicine, la vita sulla terra sarebbe spazzata via inesorabilmente.

Uno scienziato israeliano

Importante scoperta Onde gravitazionali

Tel Aviv, 16 marzo.

Un giovane scienziato israeliano, il professor Dror Sadeh, dell'università di Tel Aviv, ha accertato l'esistenza delle onde gravitazionali. Trova così conferma uno dei postulati base della teoria della relatività di Einstein.

La scoperta può portare a una migliore comprensione delle forze gravitazionali che governano l'universo, dell'influenza delle stelle e delle cause che sono all'origine dei terremoti.

L'annuncio della scoperta, definita di enorme importanza, è stato dato alla stampa, nel corso di una conferenza, dal rettore dell'università di Tel Aviv. (Ap)

.....

Dal quotidiano « La Stampa » di Torino, anno 1972.

II. Espansione dell'Universo

Abbiamo visto come i corpi celesti: i satelliti, i pianeti, il Sole, ruotano intorno ad un centro. Così il Sole, e quindi tutto il sistema solare, ruota alla velocità di circa 220 Km/sec intorno al centro della galassia. Ciò è dovuto al fatto che tutta la galassia ruota intorno al proprio centro di massa. Tra i sistemi del cielo, il più grande che si conosca è l'ammasso di galassie. Considerando ciascuno ammasso, le galassie dentro di esso hanno dei movimenti particolari che sono regolati dal campo gravitazionale locale.

Ma la caratteristica veramente impressionante dell'Universo, è che gli ammassi di galassie si allontanano uno dall'altro con elevatissima velocità.

E' come se all'inizio tutti gli ammassi si fossero trovati uniti a formare un solo corpo, e che questo, in conseguenza di uno scoppio, sia volato in frantumi per ogni direzione.

Difatti noi dal nostro ammasso vediamo tutti gli altri ammassi allontanarsi con velocità proporzionale alla distanza: $v = \text{cost} \times \text{dist}$, cioè un ammasso che si trovi a distanza doppia di un altro, mostra anche velocità doppia rispetto a noi. Alla distanza di 2.200.000.000 anni luce, nella costellazione dell'idra, si osserva la velocità di un ammasso uguale a 60.800 Km/sec, e a quella di 6.000.000.000 di anni luce sembra che la velocità di un ammasso sia ben 140.000 Km/sec.

La velocità di espansione osservata delle galassie più lontane è di 700 milioni di Km/ora (la velocità della luce è di circa 1 miliardo di Km/ora).

Ogni galassia rispetto ad ogni altra ha velocità proporzionale alla distanza, e questa è l'unica legge di espansione che permette all'Universo di espandersi e mantenere nello stesso tempo quella uniformità che risulta dalle osservazioni. Cioè la legge della velocità proporzionale alla distanza è confermata dalla uniformità del-l'Universo.

L'espansione dell'Universo è stata rilevata esaminando gli spettri di assorbimento delle galassie, e notando lo spostamento verso il rosso di certe righe scure che si trovano in essi. Lo spettro è la scomposizione della luce nei diversi colori. Cioè la luce bianca del Sole si trasmette per mezzo di onde

elettromagnetiche la cui lunghezza va da 4 a 7,5 10 millesimi di millimetro. Ad ogni lunghezza di tali onde corrisponde un colore; procedendo dalle onde più corte a quelle più lunghe, corrispondentemente i colori vanno dal violetto all'indaco, all'azzurro, al verde, al giallo, all'arancio, al rosso.

Cioè il colore bianco è la composizione di una infinità di colori che vanno dal violetto al rosso. Quindi dato che la frequenza è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda, al violetto corrisponde la massima frequenza ed al rosso la frequenza più bassa.

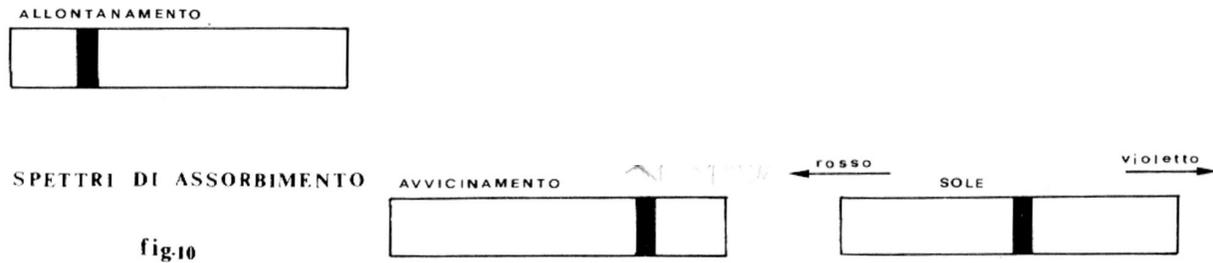
Se si fa passare la luce bianca attraverso uno spettroscopio, si ottiene tutta la gamma di colori, che costituiscono lo spettro della sorgente luminosa.

Anche le sostanze allo stato di vapore emettono uno spettro caratteristico e ben noto, avendolo potuto determinare mediante esperimenti di laboratorio.

Se tra la sorgente e lo spettroscopio si interpone un gas o altro corpo trasparente, lo spettro che si ottiene non è più continuo, ma è attraversato da righe scure corrispondenti ai colori che il corpo interposto ha assorbito.

Questo spettro si chiama spettro di assorbimento, e poiché il corpo interposto assorbe proprio quelle radiazioni che è capace di emettere, e che sono ben note per ogni elemento, con questo metodo si possono fare delle analisi qualitative molto precise ed anche a distanza. E' così che si sono scoperti i vari elementi presenti nell'atmosfera solare. Per es. il sodio emette una riga gialla, e poiché nello spettro della luce solare, in corrispondenza del giallo si nota una riga scura, si è concluso che il sodio è presente nell'atmosfera solare.

Poiché si ritiene che le stelle in media hanno la stessa struttura e la stessa composizione, confrontando lo spettro di assorbimento del Sole con quello delle altre stelle e con quello delle galassie (fig. 10), si è visto che alcune ben note righe scure non si trovano al giusto posto, dove si trovano nel caso del Sole. Dette righe scure nello spettro delle galassie sono spostate verso il rosso, e lo sono tanto più, quanto maggiore è la distanza delle galassie esaminate.



(fig-10): Al centro vediamo lo spettro di assorbimento « semplificato » del Sole. In alto quello di una galassia che si avvicina, e la riga scura è spostata verso il violetto; in basso quello di una galassia che si allontana, e la riga scura è spostata verso il rosso.

Se per es., la riga scura del sodio nello spettro di una certa galassia, si trova in corrispondenza dell'arancio, ciò che cosa può significare?

Può significare che l'arancio dello spettro della galassia, anche se a noi risulta di tale colore, in effetti cioè alla partenza, è giallo! Difatti si pensa che la galassia rispetto a noi si stia allontanando velocemente, e che per effetto Doppler, ogni colore si sposta verso il rosso, cioè: l'indaco diventa azzurro, l'azzurro diventa verde, il verde giallo, il giallo arancio, l'arancio rosso, il rosso ancora più rosso (infrarosso). Ecco perché noi vediamo la caratteristica riga scura del sodio spostata!

L'effetto Doppler consiste nella variazione di frequenza che una propagazione ondosa subisce quando tra la sorgente e l'osservatore c'è un moto relativo.

Se la sorgente è ferma rispetto all'osservatore, le onde arrivano con la stessa frequenza con la quale sono state emesse, perché ognuna per raggiungere l'osservatore, deve percorrere sempre la stessa distanza.

Se invece la sorgente è in moto di avvicinamento verso l'osservatore, ogni onda successiva, rispetto alla precedente, percorre una distanza minore, perché nel tempo che un'onda impiega per arrivare all'osservatore, la sorgente si avvicina sempre di una stessa quantità di spazio. Se percorre una distanza minore, essendo la velocità costante, impiega anche un tempo minore per arrivare all'osservatore, e quindi l'intervallo tra un arrivo e l'altro è minore, cioè la frequenza appare maggiore.

Se la sorgente è in moto di allontanamento, avviene tutto il contrario, e la

frequenza risulta minore.

Per questo quando una locomotiva passa velocemente fischiando, vicino ad un osservatore, questi nota un brusco abbassamento del tono proprio nel momento in cui viene oltrepassato: prima di questo istante c'è avvicinamento, poi allontanamento.

Nel caso della luce un aumento di frequenza significa uno spostamento verso le radiazioni violette ed una diminuzione, uno spostamento verso le radiazioni rosse.

Tanto per fissare le idee, possiamo affermare che se un viaggiatore a bordo di un missile si avvicinasse con sufficiente velocità ad un semaforo ' rosso, lo vedrebbe verde.

Il contrario avviene per le galassie che si allontanano, sulle quali ogni colore cambia verso il rosso.

Che l'Universo sia in espansione è provato anche dal paradosso di Olbers.

Se si considera l'Universo statico, la luce di tutte le stelle del cielo dovrebbe impedire che di notte si faccia buio.

Invece dato che le stelle si allontanano a velocità elevatissima, la loro intensità luminosa risulta indebolita perché, come si è visto diminuisce la frequenza.

Difatti l'energia luminosa è espressa dalla seguente formula: $E = h \times f$, dove h è la costante di Planck, ed f la frequenza.

III. Le Galassie

Allo stato attuale della cosmologia, tra i vari sistemi che formano l'universo, la galassia viene preferita sempre come unità caratteristica, per la formulazione delle teorie cosmologiche.

E' vero che l'espansione dell'universo è indicata dagli ammassi di galassie, ma questi non presentano una struttura interessante.

Le galassie invece per le loro particolari forme geometriche, oltre ad apparirci molto enigmatiche, si prestano meglio alle osservazioni.

Il famoso astronomo Hubble le ha suddivise in tre gruppi: Ellittiche, Spirali, Irregolari.

Le ellittiche sono sferiche o quasi e costituiscono il 15 % del totale.

Le spirali hanno la forma di una spirale con più braccia che sembra si avvolgano intorno ad un nucleo sferico centrale. Hanno la forma appiattita di un disco con lo spessore maggiore al centro in corrispondenza del nucleo; ed a secondo della grandezza di questo, si suddividono in tre sottogruppi. Esse sono circa l'83 %.

Le irregolari sono il 2%, e l'unica caratteristica che abbiano in comune sembra sia l'appiattimento.

Tutti i tipi di galassie ruotano intorno ad un asse centrale (quello di massa): questo è il fatto più significativo e che bisogna considerare con attenzione.

Per un momento parliamo del pianeta Terra. E' noto che la Terra è schiacciata ai poli e rigonfiata all'equatore, per la rotazione che essa ha intorno al proprio asse passante per i poli. Questa forma certamente l'ha assunta quando ancora era plastica, e non dopo che si è solidificata.

Se la Terra non ruotasse intorno al proprio asse, trascurando le forze di marea del Sole e della Luna, essa sarebbe perfettamente sferica, perché le particelle di materia di cui è composta, sotto l'azione della reciproca attrazione, si sarebbero disposti a formare una sfera, comprimendosi tutte verso il centro di essa.

$m v^2$

Invece ruotando si crea una forza centrifuga: $F_c = (m v^2 / r) = m r \omega^2$, la quale è zero per le particelle che si trovano sull'asse di rotazione, e va man mano aumentando per quelle che si trovano più lontane, perché aumenta il raggio r .

Dato che la forza centrifuga è diretta in senso contrario alla forza di gravità, questa viene contrastata di più all'equatore e meno verso i poli, con la conseguenza appunto dello schiacciamento ai poli ed il rigonfiamento all'equatore.

Le galassie, anche se sono formate da stelle e da gas, si possono considerare come dei corpi plastici. Le stelle se su di esse agisse soltanto la forza di gravità, dovrebbero precipitare verso il centro, assumendo un'unica forma compatta e sferica.

Quindi, osservando la loro configurazione, è facile concludere che esse debbano ruotare, e che la velocità di rotazione è minore per quelle ellittiche, e maggiore per quelle irregolari e per quelle a spirale: se la Terra avesse avuto una velocità di rotazione maggiore, si sarebbe appiattita come un disco.

Osservazioni con lo spettroscopio, confermano che la velocità di rotazione delle galassie appiattite è rapida, mentre quelle ellittiche ruotano lentamente.

Come si siano formate le galassie è stato sempre un mistero.

Una legge di fisica molto importante, da tenere presente quando si studia l'origine e l'evoluzione degli astri, è quella del principio di conservazione del « momento della quantità di moto », che più semplicemente chiameremo « momento angolare ».

Se un corpo di massa m si muove con velocità v , e su di esso non agisce alcuna forza, esso descrive una traiettoria rettilinea, e si mantiene costante la quantità di moto mv .

Analogamente se un corpo di massa m , ruota attorno ad un centro distante r dal proprio baricentro, con velocità costante v , esso manterrà costante il momento della quantità di moto: $m v r$, se nessuna coppia agirà sulla massa m . Se la distanza r dovesse diminuire, dato che la quantità $m v r$ deve rimanere costante, aumenterebbe la velocità v . Ciò naturalmente nell'ipotesi che la massa rimanga

costante e che il sistema sia isolato, cioè nessuna coppia di forze esterna agisca su di esso.

Questo principio non è intuitivo, è un po' fuori del senso comune, e poiché è essenziale per la descrizione dei sistemi astronomici, è necessario chiarirlo meglio.

Se il raggio di rotazione del corpo più sopra considerato diventa metà, il numero di giri non diventa il doppio, ma il quadruplo. Difatti il momento angolare $M_a = m v r$, essendo $v = \omega r$, si può anche scrivere nella forma: $M_a = m \omega r^2$, da cui la velocità angolare $\omega = M_a / m r^2$; ed essendo $\omega = 2 \pi n$, si ha

$n = M_a / 2\pi m r^2$, ed è evidente quindi che il numero di giri n è inversamente proporzionale al quadrato del raggio.

Tutti avranno visto un pattinatore che per diminuire di giri allarga le braccia, mentre per aumentarli raccoglie le braccia intorno al proprio corpo. Così se tutti i corpi del sistema Solare si avvicinasero al Sole formando con esso un solo corpo, questo avrebbe una velocità di rotazione molto maggiore dei 2 Km/sec che ha il Sole adesso.

Anche la seconda legge di Keplero: « Il raggio congiungente il Sole con un pianeta, copre aree uguali in tempi uguali », non è altro che un caso particolare del principio di conservazione del momento angolare. Difatti il pianeta descrivendo un'ellisse intorno al Sole, ruota più velocemente quando si avvicina ad esso e più lentamente quando se ne allontana, appunto per mantenere costante il momento angolare.

Una classica dimostrazione sulla conservazione del momento angolare è la seguente: — Un uomo (non tanto pesante!) sta dritto con i piedi su di una piattaforma, che può ruotare in tutti e due i sensi ma che all'inizio dell'esperimento è ferma. Egli tiene con una mano alzata sopra la testa impugnando l'asse, una ruota di bicicletta, appesantita, anch'essa ferma e con il piano di rotazione parallelo al suolo. Quindi all'inizio il momento angolare è zero e tale dovrà rimanere, dato che nessuna coppia esterna verrà ad agire sul sistema uomo + ruota + piattaforma.

Difatti se con l'altra mano libera l'uomo mette in rotazione la ruota, avviene che egli stesso ruota sulla piattaforma in senso contrario, ed in modo che il momento della piattaforma + uomo sia uguale ed opposto a quello della ruota, cioè con

momento angolare complessivo nullo.

Se adesso l'uomo abbassa il braccio teso verso terra, tenendo sempre la ruota dalla stessa parte dell'asse, avviene qualcosa di incredibile; la piattaforma si ferma e si mette a ruotare in senso contrario, sempre con l'uomo sopra.

La spiegazione è semplice perché è evidente che, con l'abbassare il braccio verso il suolo, la ruota di bicicletta si capovolge, cioè la faccia che prima guardava verso terra, risultava adesso di sopra, e quindi la sua rotazione s'inverte.

Per rendersi conto di questa inversione si può disegnare su un dischetto di carta trasparente una freccia curva per es. nel senso orario: se si capovolge (come la ruota) si nota la freccia nel senso antiorario.

Una teoria per spiegare la formazione delle galassie è la seguente.

All'inizio dell'espansione dell'universo, quando la materia era ancora allo stato di gas, alcune masse del fluido si sarebbero addensate, differenziandosi dal resto, e diventando sempre più dense sotto l'azione della gravitazione locale, pur continuando a partecipare all'espansione generale. Sarebbero così nate le « protogalassie ».

Come ciò sia potuto avvenire non si comprende, perché la forza gravitazionale agendo su ogni particella in modo uniforme, tendeva come tende anche adesso soltanto a frenare l'espansione di tutte, e non soltanto di alcune.

Affinché ciò si fosse potuto verificare, la gravitazione avrebbe dovuto agire in modo differente sulle varie particelle, ritardando maggiormente quelle più avanti.

Difatti non si conoscono altre forze che abbiano potuto intervenire in questo senso. Teniamo ben presente questo difetto perché verso la fine si potrà eliminarlo, e riprendiamo la teoria.

La protogalassia si sarebbe contratta sempre più sotto la forza gravitazionale, irradiando l'energia di compressione verso l'esterno, e seguendo tale e quale l'evoluzione di una stella.

Infatti si ritiene che le stelle nascono da masse di gas che incominciano a

contrarsi, e l'evoluzione di ciascuna di esse dipende dalla propria massa.

Quelle di massa maggiore si contraggono sempre più raggiungendo temperature enormi, e finiscono con l'esplosione. Quelle di massa minore invece non riuscendo a raggiungere tali temperature limite, non esplodono ma diventano sempre più dense e più fredde.

Come mai l'evoluzione finale delle galassie è differente da quella delle stelle?

Sembra che una massa di gas che si contrae finisce sempre col mettersi a ruotare, essendo la rotazione la risultante delle correnti fluide che vi sono in essa.

La protogalassia che aveva all'inizio un notevole moto rotatorio, si è appiattita a forma di disco a causa della forza centrifuga maggiore all'equatore e minore ai poli.

Invece la protogalassia con un debole moto rotatorio iniziale, non è riuscita ad appiattirsi perché la forza centrifuga lungo il piano di rotazione era insufficiente rispetto alla forza gravitazionale, e per questo sarebbe diventata ellittica.

Questa spiegazione non è convincente perché oltretutto se anche le stelle, come le galassie, si sono formate da una massa di gas in moto disordinato, esse non dovrebbero avere tutte la forma sferica ma alcune dovrebbero essere appiattite a forma di disco.

Riguardo alle braccia spirale delle galassie discoidali, si brancola addirittura nel buio. Si crede che esse si siano potute formare per l'avvicinamento di galassie che, per la mutua attrazione, si sarebbero strappate delle masse di materia.

Se si pensa che le galassie sono per la maggior parte a spirale, risulta impossibile un numero così elevato di avvicinamenti.

Ma poi come si può dimostrare che l'avvicinamento di due galassie provochi simili configurazioni a spirale?

Inoltre bisognerebbe poter dimostrare che l'avvicinamento delle galassie è possibile solo per quelle a disco, dato che quelle ellittiche non hanno braccia!

Ad aggravare l'attendibilità della teoria si aggiunge il fatto che i singoli componenti di una galassia non hanno uguale velocità angolare; cioè essi non

compiono un giro intorno al centro della stessa tutti nello stesso tempo, come avviene per esempio per tutti i punti di una ruota.

Il nucleo centrale sì, gira come una ruota, cioè con velocità periferica che va aumentando radialmente partendo dal centro. Più in là del nucleo invece la velocità è decrescente verso l'esterno, ed è simile quindi a quella di un vortice.

Il vortice è un movimento caratteristico dei fluidi, perché un corpo solido ruota in modo diverso da quello di un fluido.

Per un corpo solido ruotante, la velocità di ogni sua particella va aumentando dal centro di rotazione, dove è zero, verso la periferia; cioè essa è proporzionale alla distanza dal centro. E ciò è comprensibile se si pensa che i punti più distanti dal centro, descrivendo una circonferenza maggiore, devono muoversi più velocemente per fare un giro nello stesso tempo di quelli più vicini, dato che tra le varie parti del corpo solido non può esservi scorrimento.

I fluidi invece hanno velocità di rotazione inversamente proporzionale alla distanza dal centro, e questo tipo di moto viene chiamato vortice.

Esso si può descrivere immaginando un cilindro ruotante immerso in un fluido. Le particelle del fluido a contatto con il cilindro aderiscono ad esso, e vengono trascinate nella rotazione.

Progressivamente con intensità decrescente, questa rotazione si trasmette per attrito anche alle particelle più lontane del fluido, creando così un moto vorticoso.

Il concetto di vortice sarà riveduto, alla luce di una nuova interpretazione, nel capitolo ad esso dedicato.

Ritorniamo ora alla rotazione vorticosa delle galassie, mettendola in evidenza con un esempio.

Il nostro Sole per una rotazione completa intorno al centro galattico, distante 25.000 anni luce, impiega circa 200 milioni di anni, mentre il nucleo centrale della galassia, con raggio di 2.000 anni luce, in questo stesso tempo compie una trentina di giri.

Vedremo più avanti che la rotazione della galassia è analoga a quella del Sistema

solare, in linea generale.

Adesso risulta evidente che la formazione di una stella deve essere completamente differente da quella di una galassia.

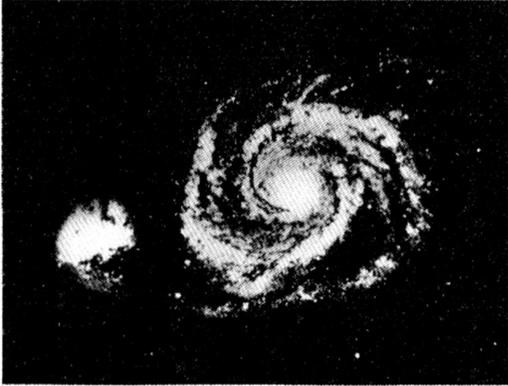
Però si vedrà che è simile a quella del nucleo della galassia, e che mentre le galassie si sono generate all'inizio dell'espansione, le stelle continueranno a formarsi anche dopo.



GALASSIA ELLITTICA.



GALASSIA IRREGOLARE: la grande nube di Magellano.



GALASSIA SPIRALE: M51.

IV. Sistema Solare

Come il Sistema solare si sia potuto formare è un mistero, perché nessuna delle numerose teorie avanzate fino a questo momento riesce veramente a spiegarne le caratteristiche.

H. C. Urey, premio Nobel per la fisica ed autore di una teoria, ha affermato che non si riuscirà mai a comprenderlo.

Ma poiché ha una configurazione geometrica sorprendentemente ben definita, e tutti i suoi pianeti si muovono e sono distribuiti non a caso ma seguono le tre leggi di Keplero ed approssimativamente quella di Bode, c'è da aspettarsi che nel modellarsi abbia seguito un ben determinato processo.

Ancora non è possibile ma più avanti verso la conclusione potremo sciogliere l'enigma.

Il Sistema solare è composto da nove pianeti, dall'interno verso l'esterno, Mercurio, Venere, Terra, Marte, Giove, Saturno, Urano, Nettuno, Plutone, che, come vuole la prima legge di Keplero, descrivono ciascuno una traiettoria ellittica di cui il Sole occupa uno dei fuochi. Quindi risulta che le nove ellissi hanno il fuoco occupato dal sole in comune, ed approssimativamente si può ritenere che i nove pianeti descrivano delle orbite circolari concentriche intorno al Sole.

La seconda legge di Keplero dice che, percorrendo una ellisse, ogni pianeta ruota più velocemente quando si trova più vicino

al Sole (perielio), e più lentamente quando se ne allontana, verso l'afelio.

Essi sono disposti tutti su uno stesso piano come una immensa ruota dal raggio di circa sei miliardi di Km, e sia il Sole sia i pianeti ruotano tutti nello stesso senso, da ovest verso est. Un osservatore che si ponesse al di sopra del Sistema solare, al polo nord, vedrebbe questi corpi ruotare tutti in senso contrario alle lancette dell'orologio, ma avrebbe una sorpresa nel constatare che la velocità di rotazione dei pianeti diminuisce man mano che ci si allontana dal Sole. Mercurio il più vicino fa mille giri intorno al Sole, nello stesso tempo in cui Plutone il più

lontano ne fa uno. Questo avviene in conformità alla terza legge di Keplero per la quale: « Il quadrato del periodo di rivoluzione di un qualsiasi pianeta è proporzionale al cubo della sua distanza media dal sole: $T^2 = \text{cost} \times R^3$.

Quindi, come si è visto per le galassie, anche il Sistema solare ha un movimento simile a quello di un vortice e non a quello di una ruota. Inoltre i pianeti ruotano intorno al proprio asse, perpendicolare al piano di rivoluzione, da ovest verso est, come il Sole. Fanno eccezione Urano e Venere che alterano questo ordine, perché ruotano intorno al proprio asse da est verso ovest, creando quindi grande disagio per i teorici e complicazioni che nessuna teoria è riuscita a spiegare, finora.

Le distanze dei pianeti dal Sole non sembrano casuali, perché seguono approssimativamente la legge empirica di Bode.

Essa espressa in unità astronomiche (Una U.A. = 150.000.000 Km), cioè prendendo come unità di misura la distanza Terra-Sole, è così formulata: distanza = $0,4 + 0,3 \times 2^n$, dove: $n = -\infty$ per Mercurio, $n = 0$ per Venere, $n = 1$ per la Terra (infatti $0,4 + 0,3 \times 2^1 = 1$ U.A.), $n = 2$ per Marte, $n = 3$ per gli asteroidi, $n = 4$ per Giove, $n = 5$ per Saturno, $n = 6$ per Urano, $n = 7$ per Nettuno, $n = 8$ per Plutone.

Quindi come si vede, assegnando ad n un numero intero da $-\infty$ ad 8, troviamo una distanza dal Sole alla quale deve corrispondere un pianeta. Alla distanza relativa ad $n = 3$ dapprima non si osservava alcun pianeta, ma poi finalmente dopo molte e pazienti osservazioni si è riusciti ad individuare uno stuolo di pianetini, confermando così la validità della legge.

Tuttavia essa è soltanto approssimata in generale, ed in particolare dà risultati erronei per i pianeti Nettuno e Plutone.

Tutti i pianeti eccetto Mercurio e Venere hanno dei satelliti che ruotano loro attorno. Complessivamente sono 31. La Terra ne ha 1, Marte 2, Giove 12, Saturno 9, Urano 5, Nettuno 2.

Plutone sembra che in origine fosse un satellite di Nettuno.

I satelliti descrivono orbite quasi circolari e complanari al piano in cui ruotano i pianeti.

Però mentre i pianeti ruotano intorno al Sole tutti da ovest verso est, certi pianeti hanno i propri satelliti che gli ruotano intorno, alcuni in un senso, altri in senso opposto.

Per es., intorno a Giove otto satelliti descrivono orbite nel senso ovest est, gli altri quattro invece si muovono in senso contrario.

Un altro fatto singolare è che Saturno è circondato da tre anelli che ruotano intorno ad esso. Essi sono costituiti da particelle di materia ed ognuna di esse si comporta come un minuscolo satellite. Difatti le particelle più interne ruotano più velocemente di quelle esterne, come vuole la terza legge di Keplero.

I pianeti del Sistema solare non hanno tutti la stessa densità, essa è maggiore per quelli più piccoli per lo più interni. Ciò si può spiegare considerando che una massa grande trattiene più facilmente gli elementi leggeri, che sfuggono invece ad una massa piccola; per es. Mercurio e la Luna (ed in generale tutti i satelliti), sono addirittura privi di atmosfera, mentre Giove, che ha una massa maggiore di quella di tutti gli altri pianeti messi assieme, si può paragonare ad una specie di stella fredda, perché è formato essenzialmente di idrogeno, sempre più compresso verso il centro.

Un'altra caratteristica molto importante del Sistema Solare è che il Sole, pur essendo il 99,9 % della massa di tutto il sistema, ha un momento angolare di appena il 2 %, dato che ruota lentamente intorno al suo asse. Il rimanente 98 % del momento angolare, appartiene ai pianeti con una massa dello 0,1 %. Sembra però che il Sole ruoti più velocemente di quanto possa apparire dagli strati esterni.

Perché una teoria sulla formazione del Sistema solare sia accettabile è sufficiente che essa riesca a spiegarne le caratteristiche essenziali, perché altre particolari si possono interpretare tenendo presente che il Sistema solare non rimane invariabile nel tempo, ma le interazioni tra i vari corpi creano delle variazioni.

Le teorie proposte per spiegare la formazione del Sistema solare sono diverse ma si possono sintetizzare nelle tre seguenti, che partono dalla ipotesi che il Sistema solare abbia avuto origine da: 1) Una nebulosa originaria; 2) Un urto non centrale tra due stelle; 3) Un sistema binario di stelle (stelle doppie).

1) La nebulosa originaria si è andata contraendo sotto la forza gravitazionale, e per la conservazione del momento angolare la sua ipotetica rotazione prese ad

aumentare sempre più, trasformandola in un disco. Ad un certo punto la forza centrifuga avrebbe superato la forza gravitazionale lungo il piano equatoriale, e da questo si sarebbe staccato un anello di materia.

Continuando ancora a contrarsi ed a ruotare più velocemente, sarebbe ancora arrivata al punto critico, provocando l'espulsione di un secondo anello. Con questo andamento si sarebbero ottenuti tanti anelli di materia quanti sono i pianeti.

I satelliti si sarebbero ottenuti allo stesso modo dai rispettivi pianeti. Questa teoria è del tutto insoddisfacente perché probabilmente gli anelli di materia si sarebbero dispersi, e comunque non si saprebbe spiegare come un anello di gas con al centro il Sole, si sarebbe potuto trasformare in un corpo sferico.

Difatti è più facile ammettere il contrario, e cioè che un corpo sferico ruotante intorno ad un altro corpo esplodendo si possa trasformare in un anello, come sembra sia avvenuto per quelli di Saturno.

Inoltre il Sole avrebbe dovuto avere la maggior parte del momento angolare, ed invece sappiamo che è proprio il contrario.

E come si può spiegare la terza legge di Keplero?

Infine la rotazione della nebulosa da ovest ad est potrebbe spiegare la rotazione intorno al Sole di tutti i pianeti che, ammettendo siano stati originati dagli anelli di materia, dovrebbero giustamente ruotare nello stesso senso ovest est.

Ma come si potrebbe spiegare la rotazione intorno al proprio asse di Venere ed Urano che avviene nel senso est ovest, contrario a quello di tutti gli altri?

2) La teoria basata sull'incontro del Sole con un'altra stella, dovrebbe specialmente superare la difficoltà che deriva dal fatto che il momento angolare del Sistema solare è quasi tutto concentrato nei pianeti. Cioè si è cercato di attribuire all'intervento dell'altra stella il momento della quantità di moto posseduta dai pianeti, mantenendo il Sole, durante questo processo, in uno stato di passività. Ma anche ammettendo che sia andata così il vantaggio di tale ipotesi non va più oltre.

Questo stratagemma risulta più che altro comodo perché riesce a giustificare il momento angolare dei pianeti come un dono elargito dalla provvidenziale stella,

e nello stesso tempo evita di render conto delle condizioni di questa perché adesso non c'è più, e nessuno sa dove sia andata a finire.

Difatti questa teoria suppone che una stella essendo passata vicino al Sole, per l'attrazione gravitazionale, avrebbe provocato eruzione di materia che successivamente si sarebbe condensata nei pianeti intorno al Sole.

Oppure che la stella avrebbe estratto dal Sole un lungo filamento di materia che si sarebbe poi suddiviso in tante parti quanti sono i pianeti.

Anche qui la materia espulsa si sarebbe dispersa e non avrebbe potuto condensarsi in pianeti. E poi come si sarebbero formati i satelliti?

Questa teoria non spiega la regolarità del Sistema solare rappresentata dalle leggi di Keplero.

Infine c'è da osservare che l'incontro tra due stelle è molto improbabile, e che se davvero il Sistema solare si fosse generato così, i sistemi planetari nell'universo sarebbero rarissimi.

3) Dopo la prima ipotesi della nebulosa e la seconda dell'incontro tra due stelle, per quanto si possa sforzare l'immaginazione, sembra rimanere un'altra sola possibilità per tentare di spiegare la formazione del Sistema solare, ed è quella che parte dal sistema binario di stelle.

Le stelle doppie non sono rare, sembra siano il 50 % di tutte le stelle, e quindi se i sistemi planetari si formassero da esse, potrebbero essere piuttosto frequenti.

Le stelle doppie sono due stelle vicine che ruotano intorno ad un comune baricentro.

Nel nostro caso sarebbe avvenuto che la ipotetica compagna del Sole, ad un certo momento della sua esistenza, si sarebbe frantumata, o perché gravitazionalmente instabile, o perché sarebbe scoppiata come avviene per alcune stelle, le novae e le supernovae.

Le varie masse di gas risultanti dalla disgregazione si sarebbero poi condensate per formare i vari pianeti. Ammettiamo che sia andata così. Come si sono formati i satelliti? Secondo i sostenitori di questa teoria i satelliti si sarebbero formati perché il processo si sarebbe ripetuto, e cioè le masse di gas si sarebbero

ulteriormente frantumate per dare origine ai satelliti.

La massa di tutti i corpi che ruotano intorno al Sole è appena un millesimo della massa di questo, è quindi difficile ammettere che la compagna disintegrata del Sole fosse così piccola.

* Riguardo alla regolarità che regna nel Sistema solare, questa teoria non riesce nemmeno a spiegarla perché i tentativi avanzati non convincono per niente.

Difatti si pensa che tutti i cocci derivanti dalla esplosione della stella prima e delle altre masse dopo, si siano messe ordinatamente a compiere giri di rotazione e di rivoluzione, come pianeti o come satelliti, per l'azione di forze di marea esercitate dal Sole sui pianeti e da questi sui satelliti.

Apriamo una breve parentesi per vedere che cos'è la marea.

La forza di marea è dovuta ad uno squilibrio locale tra la forza di gravità e la forza centrifuga, squilibrio che nasce quando queste forze agiscono contemporaneamente su di un corpo materiale esteso. Per es. la Luna ruota intorno alla Terra perché su di essa la forza gravitazionale fa equilibrio alla forza centrifuga.

Sarebbe più esatto dire che Terra e Luna ruotano intorno al comune centro di massa, che cade all'interno della Terra (se Terra e Luna avessero la stessa massa, il centro di massa cadrebbe a metà strada dei due corpi); ma per il nostro scopo si può ammettere che è la Luna a ruotare intorno al centro della Terra, anche se questo in effetti non è fermo ma ruota intorno ad un punto interno alla Terra, il centro di massa, facendo un giro in un mese. Dunque se per un momento la forza gravitazionale della Terra non agisse, la Luna invece di ruotare intorno alla Terra, percorrerebbe una linea retta, tangente all'orbita descritta, come la pietra di una fionda.

Sia la forza centrifuga che la forza gravitazionale si esercitano su tutta la massa della Luna, cioè su ogni sua particella, e dato che queste sono a diversa distanza dal centro della Terra, ne derivano corrispondentemente diverse forze centrifughe e diverse forze gravitazionali.

Nel complesso la risultante di tutte queste forze è nulla, perché in media esse si fanno esattamente equilibrio, ed è come se tutta la massa della Luna fosse concentrata nel suo baricentro. Cioè per quanto riguarda la rotazione di tutta la

Luna, si ha: forza centrifuga uguale forza gravitazionale.

Però se esaminiamo dettagliatamente tutte queste piccole forze componenti, notiamo che la Luna viene sottoposta ad una continua trazione che tende a romperla in due (o più pezzi).

Difatti è noto che la Luna, verso la Terra, volge sempre la stessa faccia, e quindi questa, rimanendo costantemente più vicina alla Terra, ruota intorno ad essa con velocità minore delle parti più lontane. E' come se Terra e Luna fossero collegate da un'asta rigida, e così la velocità di rotazione del sistema risulterebbe crescente verso l'esterno della Luna.

Ne risulta che la faccia visibile della Luna è sottoposta ad una forza centrifuga minore di quella a cui è sottoposta la faccia più lontana nascosta, che ruota più velocemente.

Tutto il contrario avviene per la forza gravitazionale che è maggiore per la parte più vicina e minore per quella più lontana.

Ciò evidentemente è dovuto al fatto che la forza centrifuga è proporzionale alla distanza, mentre la forza gravitazionale è inversamente proporzionale al quadrato della distanza.

Quindi nella stessa parte della Luna più vicina alla Terra, prevalendo le forze gravitazionali, nasce una forza diretta verso la Terra, nell'altra parte più lontana, essendo maggiori le forze centrifughe, nasce una forza uguale, ma diretta in senso contrario, che annulla la prima.

Questo squilibrio locale tra forza gravitazionale e forza centrifuga, sulle varie parti della Luna, si chiama forza di marea e tende evidentemente non a spostare, ma a tirare in direzioni opposte il nostro satellite, facendogli assumere una forma ovoidale.

La forza di marea, risultando dal calcolo inversamente proporzionale al cubo della distanza, cresce rapidamente al diminuire di questa, e ad un certo punto la forza gravitazionale che tiene unito il satellite diventa inferiore alla forza di marea, ed il satellite si frantuma.

Qualcosa del genere deve essere successo ad un satellite di Saturno. Difatti gli anelli che lo circondano si trovano ad una distanza dal suo centro, inferiore al

limite di Roche, e si pensa che essi derivino appunto da un satellite frantumato.

Roche ha calcolato la distanza minima alla quale un satellite può avvicinarsi al proprio pianeta conservandosi intero, ed ha trovato che essa corrisponde a 2,44 volte il raggio del pianeta.

Ritorniamo ora alla terza teoria del Sistema solare.

La terza teoria del Sistema solare si basa essenzialmente sul concetto di « attrito di marea ».

L'attrito di marea si verifica quando un corpo ruota intorno ad un'altro sufficientemente deformabile in superficie, con velocità diversa da quella che ha quest'ultimo nel ruotare intorno al proprio asse.

Un caso simile è la rotazione della Luna intorno alla Terra. Difatti la Luna impiega un mese per fare una rivoluzione intorno alla Terra, mentre questa ruota intorno a sé stessa in un tempo minore cioè in un giorno.

Se la Terra fosse coperta tutta di acqua, l'attrazione lunare deformerebbe la coltre liquida trasformandola da sferica in ovoidale, e questa deformazione, questo rigonfiamento, avrebbe un orientamento ben preciso nello spazio, cioè avverrebbe indubbiamente lungo la congiungente Terra Luna.

La Luna terrebbe quasi fermo nella propria direzione il liquido deformato, mentre la Terra solida sarebbe costretta a ruotare sotto di esso, avendo velocità maggiore di quella della Luna, creando così un effetto di attrito.

Questo attrito di marea frenerebbe certamente la rotazione della Terra intorno al proprio asse.

Anche se la Terra non è coperta tutta di acqua, questo effetto di attrito dovuto alla marea esiste, e sembra che qualche miliardo di anni fa la durata del giorno sulla Terra fosse di appena otto ore invece delle attuali ventiquattro.

Abbiamo notato prima che Terra e Luna ruotano intorno al comune centro di massa che cade sulla retta congiungente i loro centri all'interno della Terra. Quindi Terra e Luna formano un sistema in movimento, ed il loro momento angolare complessivo deve rimanere invariato. Il momento angolare complessivo è dovuto:

- 1) alla rotazione della Terra intorno al proprio asse;
- 2) alla rotazione della Terra intorno al centro di massa;
- 3) alla rotazione della Luna intorno al proprio asse;
- 4) alla rotazione, della Luna intorno al centro di massa.

Quindi se la velocità di rotazione intorno al proprio asse della

Terra diminuisce, per la conservazione del momento angolare del sistema Terra-Luna, ci deve essere un compenso da qualche altra parte.

Difatti la Terra per attrito spinge in avanti secondo la sua rotazione, i rigonfiamenti dovuti alla marea, e questi trasmettono per attrazione gravitazionale la spinta ricevuta alla Luna, facendola ruotare più velocemente lungo la sua orbita intorno alla Terra.

Un processo simile si sarebbe verificato per le masse derivanti dalla frantumazione della stella compagna del Sole: ogni massa sarebbe stata spinta dal Sole lungo orbite intorno a sé stesso e nello stesso senso ovest est della sua rotazione.

E poiché queste masse ancora fluide venivano deformate assumendo una forma ovoidale, esse presentavano sempre la stessa faccia verso il Sole. Ogni pianeta nello stesso tempo che faceva una rivoluzione intorno al Sole, faceva anche una rotazione intorno a sé stesso. Insomma i pianeti si trovavano nelle stesse condizioni in cui si trova adesso la Luna, con la differenza che essi non erano ancora solidificati.

Che la Luna volgendo sempre la stessa faccia alla Terra debba compiere una rotazione intorno a sé stessa nello stesso tempo che fa un giro di rivoluzione, è evidente osservando che dopo 180° la faccia che prima guardava a nord adesso guarda a sud; dopo 270° guarda ad est, e dopo 360° ritorna a guardare a nord, compiendo appunto un giro.

Poi avvenne che i pianeti, man mano che si andavano solidificando, si contraevano, e per la conservazione del momento angolare, aumentavano la velocità di rotazione fino al valore odierno, ma sempre nello stesso senso primitivo ovest est.

I satelliti intorno ai pianeti, si sarebbero formati allo stesso modo.

Per far cadere questa terza ipotesi sulla formazione del Sistema solare basta una sola osservazione: — Come mai i pianeti Venere ed Urano ruotano nel senso est ovest intorno al proprio asse, pur ruotando intorno al Sole da ovest ad est?

Difatti è facile capire che un corpo che ruota intorno ad un'altro rivolgendogli sempre la stessa faccia, deve necessariamente ruotare intorno a sé stesso nello stesso senso con cui ruota intorno al corpo.

Alla fine di questa breve relazione sulle teorie del Sistema solare, dobbiamo riconoscere che esse sono state proposte, in mancanza di meglio. D'altronde bisogna pur fare qualche ipotesi, anche se non convincente, perché esse dovrebbero gradualmente avvicinarsi alla verità.

Però in questo caso vedremo che per spiegare il mistero, dovremo fare, in un certo senso, un cammino a ritroso.

V. Teorie cosmologiche

Prescindendo per adesso da come potrà risultare l'Universo dalle osservazioni, quale modello ci sembrerebbe più soddisfacente?

Dobbiamo premettere che per la scienza, in linea di principio, sono possibili tutti i modelli e lo scienziato, basandosi sulle osservazioni, respinge quei modelli che non si adeguano ai dati accertati, finché perverrà a quello giusto, sempre che sia stato immaginato.

Ma certi modelli, anche se non si avesse nessuna prova contro di essi, creano nella nostra mente una certa avversione istintiva. Per es., un modello che prevedesse per l'Universo una età, oppure un limite nel tempo o nello spazio, ci renderebbe piuttosto ostili verso di esso.

Il motivo di questa ostilità è che inconsciamente noi siamo convinti che « nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma », ed inoltre vorremmo dare al problema una soluzione definitiva. Difatti se si ammettesse per l'Universo una data di nascita oppure un limite, bisognerebbe rispondere ancora alle seguenti domande:

— Prima della nascita che cosa c'era? Al di là dell'Universo che cosa c'è? —
Noi desideriamo che l'Universo sia sempre esistito, che esista sempre, e che sia senza limite di estensione.

Non potendo prendere in considerazione un Universo statico, dato che esso è in espansione, l'unica soluzione per soddisfare il

nostro impulso sarebbe quella di un Universo in movimento, che segua un ciclo per cui alla espansione seguirà una contrazione, poi di nuovo una espansione, e così via...

L'Universo potrebbe essere infinito; o potrebbe essere « finito ma illimitato »: cioè esso non si estenderebbe all'infinito (può darsi che l'infinito come s'intende comunemente non esista) ma pur avendo una dimensione finita, sarebbe senza confini cioè illimitato, nel senso che un viaggiatore ideale che andasse sempre avanti non incontrerebbe nessuna interruzione, e finirebbe per ritornare al punto

di partenza.

Uno spazio con queste caratteristiche, lo spazio curvo, nessuno è capace di immaginarselo intuitivamente, ma gli scienziati matematicamente riescono a rappresentarlo, con una geometria non euclidea¹.

Nota¹: *Facciamo un semplice esempio per vedere come sia possibile con la matematica raggiungere deduttivamente dei risultati che intuitivamente non saremmo capaci di immaginare. Consideriamo il numero 3; se lo vogliamo moltiplicare per sé stesso e poi il risultato ancora per 3, possiamo scrivere: $3 \times 3 \times 3 = 27$. Per semplicità si è convenuto di scrivere questo prodotto nel seguente modo: 3^3 . Quindi $3^3 = 3 \times 3 \times 3 = 27$; $3^4 = 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$; $3^5 = 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 243$; ecc. Analogamente $3^3 = 3 \times 3 = 9$; $3^1 = 3$; e 3^0 ? Credo che nessuno riesca ad intuire a che cosa sia uguale 3^0 ! Ma la matematica risponde: $3^0 = 1$. Si arriva a questo risultato deduttivamente sapendo che $3^n : 3^n = 1$, e che $3^n : 3^n = 3^{nn} = 3^0$.*

Lo spazio curvo si può paragonare lontanamente alla superficie curva della Terra, sulla quale un viaggiatore andando sempre avanti finirebbe col ritornare al punto di partenza; inoltre questa superficie (da non confondere col volume!) non ha centro, perché tutti i suoi punti sono equivalenti, e quindi se ne può considerare centro uno qualsiasi.

Cioè se si immagina un batterio che sia capace di percepire soltanto due dimensioni, lunghezza e larghezza, per questo essere, non potendo rendersi conto dell'altezza, la superficie sferica sarebbe evidentemente finita ma illimitata, e potrebbe considerarla uno spazio curvo a due dimensioni.

L'uomo è capace di immaginare lo spazio comune tridimensionale, ma non lo spazio curvo tridimensionale.

Se lo spazio curvo tridimensionale esiste davvero perché, pur riuscendo a rappresentarlo e descriverlo matematicamente, non riusciamo ad immaginarlo con la nostra mente? Forse questo è un chiaro indizio che la nostra mente ha dei limiti, anche se più avanzati di quelli degli altri animali. Esiste nell'Universo qualche altro essere vivente più evoluto che riesca a capire lo spazio curvo?

Non si può dire con sicurezza, ma osservando come sulla Terra gli esseri viventi si trovano a diversi stati di capacità mentale, estendendo tale concetto a tutto

l'Universo, si potrebbe prevedere che la scala intellettuale debba continuare oltre l'uomo.

Cioè si può formare una graduatoria in base al quoziente di intelligenza di ogni animale esistente sulla Terra con l'uomo in testa; ... ma sarebbe come ritornare alla teoria geocentrica, voler considerare l'uomo l'essere più evoluto dell'Universo!

Il problema piuttosto è un altro: — Quale è il limite superiore dell'intelligenza nell'Universo?

Secondo quanto c'insegnano le Religioni una cosa è certa, Dio è al di sopra di tutti.

Ammettendo che l'Universo sia in espansione e sia finito, la sua estensione va aumentando come un palloncino che si gonfia sempre più. Ma mentre il palloncino si espande nello spazio, la stessa cosa non avviene per l'Universo, il quale invece produrrebbe lo spazio con la sua espansione.

Lo spazio è qualcosa di reale, una grandezza fisica attraverso cui si propagano le onde elettromagnetiche, e sembra vincolato alla materia ed all'energia.

Al di là dell'Universo ci sarebbe il nulla, proprio il nulla ...che cosa potrebbe esserci altrimenti?

Forse potrebbe esserci un altro Universo come il nostro ma in fase di contrazione, in modo che mentre questo si espande quello si contrae, e poi viceversa. Con questa ipotesi allora ci sarebbero una infinità di Universi in espansione ed in contrazione.

Ma queste sono pure supposizioni che non potranno essere verificate perché probabilmente l'Universo che noi possiamo osservare ha un limite oltre il quale non si potrà mai vedere nemmeno con i più potenti telescopi. Difatti secondo quanto è noto, e se la legge di Hubble è valida per qualsiasi distanza, le galassie dovrebbero avere una velocità di allontanamento sempre maggiore, proporzionalmente alla distanza, e ciò significa che lo spostamento verso il rosso va aumentando. Quindi in base alla famosa relazione di Einstein-Planck $E = h f$, ad una certa distanza l'energia emessa dalle galassie sarebbe troppo bassa per essere rilevata, perché diminuisce di molto la frequenza f .

Questa ipotesi sembra confermata dal paradosso di Olbers; se il cielo è buio di notte ciò è da attribuire al fatto che la luce delle stelle lontane non riesce a raggiungere la Terra perché indebolita dalla velocità di espansione.

Oltre a questa non esiste altra spiegazione soddisfacente per spiegare l'oscurità del cielo.

Le teorie cosmologiche si possono riassumere in due, quella evoluzionistica e quella stazionaria. La teoria dello « stato stazionario » è venuta dopo, come abbiamo già riferito, e si proponeva farsa di realizzare quelle aspirazioni che abbiamo esternato all'inizio del capitolo.

Essa si basa sul seguente « principio cosmologico perfetto »:

— Un osservatore in qualunque punto dell'Universo si trovi ed in qualsiasi istante, a prescindere dalle differenze locali (come per es. il fatto che la stella del sistema planetario su cui si trova l'osservatore possa essere singola o doppia, ecc.), deve constatare su vasta scala lo stesso « quadro », cioè le stesse caratteristiche del cosmo.

Ma se per es. l'osservatore si trova ai confini dell'Universo, come può vedere lo stesso quadro? Può vederlo perché come abbiamo già detto, l'Universo o è infinito o è curvo, e quindi non ha né confini né centro.

Difatti, come per lo spazio infinito, ogni punto dell'Universo curvo su sé stesso, si può considerare centro, analogamente a quanto avviene sulla superficie terrestre.

Quindi un osservatore in qualsiasi punto dell'Universo si trovi, vede tutte le altre galassie allontanarsi dalla sua, con la stessa legge della velocità proporzionale alla distanza.

Per rendersi conto di questo fatto nel caso dello spazio curvo, è utile il solito esempio del palloncino. Immaginiamo che su di esso siano disegnati dei punti che corrispondano agli ammassi di galassie. Se il palloncino si gonfia, vediamo i vari punti allontanarsi reciprocamente, e su qualsiasi punto l'osservatore si trovasse, constaterrebbe lo stesso effetto di allontanamento degli altri punti.

La teoria dello stato stazionario se non vi fosse l'espansione dell'Universo, sembrerebbe la più ovvia, ma non lo sarebbe nemmeno.

E' vero che l'Universo non avrebbe età, non avrebbe fine né di spazio né di tempo e la sua stabilità ci renderebbe soddisfatti e tranquilli. Ma non si è tenuto conto della « degradazione della energia ».

Questo principio dice che in ogni trasformazione di energia, una parte di essa si trasforma in calore e ad una temperatura bassa e quindi inutilizzabile ulteriormente. Esprimendo il concetto dal punto di vista ecologico, si ha da una parte l'inconveniente dell'esaurimento del combustibile cioè della materia, e dall'altra una notevole produzione di calore a bassa temperatura, cioè in sostanza un « inquinamento » che va sempre più crescendo. In un sistema isolato come l'Universo, questa energia degradata aumenta sempre più, tendendo a rendere uniforme e minima la temperatura. E' evidente che ad un certo punto non si potrebbe avere più alcuna trasformazione, e l'Universo sarebbe finito in « cenere ».

Poiché l'Universo si espande, gli autori della teoria dello stato stazionario riconoscendo questa caratteristica, per mantenere costante la densità della materia nell'Universo, sono costretti ad affermare che avviene una continua creazione di materia tra gli ammassi. Cioè, poiché gli ammassi di galassie si allontanano uno dall'altro, la distanza tra di essi dovrebbe aumentare col passar del tempo, e ciò contraddirebbe il principio cosmologico perfetto, poiché in due momenti diversi si avrebbe una diversa visione dell'Universo.

La creazione di materia avrebbe lo stesso ritmo dell'espansione, in modo che la densità di materia rimanga sempre costante.

Questa creazione di materia non si può osservare perché è estremamente bassa, dell'ordine di un atomo di idrogeno per metro cubo, ogni ... tanti milioni di anni.

Questa ipotetica creazione di materia, porta anche il vantaggio di rompere l'isolamento dell'Universo, fornendogli materia fresca, e quindi eliminando le conseguenze della degradazione dell'energia.

Ma ha un gravissimo difetto: è contro il principio della conservazione della materia: « Nulla si crea, nulla si distrugge ».

Le teorie evoluzionistiche si basano sul seguente principio cosmologico: — Due osservatori in qualunque punto dell'Universo si trovino, debbono osservare su larga scala, le stesse caratteristiche dell'Universo, purché le osservazioni vengano fatte contemporaneamente.

Queste teorie vengono anche dette relativistiche, perché partono dalle equazioni della relatività di Einstein.

E' facile vedere la differenza tra lo stato stazionario ed una qualsiasi teoria evoluzionistica; per la prima l'Universo rimane immutabile, su vasta scala, anche nel tempo, mentre per l'altra cambia solo col passar del tempo, perché il vuoto che si forma tra gli ammassi di galassie, non viene occupato da altra materia.

Di teorie relativistiche ce ne sono parecchie, ma le più lineari sono quella ciclica a cui abbiamo già accennato, e quella iperbolica per cui l'Universo, partendo da uno stato singolare di massima densità, si espande sempre più all'infinito.

Lo stato singolare, comune sia alla teoria ciclica che a quella iperbolica, è la condizione in cui si trova l'Universo quando, prima dell'espansione, la materia è raccolta in un piccolo spazio.

Basti pensare che sembra esistano delle stelle talmente contratte, stelle a neutroni (le cosiddette PULSAR), la cui densità è tale che una pallina da ping pong di detta materia, peserebbe quanto un pianetino di 180 Km di diametro (Roger Penrose, su Scientific American).

Ciò è possibile perché normalmente la materia è formata di atomi, e non di nuclei atomici; già gli atomi sono molto distanziati tra di loro, ma soprattutto c'è da tener presente che la grandezza di un nucleo è molto piccola rispetto a quella di un atomo.

Ogni atomo ha un diametro di circa un 10 milionesimo di millimetro.¹ L'atomo ha nel suo centro un nucleo (in cui è concentrata tutta la massa e che consiste di protoni e neutroni) attorno al quale ruotano degli elettroni. Questi però orbitano a distanze dal nucleo relativamente enormi, difatti il diametro di un atomo è circa diecimila volte maggiore di quello del nucleo. Le dimensioni dell'atomo sono quelle delle orbite degli elettroni, e quindi esso risulta essenzialmente composto di spazio vuoto.

Lo stato singolare non esiste invece per la teoria dello stato stazionario, per la quale l'Universo è sempre stato così com'è adesso, e lo sarà sempre. Se il modello reale dell'Universo corrispondesse alla teoria relativistica iperbolica, sorgerebbero spontanee le seguenti domande: — Prima dell'espansione com'era

l'Universo? Perché la materia che era raccolta, si è espansa così all'improvviso?
—.

Inoltre ci sarebbe l'incombenza della degradazione dell'energia che finirebbe con il condurre l'Universo alla uniformità, rendendolo inattivo completamente.

Se invece l'Universo funziona secondo il modello ciclico, esso

Nota¹: L'atomo di idrogeno è il più piccolo, essendo composto da un protone (carica positiva) e da un elettrone (carica negativa): ce ne vogliono ben 530.000.000 per formare un millimetro. Nelle stelle avvengono reazioni nucleari per cui l'idrogeno si trasforma in elio, e sembra che anche gli altri elementi più pesanti si formino analogamente. Comunque un fatto molto significativo e che la massa complessiva dell'Universo è costituita approssimativamente: dal 76 % di idrogeno, dal 23 % di elio, e dall'1 % degli altri elementi più complessi.

Tutti gli atomi, e quindi tutti i corpi, sono formati dalle stesse parti-celle: protoni, neutroni, elettroni, ecc., che sono come dei « mattoni » con i quali la Natura costruisce tutta la materia. Sia un pezzo di carne, sia un fiore, sia un sasso, sono formati dalle stesse particelle, e la differenza è che sono diversamente disposte a formare ogni singolo atomo. Questo fatto fa pensare all'unità della Natura. E c'è anche da tener presente che un neutrone può diventare protone emettendo un elettrone negativo; e che un protone può diventare neutrone catturando un elettrone negativo, oppure liberando un elettrone positivo...

è sempre esistito, seguendo ad ogni espansione una contrazione e viceversa, ed inoltre non si avrebbe probabilmente la degradazione definitiva dell'energia, dato che nella fase di contrazione, si potrebbe avere una rigenerazione dell'energia.

Nelle teorie evuzionistiche, per età dell'Universo si intende il tempo trascorso a partire dallo stato singolare.

C'è da osservare che durante la contrazione dell'Universo, lo spostamento delle righe scure nello spettro della luce, non sarebbe più verso il rosso, ma al contrario verso il violetto. Quindi il cielo questa volta sarebbe molto luminoso, anche di notte, e rovente, e Io diventerebbe sempre di più con l'addensarsi della materia.

Che l'Universo si espanda per sempre o ricada su sé stesso, dipende dalla

velocità di espansione della materia in conseguenza dello scoppio iniziale. Se la velocità è uguale o superiore a quella di fuga, allora l'Universo si espanderà per sempre; se invece è inferiore, la forza di gravità prenderà il sopravvento, facendo ritornare indietro tutta la materia in una gigantesca contrazione.

Si è calcolato che solo se tutta la materia allo stato di rarefazione tra i vari corpi fosse superiore a sette volte quella dei corpi stessi, la velocità di espansione della materia sarebbe inferiore a quella di fuga, e quindi all'espansione seguirebbe una contrazione.

Ancora non si sa valutare la quantità di materia interstellare ed intergalattica. Altre prove possibili per accertare quale teoria si adatti all'Universo, sono l'età delle galassie, la densità degli ammassi, la velocità di espansione in funzione della distanza, ecc.

Secondo la teoria dello stato stazionario, l'età delle galassie dovrebbe essere in media costante sia nel passato che nel presente, perché secondo essa, continuamente, per una che invecchia, una nuova ne nasce.

Per la teoria evoluzionistica invece tutte le galassie si sono formate alla stessa epoca, e quindi più tempo passa, più invecchiano tutte contemporaneamente.

Pertanto, se noi riuscissimo a vedere le galassie come erano qualche miliardo di anni fa, e confrontandole con quelle di adesso, trovassimo che prima erano più giovani, dovremmo concludere a favore della teoria evoluzionistica. In effetti noi possiamo vedere come erano le galassie miliardi di anni fa, perché come abbiamo già visto, gli anni luce di distanza corrispondono anche all'apparenza dell'oggetto osservato, quando era più giovane di un ugual numero di anni.

Ma non si sa ancora bene che differenza possa esserci tra una galassia vecchia ed una giovane.

Anche la prova della densità degli ammassi si basa sullo stesso concetto, che guardando lontano, si vede come era la densità tanti anni addietro, quanti anni luce è la distanza. E sappiamo che per lo stato stazionario la distanza tra gli ammassi rimane sempre la stessa nel tempo, mentre per la teoria evoluzionistica invece va aumentando col passare del tempo.

Infine c'è la prova sulla velocità di esplosione degli ammassi, che secondo la teoria evoluzionistica dovrebbe andare diminuendo col tempo frenata dall'effetto

della forza gravitazionale, mentre per la teoria avversaria dovrebbe essere sempre e dappertutto la stessa.

Dalle varie osservazioni che si son potute effettuare che ancora non hanno la necessaria precisione, sembra ormai che la teoria evoluzionistica debba prevalere su quella dello stato stazionario.

Quanto tempo è passato dalla deflagrazione? Dividendo lo spazio che ci separa da una qualsiasi galassia per la sua velocità di espansione, otteniamo il tempo che è passato da quando la nostra galassia era vicina a quella.

Questo calcolo è approssimato perché da quanto abbiamo detto più sopra, è evidente che la velocità media della galassia, dipende dalla teoria cosmologica considerata.

Il risultato che si ottiene è di circa dieci miliardi di anni.

Se su un sistema di assi cartesiani partendo dallo stato singolare, riportiamo sulle ascisse il tempo e sulle ordinate la distanza dalla nostra galassia, di un'altra qualsiasi, si ottiene una curva diversa a seconda della teoria cosmologica che si vuol rappresentare.

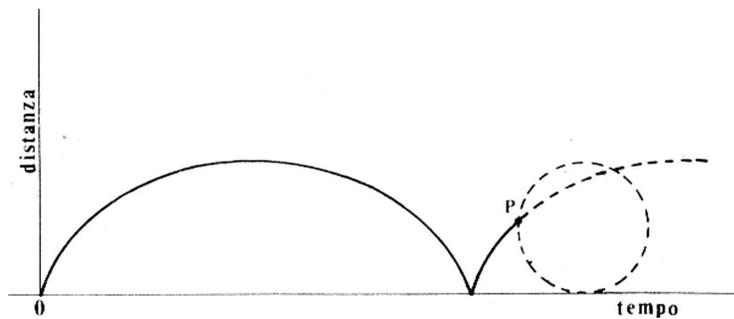


fig-11: *Se la circonferenza rotola senza strisciare, da sinistra verso destra sulla retta orizzontale, il suo punto P descrive una curva chiamata cicloide e che consiste in un arco che si ripete indefinitamente. La velocità di P varia: da zero sulla retta, ad un massimo a metà arco, per poi ritornare nuovamente a zero sulla retta.*

La curva che descrive il modello relativistico ciclico è molto interessante, trattandosi di una cicloide (fig. 11).

Seguendo detta curva vediamo che l'espansione da zero va aumentando per

arrivare ad un massimo, e poi va decrescendo per tornare nuovamente a zero. Naturalmente non bisogna prendere alla lettera l'andamento della curva, come non si prende alla lettera quella che rappresenta il ciclo del motore endotermico: c'è un ciclo teorico ed un ciclo reale che si differenzia dal primo. Così avviene per la cicloide che rappresenta il modello dell'Universo. Quando la curva passa per lo zero significherebbe densità infinita, ma nella realtà è soltanto molto alta.

La cicloide è la traiettoria descritta da un punto P di una circonferenza, quando questa rotola senza strisciare su di una retta (fig. 11). Difatti se segniamo un punto su di una circonferenza e seguiamo il suo cammino mentre la circonferenza rotola, vediamo che esso descrive una serie di archi e di cuspidi (in corrispondenza dello zero), che si ripetono indefinitamente.

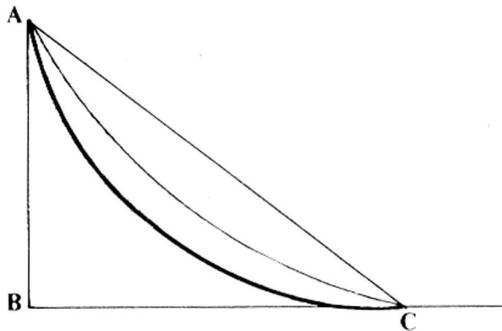


fig 12: La curva in grassetto è un arco di cicloide.

La cicloide è una curva molto importante dotata di particolarissime proprietà.

Abbiamo visto che serve a descrivere il modello relativistico ciclico dell'Universo.

La lunghezza di un arco della cicloide, compreso fra due cuspidi, è uguale esattamente a quattro volte il diametro della circonferenza che rotola.

L'area compresa fra un arco ed il segmento di retta da esso sotteso, è esattamente uguale a tre volte l'area del cerchio generatore.

Se immaginiamo di avere un piano inclinato, profilato però non secondo una linea retta, ma secondo una linea curva corrispondente ad un arco di cicloide (fig. 12), possiamo sperimentare che una pallina, da qualsiasi punto di detto piano inclinato la si lasci cadere (più in alto o più in basso), raggiunge l'estremo più basso sempre nello stesso tempo.

Per questo la cicloide è la curva di uguale discesa od uguale tempo.

Inoltre la cicloide è la curva di minimo tempo o di più rapida discesa, perché qualunque linea si sostituisca al profilo del detto piano inclinato, curva o retta che sia, una pallina impiegherebbe sempre più tempo a scendere dall'alto in basso, che se si lasciasse il profilo cicloidale.

Infine la cicloide è la curva su cui si basa, come vedremo, il funzionamento dei famosi Dischi Volanti.

Naturalmente non si può affermare che siccome la cicloide ha molte caratteristiche interessanti, essa può rappresentare meglio di qualsiasi altra curva l'Universo. Ma non è possibile che tra le varie caratteristiche ci sia una relazione, un legame che per adesso ci sfugge?

Cioè, se l'Universo è veramente ciclico secondo l'andamento di una cicloide, le altre caratteristiche che questa ha, sono estranee al fatto, oppure sono necessarie e ad esso collegate?

A pensarci bene un Universo statico sarebbe impossibile per vari motivi.

Einstein ne aveva concepito uno, quando ancora non si conosceva lo spostamento verso il rosso, e per giustificare il fatto che i corpi celesti non cadano uno sull'altro per effetto della gravitazione, aveva dovuto supporre che esistesse in natura una forza contraria alla gravitazione. In seguito ha detto che questo è stato il suo più grosso errore.

Se l'Universo non fosse in espansione, la luce di tutte le stelle finirebbe con lo scaldare talmente la Terra da renderla incandescente, e quindi noi non saremmo qui.

Ma credo che ci sia una considerazione un po' diversa da fare.

Immaginiamoci l'Universo come un palloncino.

Questo palloncino potrebbe rimanere sospeso nel nulla? Su che cosa potrebbe poggiare? Quale forza potrebbe sostenerlo?

Entro i limiti delle nostre capacità mentali e secondo le leggi della natura che conosciamo, non possiamo ammettere una tale situazione.

Se invece tutti i corpi celesti che compongono l'Universo sono in moto, non c'è bisogno di nessuna forza per sostenere il « palloncino »? Per es., un oggetto non può rimanere sospeso nell'aria, ma può rimanere nell'aria, se è in moto. In altre parole, la forza di gravità che si esercita tra tutte le masse che compongono l'Universo, può mantenere un corpo ruotante attorno ad un altro; ma ha significato domandarsi su che cosa « poggia » l'intero Universo? La risposta a tutti questi interrogativi è che: — Poiché ogni moto è relativo, non ha significato parlare del moto dell'Universo (palloncino), se non c'è un corpo esterno a cui far riferimento.

VI. Alcuni brani significativi

a) « I Dischi Volanti » - Coral E. Lorenzen - Bompiani.

A pagg. 14 (16/18/19/31/53/150/155/169/191/242).

... avanzava con comodo e con un movimento piuttosto strano, che è stato descritto assai bene nei recenti rapporti come « ondulatorio »...

A pagg. 50/182.

... erano rotondi, di colore argenteo e si spostavano a grande velocità con improvvisi e bruschi cambi di rotta...

... il nostro rappresentante in Argentina, ci inviò rapporti descrittivi i soliti oggetti a forma di disco e di sigaro che compivano incredibili manovre ad una altrettanto incredibile velocità...

A pag. 144.

... questi insoliti oggetti aerei possono muoversi nell'atmosfera terrestre a velocità varianti fra i 4 e gli 8 Mach e più, senza subire alcuna conseguenza dell'azione dell'attrito con le molecole...

... le velocità altissime registrate in taluni casi sarebbero sufficienti a incendiare il metallo più resistente dell'universo. I sistemi di raffreddamento non servono a niente se le velocità sono molto sostenute...

b) « Ombre sulle stelle » - Peter Kolosimo - Sugar editore. A pag. 311.

... volando sul mare, Darre scorse a poca distanza dalle onde un grande piatto che si muoveva descrivendo cerchi...

A pag. 322.

... una grande forma circolare illuminata di luce verde apparve all'orizzonte... tagliando il meridiano... assunse l'aspetto di una ellisse molto allungata, e per questo parecchi osservatori ne parlarono come di un oggetto a forma di sigaro...

A pag. 335.

... fissate la cosa che compie una stretta curva attorno a voi. Nessuno sulla terra potrebbe resistere alla forza centrifuga di una simile manovra, e la cosa si muove tanto in fretta che quasi vi torcete il collo per non perderla di vista...

c) « Epoca » del 28 agosto 1966 e seguente.

A pag. 23.

... l'ufficio marchi riferì che nessuno negli Stati Uniti usava un contrassegno simile a quello descritto con precisione da Zamora, che comprendeva UNA MEZZALUNA ED UNA FRECCIA...

A pag. 33.

... entrambi cambiarono idea ed ingrossarono le schiere dei 46 milioni di americani che, secondo una recente inchiesta Gallup, credono alla esistenza dei Dischi Volanti...

VII. Caratteristiche cinematiche dei dischi volanti

- a) Possono raggiungere velocità elevatissime senza risentire della resistenza del mezzo, comunque senza provocare il boato supersonico.
- b) Possono compiere manovre con curve strettissime e ad elevata velocità tanto da sviluppare forti forze d'inerzia a cui nessun essere vivente potrebbe resistere.
- c) Si muovono con movimento piuttosto strano, « ondulatorio », descrivendo insomma una traiettoria che non è rettilinea.
- d) E' STATO OSSERVATO SU DI ESSI UN CONTRASSEGNO, UN SIMBOLO, FORMATO DA UNA MEZZALUNA CON UNA FRECCIA.
- e) Hanno la forma di un disco.

VIII. Come funzionano i dischi volanti

Al baricentro di un corpo che ruoti uniformemente, applichiamo una forza F' (fig. 13). Si ammetta inoltre che il corpo sia senza peso e che la forza F' sia complanare al piano di rotazione. Che traiettoria descriverà?

La F' ruoterà uniformemente. Il periodo di rotazione, cioè il tempo impiegato a fare un giro ossia 360° , sia T , e cominciamo col dividerlo per 4. Nel tempo $T/4$ la forza ruoterà di $360^\circ/4 = 90^\circ$, ma supponiamo, in prima approssimazione, che l'avanzamento avvenga tutto nella direzione iniziale di ciascun intervallo. Nel primo intervallo F' ruota di α ma l'avanzamento sia AB [= $1/2 a (T/4)^2$, formula che dà lo spazio percorso da un corpo nel moto naturalmente accelerato ed in cui $a = F' / m$ è l'accelerazione, con $m =$ massa].

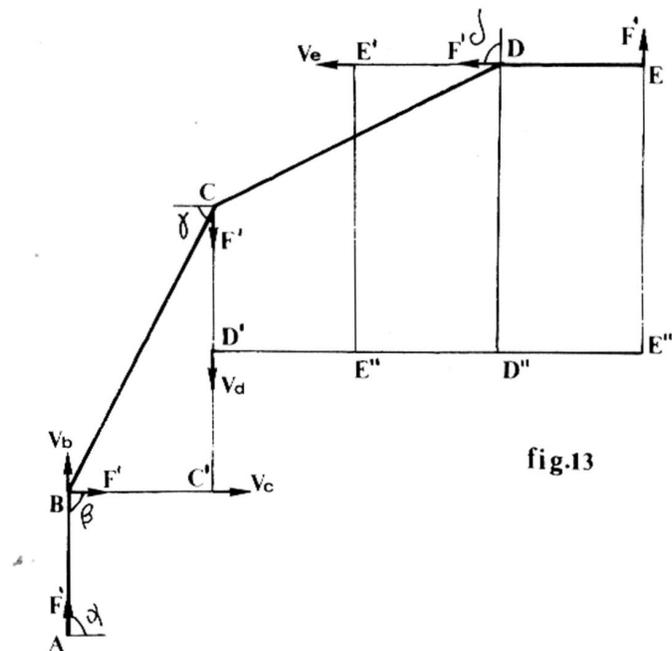


fig.13

(fig. 13): Affinché questa figura (anche la fig. 14) risulti chiara, è utile immaginare che il corpo a cui è applicata la forza F' sia lo stesso foglio sul quale è disegnata. Quindi supponiamo che in F' sia applicata al baricentro A del foglio e che questo ruoti uniformemente strisciando senza attrito su di un piano

(così è come se fosse senza peso).

La F' e quindi il foglio, avanza e nello stesso tempo ruota uniformemente. Se dividiamo il periodo di rotazione per quattro, nel tempo $T/4$ la forza ruoterà di $360^\circ/4 = 90^\circ$; ma supponiamo che l'avanzamento avvenga tutto nella direzione iniziale di ciascuno dei quattro intervalli. Nel primo intervallo F' ruota di α ma l'avanzamento sia AB . Nel secondo intervallo F' ruota di β ma l'avanzamento sia BC' : però la velocità V_b raggiunta in B porterà il baricentro in C (è $C'C$ doppio di AB perché sul tratto AB la velocità aumenta uniformemente da zero, in A , fino a V_b in B , e quindi essendo la velocità media sul tratto AB metà di V_b , lo spazio percorso con velocità $V_b/2$ dev'essere metà di quello percorso con velocità V_b cioè $AB = C'C/2$) Nel terzo intervallo F' ruota di γ ma l'avanzamento sia CD' : però le velocità V_e e V_b porteranno il baricentro rispettivamente in D'' ed in D . Nel quarto intervallo F' ruota di δ ma l'avanzamento sia DE' : però le velocità V_d , V_e , V_b porteranno il baricentro rispettivamente in E'' , in E''' ed in E .

Nel secondo intervallo F' ruota di β ma l'avanzamento sia BC' [$= 1/2 a (T/4)^2$]: però la velocità raggiunta in β porterà il baricentro in C , ed è $C'C = 2AB$, perché, essendo in A la velocità zero, la velocità media sul tratto AB è metà di V_b ; difatti nel moto naturalmente accelerato la velocità è proporzionale al tempo: $V_b = a T / 4$.

Abbiamo potuto asserire che il corpo alla fine del secondo intervallo si trova in C , in base alla regola della composizione dei movimenti. Essa dice infatti che per trovare la posizione finale di un mobile soggetto contemporaneamente a due o più movimenti, basta supporre che i moti componenti siano successivi, cioè avvengano uno dopo l'altro, anziché contemporaneamente.

Se per es. una barca attraversa un fiume da una riva all'altra perpendicolarmente alla corrente, alla fine si trova sull'altra sponda in un punto più a valle di quello di partenza, ed è come se prima andasse diritto da una sponda all'altra, e poi percorresse l'altro tratto dovuto alla corrente (o viceversa).

Lo stesso ragionamento che abbiamo fatto per i primi due intervalli, vale anche per gli altri intervalli.

Nel terzo intervallo F' ruota di γ ma l'avanzamento sia CD' : però le velocità V_e e V_b porteranno il baricentro rispettivamente in D'' ed in D .

Nel quarto intervallo F' ruota di δ ma l'avanzamento sia DE' : però le velocità

V_d , V_e , V_b porteranno il baricentro in E.

In E la forza ha la stessa direzione e senso iniziali e le velocità $V_e + V_d + V_e + V_b$ si annullano (vedi fig. 14).

Quindi il baricentro del corpo passando approssimativamente per la traiettoria ABCDE si ritrova a velocità zero, e continuando la forza a ruotare, ripeterà uno stesso ciclo.

E' vero che la supposizione che abbiamo fatto inizialmente non ci permette di ottenere la traiettoria esatta eseguita dal corpo; ma è intuitivo che se andiamo dividendo il periodo T per un numero n sempre più grande di 4, la forza andrà ruotando in ciascun intervallo di un angolo sempre più piccolo, e la nostra supposizione diventa sempre più ammissibile.

Per es. se dividiamo T per 1000, nel tempo $T/1000$ la forza ruoterà di $360^\circ/1000 = 0,36^\circ$, e la nostra supposizione di considerare che l'avanzamento avvenga tutto nella direzione iniziale di ciascun intervallo apparirà già sensata. Quando n tenderà poi all'infinito, saremo già nel giusto.

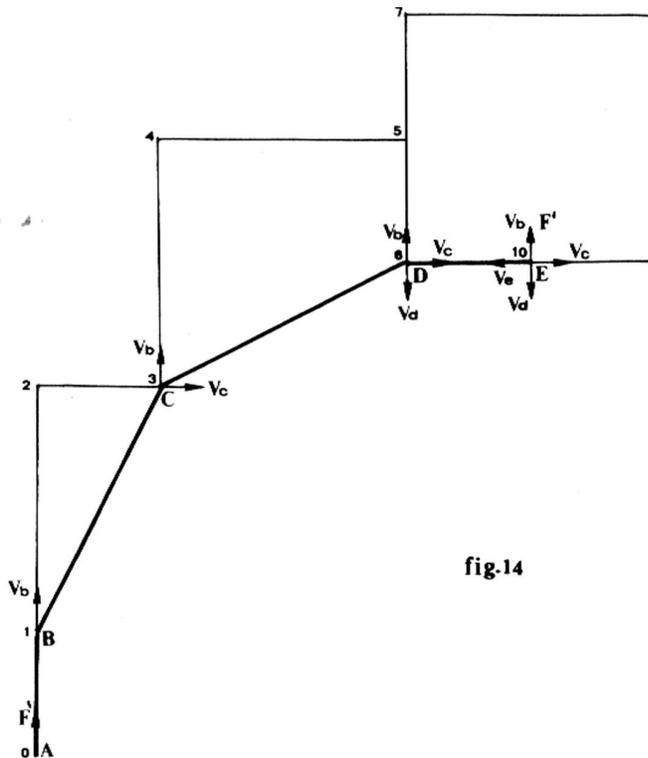


fig.14

Notiamo adesso che la stessa spezzata ABCDE si può ottenere, tenendo sempre

presente la regola della composizione dei movimenti, con l'analogia costruzione della (fig. 14). Nella (fig. 15) è riprodotto il quadrato 6-7-S-9 della (fig. 14) e si nota che $A'B' = AB$; $A'C' = BC$; $A'D' = CD$; $A'E' = DE$. Per avvicinarci alla traiettoria realmente descritta dal baricentro durante un giro della forza, bisogna considerare intervalli T/n sempre più piccoli.

Se n è il numero di divisioni del periodo, per ottenere la spezzata di n lati, si costruisce il poligono regolare di n lati, il

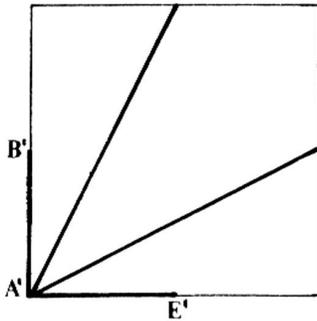


fig.15

cui lato $L = 2 A'B'$ (vedi fig. 15); $L = 2 A'B' = a \left(\frac{T}{n}\right)^2$, essendo

$A'B' = AB = \frac{a}{2} \left(\frac{T}{n}\right)^2$. Costruito il poligono si ottengono

i lati della spezzata come abbiamo visto in (fig. 15): per $n = 10$ si ottiene la (fig. 16).

Gli angoli esterni della spezzata sono evidentemente uguali ai corrispondenti formati dalle « corde » del poligono.

Per «corde» intendiamo i segmenti 01, 02, 03, 04, ecc.

Si osserva che per q tendente ad infinito, L tende a zero, la somma degli angoli formati dalle « corde », $1\acute{O}2 + 2\acute{O}3 + 3\acute{O}4 + 4\acute{O}5 + \text{ecc.}$, tende a 180° , e la curva descritta dal baricentro del corpo durante una rotazione, diventa un arco di cicloide (come viene chiarito a pag. 110).

La traiettoria è ciclica ed ha la forma semplificata della (fig. 17). Se ad un disco (fig. 18) si applica una coppia di forze che lo faccia ruotare uniformemente, ed una forza complanare nel baricentro, esso descriverà la traiettoria di (fig. 17).

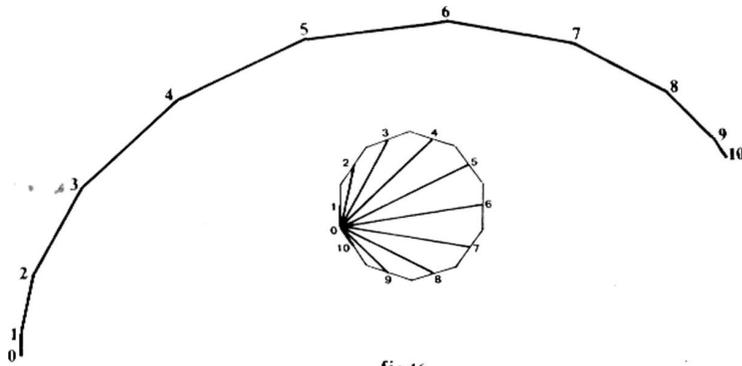


fig.16

E' noto che: — La velocità è lo spazio percorso nell'unità di tempo —. Ogni lato della spezzata rappresenta lo spazio percorso dal Disco nei

successivi intervalli di tempo T/n : quindi ogni lato è la misura della velocità

n

lungo la traiettoria cicloidea, e si osserva che essa va aumentando fino a metà (5) e poi diminuendo fino alla fine (10). (Vedasi fig. 11).

E' noto che: — L'accelerazione è la variazione di velocità nell'unità di tempo —. Quindi se sottraiamo da ogni lato della spezzata quello precedente (dal secondo sottraiamo il primo, dal terzo il secondo, ...e così via) otteniamo il valore dell'accelerazione lungo la traiettoria cicloidea. Si osserva così che fino a metà (5) l'accelerazione è positiva e va diminuendo; da metà fino alla fine (10). invece è negativa (cioè diretta in senso contrario) e va aumentando. (Su di un'auto si ha accelerazione positiva quando si accelera, ed accelerazione negativa quando si frena).

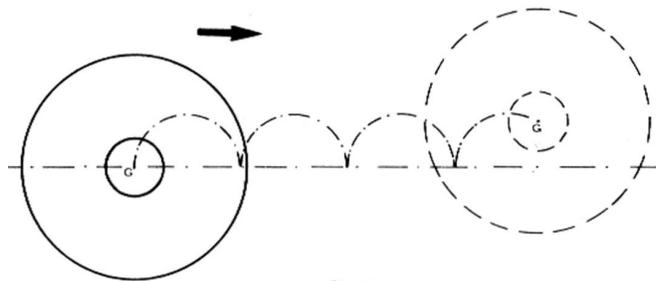
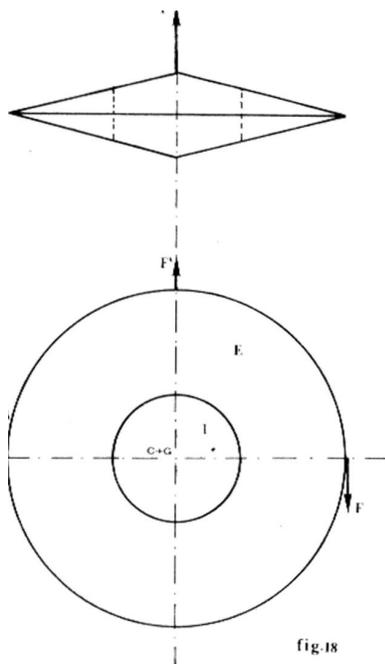


fig.17



(fig-18): Questa figura rappresenta schematicamente un Disco volante: la circonferenza centrale indica la Cabina la quale non ruota (è collegata alla « ciambella - esterna ruotante, come l'anello interno di un cuscinetto a sfere è collegato a quello esterno). F e $-F$ è la coppia che serve a far ruotare uniformemente l'anello esterno. La forza F' passa per il baricentro e quindi è come se fosse applicata al baricentro del Disco. La forza F'' serve per neutralizzare la forza di gravità cioè il peso del Disco volante.

Questa traiettoria, come verrà dimostrato nei capitoli seguenti, evita la compressione del mezzo, e quindi elude la resistenza al moto del velivolo ed inoltre non gli fa incontrare la barriera sonora.

Adesso osserviamo attentamente la (fig. 11). La velocità del punto P che descrive la cicloide è costante? Possiamo dire subito di no perché quando il punto P è a contatto con la retta, la sua velocità deve essere per forza zero, dato che la retta è ferma e tra retta e circonferenza non dev'esserci scorrimento, cioè esse debbono avere la stessa velocità; mentre nelle altre posizioni il punto P ha evidentemente una velocità diversa da zero ... perché si muove.

Per es., in un'auto in corsa ci sono solo quattro punti che si possono considerare fermi, e sono quelli di contatto tra ruote e strada.

Non si deve confondere il « rotolamento » (di cui sopra), con la « rotazione ». Nella rotazione il corpo ruota intorno ad un centro (in cui la velocità di rotazione è zero), e non è a contatto perifericamente con una superficie immobile. Quando invece una circonferenza rotola su di una retta, il suo movimento si può considerare come una rotazione intorno a centri istantanei rappresentati dai punti di contatto circonferenza-retta. In base a ciò possiamo affermare che la velocità del punto P è proporzionale alla sua distanza dal punto di contatto (come nella rotazione lo è dal centro), e quindi essa varia da zero ad un massimo per poi ritornare nuovamente a zero.

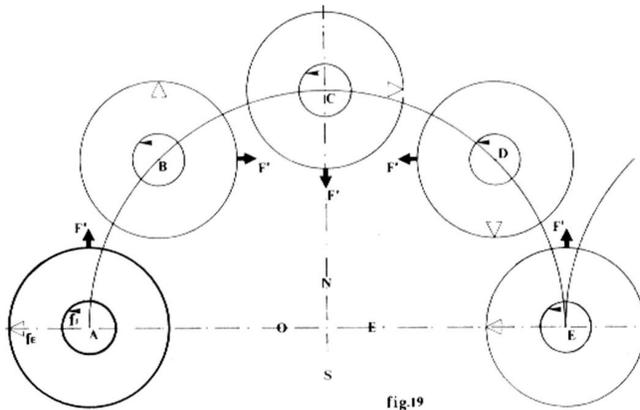
Se adesso osserviamo la (fig. 16), notiamo che i lati della spezzata vanno aumentando fino a metà e poi vanno diminuendo. Poiché ogni lato della spezzata rappresenta lo spazio percorso dal corpo nello stesso intervallo di tempo T/n cioè in sostanza rappresenta la velocità, è intuitivo concludere che si tratta di una cicloide (per n tendente all'infinito).

Dobbiamo osservare che il moto di un Disco voi. non è uniforme per due motivi; perché varia la sua velocità lungo la traiettoria cicloidea, e perché il moto non è rettilineo.

Quindi (fig. 19) poiché il Disco Volante percorre la cicloide a velocità variabile, si crea un'accelerazione che è tangenziale alla curva ABCDE, e che va diminuendo da A a C e poi aumentando da C verso E (come si può desumere analizzando i tratti della spezzata di (fig. 16): la differenza tra lati contigui, che rappresenta l'accelerazione, va diminuendo da A a C ed aumentando da C ad E).

Inoltre poiché il Disco Volante descrive una traiettoria curva, si sviluppa un'accelerazione centripeta diretta verso il centro della curva, e come ben si sa il risultato è una forza centrifuga.

Per ovviare agli effetti della forza centrifuga, la parte centrale del Disco, la cabina, non deve ruotare su sé stessa.



(fig-19): Qui sono mostrate le posizioni dell'anello esterno e della Cabina durante ogni ciclo ABCDE: si vede che mentre l'anello esterno fa un giro completo (360"), la Cabina non ruota affatto (difatti la frecciolina contrassegno fl rimane costantemente orientata verso sinistra). Per impedire alla Cabina di ruotare si può far uso di un giroscopio, che come ben si sa ha la caratteristica di rimanere orientato in un certo senso prestabilito.

Essa come è indicato dalla frecciolina contrassegno fl (fig. 19), rimane costantemente orientata verso lo stesso punto cardinale (l'ovest nella figura), descrivendo la traiettoria ABCDE, mentre la parte esterna del Disco (frecciolina fE) ruota di 360°.

Ciò può essere assicurato con giroscopi installati nella cabina.

La forza centrifuga per un corpo che si trovi nella cabina, non provoca effetti indesiderati perché su di esso cambia continuamente direzione. In A è diretta nel senso E-O; in C è diretta nel senso S-N; in E nel senso O-E.

Anche l'accelerazione tangenziale dovuta alla velocità variabile, analogamente alla forza centrifuga e per lo stesso motivo, non risulta dannosa per chi si trovi nella cabina.

Nelle figg. 20 e 21, si può osservare l'andamento dell'accelerazione centripeta e dell'accelerazione tangenziale per ogni ciclo, su di un corpo che si trovi nella cabina, e si nota che esse sono sempre sfasate di 90° e che agiscono ciascuna su di una metà differente del corpo.

Evidentemente 0° indica l'inizio di ogni ciclo di rotazione, e 180" il termine, oppure rispettivamente il punto iniziale e finale di ogni arco di cicloide.

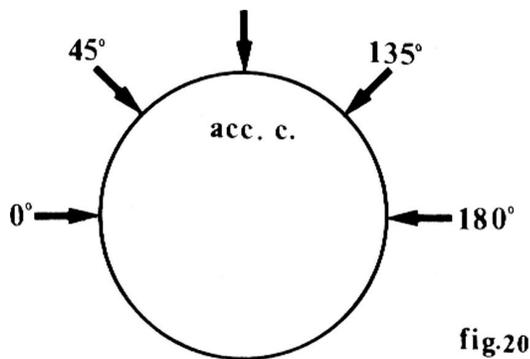
Nel cap. 16° tratteremo più dettagliatamente questo concetto delle accelerazioni, dimostrando come grazie agli accorgimenti presi, non debbano provocare inconvenienti.

La gravità bisogna equilibrarla con un'altra forza F'' (fig. 18).

Poiché la coppia di forze e la F' si applicano al disco esterno ruotante, dalla cabina si può intervenire su di esse con radio-comando.

Per far cambiare direzione al Disco, si fa ruotare la F' intorno al baricentro; difatti è evidente che l'orientamento della traiettoria cicloidea dipende dall'orientamento iniziale, ad ogni ciclo, di F' .

E poiché gli effetti delle forze di inerzia non si avvertono, ne risulta una grande manovrabilità: si possono fare curve strettissime ad elevata velocità, ed anche invertire il senso di marcia istantaneamente.



Su di un corpo che si trovi nella Cabina, sia l'accelerazione centripeta che quella tangenziale, non agiscono sempre su di uno stesso punto, ma ruotano intorno al corpo, di 180° (come la curva cicloidea di fig. 19). Nelle figg. 20 e 21, si vede che l'acc. centr. agisce su metà del corpo e che l'acc. tang. agisce sull'altra metà, perché dopo aver ruotato di 180° s'invertono, cioè tornano d'accapo (la prima dopo mezzo giro partendo da 0° , e-la seconda dopo mezzo giro partendo da 90° da destra verso sinistra).

Queste due accelerazioni sono sempre sfasate di 90° : difatti considerando un valore qualsiasi da 0° a 180° sulla fig. 20, si vede che corrispondentemente lo stesso valore è spostato di 90° sulla fig. 21 (per es., 0° è a sinistra nella fig. 20, ed è giù nella fig. 21: ecc.).

In definitiva ogni punto del corpo rimane sollecitato dalle accelerazioni per un tempo corrispondentemente a 90° . cioè per $1/2$ di periodo, ed a riposo per un uguale periodo di tempo successivo (fig. 32).

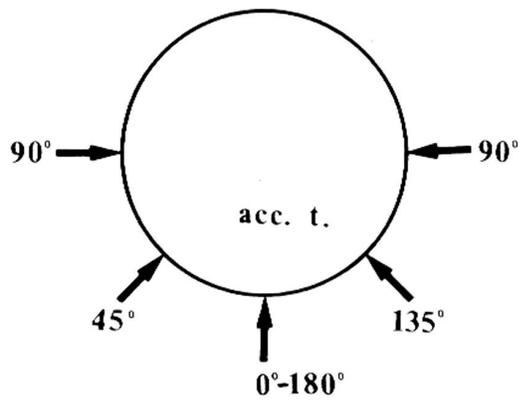


fig-21

IX. Resistenza d'onda

La resistenza del mezzo, cioè la resistenza incontrata da un velivolo in moto nell'aria, si può dividere in tre specie: 1) Resistenza d'onda; 2) Resistenza di forma; 3) Resistenza di attrito. Parleremo subito della prima.

La resistenza d'onda è dovuta al fatto che l'aereo si comporta come una sorgente sonora. Una sorgente sonora è qualsiasi corpo che vibra, cioè che oscilla intorno ad una certa posizione. Se si pone una sorgente sonora nell'aria, lo spazio attorno ad essa è sede di un fenomeno oscillatorio, e la superficie sferica che separa detto spazio da quello non ancora perturbato, si dice onda.

In un punto qualsiasi dello spazio perturbato la pressione varia col tempo secondo una legge sinusoidale, cioè se si pone in un punto qualsiasi dello spazio perturbato un misuratore di pressione, si nota che questa varia secondo la curva di (fig. 22), dove sull'asse verticale abbiamo riportato la pressione, e sull'asse orizzontale il tempo.

In un certo istante la pressione dipende dalla distanza dalla sorgente, e si può rappresentare con una senoide che si estende dalla sorgente al limite del campo: cioè essa rappresenta l'insieme delle onde emesse continuamente dalla sorgente, ed è come una « fotografia » istantanea delle onde, come si può vedere in (fig. 22), in cui abbiamo riportato sull'asse verticale la pressione e sull'asse orizzontale lo spazio perturbato.

Un'onda è rappresentata da una pressione seguita da una depressione (innalzamento ed abbassamento della curva di fig. 22), ed il tempo necessario affinché ciò si verifichi, si chiama periodo T . Lo spazio percorso dalla perturbazione nel tempo T corrisponde alla lunghezza di onda λ . La frequenza f indica il numero di onde emesse dalla sorgente in un secondo e si ha $f = 1/T$. La velocità $u = f \times \lambda$, si può ritenere costante per tutte le onde sonore.

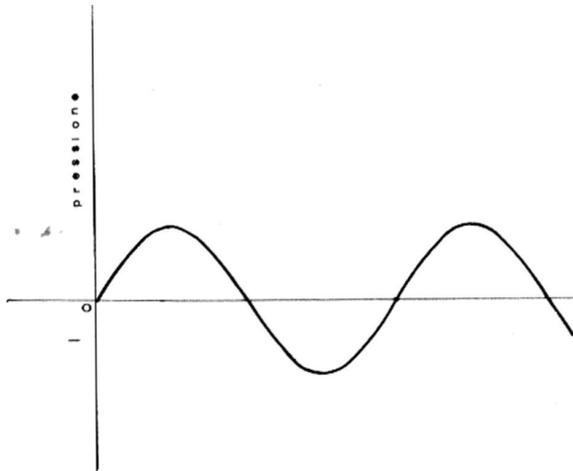


fig. 22

(fig-22): *Le onde sonore provocano delle pressioni o depressioni nell'aria in cui si propagano; e questa curva rappresenta l'andamento della pressione delle onde sonore perché il seno al di sopra della linea orizzontale indica pressione, invece quello al di sotto indica pressione negativa. La sinusoidale fa vedere anche come è disposta la pressione nell'aria (spazio) sede di un fenomeno ondoso.*

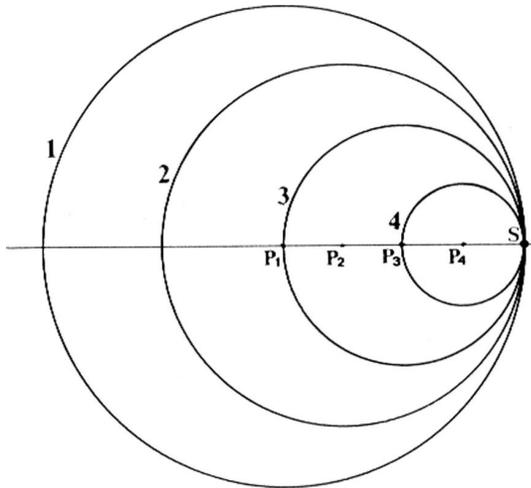
La velocità del suono nell'aria si può ritenere costante per tutte le onde ed è $u=340$ mt/sec.

L'ampiezza è il massimo valore assunto dalla pressione durante ciascuna oscillazione.

Quando un velivolo, o qualche sua parte, raggiunge la velocità del suono $V = u$, incontra una fortissima resistenza e ne viene compromessa la regolarità del volo. Questo fenomeno viene comunemente chiamato « muro del suono ».

Si è accertato che ciò è dovuto alla formazione di « onde d'urto », che esercitano una forte pressione sul mobile e portano anche uno squilibrio delle forze agenti, in conseguenza del disturbo al flusso aereo.

Un'onda d'urto nell'aria è rappresentata da una superficie nella quale le onde generate dal corpo in moto si sovrappongono, e quindi attraverso ad essa si ha una brusca variazione di pressione.



(fig-23): La sorgente S (il velivolo) si muove da sinistra verso destra con velocità $V = u$. Quando si trova in P , emette l'onda 1, poi dopo ogni intervallo di tempo T , emette le onde successive. Così in P , emette l'onda 2, in P , emette l'onda 3, ecc. Le onde sono sferiche e se la sorgente fosse ferma, si allontanerebbero da essa in ogni direzione come in fig. 24). Invece in questo caso, essendo la velocità della sorgente uguale a quella delle onde, queste nella direzione del moto della sorgente non possono allontanarsi, quindi si accumulano sul velivolo.

La (fig. 23) fa vedere la propagazione delle onde sonore quando la velocità della sorgente è uguale a quella del suono, e risulta evidente che in queste condizioni esse viaggiano assieme col mobile e quindi si sovrappongono sommandosi.

La (fig. 24) mostra la propagazione delle onde sonore quando la sorgente non è in moto, ed è evidente che esse risultano ugualmente distanziate l'una dall'altra, in tutte le direzioni.

Nella (fig. 25) invece la sorgente è in moto con una velocità inferiore a quella delle onde sonore, ed in questo caso esse risultano più addensate nel senso del moto, e più rarefatte dalla parte opposta e laterale. P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , sono i punti in cui sono state emesse le onde 1, 2, 3, 4, e quindi sono anche i loro centri (centri delle onde sferiche).

Infine la (fig. 26) fa vedere la propagazione delle onde sonore quando la sorgente ha una velocità maggiore di quella del suono. Qui è facile notare che, procedendo nel senso del moto, ogni onda rimane indietro rispetto a quella emessa successivamente.

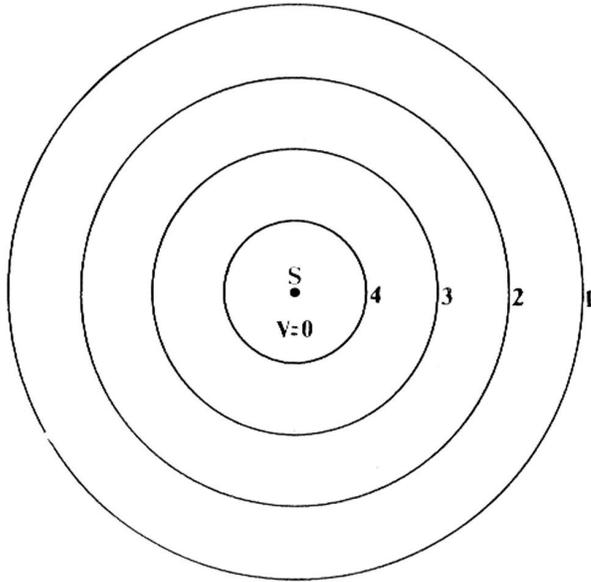


fig.24

118

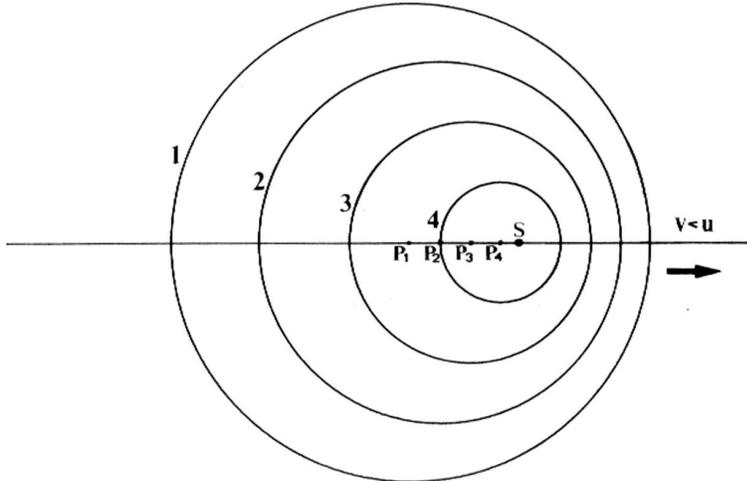


fig.25

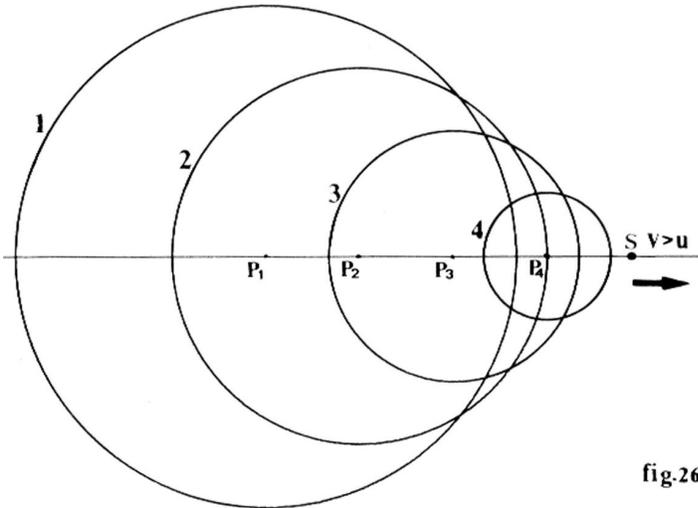


fig.26

Evidentemente questa rappresentazione che abbiamo fatta è schematica e semplificata, e le circonferenze stanno ad indicare le onde secondo la definizione data di onda sonora, cioè: superficie sferica che separa lo spazio perturbato da quello non ancora perturbato.

L'onda d'urto si forma anche quando la velocità del mobile è maggiore di quella del suono, ma in questo caso non è dovuta a sovrapposizione di onde sonore vere e proprie, perché man mano che vengono emesse esse rimangono indietro; la causa è la compressione dell'aria da parte del velivolo, la quale non riesce ad allontanarsi in fretta e forma quindi una specie di barriera proprio davanti al mobile. Di questo tipo di resistenza parleremo nel capitolo 14".

Bisogna osservare che già prima dell'avvento dell'aviazione, i proiettili viaggiavano a velocità supersoniche e non incontravano tali impreviste difficoltà, né si riscontrava il boato sonico.

Il boato sonico è un rumore di grande intensità, cioè un repentino aumento di pressione che colpisce chi si trova a terra. Difatti quando un velivolo ha una velocità supersonica, oppure da una velocità subsonica passa ad una supersonica, e si trova sufficientemente vicino ad un osservatore, questi percepisce una specie di boato od esplosione, che può provocare danni sia a persone che a cose.

Ciò è dovuto ad onde d'urto che raggiungono l'ascoltatore o l'oggetto.

Consideriamo attentamente la (fig. 27). In essa S rappresenta la sorgente sonora (l'aereo), ed O un ipotetico osservatore. V è la velocità dell'aereo, Vr invece è la

velocità di avvicinamento dell'aereo verso l'osservatore. Se S volasse direttamente verso O, cioè percorrendo la retta SO, la velocità di avvicinamento sarebbe ovviamente V , cioè quella dell'aereo. Nel caso della figura invece, poiché l'aereo vola orizzontalmente, è evidente che la velocità di avvicinamento deve essere minore di V ; e più l'aereo si avvicina ad O più essa diminuisce, perché aumenta l'angolo α . Difatti è intuitivo che nell'istante in cui l'aereo si trova proprio sulla verticale di O, la velocità di avvicinamento è zero.

Tutto questo discorso possiamo esprimerlo dicendo che $V_r = V \cos \alpha$.

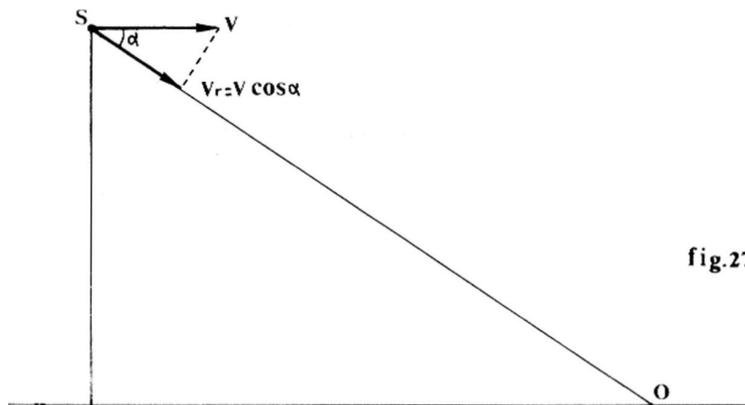


fig.27

Quando l'aereo (fig. 27) vola a velocità supersonica, e la velocità V_r di avvicinamento rispetto all'osservatore è maggiore di quella u del suono, questi riceve le onde in successione invertita, cioè gli arrivano prima quelle emesse dopo, perché ogni onda successiva viaggia per il tempo T con la velocità V_r . Ma con l'avvicinarsi dell'aereo, ad un certo momento detta velocità relativa diventa subsonica (la velocità dell'aereo rimane sempre costante), e le onde si ricevono in successione normale cioè nello stesso ordine in cui vengono emesse. Tra la successione invertita a quella normale, delle onde, deve esserci un istante in cui $V_r = u$, in cui le onde si ricevono contemporaneamente.

Analogamente avviene se un aereo passa da una velocità subsonica ad una supersonica, o meglio quando la velocità di avvicinamento V_r da subsonica diventa supersonica, con la differenza che prima ci sono le onde a successione normale, e poi quelle a successione invertita.

Insomma se si ha ricezione di onde in successione invertita seguite da onde in successione normale, o viceversa, esiste un istante in cui delle onde arrivano contemporaneamente.

Teoricamente, astrattamente, l'istante è da paragonare al punto matematico, e come questo non ha dimensioni, l'istante non ha durata.

Ma in effetti, nella realtà, quanto dura l'istante in cui $V_r = u$ o $V = u$?

In un istante teorico le onde che si possono sovrapporre sarebbero zero, e quindi non dovrebbero verificarsi né il « boato sonico » né il « muro del suono ».

Difatti se si considera un velivolo come una sorgente sonora che da una velocità subsonica passa ad una velocità supersonica, nell'istante in cui raggiunge la velocità del suono, non si dovrebbe avere per niente sovrapposizione di onde.

Perché mentre vola a velocità subsonica le onde lo precedono, e quando vola a velocità supersonica rimangono indietro; se nell'istante in cui $V = u$ incomincia ad emettere un'onda, la successiva inizia ad emetterla solo dopo il tempo T , quando ha terminato di emettere la precedente, e quindi è evidente che esse non possono sovrapporsi, perché la prima rimane indietro, essendo l'istante in cui $V = u$ inferiore a T (la prima si muove in parte a velocità sonica, quando $V = u$, ed in parte a velocità supersonica, mentre la seconda si muove a velocità supersonica).

Questo ragionamento diventa più semplice se consideriamo l'onda, come abbiamo fatto più sopra, una superficie separante lo spazio perturbato da quello non ancora perturbato, e la rappresentiamo con una circonferenza.

Difatti possiamo dire: ... « se nell'istante in cui $V = u$ emette un'onda, la successiva la emette solo dopo il tempo T , e quindi è evidente che esse non possono sovrapporsi perché la prima rimane indietro. Difatti la prima viaggia con la velocità del suono, mentre la seconda (non essendo stata ancora emessa) per il tempo T viaggia con la velocità supersonica dell'aereo ».

Anche per il « boato sonico » come si vedrà nel prossimo capitolo, l'andamento dovrebbe essere analogo.

Ricordiamo inoltre che poiché ogni singola onda ha in genere un'ampiezza (pressione) molto bassa, ne occorrono molte affinché sommandosi possano generare una pressione elevata. Per es. la pressione delle onde di un tuono vicino, che si può già considerare un rumore eccezionale, è di 100 decibel (corrispondenti a circa 4 Kg/m^2); il rumore di un autocarro al massimo di giri del motore, è di 80 decibel. E la pressione di un'onda d'urto capace di rompere i

vetri di una finestra dev'essere almeno di 10 Kg/m^2 .

X. Solo due onde dovrebbero arrivare contemporaneamente

Questo capitolo anche se non fossi riuscito a renderlo del tutto chiaro, non fa perdere il filo del discorso, perché tratta del « boato sonico » per il quale in sostanza si è già dato il concetto intuitivo nel capitolo precedente. Quindi chi non ha pazienza con la matematica, può benissimo passare oltre.

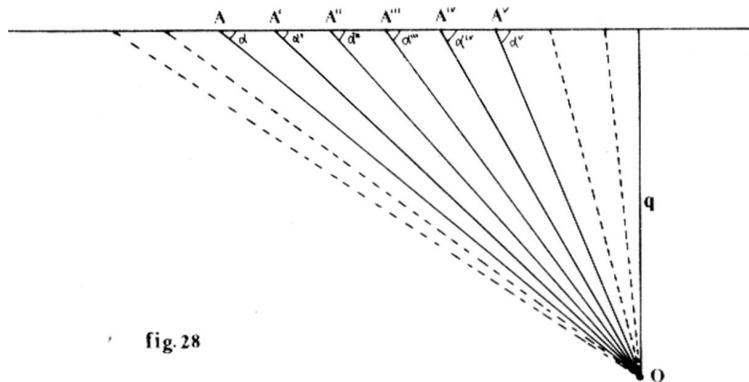


fig. 28

A partire (fig. 28) da un certo istante in A, siano A, A', A'', A''', A''', ... ecc., le onde che l'aereo emette successivamente, a regolari periodi di tempo T, mentre vola a velocità supersonica V.

L'onda A' per arrivare in O impiega il tempo $A'O / u$; l'onda A'' invece per arrivare in O, impiega il tempo $A''O / u$.

Affinché esse arrivino contemporaneamente in O, dev'essere

$A'O / u = A'A''/V + A''O/u$; cioè $A'O / u - A''O / u = A'A''/V$; ma $A'A'' = TV$, quindi $A'O - A''O/u = T$, oppure $A'O - A''O = u/f$

... cost., e non si giungerebbe mai al valore u/f .

La distanza velivolo-osservatore va diminuendo evidentemente, e poiché è inversamente proporzionale al seno di un angolo ($AO = q / \sin \alpha$), non diminuisce uniformemente.

Difatti il seno di un angolo da 0° a 90° aumenta sempre meno rapidamente (per

es. $\sin 70^\circ - \sin 50^\circ > \sin 90^\circ - \sin 70^\circ$), e quindi anche la detta distanza diminuisce sempre meno rapidamente, cioè $AO - A'O > A'O - A''O > A''O - A'''O \dots$

C'è però da osservare che nel nostro caso l'angolo α non aumenta uniformemente rispetto al tempo, cioè non si ha $\alpha^1 - \alpha = \alpha'' - \alpha' = \alpha''' - \alpha'' \dots$

Se α aumentasse sempre più rapidamente $\alpha' - \alpha < \alpha'' - \alpha' < \alpha''' - \alpha''$... potrebbe annullarsi la caratteristica del seno di aumentare sempre meno rapidamente rispetto all'angolo.

Per es. sappiamo che $\sin 70^\circ - \sin 50^\circ > \sin 90^\circ - \sin 70^\circ$, però se nel secondo membro della disuguaglianza invece di 90° avessimo un angolo maggiore cioè $90^\circ + X^\circ$ (dovuto al fatto che a avanza sempre più rapidamente), potrebbe essere $\sin 70^\circ - \sin 50^\circ = \sin (90^\circ + X^\circ) - \sin 70^\circ$.

Ma l'angolo a in realtà rispetto al tempo aumenta sempre meno rapidamente: $\alpha' - \alpha > \alpha'' - \alpha' > \alpha''' - \alpha'' \dots$. Quindi $\sin a$ rispetto al tempo aumenta sempre meno rapidamente: $\sin \alpha' - \sin \alpha > \sin \alpha'' - \sin \alpha' > \sin \alpha''' - \sin \alpha'' \dots$ e la distanza velivolo-osservatore diminuisce sempre meno rapidamente $AO - A'O > A'O - A''O - A'''O$.

Quando il velivolo si trova in A ed emette l'onda A , e poi in A' ed emette l'onda A' , può accadere che queste due onde non arrivino contemporaneamente in O , perché $AO - A'O > u/f$

Ma poiché questa differenza di distanze va diminuendo, può darsi che si arrivi ad un suo valore che sia uguale ad u/f .

Dico può darsi, perché essa non diminuisce con continuità, ma « a gradini », dato che ogni onda ha una durata uguale a T . Comunque anche se non si ha esattamente: differenza distanze u/f , ci sarà un buon avvicinamento a detto valore, e le due onde arrivano in O sfasate di poco. Quindi per adesso sappiamo che due onde contigue possono arrivare contemporaneamente in O , quando la differenza della loro distanza da O è uguale ad u/f

Adesso incominciamo con l'immaginare il velivolo molto distante dall'osservatore. Ancora non si sente alcun suono, le onde emesse hanno una velocità minore di quella V_r del velivolo. Man mano che questo si avvicina la velocità $V_r = V \cos \alpha$, va diminuendo e diminuisce anche la differenza delle

distanze tra osservatore e penultima ed ultima onde emesse.

Ad un certo punto, quando questa differenza è uguale ad u/f , due onde arrivano contemporaneamente in O e si ode per la prima volta il suono.

Dopo questo istante, le onde emesse precedentemente arrivano in successione invertita contemporaneamente a quelle emesse posteriormente e che si ricevono in successione normale.

Se per es. si ha $A''O - A'''O = u/f$, le onde A'' ed A''' arrivano contemporaneamente in O, e sono quelle che si ascoltano per prime.

Dopo questo istante arrivano le onde in successione invertita, A' , A e quelle in successione normale A'''' , A''''' ...

Ma evidentemente esse non possono arrivare tutte nello stesso istante, perché sappiamo che partono da distanze diverse rispetto al punto O.

Possono arrivare contemporaneamente soltanto a due a due (una da una parte ed una dall'altra), cioè A' con A'''' , A con A''''' ... ecc.

XI. Composizione delle onde

Due onde che abbiano lo stesso periodo, si dicono in fase se assumono lo stesso valore massimo o minimo della pressione, nello stesso istante; altrimenti sono sfasate di un certo angolo che mantengono costante nel tempo.

Due o più sistemi di onde che abbiano lo stesso periodo, si possono comporre tra di loro, ed il risultato è permanente nel tempo e dipende dallo sfasamento reciproco e dalle ampiezze.

Per es., se si hanno due sorgenti sonore perfettamente uguali, le onde che esse emettono hanno lo stesso periodo e la stessa ampiezza, e può avvenire che:

- 1) Se esse sono in fase, il suono è doppio di quello di una sola.
- 2) Se sono completamente sfasate, cioè in opposizione di fase, per cui alla massima compressione dell'una si sovrappone la massima depressione dell'altra, il suono è nullo.
- 3) Se sono sfasate parzialmente il suono può essere rafforzato od indebolito rispetto a quella di una sola, e ciò dipende evidentemente dal valore dello sfasamento.

Se invece le onde non hanno lo stesso periodo, si possono casualmente comporre tra di loro, ma non per un tempo di durata apprezzabile. Ciò è quanto avviene nell'ambiente in cui viviamo, dove pur essendoci molte onde, non notiamo nessun rafforzamento od indebolimento di suono, perché è estremamente improbabile che ci siano sorgenti sonore uguali.

Questo è confermato anche dal fatto che noi possiamo ascoltare contemporaneamente diversi suoni, per es., musica, voci e rumori vari. Difatti le onde di diverso periodo non si disturbano a vicenda. Esse si attraversano reciprocamente nell'aria senza alterarsi praticamente. Certamente anche qui, quando una compressione di un'onda s'incontra con una depressione di un'altra, esse tendono ad elidersi, cioè in generale si verifica sempre quello che abbiamo visto per due sorgenti perfettamente uguali; ma la differenza sostanziale è che quando il periodo e le ampiezze delle onde sono diversi, i detti fenomeni non si

avvertono perché hanno durata brevissima ed entità minima.

Rafforzamento di suono si nota negli ambienti chiusi, ma in questi casi le onde hanno lo stesso periodo perché sono una combinazione delle onde emesse dalla sorgente e delle stesse riflesse dalle pareti.

Difatti è noto a tutti che in un ambiente chiuso un oratore può darsi ascoltare meglio che all'aperto; e se l'ambiente è piccolo si ha addirittura un rimbombo.

Ciò è dovuto al fatto che le onde riflesse ritornano indietro così in fretta che si sommano a quelle emesse dalla sorgente, ed il nostro orecchio non è capace di separare due suoni che gli giungano entro un decimo di secondo; per riceverli separati la parete riflettente deve trovarsi ad almeno 17 mt di distanza, in modo che il suono tra andata e ritorno impieghi $1/10$ sec.

Difatti poiché la velocità del suono nell'aria è di 340 mt/sec, si ha: $s = u t = 340 \times 1/10 = 34$ mt. In questo caso si ha l'eco.

Sullo stesso principio della riflessione funziona il megafono. Un altro caso particolare di riflessione si osserva alcune volte negli edifici a cupola, che riflettono il suono concentrandolo in un certo punto. Ovviamente in alcuni edifici di particolare forma geometrica, si avvertono anche delle combinazioni di onde emesse ed onde riflesse che indeboliscono il suono in alcuni punti.

Un altro caso in cui si ha notevole rafforzamento di suono, che non ha nulla a che vedere con la riflessione, ma che è dovuto ad onde di una stessa sorgente sonora che arrivano contemporaneamente in uno stesso punto, è, come abbiamo visto, il boato sonico degli aerei supersonici.

XII. Perché si ha il «muro del suono» ed il « boato sonico »

Un velivolo, pur essendo composto da innumerevoli sorgenti sonore, poiché esse non sono uguali, agli effetti della indagine sul fenomeno del « muro del suono » e del « boato sonico », per quanto abbiamo detto più sopra, si può considerare come una sola sorgente in movimento.

Cioè le onde provenienti da sorgenti diverse non si sovrappongono, e quindi i detti fenomeni non sono da attribuire al fatto che l'aereo sia formato da tante sorgenti sonore, mentre per es. un proiettile lo è molto di meno.

Forse le onde d'urto, anche se di piccola intensità, provocano un disturbo, un distacco del flusso dell'aria sul velivolo, e della pressione atmosferica sulle cose nel boato sonico?

Sul velivolo l'onda d'urto può interagire con lo strato limite (che è quel sottile strato di fluido aderente al mobile), e modificare il flusso aereo, con conseguenze superiori alla intensità della causa; ma su di un oggetto immobile nell'aria, non può accadere nulla di simile.

In realtà l'intensità dell'onda d'urto si può misurare, e risulta notevole (i vetri delle finestre si rompono quando il suo valore raggiunge i 10 Kg/m^2).

Il fatto è che la traiettoria di un velivolo non avviene secondo una linea molto regolare (come può essere quella di un proiettile), perché l'aereo nel suo insieme ha delle oscillazioni.

E queste oscillazioni intorno al punto relativo a $V = u$ o $V_r = u$, sono causa della durata dell'istante di sovrapposizione delle onde. In altri termini soltanto teoricamente la durata di un istante è uguale a « zero ». Si deve tener presente anche che le onde emesse da una stessa sorgente, cioè con lo stesso periodo, si sommano algebricamente anche se non sono proprio in fase.

Infine c'è da notare che i vari punti dell'aereo, non raggiungono contemporaneamente l'istante particolare in cui si formano le onde d'urto;

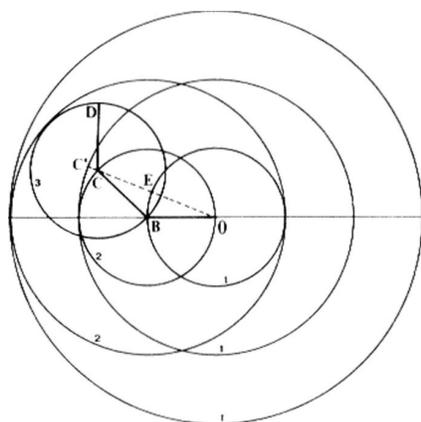
quindi ogni punto emette la sua onda d'urto, e queste si ricevono per un certo tempo, anche se distinte una dall'altra.

Insomma comunque avvenga, è certo che per un aereo l'istante di sovrapposizione delle onde ($V = u$ o $V_r = u$) dura un certo tempo non infinitesimo, tanto che le singole onde sommandosi, danno una risultante di pressione notevole.

XIII. Come si evita il « M.D.S. » ed il « B.S. »

Si può evitare l'accumularsi delle onde, se il mobile percorre una traiettoria curva, cambiando continuamente direzione.

Nella (fig. 29) il mobile si muove con velocità $V = u$. Parte dall'istante zero (0) emettendo l'onda 1, e dopo l'intervallo di tempo T , arriva in B assieme alla onda 1. In B emette l'onda 2 e cambia direzione arrivando in C, dopo il tempo T , con l'onda 2, ma staccato dall'onda 1. In C emette l'onda 3 e cambia direzione arrivando in D, dopo il tempo T , con l'onda 3, ma staccato dall'onda 2, ed ancora di più dall'onda 1; e così via ...



In questa figura vi sono tre circonferenze che indicano l'onda 1: esse rappresentano la posizione della prima onda, emessa dal mobile in O, alla fine di ognuno dei $v=u$ tre periodi T considerati. Le due circonferenze dell'onda 2 rappresentano la posizione della seconda onda, emessa in B, alla fine del secondo e del terzo periodo. La circonferenza dell'onda 3 rappresenta la posizione della terza onda emessa in C, alla fine del terzo periodo. Risulta chiaro come il mobile, pur avendo viaggiato alla velocità del suono, arriva in D senza avere le onde addensate davanti.

Cioè il mobile, cambiando continuamente direzione, si trova staccato pochissimo dall'onda emessa un istante immediatamente prima, ma sempre più staccato, guardando indietro, dalle onde emesse precedentemente.

Se però arrivato in B, il mobile si muove ad una certa velocità $V' > u$, può

incontrare l'onda 1 in C', ma per far ciò deve lasciare indietro in C l'onda 2. In altre parole non esiste una velocità $V' > u$, del mobile, alla quale esso viaggia con le onde che man mano emette, come accadeva per $V = u$ e con traiettoria rettilinea, perché il mobile sì, può viaggiare alla velocità $V' > u$, ma le onde no, e quindi si trovano staccate una dall'altra.

Il mobile che arrivato in B emette l'onda 2, cambiando direzione, arriva in C staccato dall'onda 1, perché questa, per arrivare in C, deve percorrere uno spazio EC minore, ed a parità di velocità e di tempo, giunge più avanti in C'. Difatti considerando il triangolo OBC, si ha $EC < BC$, perché in un triangolo un lato è minore della somma degli altri due. Cioè $OC < OB + BC$; $OE + EC < OB + BC$, e poiché $OB = OE$ (perché sono raggi della stessa circonferenza), risulta $EC < BC$.

E ciò evidentemente vale anche quando OBC ed OC sono piccolissimi, purché siano diversi da zero.

Ovviamente gli angoli $OBC = BCD \dots$ stanno ad indicare la traiettoria curva percorsa dal mobile.

Quindi se il mobile percorre la traiettoria cicloidea di (fig. 17), non incontra la barriera sonora, perché pur permanendo a velocità sonora, o supersonica, per qualsiasi periodo di tempo, le onde non si sovrappongono.

Il boato sonico si evita perché quando si ha $V_r = u$, per un punto del mobile, questo cambia istantaneamente direzione, e quindi non si può formare onda d'urto.

Notiamo infine che anche solamente osservando, la (fig. 29) si può notare come le onde non si sovrappongono, al contrario della (fig. 23).

XIV. Resistenza di forma e di attrito: come si evitano

E' detta resistenza di forma quella dovuta alla compressione del fluido, da parte del mobile in moto relativo.

Non considerando il fatto che ogni punto di un velivolo in movimento vibra come una sorgente sonora, il mobile deve essere osservato come un corpo che si fa strada attraverso il fluido che lo avvolge. L'aria è costituita da particelle molto piccole, tanto che in un cm ve ne sono circa un miliardo, dotate di velocità intorno ai 500 m/sec, e che si urtano tra di loro intorno ad un miliardo di volte al secondo.

Le molecole dell'aria sono quindi in continua agitazione, ma in qualsiasi istante, la distanza media intermolecolare è di circa 10 volte il diametro delle particelle, cioè sono molto distanziate rispetto alle proprie dimensioni.

Non bisogna confondere la vibrazione di un velivolo con il moto dello stesso nell'aria, perché sono due cose ben distinte; nel primo caso il movimento della sorgente è periodico, alternato, e ad un'onda di compressione segue un'onda di aspirazione; nel secondo caso invece il movimento è continuo, e si ha solo l'« onda » di compressione.

In sostanza la differenza consiste nel fatto che durante la vibrazione la sorgente sonora, avendo un movimento alternato, praticamente non riesce a comprimere l'aria perché agisce solo per brevissimo tempo ($T/2$) in ciascun senso, e le molecole rimbalzano.

Se invece il mobile si muove sempre nello stesso senso e ad elevata velocità, le molecole vengono compresse.

Quando un corpo vibra, urta contro alcune molecole, che a loro volta urtano contro altre, e così continuando, dato che gli urti sono per lo più obliqui, trasmettono l'impulso esterno in tutte le direzioni, generando l'onda sferica.

Che il suono si trasmetta per urti delle molecole, è dimostrato dal fatto che

l'onda ha un andamento sinusoidale, come la velocità della sorgente.

Difatti è noto che una lamina metallica fissata ad una estremità e fatta vibrare, oscilla con moto armonico, cioè la sua velocità da zero ad ogni inversione di moto, raggiunge il massimo a metà corsa, corrispondente alla posizione di riposo, per poi diminuire nuovamente verso lo zero; la curva che descrive questo moto è sempre quella di (fig. 22) (riportando però sull'asse verticale la velocità e sull'altro il tempo).

Quindi il suono si trasmette per successivi urti, ma senza variazioni della distanza intermolecolare. Il compito delle molecole è di trasportare e distribuire, con la loro maggiore velocità, l'energia ricevuta dall'urto esterno.

Quando invece un corpo attraversa l'aria, poiché agisce su di essa con continuità e sempre nello stesso senso, tende a comprimere il fluido incontrato, cioè a diminuire la distanza intermolecolare. Difatti dietro al mobile si forma la scia, una zona di rarefazione, e quindi davanti si deve avere una compressione, perché il volume totale del fluido, cioè lo spazio intorno al mobile, si deve considerare ovviamente invariato (se in un punto di un recipiente chiuso contenente un gas, si ha una compressione, è evidente che deve corrispondere una rarefazione in un altro punto, o viceversa).

Se il fluido fosse incompressibile, poiché il proprio volume rimane invariato, il volume che man mano viene occupato dal mobile, dovrebbe corrispondere al volume di aria che va a sistemarsi posteriormente al mobile. Possiamo immaginare questo spostamento, con le particelle ordinate secondo linee di corrente formanti una vena che da prua va verso poppa, avvolgendo completamente il mobile. Se così fosse sarebbe giusta la conclusione del D'Alenbert, e cioè nessuna resistenza verrebbe incontrata dal mobile.

Difatti è noto che se un fluido (liquido o gas) scorre in una tubazione a sezione costante la velocità rimane costante, e quindi anche la pressione deve rimanere la stessa in ogni sezione. Se la tubazione si restringe (per es. uno zampillo) la velocità aumenta, e quindi la pressione diminuisce; se la tubazione si allarga la velocità diminuisce e quindi aumenta la pressione: e ciò perché l'energia totale del fluido, costituita dalla pressione e dalla velocità, deve rimanere uguale in ogni sezione, non può scomparire.

Dunque nel caso ideale che la corrente fluida avvolgesse completamente il

mobile, la sezione della vena fluida risulterebbe uguale sia davanti che dietro, e quindi risulterebbe anche uguale pressione: cioè nessuna spinta verrebbe esercitata sul mobile né davanti né dietro.

Considerando invece il fluido compressibile e fissando l'attenzione su ciò che accade a monte, cioè sull'urto tra mobile e molecole, si dovrebbe concludere, intuitivamente, che la resistenza dell'aria debba essere proporzionale alla sezione d'urto S ed a V^2 .

Difatti l'aria come tutta la materia, presenta inerzia ad essere spostata e quindi, all'aumentare della velocità V , la superficie d'urto S , oltre ad incontrare un maggior numero di particelle al secondo, incontra una maggiore resistenza delle stesse, quindi V influisce in due modi sulla resistenza; la superficie S invece influisce solamente perché all'aumentare di essa, aumentano il numero delle molecole incontrate.

Bisogna tuttavia osservare che praticamente la compressibilità del fluido è limitata, intorno alla prua, altrimenti si creerebbe davanti al mobile un ostacolo insormontabile.

Ma in realtà come varia questa resistenza?

Sperimentalmente ed approssimativamente si trova che la resistenza del mezzo è proporzionale alla lunghezza L della sezione S ed alla velocità V (legge di Stokes), quando questa è molto bassa; è proporzionale ad S (si noti che S corrisponde circa ad L^2) ed a V^2 quando la velocità è alta, e ad S e V quando la velocità è media.

Ciò si può spiegare pensando che solo a velocità non elevale, le particelle riescono ad avvolgere il mobile, tanto che si produca in parte il paradosso del D'Alembert. Alle alte velocità invece conta essenzialmente l'urto tra mobile e molecole: difatti R è proporzionale a $L^2 V^2$, e la compressione avviene davanti al mobile, nel senso del moto. Si può pensare che un corpo opportunamente sagomato, che si muova sufficientemente lento, debba incontrare una resistenza del fluido praticamente nulla. Nella realtà quindi il mobile, nel farsi strada attraverso il fluido, lo comprime tanto più quanto maggiore è la velocità, perché alle alte velocità le particelle non fanno in tempo a trasferirsi da prua a poppa.

La compressione avviene nel senso del moto, proprio davanti al mobile, ed

evidentemente fino ad un certo grado, aumenta col tempo. Se il mobile invece di spostarsi rettilinearmente cambia continuamente direzione, seguendo la traiettoria cicloidea, avviene che non comprime più il fluido, perché rimane soltanto per un istante in ogni direzione, ed in questo istante le molecole rimbalzano, e comunque le successive piccole compressioni non si sommano in valore assoluto, perché avvengono in direzioni diverse: dopo 180" dall'inizio di un ciclo, le compressioni hanno direzioni opposte, e quindi nel breve tempo corrispondente ad un ciclo, la compressione è molto bassa, e le compressioni corrispondenti a cicli Riversi non si sommano.

Più rigorosamente, questo risultato si può intendere col seguente ragionamento: — Quando si afferma che una sorgente sonora emette delle onde, non bisogna pensare come ad una specie di cannone che spara proiettili, perché le onde non sono ben separate una dall'altra, ma esse sono legate una di seguito all'altra (fig. 22).

In realtà che cosa è un'onda? L'onda si riconosce dalla pressione del fluido nel quale si propaga. Difatti se in un punto qualsiasi dello spazio sede del fenomeno ondoso misuriamo la pressione, notiamo che essa è differente da quella che si avrebbe nello spazio non perturbato. Non solo è differente, ma il suo valore non è costante, perché ha un andamento sinusoidale.

Ed è proprio questo andamento, legato alla velocità della sorgente anch'essa di tipo sinusoidale, che ci permette di distinguere un'onda dall'altra.

Difatti si definisce periodo, cioè durata di un'onda, l'intervallo di tempo compreso tra due pressioni massime o minime. Quindi se la sorgente non avesse una velocità variabile alternata, ma avesse una velocità costante, non ci sarebbe modo di individuare un'onda da un'altra, perché corrispondentemente la pressione nello spazio perturbato sarebbe costante. E questo è proprio il caso di un velivolo che si muove a velocità costante in un fluido: in tutto lo spazio sede del fenomeno ondoso si ha un incremento di pressione, ma costante.

Un velivolo che si muove nell'aria si può paragonare al moto di metà vibrazione di una sorgente sonora: la vibrazione ha un moto di andata e ritorno, la sola andata od il solo ritorno è analogo al moto del velivolo (non ha importanza per il nostro scopo che la velocità della sorgente è variabile, d'altronde anche quella del velivolo può essere variabile).

Quindi quando vibra, emette onde formate ognuna da una compressione e da una rarefazione, quando invece un corpo attraversa l'aria si ha solo l'« onda » di compressione: ma è evidente che la dimostrazione di (fig. 29) vale per entrambi i casi, anche se in quest'ultimo la distinzione tra un'onda e l'altra non è possibile.

Nel moto di un mobile nel fluido, oltre alla resistenza di pressione, perpendicolare alla superficie, e dovuta all'urto con le molecole ed alla formazione della scia, c'è una resistenza di attrito, tangente alla superficie, dovuta alla viscosità del fluido ed alla aderenza delle molecole a contatto con il mobile.

La viscosità consiste nella resistenza di attrito che un fluido oppone allo scorrimento reciproco delle proprie particelle.

La resistenza di pressione abbiamo visto come evitarla, facendo continuamente cambiare direzione al mobile, ed in questo modo si evita anche la scia, che è quella zona dietro al mobile, dove si crea una depressione. Cioè a valle si verifica il contrario di quanto avviene a monte del mobile, e per analoga ragione, come non si forma la compressione, non si forma la depressione.

Quando il mobile cambia continuamente direzione, è come se si muovesse lentamente, agli effetti della resistenza. Riguardo alla resistenza di attrito, non è possibile evitarla completamente perché le molecole a contatto con la superficie solida aderiscono ad essa, e quindi si forma uno strato in cui la velocità delle molecole da zero sulla superficie, va man mano aumentando, allontanandoci dal mobile, fino a raggiungere quella della corrente aerea.

Solo nel caso in cui la superficie solida non rallentasse in alcun modo la corrente fluida, l'attrito sarebbe nullo, e ciò potrebbe accadere soltanto se le molecole a contatto con la superficie mobile non aderissero, o se la viscosità, cioè l'attrito interno tra molecola e molecola, fosse zero.

Però nel caso del Disco che percorre la traiettoria cicloidea, nello strato rallentato si ha un flusso regolare e stabile, essendo la scia automaticamente evitata e non essendoci onde d'urto. Ed è noto che l'attrito per uno strato limite turbolento è molto maggiore. Inoltre bisogna tenere conto che la viscosità dell'aria dipende alquanto dalla pressione, e qui non si ha compressione del fluido; poi, la viscosità all'aumentare della temperatura diminuisce nei liquidi ma aumenta nei gas, e tutti sanno che un gas compresso aumenta di temperatura:

quindi se l'aria non viene compressa dal mobile non si ha aumento di temperatura né di viscosità. In definitiva tutti questi vantaggi contengono entro bassi valori la resistenza di attrito, col risultato che le temperature sviluppantesi sulla superficie del mobile, raggiungono valori non elevati.

XV. Il vortice

Nel « Dizionario rapido di scienze pure ed applicate » di Rinaldo De Benedetti, editrice UTET, alla voce vortice c'è scritto quanto segue:

— Movimento rotatorio di un fluido intorno ad un asse fisso o mobile. I vortici si formano facilmente a valle di un ostacolo investito da una corrente, o quando vengono a contatto due correnti con velocità diverse. Caratteristici i vortici che si formano sulla superficie o all'estremità dell'ala dei velivoli o nella scia dell'elica. Il vortice «sotto vento» o dorsale, si forma dopo un ostacolo (montagna, casa, ecc.) investito da una corrente d'aria. Il vortice « sopra vento » o frontale, si forma contro un ostacolo investito da una corrente d'aria —.

Se pensiamo all'idea che ognuno di noi ha del vortice, cioè di un movimento a spirale ben definito, rimaniamo piuttosto delusi della « spiegazione » dataci, perché in realtà non spiega niente, è del tutto insufficiente.

Donovan A. Johnson in un libricino intitolato « Curve nello spazio », editore Zanichelli, così si esprime a proposito della spirale:

— Ci sono spirali un po' dappertutto intorno a noi. Fluttuano nell'aria, rotolano nel mare, si avvolgono e si attorcigliano nel mondo animale e vegetale, e girano vorticosamente nelle macchine della civiltà moderna. Le trombe d'aria, i vortici dei fiumi e le nebulose a spirale sono tutti esempi di movimenti che tracciano spirali nello spazio. Le conchiglie del mare esibiscono infinite variazioni sul tema della spirale. La spirale del girasole, le corna dello stambecco ed il volo del falco nel cielo sono entusiasmanti esempi di spirale —.

Dopo questa necessaria premessa, ci accingiamo subito ad indagare sul perché si forma un vortice, poiché è evidente che deve esserci un unico principio che interviene a modellare in modo così preciso la materia.

Che differenza c'è tra una corrente di fluido e la propagazione ondosa?

L'onda si forma perché l'urto esterno aggiunge un moto in più a quello disordinato delle molecole. Quindi successivi urti tra le molecole non variano la distanza intermolecolare, né sono causa di spostamento di materia.

Ma se una forza agisce con continuità su di un fluido, questo si comporta come un corpo molto deformabile ed elastico.

Quando una forza, o meglio una pressione, agisce con continuità sul fluido, in seno ad esso si determina una corrente di fluido, limitata da pareti dello stesso fluido che non partecipa al movimento, essendoci equilibrio tra la pressione statica della corrente e quella delle pareti del fluido circostante.

Poiché il fluido non si può tirare ma solo spingere (dato che non agisce una forza di massa, cioè una forza che agisce su tutta la massa, come può essere per es. il magnetismo), e data la sua estrema deformabilità, la forza che produce la corrente comprime il fluido, cioè diminuisce la distanza tra le molecole. Quindi il fluido si comprime nel senso della corrente ed in funzione della velocità.

E quando l'ostacolo frontale, in conseguenza della compressione, è maggiore di quello offerto lateralmente dalle pareti, le molecole deviano da una parte o dall'altra cioè lateralmente, a seconda dell'equilibrio esistente in quell'istante tra corrente e pareti.

Ma subito si crea una nuova compressione, un nuovo ostacolo, e la deviazione laterale prosegue.

Continuando così, nuovo ostacolo, proseguimento della deviazione, la corrente segue una traiettoria di minore resistenza, consistente in una spirale od in una approssimativa circonferenza, perché è alquanto improbabile che diventi proprio una circonferenza, come vedremo.

Il risultato è il VORTICE

La (fig. 30) illustra i tre tipi possibili di vortice. Se la deviazione della corrente fluida, che segue la traiettoria di minor resistenza, varia uniformemente nel tempo, cioè s'incurva costante-mente ed esattamente nella stessa misura, essa descrive una circonferenza.

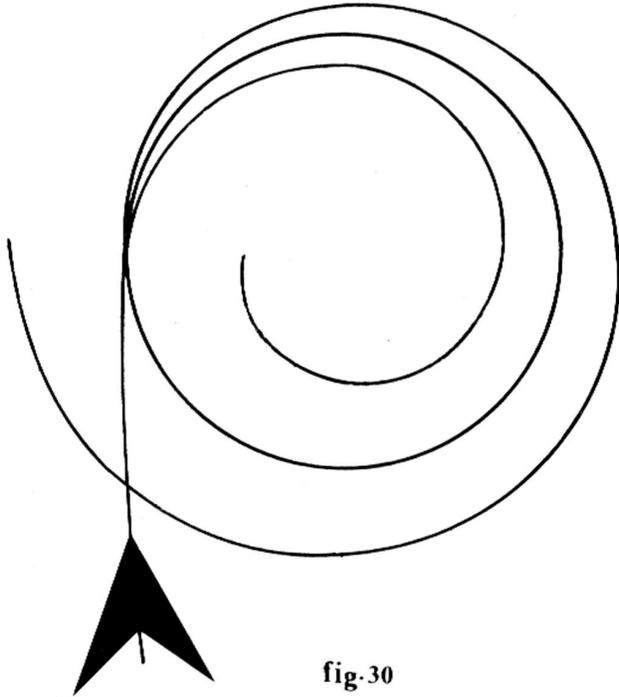


fig. 30

Se la deviazione della corrente fluida nell'unità di tempo va aumentando, essa descrive una spirale che va restringendosi.

Se la deviazione va diminuendo, la corrente fluida descrive una spirale che va allargandosi.

La specie di vortice che si svilupperà dipende certamente dallo stato fisico del fluido, cioè dalle forze agenti in quelle determinate circostanze.

Naturalmente la velocità del vortice è regolata, come ben sappiamo, dal principio di conservazione del momento angolare: per es., nella spirale che va restringendosi aumenta verso il centro.

Che una corrente fluida possa essere guidata dalle pareti formate dal fluido stesso, si può capire considerando un vortice già formato. Difatti poiché in esso le particelle ruotanti sono soggette alla forza centrifuga, la forza centripeta non può essere altro che la pressione statica del fluido circostante.

Il vortice è molto diffuso in natura, lo troviamo nelle galassie, lo troviamo nel sistema solare, negli uragani dell'atmosfera, nei fluidi in movimento, nel mondo animale e vegetale, conchiglie, girasole ...

Quindi il vortice si forma spontaneamente nella materia, perché questa si distribuisce seguendo la via di minor resistenza.

Un esempio molto evidente di formazione del vortice, lo troviamo nel comune mulinello, che spesso si può osservare per le strade.

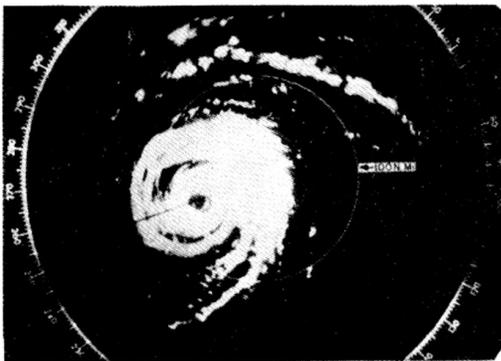
Difatti si vedono molto chiaramente polvere e foglie secche ruotare vorticosamente. Ed in questo caso, al centro della strada, non vi sono ostacoli solidi, né si notano « correnti a contatto » di diversa velocità, in modo da poter attribuire a questi la formazione del vortice.

E' molto facile rendersi conto di questo singolarissimo ed essenziale fenomeno ...basta prestare un po' d'attenzione per la strada, quando c'è un po' di vento; si rimane molto meravigliati di come non ci si è accorti prima!

Difatti appare chiaro che il mulinello nasce spontaneamente da una corrente di fluido, perché questa segue una traiettoria dove incontra la minor resistenza.

Dunque possiamo affermare che: — Una corrente fluida che deve farsi strada attraverso il fluido stesso, poiché non vi sono pareti sufficientemente solide che la guidino, non riesce ad andare dritto, e si mette a ruotare formando un vortice.

Questa è la chiave del cielo, e non è un'idea completamente nuova perché già ci avevano pensato Democrito nel quinto secolo avanti Cristo, poi Descartes e C. F. Weizsacker.



Questa NON E' una galassia: E' un URAGANO nell'atmosfera terrestre.

XVI. Osservazioni e discussione

1) Alcuni pensano che il funzionamento dei Dischi Volanti si basi sul fatto che riescano a sfuggire alla gravità, oppure che riescano a sfruttare il magnetismo dei corpi celesti.

Ammettendo l'« antigravità » o qualsiasi altra simile fantasiosa invenzione, c'è da spiegare oltretutto come mai detti velivoli abbiano la forma di un disco, e non di un corpo aerodinamico.

L'« antigravità » infatti si presume agirebbe su qualsiasi forma avesse il mobile, e comunque per farsi strada attraverso l'aria, a certe velocità, sarebbe di obbligo un profilo aerodinamico, quello che il disco non ha.

Allora bisogna pensare che la forma di disco, assegnata al velivolo, è dovuta a ben determinate ragioni. Ed è difficile immaginare ragioni valide, diverse da quelle che abbiamo esposto trattando del funzionamento dei Dischi Volanti.

2) Il disco di profilo somiglia ad un sigaro, e per questo alcuni hanno visto ... sigari volanti. Tuttavia bisogna dire che il Disco Volante, funzionante come si è detto, è conveniente quando si muove in un fluido. Nel vuoto invece non è necessario che il velivolo percorra la traiettoria cicloidea, perché andrebbe bene qualsiasi profilo.

3) Se si volesse disegnare un simbolo sui Dischi Volanti, funzionanti così come abbiamo immaginato noi, non verrebbe spontaneo applicarvi un arco di cicloide con una freccia? E questo è proprio quanto è stato osservato su di un Disco Volante: una « mezzaluna » attraversata da una freccia.

4) Il corpo umano sopporta accelerazioni sempre maggiori, col diminuire della durata di esposizione: ciò è stato accertato sperimentalmente. Se l'accelerazione centripeta, come abbiamo mostrato, cambia continuamente direzione, solo per un istante agisce con tutta la sua intensità, in ciascuna direzione. E, nell'ambito di uno stesso ciclo, partendo da un certo istante, quando l'accelerazione istantanea ha ruotato di 90", essa non ha più componente nella direzione di quella iniziale. Ci spieghiamo subito meglio.

Per chi non ha pratica di vettori, che la forza centrifuga (dovuta all'accelerazione centripeta, a sua volta provocata dalla forza centripeta), dopo aver ruotato di 90° , non abbia più effetto nella direzione iniziale, si può illustrare nel modo seguente.

Immaginiamo un carrello su di un piano p (fig. 31). Se la forza F agisce inizialmente nella stessa direzione del piano, è evidente che produce il massimo effetto; se invece è inclinata di un certo angolo α , l'effetto nel far muovere il carrello è minore perché una parte di essa viene spesa a spingere il carrello, contro il piano e non lungo il piano. Quando poi la forza ha ruotato di 90° e risulta perpendicolare al piano, il carrello rimane fermo, perché nella direzione iniziale non ha più alcun effetto.

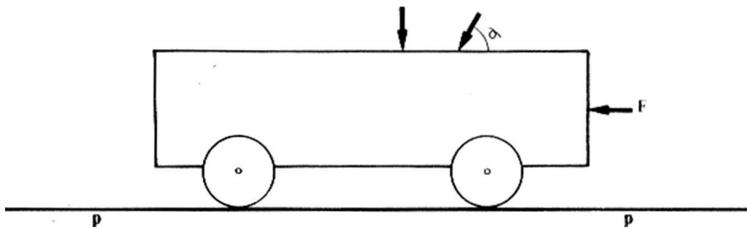


fig-31

Ciò significa che per ogni direzione, al massimo solo per un piccolo intervallo corrispondente a 90° , l'accelerazione istantanea fa sentire il suo effetto. Inoltre in questo piccolo intervallo, bisogna tener presente che l'accelerazione cambia continuamente direzione, e quindi l'effetto indesiderato è minore che se fosse diretta costantemente nella stessa direzione.

L'intervallo di tempo corrispondente a 90° , è molto piccolo. Difatti se il disco fa 6000 giri al minuto, in un secondo ci sono 200 semicicli, e quindi l'intervallo sarebbe $1/200$ e cioè 0,005 sec. E per un tempo così breve si possono sopportare accelerazioni elevatissime, perché il corpo umano si deforma solo nei limiti della propria elasticità.

Quindi per quanto riguarda la forza centrifuga sviluppatasi per il fatto che il mobile descrive una traiettoria curva, possiamo stare tranquilli che i viaggiatori non subiranno alcun danno, anzi non si accorgeranno nemmeno della sua esistenza.

Però oltre all'accelerazione centripeta c'è un'altra accelerazione che agisce sul

disco e sui suoi occupanti, perché il disco lungo la traiettoria cicloidea ABCDE non si muove a velocità costante ma, come abbiamo già affermato nel cap. 8°, questa aumenta da A a C, per poi diminuire da C ad E, (fig. 16).

Questa accelerazione ha la stessa direzione della velocità, e quindi è tangenziale alla curva ABCDE; per es., in A ha la direzione S-N; in C ha la direzione O-E ... E-O; in E la direzione S-N, (fig. 16).

Con un po' di riflessione e dall'esame delle (figg. 20 e 21), risulta evidente che lo stesso ragionamento che abbiamo fatto per l'accel. centrip., vale anche per l'accelerazione tang.

Pertanto sia l'acceler. centrip. che l'accel. tang., non vengono avvertite dai viaggiatori del Disco, perché esse ruotano sul loro corpo e, per ogni direzione, soltanto per un tempo corrispondente alla rotazione di 90°, fanno sentire il loro effetto.

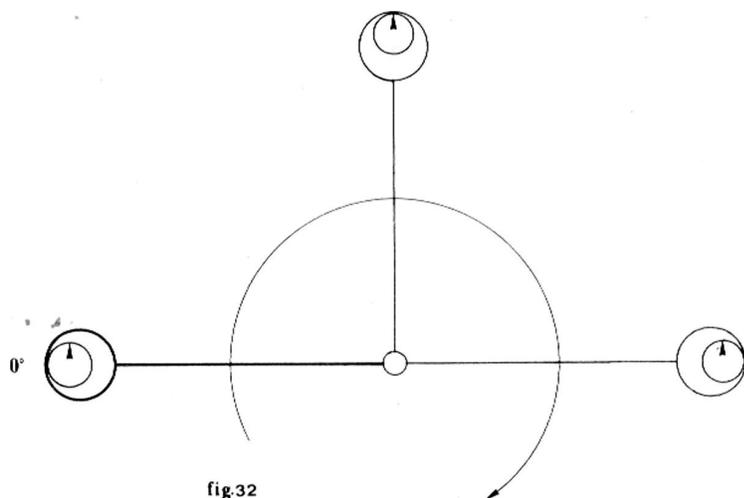
In questo piccolissimo intervallo di tempo il corpo si deforma pochissimo, dentro i limiti della propria elasticità, e riprende la forma normale durante il tempo corrispondente agli altri 90° di rotazione necessari, come risulta dalle (figg. 20 e 21), affinché l'acceler. agisca nuovamente nella stessa direzione.

Ciò è dovuto al fatto che l'accelerazione tang. agisce su una metà del corpo, e l'accel. centrip. agisce sull'altra metà, ed inoltre esse sono sempre sfasate di 90° (figg. 20 e 21).

Cioè partendo da 0°, quando l'accel. centrip. ha ruotato di 90°, l'acceler. tang. che ha pure ruotato di 90° (e si trova agli 0° dell'accel. centrip.), non prosegue sulla metà corpo pertinente all'accel. centrip., ma s'inverte.

Analogamente avviene partendo da 90° fino a 180°, con la sola differenza che questa volta è l'accelerazione centrip. ad invertirsi.

E' interessante riflettere su questo fenomeno alquanto singolare.



Questo dispositivo è composto da un braccio che ruota in senso orario intorno ad un centro. All'estremità del braccio si vede un contenitore sferico dentro il quale si mette il corpo da sperimentare: in questo caso abbiamo messo un globo cavo di vetro. E' evidente che se il braccio ruota sufficientemente veloce, per la forza centrifuga, il globo di vetro si rompe. Ma se come è mostrato nella figura, il globo di vetro, mentre ruota intorno al centro, non ruota intorno a sé stesso, cioè rimane costantemente con la frecciolina rivolta verso l'alto, la forza centrifuga non lo preme sempre nella stessa direzione: dopo 90° non agisce più nella direzione di 0° , e quindi la deformazione iniziale scompare perché in così breve tempo il globo si deforma entro i limiti della propria elasticità; e così via...

La (fig. 32) fa vedere chiaramente come l'accelerazione centr. non provoca effetti indesiderati su di un corpo ruotante intorno al centro O, a patto però che il corpo non rivolga sempre la stessa faccia verso il centro, cioè esso non deve fare un giro intorno a sé stesso nello stesso tempo in cui fa un giro intorno ad O, ma deve rimanere costantemente orientato verso lo stesso punto cardinale.

Il dispositivo è composto da un braccio ruotante intorno ad O, e portante all'estremità una sfera cava dentro la quale si depone il corpo da sperimentare, per es. un globo cavo di vetro. E' evidente che se il globo rivolgesse sempre la stessa faccia al centro, mentre ruota velocemente, esso sarebbe premuto, a causa della forza centrifuga, sempre dalla stessa parte, e quindi la deformazione col passare del tempo si aggraverebbe sempre di più, finendo col romperlo.

Ma se come è mostrato nella figura, il globo rimane costante-mente orientato verso la stessa direzione (vedi freccia), avviene che esso viene premuto contro la sfera in punti diversi: dopo 90° di rotazione la pressione si è spostata su di esso

di 90", e dopo 180" agisce dalla parte opposta.

Ciò porta il vantaggio che la deformazione non aumenta perché per es. la deformazione che si era prodotta a 0", dopo 90" di rotazione, è già scomparsa.

Quindi il globo non si rompe perché per ogni direzione si deforma pochissimo, nei limiti della propria elasticità.

Dall'esame delle figg. 20 e 21, risulta inoltre che sia l'accelerazione centr. che l'accelerazione tang. s'invertono: la prima ad ogni ciclo (partendo da 0", dopo 180") ed istantaneamente all'inizio di ogni ciclo; la seconda ad ogni semiciclo partendo da 0", e poi dopo 180°.

Per comprendere come con questa inversione, accelerazione e decelerazione, tendano a neutralizzarsi a vicenda, immaginate di trovarvi sul sedile posteriore di una automobile che si muova a velocità costante.

Se ad un certo istante si ha un'accelerazione, voi sarete premuto contro lo schienale; ma immaginate che l'accelerazione sia subito seguita da una frenata, che cosa succede? Succede che se il tempo che intercorre tra accelerazione e frenata è abbastanza breve, voi non fate in tempo ad essere premuto contro lo schienale, che già sarete spinto in avanti.

5) Se si osserva il Sistema solare, dapprima si nota che è abbastanza regolare, e viene da pensare che non si sia potuto formare a caso, deve esserci stato un certo indirizzo.

Poi si notano anche delle irregolarità, e sembra che una sola legge non possa essere sufficiente a spiegare tutto.

Una legge abbastanza semplice che può spiegare sia la regolarità che le apparenti eccezioni, sarebbe quella del vortice.

Cioè un vortice principale spiega la regolarità, mentre altri vortici secondari spiegano le eccezioni (fig. 33).

Difatti tra Marte e Giove, in origine c'era un altro pianeta che scoppiò, distribuendo satelliti agli altri pianeti.

Così si spiegherebbe anche come mai la massa di tutti gli asteroidi sia troppo piccola per aver potuto formare un tempo un pianeta.

Che gli asteroidi abbiano potuto raggiungere gli altri pianeti, lo dimostra anche il fatto che tutt'ora essi non hanno tutti le orbite comprese tra quelle di Marte e di Giove, ma alcuni hanno orbite così eccentriche, tanto da intersecare l'orbita di Mercurio e di Saturno.

Dunque come si può vedere dalla (fig. 33), un vortice principale ha formato il Sole. Lungo questo vortice sono nati altri nove vortici corrispondenti ai pianeti. Su sette di questi ultimi vortici, si sono generati altri vortici corrispondenti a satelliti noti, ma che non derivano dal pianeta esplosivo.

Nella (fig. 33) non sono stati segnati per motivo di spazio, Urano, Nettuno e Plutone, i quali si trovano rispettivamente più distanti dal Sole.

Si può osservare che i pianeti sono più numerosi verso il centro, dove si pensa che i vortici secondari si formano più facilmente, data la maggior velocità del fluido. La legge di Bode quindi, con la sua approssimazione, non esprime altro che la probabilità di formazione di vortici secondari lungo il vortice principale (difatti è noto che un fluido diventa turbolento quando la sua velocità supera un limite, detto velocità critica).

Solo per Giove e per Venere, a titolo indicativo, sono stati segnati i vortici secondari (naturalmente uno rivolto in un senso e l'altro in senso opposto), mentre tutti i pianeti sono stati rappresentati con un puntino, non potendo tener conto dei loro diametri perché troppo piccoli rispetto a quello delle orbite.

Ovviamente nel rappresentare il Sistema solare bisogna tener ben presente che le dimensioni attuali dei vari corpi, Sole, pianeti, satelliti, sono molto minori di quelle dei rispettivi « centri di vortice » di origine, per la semplice ragione che si è passato in generale dallo stato gassoso a quello solido.

Bisogna anche cercar di chiarire, per quanto riguarda la velocità di rivoluzione dei pianeti alle varie distanze dal Sole, la « discordanza » che sembrerebbe esistere tra la terza legge di Keplero ed il numero di giri relativo alla conservazione del momento angolare nel vortice.

Per quanto abbiamo detto nel capitolo terzo a proposito della conservazione del momento angolare, quando all'inizio si è formato il vortice che doveva dare origine al Sistema solare, la corrente fluida seguendo la traiettoria a spirale, aumentava la velocità in modo che il numero di giri risultasse inversamente proporzionale al quadrato del raggio.

Quindi in base a ciò si potrebbe pensare che il numero di giri n nell'unità di tempo, di ogni pianeta intorno al Sole, dovrebbe essere inversamente proporzionale al quadrato del raggio R , cioè $n = \text{cost}/R^2$, oppure (dato che il periodo di rivoluzione è $T = 1/n$) $T = \text{cost} \times R^2$.

Invece sappiamo che secondo la terza legge di Keplero è $T^2 = \text{cost} \times R^3$ ed ovviamente è giusto che sia così. Difatti la terza legge di Keplero non è una legge « casuale », ma essa è rigorosamente stabilita dalla gravitazione, cioè in sostanza dalla attrazione del Sole su ogni pianeta.

Quando all'inizio il vortice era fluido e non si erano ancora formati i pianeti ed il Sole, per ogni particella si verificava $T = \text{cost} \times R^2$; ma poi tra i corpi nati dai vari vortici, la gravitazione ha stabilito rigorosamente ed inevitabilmente le varie orbite.

Così la Terra, come ogni altro pianeta, « cadendo » verso il Sole, ha incominciato a ruotare secondo la legge $T^2 = \text{cost} \times R^3$ Keplero trovò questa legge empiricamente, quando ancora non si conosceva la gravitazione, analizzando pazientemente i periodi e le distanze dal Sole, dei pianeti allora noti. Ma in realtà essa deriva dalla legge fondamentale della dinamica: $F = m a$.

Difatti consideriamo un pianeta qualsiasi di massa m che ruoti intorno al Sole con raggio R . Nella formula ora scritta, F non è altro che la forza gravitazionale $= G M_s m/R^2$, con $M_s =$ massa del Sole e $G =$ cost gravit.; ed a è l'accelerazione centripeta $= V^2/R$.

Sostituendo questi valori si ha: $G M_s m/R^2 = V^2/R - m$; $G M_s/R = V^2$; e poiché $V^2 = 4 \pi^2 n^2 R^2$, si ha $G M_s/R = 4 \pi^2 n^2 R^2$; $T^2/R^3 = 4 \pi^2/G M_s$; infine $T^2 = \text{cost} \times R^3$ (essendo $4 \pi^2/G M_s$ invariabile = costante).

Poiché in quest'ultima uguaglianza non compare la massa del pianeta, essa vale per ogni corpo che ruoti intorno al Sole, oppure intorno ad un altro corpo qualsiasi purché si sostituisca la massa di questo ad M_s (per es., la massa della Terra nel caso della Luna).

Solo così si può spiegare semplicemente il moto dei pianeti coi rispettivi satelliti intorno al Sole, e contemporaneamente, il moto dei satelliti intorno al proprio pianeta.

Riguardo al momento angolare che è concentrato per il 98 % sui pianeti, ciò è dovuto al fatto che il centro di un vortice è relativamente in quiete. Difatti il vortice lo troviamo anche nell'uragano, il quale è descritto come appresso nell'Enciclopedia della Scienza e della Tecnica Mondadori: — Alla superficie della Terra l'uragano appare come un vortice quasi circolare ma talvolta asimmetrico, con venti che vanno verso il centro di bassa pressione con traiettorie spiraliiforme. Tanto l'intensità del vento quanto il gradiente di pressione aumentano rapidamente verso il centro. Il raggio dell'area interessata dalla circolazione ciclonica è generalmente minore di 500 Km; i venti di uragano di una burrasca agiscono di norma entro un raggio che va dai 50 ai 150 Km, ma in alcuni tifoni del Pacifico si è riscontrata circolazione entro un raggio di 1000 Km.

Entro un raggio di 25 Km. dall'occhio di una burrasca tropicale i venti sono deboli e talvolta quasi calmi —.

Anche le galassie hanno la struttura del vortice, come abbiamo visto. Difatti le galassie si sono formate con lo stesso meccanismo dei sistemi planetari, subito dopo lo scoppio, quando la materia era ancora gassosa, ed in rapida espansione.

Ciò vale per le galassie spirali che sono la maggior parte, e che si possono confrontare coi sistemi planetari, identificando il nucleo centrale con la stella, ed il resto e le braccia vorticosose con i pianeti.

Le galassie ellittiche deriverebbero dal tipo di vortice circolare. Le irregolari invece sarebbero delle galassie ... mal riuscite.

Se le galassie si sono formate subito dopo lo scoppio, quando si sono formati i sistemi planetari?

Di sistemi planetari si conosce solo il nostro e sappiamo che in esso si trovano già gli elementi chimici.

Quindi se tutti i sistemi planetari dell'Universo hanno la stessa composizione, essi debbono necessariamente essersi formati dopo la formazione degli elementi.

Si sa che anche attualmente si formano le stelle. Se ogni volta che si forma una stella si formano anche i pianeti, i sistemi planetari si formano anche adesso. Dico anche adesso perché subito dopo l'inizio dell'espansione, come si sono formate le galassie, si saranno formati certamente anche dei sistemi planetari.

Quindi se gli elementi non si sono formati all'inizio dell'espansione, quando vi era la temperatura adatta, ma si formano soltanto in certe stelle che poi esplodendo li diffondono nello spazio, i sistemi planetari che si sono formati inizialmente, di che cosa sarebbero composti? Di idrogeno?

Forse non sono dei sistemi planetari veri e propri, dato che la materia di cui sarebbero composti essendo leggera, non poteva condensarsi in pianeti con gli elementi più pesanti sedimentati al centro.

Riguardo alle galassie, ricordando i vari tipi di vortice, si potrebbe prevedere che debbano esistere galassie con le braccia che si avvolgono intorno al nucleo centrale, ed anche colle braccia che si svolgono.

6) Infine anche se non si conosce il meccanismo per cui dalla contrazione l'Universo passerebbe alla espansione¹, è evidente che questa debba avere un andamento dall'interno verso l'esterno, come in uno scoppio; cioè sarebbe stata la materia interna a premere su quella esterna, rendendo così possibili i vortici iniziali.

Nota¹: *Sembrerebbe improbabile che tutti i corpi dell'Universo riuscissero ad espandersi e poi a contrarsi, con tanta esattezza, ...senza che il tutto si metta a ruotare. Basterebbe che l'Universo nella fase di contrazione si mettesse a ruotare, perché ad un certo punto della contrazione, si verificasse l'espansione. Difatti diminuendo il raggio la forza centrifuga aumenta più in fretta (e proporzionale inversamente al cubo del raggio) della forza di attrazione gravitazionale (è proporzionale inversamente al quadrato del raggio). Quindi ad un certo punto della contrazione la forza centrifuga risulterebbe maggiore di quella gravitazionale, e si avrebbe l'espansione. (Forza centrifuga: $F_c = m r \omega^2$; $Ma = m r v = m r^2 \omega$, da cui $\omega = Ma/m r^2$ ed $\omega^2 = Ma^2/m^2 r^4$; sostituendo si ha $F_c = m r Ma^2/m^2 r^4 = Ma^2/m r^3$.*

Quindi, Forza gravitazionale: $F_g = G m' m''/r^2$ ed $F_c = Ma^2/m r^3$.

7) Nel concludere è bene riepilogare alcuni concetti basilari. Innanzitutto c'è da osservare che i misteriosi velivoli, come sono stati descritti concordemente da tutti quelli che li hanno visti, hanno la forma essenziale di un disco. Ripetiamo che il disco è un pessimo profilo aerodinamico, e qualunque sia la natura della forza propulsiva ad esso applicata, antigravità od altro, e qualunque sia la provenienza, bisogna sempre fare i conti con la resistenza aerodinamica provocata dalla atmosfera terrestre. Ed i piloti come farebbero a sopportare le enormi accelerazioni dovute alle manovre straordinarie, dovute cioè alla forza centripeta delle curve strettissime e ad elevata velocità, se non come abbiamo supposto noi?

Inoltre il Sistema solare è troppo regolare perché si sia potuto formare a caso oppure in un modo complicato; basta pensare che tutti i corpi sono disposti praticamente su di uno stesso piano come una ruota, che tutti ruotano compreso il Sole nello stesso senso, che (come in un vortice) il tempo impiegato da ogni pianeta per fare un giro va aumentando verso l'esterno seguendo fedelmente la terza legge di Keplero, che ogni pianeta con i propri satelliti ha le stesse caratteristiche del Sole con i pianeti, ecc.

Il Sistema solare quindi si è dovuto formare necessariamente seguendo una legge semplice e « ramificabile » come la crescita di un albero, e l'unica possibile è quella del vortice. Difatti si è visto che ogni sforzo per trovare una diversa teoria soddisfacente è stato inutile, e di tempo ne è passato da quando Keplero agli inizi del diciassettesimo secolo scoprì le leggi che governano il Sistema solare.

Il funzionamento dei Dischi Volanti è in stretta relazione con la formazione del vortice, perché sia il velivolo che il fluido seguono una traiettoria di minor resistenza, e quindi risulta chiaro perché le due scoperte siano avvenute contemporaneamente.

Per rendersi conto di come mai il funzionamento dei Dischi Volanti sia stato tanto difficile da svelare, basta pensare che è molto difficile immaginare come far eseguire ad un corpo la traiettoria cicloidea, poiché questo risultato non è per niente intuibile.

Difatti se si domanda a qualcuno che traiettoria descriverà un corpo su' cui agisce soltanto una forza applicata nel baricentro e ruotante uniformemente assieme al corpo, costui non potrà mai intuire il risultato.

XVII. Un episodio illuminante

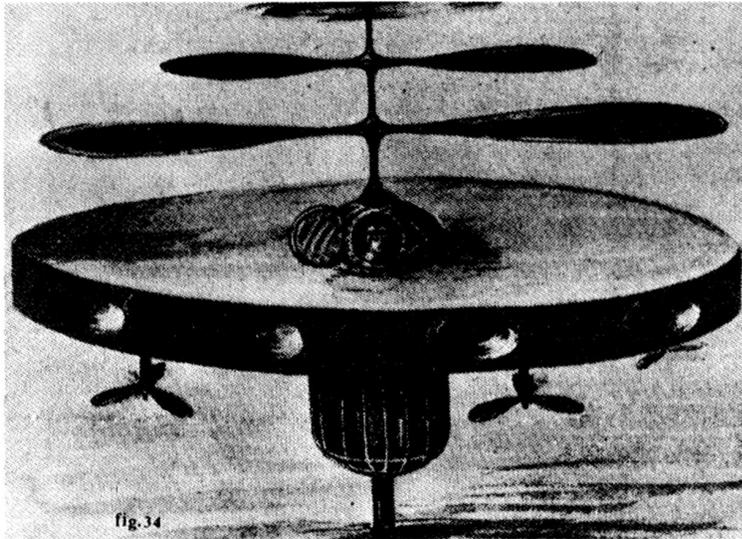
Erano le tre del mattino del 25 luglio 1952 e Carlo N. si recava a pescare nel fiume Serchio presso Lucca.

Quando era ormai vicino, dovette fermarsi di colpo, perché quello che vide lo lasciò molto sorpreso. A pochi metri sul fiume, uno stranissimo velivolo di forma circolare, si sosteneva a mezzo di eliche senza far rumore, e con un lungo tubo pescava l'acqua sottostante. Carlo N. fornì una descrizione molto particolareggiata, e sotto la sua guida fu eseguito un disegno che giudicò rispondente perfettamente al velivolo che aveva osservato, (fig. 34).

Ecco le testuali parole del racconto di Carlo N., come comparvero sul giornale «La Nazione», (n. 22 del 26-9-52).

« ... aveva un diametro che giudicai in circa 25 metri. Un disco proprio tondo, senza ammennicoli. Il suo spessore era di due metri. Dipinto di nero. Tutto all'intorno, sullo spessore c'erano delle aperture ovali come bocche.

Direi che da quelle il disco aspirava l'aria che serviva probabilmente ad azionare il motore. Nel centro c'era una torretta, che sporgeva di tre metri al di sotto del disco e di mezzo metro al di sopra. Era trasparente come il vetro o di materiale plastico. Questa torretta avrà avuto un diametro di cinque metri, era grande, insomma, come una stanza. Si vedevano dentro quattro sottili tubi collegati con un grosso cilindro che stava nel mezzo.



Una fiamma azzurrognola, con bagliori arancioni simili alla fiamma ossidrica, passava da un cilindro ad un'altro, alternativamente alzandosi ed abbassandosi. Il bagliore veniva dalla torretta trasparente e si rifletteva, perciò sulla superficie inferiore del disco rendendola luminosa.

Quel disco volante aveva cinque eliche di sotto: eliche che uscivano per metà dal cerchio nero, disposte torno torno, equidistanti una dall'altra.

Nella parte superiore, invece le eliche erano tre, una grande quanto tutta la circonferenza del disco, le altre due in scala sempre più piccole ... ».

Carlo N. se ne stava ad osservare lo stranissimo apparecchio che fermo nell'aria, sopra l'acqua del fiume, senza fare quasi rumore, compiva l'operazione di approvvigionamento del prezioso liquido. Per la precisione si sentiva un leggero ronzio come di un motore elettrico. Ma l'incanto fu presto rotto! Dalla parte superiore della cabina si aprì un finestrino, una figura umana si affacciò, ed additò chiaramente l'indiscreto testimone ad altri che stavano all'interno.

Carlo N. sentendosi scoperto e rendendosi finalmente conto di trovarsi in una strana situazione, fu preso da un grande spavento e da una forte emozione, e l'unica cosa ragionevole da farsi gli sembrò quella di darsi a precipitosa fuga.

Ormai essendo sceso giù dalla piccola altura, non poteva immaginare quel che il Disco stesse facendo, e rimase piuttosto esterrefatto quando lo vide comparire in alto nel cielo ed inviare verso di lui un misterioso raggio verde.

Carlo N. fu subito colpito da una discreta scarica elettrica che lo costrinse a buttarsi a terra, e da dove, volgendo lo sguardo al cielo, vide il Disco scomparire in un baleno, a velocità incredibile, verso Viareggio.

Questa storia non finisce qui, ma prosegue congiunta con un'altra sconcertante avventura del signor Carlo N., ma non la raccontiamo perché non ha riferimento col funzionamento dei Dischi Volanti.

Da questo episodio dobbiamo trarre due importanti considerazioni:

1) Bisogna concludere che Carlo N. dice la verità perché se la sua storia fosse inventata, egli avrebbe avuto cura di renderla più credibile.

Difatti il Disco Volante così come è stato descritto non può assolutamente funzionare, perché la unica forza propulsiva di cui sarebbe dotato, dovuta alle eliche orizzontali, servirebbe soltanto a farlo decollare od atterrare verticalmente, ed a farlo stazionare nell'aria (caratteristiche appunto attribuite ai D. V.).

Ma come avrà fatto il D. V. a « sparire a velocità spaventosa verso Viareggio? » (E' bene ricordare che un buon elicottero non supera i 250 Km/ora).

Noi ora ci rendiamo ben conto che le aperture ovali sullo spessore alto due metri, non possono essere altro che degli ugelli di motori a reazione che servono a far ruotare il disco ed a fargli descrivere la famosa traiettoria cicloidea; ma Carlo N. non poteva capirlo, e la sua buona fede traspare appunto quando egli afferma che esse potessero servire per aspirare l'aria necessaria ai motori!

2) E' molto improbabile che il D. V. sia frutto di una tecnologia terrestre, perché sarebbe un po' difficile credere che un velivolo così segreto se ne andasse a prelevare acqua nel fiume Serchio ...

Ed inoltre bisognerebbe anche ammettere che la nazione che avesse un simile apparecchio, dovrebbe anche possedere motori silenziosissimi ed il ben noto raggio verde, cioè quella specie di fulmine che una volta poteva essere scagliato soltanto da Giove.

XVIII. Da dove vengono?

Innanzitutto bisogna chiarire che i Dischi Volanti, se eseguono la traiettoria cicloidea, non sono evidentemente adatti alle altissime velocità che si possono raggiungere nello spazio vuoto. Difatti qui la traiettoria cicloidea non serve a nulla, anzi sarebbe controproducente.

Essi vanno benissimo per muoversi in un'atmosfera dove possono sviluppare velocità maggiori di qualsiasi altro velivolo, per il fatto che non comprimono il fluido.

Ma anche la loro velocità è limitata: dalla resistenza del materiale di cui è costruito il disco esterno (in effetti non è un disco ma una figura toroidale). Difatti questo ruotando velocemente sviluppa una forza centrifuga che tende a romperlo, a disgregarlo.

Ciò indirettamente è confermato dai rottami di qualche Disco accidentalmente disintegratosi. Difatti essi risultano composti da magnesio purissimo, di una purezza estrema irraggiungibile attualmente sulla Terra, e di cui non si conoscono quindi le proprietà meccaniche (è noto che la resistenza di un metallo dipende moltissimo dalle tracce anche minime d'impurità in esso presenti). Però si sa benissimo che il magnesio è molto leggero e la forza centrifuga, a parità di altre condizioni, diminuisce appunto col diminuire del peso. Quindi il Disco Volante dev'essere leggero soprattutto per diminuire la forza centrifuga del disco esterno.

Tuttavia un Disco Volante una volta uscito dall'atmosfera del pianeta, nello spazio vuoto, può benissimo muoversi normalmente senza ruotare e senza seguire la traiettoria cicloidea.

Pertanto un Disco Volante in una ipotetica spedizione Terra-Venere, percorrerebbe la traiettoria cicloidea soltanto nell'atmosfera, alla partenza ed all'arrivo, ma per quasi la totalità del viaggio si muoverebbe normalmente come un missile.

Bisogna però notare che il Disco Volante ha una cabina molto limitata in confronto alle dimensioni totali. Ciò perché il disco esterno ruotante deve essere

sufficientemente grande, se no non può sospingere con la dovuta stabilità, la cabina lungo la traiettoria cicloidea.

Difatti il Disco Volante non può avere evidentemente alcun organo stabilizzatore del tipo di quello dell'aeroplano, e le forze che agiscono su di esso, motrici, sostenatrici, aerodinamiche, debbono senz'altro essere stabilizzate, altrimenti il volo risulta impossibile.

L'organo stabilizzatore dell'aeroplano è la coda, che con le sue alette orizzontali e verticale, lo mantiene diritto lungo la traiettoria, impedendone cioè ogni rotazione longitudinale o trasversale.

Il Disco Volante ha come organo stabilizzatore il disco esterno ruotante che, comportandosi come un giroscopio, ne assicura la stabilità con la sua inerzia giroscopica.

Difatti è noto che un corpo ruotante velocemente in un piano, oppone una resistenza ad essere spostato in un altro piano (non parallelo al primo), molto maggiore che se non ruotasse.

Il disco esterno, a causa della sua funzione di stabilizzatore, deve avere una certa dimensione, in modo da presentare una sufficiente inerzia giroscopica (anche la coda dev'essere tanto più grande quanto più grande è l'aeroplano).

E' vero che si potrebbe tenere piccolo il suo diametro ed aumentare il suo peso, fino ad ottenere la stessa inerzia giroscopica; ma ciò non conviene perché oltretutto anche la forza centrifuga sarebbe maggiore.

Difatti poiché la forza centrifuga è proporzionale al raggio ed alla massa, mentre l'inerzia giroscopica è proporzionale al quadrato del raggio ed alla massa, conviene meglio aumentare il raggio che la massa, del disco esterno, così, per ottenere la stessa inerzia giroscopica, si ha minore peso, minore forza centrifuga, e si possono raggiungere velocità maggiori. Quindi il disco esterno ruotante, essendo assoggettato alla forza centrifuga, si deve tenere il più possibile leggero, e non può essere utilizzato agli effetti del carico utile.

C'è anche da notare, per quanto può importare l'ingombro, che se i diametri della cabina e del disco esterno ingrandissero proporzionalmente, l'area del disco esterno, come è facile vedere, crescerebbe più in fretta di quella della cabina.

Riepilogando si debbono tenere presenti due concetti:

- 1) Convieni fare il disco esterno di grande diametro piuttosto che pesante perché così, a parità di inerzia giroscopica, si ha un minore peso ed una minore forza centrifuga. Se per es., il diametro del disco esterno viene ridotto ad $1/3$, per avere la stessa inerzia giroscopica, la massa dev'essere moltiplicata per 3^2 , cioè per nove, e la forza centrifuga conseguentemente diventa tre volte maggiore.
- 2) Il peso e le dimensioni del disco esterno aumentano con quelle della cabina, perché si richiede una maggiore inerzia giroscopica.

Tutto questo porta alla conclusione che solo fino ad una certa grandezza un'astronave conviene sia fatta secondo il criterio di funzionamento dei Dischi Volanti. Al di là di questa grandezza è preferibile l'astronave convenzionale, perché altrimenti il peso passivo e le dimensioni diventano eccessivi.

Quindi per un viaggio nel Sistema solare può ancora convenire il Disco Volante, ma per un viaggio interstellare, dove le dimensioni dell'astronave debbono essere molto più grandi, e dove il percorso in atmosfera è quasi nullo in confronto a quello nel vuoto, conviene senz'altro l'astronave convenzionale.

Dunque i Dischi Volanti provengono da un pianeta del Sistema solare?

Intanto qualunque sia il Sistema stellare di provenienza, il pianeta dovrebbe avere un'atmosfera, perché è dubbio che i Dischi Volanti siano stati ideati su di un pianeta privo di atmosfera.

Poi c'è da dire che sono state viste enormi astronavi a forma di sigaro ed esistono anche fotografie di astronavi da cui escono dei Dischi Volanti. Da ciò risulta che è più probabile che provengano dalle stelle, da qualche pianeta più adatto alla vita.

Difatti non possono provenire da Marte perché ha un'atmosfera molto rarefatta.

Potrebbero provenire da Venere dove l'atmosfera è densa (anche troppo), o da qualche altro pianeta (ancora di più inadatto alla vita) ma in ogni caso l'astronave madre non dovrebbe esistere, o almeno non dovrebbe avere dimensioni così enormi: se ne sono viste lunghe un chilometro!

D'altronde poiché i Dischi Volanti hanno dimensioni notevoli, di decine di metri,

l'astronave per poterli ospitare dev'essere molto grande

E quindi ci fa pensare di più al viaggio interstellare, che per le enormi distanze non è da paragonare a quello nell'ambito del Sistema solare: è una cosa molto al di fuori dell'ordinario.

Possibile che siano stati sognati sia i Dischi Volanti che le enormi astronavi a forma di sigaro?

Se essi avessero avuto dimensioni e caratteristiche normali, forse si sarebbe potuto pensare ad allucinazioni o ad esibizionismo, ma così come stanno le cose, bisogna riconoscere che la loro esistenza dev'essere reale.

C'è anche da notare che le astronavi sono state avvistate in numero esiguo ed inoltre non si ha notizia di un loro atterraggio.

Ciò è molto logico se si pensa che non c'è motivo a che un'astronave si posi sul pianeta. Difatti ormai non c'è più dubbio che i velivoli destinati alla ricognizione sul pianeta, sono i Dischi Volanti, i quali sono molto più leggeri ed appropriati. L'astronave conviene sia messa in orbita intorno al pianeta.

Il viaggio interstellare è piuttosto incredibile allo stato attuale della scienza terrestre. Ciò che è sconcertante è la durata del viaggio, per le grandissime distanze tra le stelle e l'enorme quantità di combustibile necessario.

Per coprire la distanza di 5 anni luce che ci separa dalla stella più vicina, viaggiando alla velocità di 100.000 Km/ora, ci vorrebbero migliaia di anni. Ma perché non aumentare ancora la velocità?

Viaggiare alla velocità di 100.000 Km/ora, oppure a quella di 500.000.000 Km/ora, è la stessa cosa, i viaggiatori non notano alcuna differenza. E' l'accelerazione che si sopporta poco, ma la velocità costante è come l'assenza di velocità.

Bisogna però dire che secondo la teoria della relatività, la velocità $c = 300.000$ Km/sec (circa un miliardo di Km/ora), che è quella della luce, non può essere superata.

Difatti la massa m di un corpo fermo aumenta in m' con l'aumentare della velocità v , secondo la seguente formula:

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

Per $v = c$, il denominatore diventa zero e quindi si ha $m^I = \infty$!

Quindi risulta impossibile accelerare un corpo di massa infinita. Ma c'è però un altro fenomeno, questa volta favorevole ai viaggi interstellari, previsto dalla relatività, ed è la « dilatazione del tempo », con la velocità.

Se un'astronave lascia la terra per un viaggio interstellare a velocità prossima a quella della luce, al suo ritorno il tempo trascorso sulla Terra è molto maggiore di quello contato dai viaggiatori, e la distanza raggiunta è in relazione al primo.

Il tempo t^I trascorso sulla Terra si ottiene dal tempo t del-

l'astronave secondo la formula: $t^I = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

La seguente tabella dà i valori di t^I per un viaggio della durata di 50 anni (andata e ritorno) a diversi valori di velocità v :

$1 - \frac{v^2}{c^2}$	t anni	t^I anni	Distanza anni luce $d = v \times t^I$
0,552	50	90	38
0,257	50	194	94
0,084	50	595	297
0,0026	50	19230	9615
0,000084	50	595238	297619

Si nota che man mano che v si approssima a c , il tempo scorre sempre più lentamente rispetto a quello sulla terra.

Viaggiando per 50 anni alla velocità di 299.999 Km/sec, al ritorno sulla Terra si troverebbe tutto invecchiato di 19.230 anni. Però non bisogna credere che i viaggiatori siano « vissuti » 19.230 anni, essi sull'astronave hanno fatto una vita normale, invecchiando normalmente di 50 anni.

Ciò perché sull'astronave non solo gli orologi hanno un ritmo molto, più lento, ma ogni cosa compreso i processi fisiologici.

Per trovare un pianeta abitato da esseri intelligenti certamente non sarebbe necessario viaggiare per 50 anni, dato che i pianeti si formano normalmente intorno alle stelle. Con una velocità a metà percorso pari al 99 % di quella della luce, si potrebbero raggiungere distanze di 12 anni luce in circa due anni di tempo nave t .

Immaginiamo di fare un viaggio verso una stella per poi ritornare sulla Terra.

Se all'astronave viene impressa un'accelerazione di un g , essa raggiungerebbe la velocità della luce in un tempo $t = c/g = 300.000.000/9,81 = 354$ giorni. Cioè la velocità della luce non la raggiungerebbe mai, per quanto abbiamo detto prima riguardo alla massa, ma si potrà approssimare ad essa sempre più, all'infinito.

Quindi l'accelerazione di un g converrebbe mantenerla per tutta la durata del viaggio perché così ci si avvicinerebbe di più alla velocità della luce.

Inoltre l'accelerazione serve anche a creare un campo gravitazionale artificiale, simile a quello che abbiamo sulla Terra.

E' evidente inoltre che se l'accelerazione impressa all'astronave è maggiore di un g , a parità di durata di un viaggio, ci si approssima di più alla velocità della luce.

Naturalmente non si può arrivare sulla stella con la velocità della luce!

Quindi a circa metà percorso bisogna invertire il senso della accelerazione in modo che si giunga sulla stella con velocità zero, cioè con la stessa velocità di partenza dalla Terra.

Per il viaggio di ritorno si procederebbe analogamente.

Fin qui le possibilità del viaggio interstellare sembrano buone, ma si rimane molto perplessi quando si calcola l'energia necessaria.

Però anche se attualmente non siamo capaci di effettuare un viaggio interstellare, non è detto che non sia possibile. Può darsi benissimo, e quanto abbiamo analizzato in queste pagine ce lo dimostrerebbe, che altri Esseri più progrediti di

noi siano in grado di effettuare viaggi interstellari. Si può assorbire energia dallo spazio?

Non dimentichiamo che l'uomo progredisce gradualmente e che, semmai si arriverà, non è ancora giunto alla conoscenza completa di tutti i fenomeni naturali.

Ancora qualche milione di anni fa l'uomo andava a bere negli stagni delle savane assieme agli altri animali.

Il cervello dell'uomo, come mostrano i resti fossili, si è andato ingrossando sempre più, e continuerà a farlo ancora.

Difatti il cranio di Piltdown, con cui si voleva far credere che l'uomo avesse sempre avuto il cervello sviluppatissimo, è risultato un clamoroso falso. Esso apparteneva ad un uomo moderno, ed era stato invecchiato artificialmente forse con l'intento di far crollare (almeno temporaneamente), la teoria evoluzionistica.

Non si è mai saputo l'autore dello « scherzo »!

Che sia stato un burlone di Extraterrestre?

XIX. Cenni sugli UFO

I Dischi Volanti sono stati visti durante la seconda guerra mondiale dai piloti degli aerei, ed ovviamente ognuno sospettava che fossero armi segrete del nemico.

Poi nel 1947 Kennet Arnold, pilota dell'aviazione civile americana, avvistò una formazione di Dischi Volanti nel cielo di Washington.

Da allora le descrizioni, le fotografie, le impronte lasciate sul terreno, il materiale caduto dal cielo, i « contatti » (non sempre cordiali), ecc., relativi a questi Oggetti Volanti non Identificati (U.F.O. in inglese), non si contano, sono migliaia.

Certamente non tutte le notizie sono pertinenti, e ci sono anche molti falsi, ma poiché diversi relatori sono persone altamente qualificate al di sopra di ogni sospetto e dato che praticamente queste vicende si sono svolte su tutta la superficie terrestre, bisogna concludere che gli UFO sono reali e non immaginari.

Ecco alcune dichiarazioni di importanti personaggi:
(Bruno Ghibaudi, su di una rivista.)

Albert Einstein: i dischi volanti sono astronavi che hanno lasciato la Terra ventimila anni fa, ed adesso ritornano.

Mc Laughlin esperto di missili: ho visto più volte i Dischi inseguire i missili e sorpassarli in volo al poligono di White Sand, nel nuovo messico.

Carl Gustav Jung: è mia opinione che i Dischi Volanti siano vere apparizioni materiali, entità di natura sconosciuta che arrivano probabilmente dagli spazi e che erano già visibili, forse da lungo tempo, agli abitanti della Terra, ma che per il resto non hanno rapporti di nessun tipo con la Terra e con i suoi abitanti.

Harri Truman ex presidente degli Stati Uniti: posso dichiarare che i Dischi Volanti, posto che esistano, non sono costruiti da nessuna nazione della Terra.

Louis Breguet costruttore aeronautico francese: i Dischi usano sorgenti di

energia e sistemi di propulsione completamente diversi dai nostri. Perciò non esiste altra spiegazione possibile: i Dischi provengono da altri pianeti.

Delmer Farney ammiraglio: rapporti attendibili ci informano che oggetti volanti sconosciuti arrivano nella nostra atmosfera ad altissima velocità e sotto il controllo di intelligenze coscienti.

Lord Dowding maresciallo dell'aria: l'esistenza di questi apparecchi è ormai evidente ed io l'accetto assolutamente. Più di diecimila testimonianze sono state registrate e la maggior parte di esse non può essere spiegata in maniera scientifica.

Gli avvistamenti di oggetti volanti non è una novità della nostra epoca, ma si perdono nella notte dei tempi.

Tutti i libri antichi ne parlano ed in essi, le macchine volanti vengono interpretate secondo la mentalità dell'uomo di allora, e gli astronauti sono considerati Dei.

I nostri progenitori conoscevano solo degli animali che volano per mezzo di ali, ed il carro tirato da cavalli. Quindi evidentemente non potevano descrivere un'astronave che in funzione della loro cultura: basti considerare che i Babilonesi credevano che le stelle fossero delle pecore portate al pascolo ogni notte da un loro Dio! Così ci hanno tramandato dischi alati, dai molti occhi (oblò), serpenti piumati, carri di fuoco, scudi ardenti, ecc. (vedi figure in fondo al testo).

Non dimentichiamo che, ai nostri tempi, l'aereo è stato realizzato contro il parere di molti scienziati, i quali sostenevano che un corpo più pesante dell'aria non poteva volare!

Qualcuno potrebbe osservare: — Come è possibile che questi velivoli, i Dischi Volanti, durante millenni non abbiano avuto nessun progresso, nessuna evoluzione, se si sono sempre visti così? La risposta è molto semplice ed evidente: — La traiettoria di minor resistenza aerodinamica è una sola, quella cicloidea; quindi il velivolo per poterla eseguire, deve necessariamente avere una forma discoidale. Semmai sarà potuto progredire il sistema di propulsione (sembrerebbe che riescano ad assorbire energia dallo spazio).

Un'altra osservazione, direi interessante è la seguente: — Perché gli

extraterrestri non c'invidano delle comunicazioni radio che certamente sarebbero più veloci e più comodi dei viaggi spaziali?

Perché può darsi che non lo ritengano opportuno, oppure perché può darsi che esistano delle comunicazioni più veloci delle onde elettromagnetiche; per es. che ne sappiamo noi ancora della telepatia, cioè della trasmissione del pensiero?

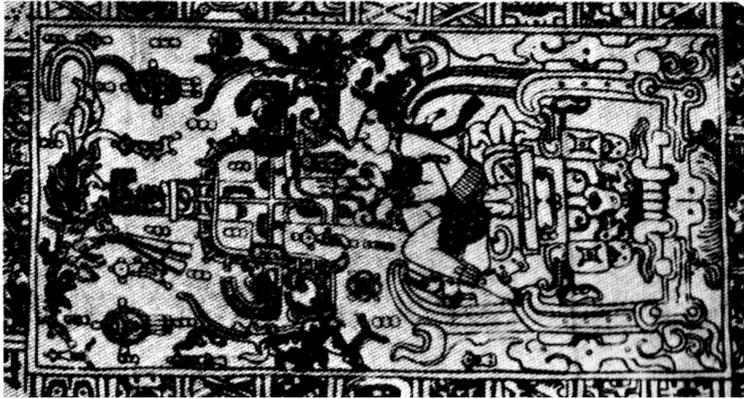
☆ ☆ ☆

NON BISOGNA AVERE PAURA DELL'IGNOTO, MA CREDERE
SERENAMENTE IN UN SOLO DIO: DIO E' IN NOI E LO SCOPRIREMO.

☆ ☆ ☆

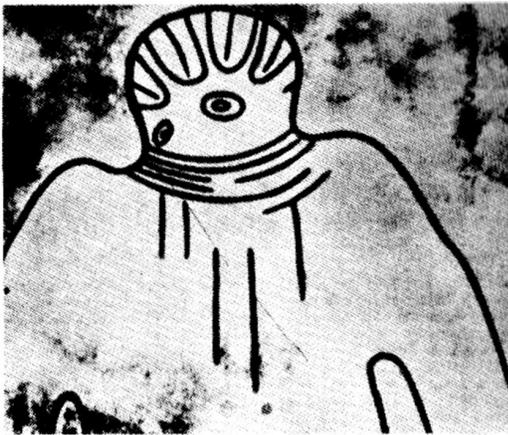
MATERIA, ENERGIA E SPAZIO TEMPO

Illustrazioni



Se su questa lastra di pietra della piramide di Palenque in Messico, non si raffigura un pilota al posto di guida di un razzo, che cosa altro avrebbe voluto rappresentare l'artista?

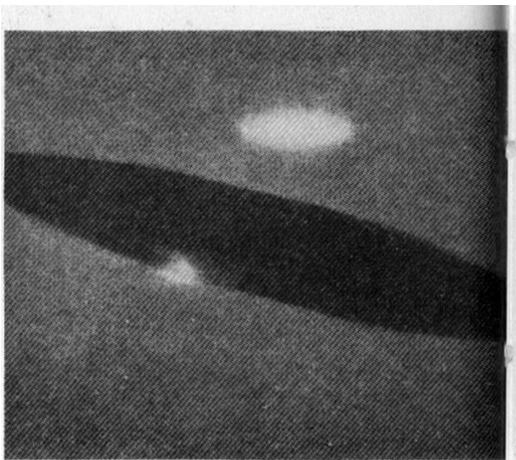
E' impossibile immaginare altro considerando tutti i particolari della figura.



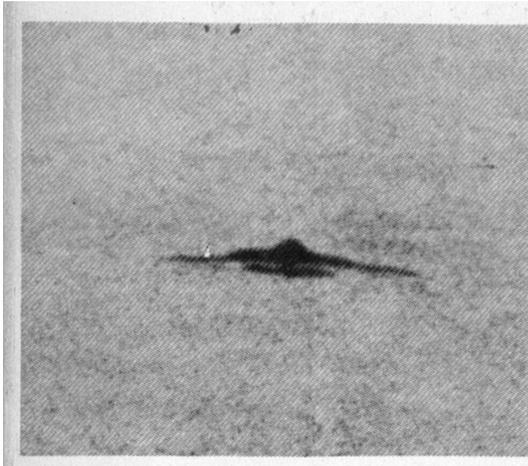
Raffigurazione scoperta dall'esploratore francese Lothe nel Sahara, e denominata «Marziano» per la forte rassomiglianza ad un astronauta con una tuta spaziale.



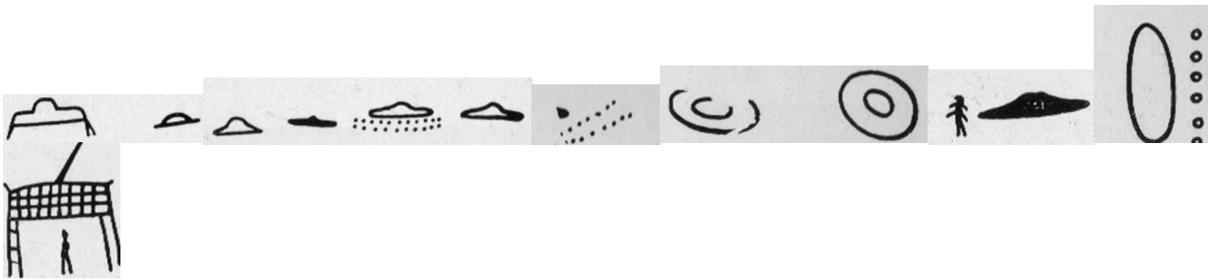
Foto di un Disco volante scattata nel 1958 Foto di un Disco volante nei paesi comunisti, presso l'isola di Trinidad do Sul in Brasile, dai componenti una spedizione scientifica per l'anno geofisico internazionale.



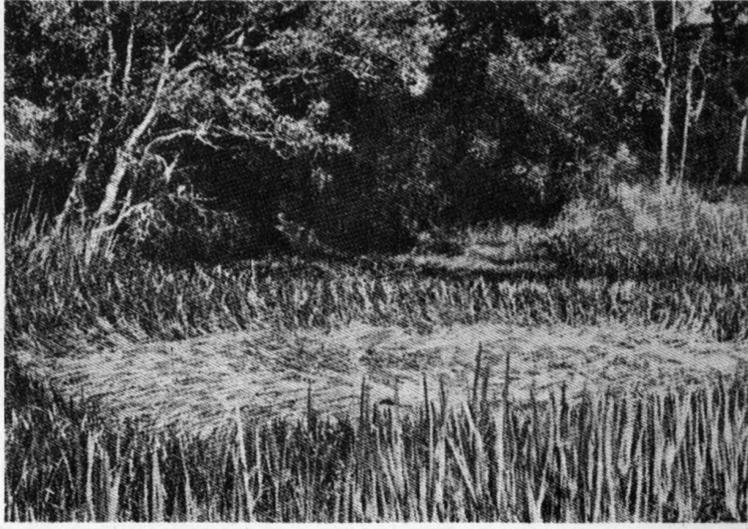
Fotografia di Astronave-madre con Dischi volanti.



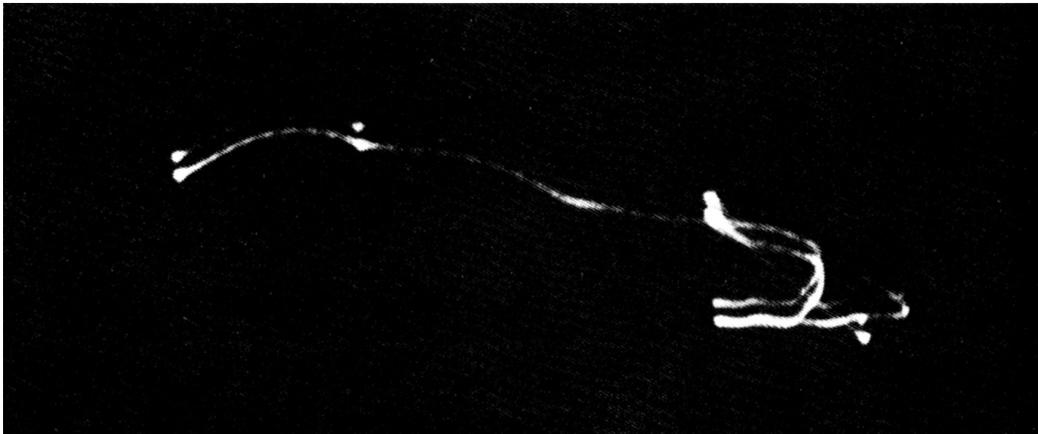
Disco volante fotografato in Argentina nel 1954.



Questi disegni risalgono a migliaia di anni fa, e sono stati notati dall'ing. Michel, in Francia e Spagna.



Impronta circolare lasciata da un Disco volante nel 1966 in Australia, mentre atterrava ruotando velocemente su sé stesso.



Questa foto è stata fatta di notte a Pescara, e rappresenta le traiettorie descritte da due Dischi volanti.

Quale altro oggetto volante avrebbe potuto compiere simili evoluzioni? Si notino i bruschi cambiamenti di direzione.

Bibliografia

La pluralità des motides habites; Flammarion Camille; Paris. De rerum natura; Lucrezio; Mondadori.

De l'infinito universo et mondi; Giordano Bruno.

Bruno e Galilei; E. Garin, P. Rossi; CEI.

La nascita dell'uomo; J. E. Pfeiffer; Mondadori.

Evoluzione della fisica; A. Einstein e L. Infeld; Einaudi.

La relatività per tutti; M. Gardner; Sansoni.

La relatività con le quattro operazioni; C. V. Durell; Boringhieri. La relatività ed il senso comune; H. Bondi; Zanichelli.

La relatività è facile; J. A. Coleman; Feltrinelli.

Sguardi sull'universo; IL Bondi; Zanichelli.

Universo in espansione; M. Bonnor; Boringhieri.

Origine et evolution des mondes; E. Schatzman; Paris.

The creation of the universe; G. Gamow; New York.

The unity of the universe; D. Sciama; Garden City.

The planets, their origin and development; New Haven.

Basic physic of the solar system; V. M. Bianco, S. W. McCuskey; Londra.

Profili veloci; A. H. Shapiro; Zanichelli.

Meccanica del volo; Lausetti e Filippi; Levrotto e Bella.

Fisica a cura del PSSC; Zanichelli.

Dizionario rapido di scienze pure ed applicate; R. De Benedetti; UTET.

Enciclopedia della Scienza e della Tecnica; Mondadori.

Le Scienze (Scientific American); Milano.

I dischi volanti; Coral E. Lorenzen; Bompiani.

QUESTO VOLUME E' STATO IMPRESSO CON I TIPI DELLE NUOVE
ARTI GRAFICHE S.p.A. SAVIGLIANO NEL MESE DI FEBBRAIO 1973 PER
CONTO DELLA CASA EDITRICE MEB