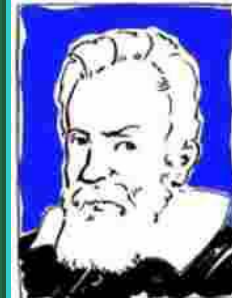




Liceo Scientifico
" P.S. Mancini " AV

Laboratori di
Matematica e Fisica



*Omne quod
movetur ab
alio movetur*
Aristotele

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$$

$$\Phi(\vec{E}) = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \sum_{i=1}^n q_i$$

$$\Phi(\vec{B}) = 0$$

$$C(\vec{E}) = - \frac{\Delta\Phi(\vec{B})}{\Delta t}$$

$$C(\vec{B}) = \mu_0 \left[\sum_{k=1}^n I_k + \epsilon_0 \cdot \frac{\Delta\Phi_s(\vec{E})}{\Delta t} \right]$$

II Mancini Plus e l'Anno Mondiale della FISICA

Comitato scientifico

- Salvatore Amico
- Germano Germani
- Franco Festa
- Antonio Mastantuoni
- Chiara Bruno

$$E = h f$$

$$\begin{cases} x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ y' = y ; z' = z \\ t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{cases}$$

$$E = mc^2$$

$$\lambda = \frac{h}{m v}$$



*a principiar il moto è ben
necessario il movente , a
continuarlo basta il non
aver contrasto*

Galileo Galilei





Liceo Scientifico
P.S. Mancini AV
Laboratori
di Matematica
e Fisica



$$\vec{p} = m \vec{v}$$

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

$$E = h f$$

Mancini Plus

$$\Phi(\vec{E}) = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_i$$

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

e l'Anno Mondiale della Fisica

$$\Phi(\vec{E}) = 0$$

$$C(\vec{E}) = - \frac{\Delta \Phi(\vec{E})}{\Delta t}$$

$$C(\vec{E}) = \epsilon_0 \left[\sum \vec{E} + \epsilon_0 \frac{\Delta \Phi(\vec{E})}{\Delta t} \right]$$

Comitato Scientifico
Salvatore Amico
Germano Guana
Franco Festa
Antonio Mastrantonio
Giovanni Bruno

$$\begin{cases} y' = y; z' = z \\ t' = \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{cases}$$

$$E = mc^2$$

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$



"A principio
il moto è continuo
e uniforme
e rettilineo"
Galileo Galilei



Illustrazione del pittore Manlio Truscia

Presentazione

L' UNESCO ha proclamato il 2005 " Anno mondiale della fisica " . Per l'occasione si celebrano il cinquantesimo anniversario della morte di Albert Einstein (1879-1955 ; Nobel per la Fisica nel 1921) e il primo centenario della teoria della Relatività ristretta , dell'ipotesi del quanto di luce e del moto browniano .

Anche il Liceo Scientifico "P.S.Mancini " di Avellino , fruendo dei suoi laboratori di Matematica e di Fisica , diretti rispettivamente dai docenti Salvatore Amico e Germano Germani , ha inteso onorare questa importante ricorrenza .

Ci si è avvalsi principalmente dell'opera feconda degli alunni ai quali è stato demandato il compito di effettuare ricerche atte a ricostruire un percorso storico dell'evoluzione della fisica da Aristotele ad Einstein , da Newton a Fermi .

Il personaggio che ha destato maggiore curiosità è stato Einstein , l'uomo che con la pubblicazione di 4 articoli negli Annalen der Physik ha cambiato completamente la concezione del mondo della fisica .

Nel 1687 Newton aveva pubblicato i " Principi matematici della filosofia naturale " , opera monumentale contenente le tre leggi della dinamica e la legge di gravitazione universale con la quale aveva determinato un cambiamento epocale nel mondo della fisica .

Una nuova e , forse , più sconvolgente rivoluzione della concezione del mondo si ebbe nel 1905 quando Einstein pubblicò i quattro famosi articoli .

Nel primo articolo egli chiarisce in maniera completa e definitiva l'effetto fotoelettrico e per questo ottiene il Premio Nobel per la fisica .

Il secondo articolo tratta del moto browniano ; il terzo articolo espone i

fondamenti della teoria della relatività ristretta e può essere considerato il punto di partenza di una nuova rivoluzione copernicana in fisica .

Tale teoria si basa su due postulati :

1) le leggi della meccanica e dell'elettromagnetismo sono le stesse per osservatori inerziali 2) la velocità della luce non dipende dal moto della sorgente che la emette .

Einstein ridefinisce il concetto di simultaneità rinunciando all'idea del tempo assoluto e dello spazio assoluto ; ne scaturiscono la contrazione delle lunghezze e la dilatazione dei tempi .

Nel quarto articolo egli introduce la formula $E = mc^2$ che consente di affermare che, se scompare una piccola quantità di materia , al suo posto troviamo una quantità enorme di energia .

Successivamente Einstein si interroga su cosa succede quando i sistemi di riferimento sono accelerati ed anche in questo caso le conclusioni alle quali perviene sono sconvolgenti per le conoscenze dell'epoca . Einstein introduce il " principio di equivalenza " , primo passo per la formulazione della relatività generale , la quale prevede i seguenti risultati :

1) gli orologi funzionano a velocità diverse a seconda dell'intensità del campo gravitazionale nel quale si trovano 2) i raggi luminosi che passano vicino ad un corpo di massa consistente debbono essere deviati in prossimità di esso

3) le linee spettrali prodotte in una regione ad alto potenziale debbono subire uno spostamento verso il rosso (fenomeno denominato red-shift)

4) il moto dei pianeti deve essere lievemente rallentato in presenza di forti campi gravitazionali .

Le verifiche sperimentali hanno confermato quanto previsto da Einstein.

Gli alunni , autori di otto articoli, hanno lavorato in team e si sono cimentati nello studio di tematiche di notevole complessità , pervenendo a risultati sorprendenti ed encomiabili .

E' questa la scuola nuova , la scuola del futuro dove i giovani allievi sono i protagonisti del loro sviluppo culturale .

Le ricerche degli alunni e dei docenti del Mancini sono indirizzate principalmente alla figura di Einstein , considerato dal mondo scientifico il massimo fisico del XX secolo .

Particolarmente interessanti sono la ricerca sulla evoluzione del concetto di forza e l'analisi sul mistero della gravitazione universale . Merita una particolare menzione la ricerca sulla seconda disputa avvenuta tra due grandissimi della scienza : Newton e Leibniz .

I laboratori di matematica e fisica che operano nel Liceo Scientifico "P.S. Mancini " sono i titolari di un sito web www.evaristogalois.it grazie al quale docenti ed allievi possono usufruire di pagine web , informazioni scientifiche di varia natura e di altro materiale di interesse generale .

Il sito www.evaristogalois.it contiene :

1) percorsi didattici di matematica e fisica 2) biografie di scienziati famosi 3) un corso on line di Meccanica 4) lezioni svolte di matematica e di fisica 5) attività svolte durante l'anno mondiale della matematica 6) articoli svolti da docenti ed alunni in occasione del centenario dalla nascita di Enrico Fermi 7) gli articoli pubblicati nei vari numeri della rivista il " Mancini Plus e l'informazione scientifica ".

Un vivo ringraziamento va al pittore Manlio Truscia che , con i suoi originali bozzetti, ha dato un tocco di originalità agli articoli presenti nella rivista .

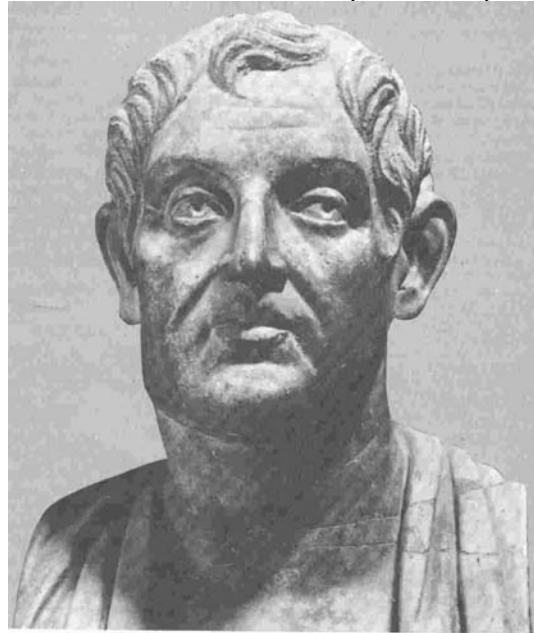
Arte e scienza si sono incontrati sulla via che porta all' Anno Mondiale della Fisica .

Il concetto di forza attraverso i secoli

Ricerca effettuata dagli alunni Colacurcio Vito , Lamberti Alfredo , Nargi Pietro , Porfido Barbara , Russo Antonio della classe IIIB ,
coordinati dal docente Salvatore Amico

Scoprire perché un corpo si muove è un problema affascinante che ha impegnato scienziati e filosofi di tutti i tempi . Di solito pensiamo che un corpo si muove perché su di esso agisce una forza . Ma cosa dobbiamo intendere per forza che agisce su un corpo ? L'esperienza fisica più vicina all'idea intuitiva di forza è quella associata allo sforzo muscolare . Ci possiamo chiedere quale effetto determina una forza che agisce su un corpo . Determina una velocità come sostiene Aristotele o determina una accelerazione come sostengono Galileo e Newton ? L'origine della forza è dovuta alla presenza di altri corpi o proviene da un qualche Motore Immobile di aristotelica memoria ? Possiamo porci la domanda se una forza agisce sempre e solo per contatto , come quando si spinge un corpo , o anche a distanza , come sembra agire la gravità . Le forze gravitazionali come quelle magnetiche che si manifestano fra due calamite sembrano essere forze che agiscono a distanza . Tuttavia sorge spontanea la seguente domanda : un corpo avverte la presenza di un altro corpo senza che nessun agente fisico li colleghi in qualche modo , oppure tale azione si trasmette attraverso un mezzo del quale dobbiamo individuare le proprietà fisiche ? Possiamo rapidamente in rassegna le principali soluzioni che vennero storicamente date a questi problemi . Per i filosofi greci Talete , Anassimandro e Anassimene la natura è dotata di vita , è un organismo vivente e perciò la ragione del moto è in essa . Il moto è un fatto naturale che non ha bisogno di spiegazioni .

Empedocle afferma che esistono quattro elementi : la terra , l'acqua , l'aria ed il fuoco e due forze : l'amicizia che è bile della forza di attrazione e la discordia che è responsabile della forza di repulsione . Per Platone la materia ha un'anima e la forza è intrinseca alla materia . Per spiegare la gravità egli afferma che esiste una tendenza del simile ad unirsi col simile : la terra è attratta dalla terra , l'acqua dall'acqua .



Aristotele , filosofo e scienziato greco . Il suo pensiero dominò incontrastato fino al 600 .

Per Aristotele il principio fondamentale che regola i moti naturali è la tendenza che presentano i quattro elementi costitutivi dei corpi (terra , aria , acqua , fuoco) a ritornare alla propria sfera di appartenenza . Di tutta la fisica aristotelica , la dinamica è quella che ha esercitato sul progresso scientifico l'influsso non solo più nocivo ma anche più dispotico .

Aristotele ammette l'impossibilità dei corpi inanimati di muoversi senza l'intervento esterno e costante di un motore . Ne consegue che un corpo scagliato con violenza persiste nel suo moto forzato solo se l'aria che ha dietro di sé continua a spingerlo nella direzione data .

Per Aristotele il moto è diviso in naturale e violento . Il moto naturale comprende il moto circolare uniforme dei corpi celesti e , sulla Terra , il moto rettilineo verticale governato dalla natura dei quattro elementi fondamentali . Tutti gli altri moti vengono classificati come violenti per i quali è richiesto un agente motore . I corpi inanimati necessitano di una forza applicata per contatto diretto e di una resistenza opposta dal mezzo nel quale si muovono .

La loro velocità risulta direttamente proporzionale alla prima ed inversamente proporzionale alla seconda . Da un punto di vista matematico , secondo le vedute moderne , possiamo scrivere :

$$v \propto \frac{F}{R} = \frac{\text{forza agente}}{\text{forza resistente}}$$

dove v è la velocità con la quale si muove il corpo , F è la forza che agisce sul corpo , R è la resistenza del mezzo nel quale il corpo si muove .

$F = 0 \Rightarrow v = 0$ Un corpo non soggetto a forze sta fermo

$R = 0 \Rightarrow v = \infty$ Questo risultato viene usato come prova dell'impossibilità dell'esistenza del vuoto .

Concludendo , possiamo affermare che per Aristotele la forza su un corpo inanimato può agire in due modi : per trazione o per spinta ; esistono solo forze di contatto ; Aristotele non concepisce l'azione a distanza . Per Aristotele l'effetto di una forza è una velocità e non una accelerazione come afferma la legge fondamentale di Newton . Democrito afferma che il vuoto esiste ed è infinito e Lucrezio aggiunge che in esso tutti i corpi cadono con la stessa velocità .

Ipparco rimuove la necessità di una forza applicata in continuazione come condizione per il moto ,ma mantiene la velocità proporzionale alla forza .

Giovanni Filopono , detto il Grammatico , confuta l'idea che la resistenza del mezzo sia necessaria al moto e considera la velocità del corpo non più proporzionale ad $\frac{F}{R}$ bensì ad $F - R$.

Per Copernico la gravità è dovuta alla simpatia in virtù della quale le varie parti tendono ad unirsi al tutto al quale appartengono . E' evidente l'origine platonica di questa teoria . Nel 500 si forma l'idea che i molteplici corpi presenti nell ' Uinverso si influenzano reciprocamente e si perviene alla concezione che le leggi naturali sono immanenti ed autonome rispetto alle influenze umane o divine . Telesio introduce la forza come causa di moto e di quiete .Per Telesio tutte le forze attive sono dilatazioni o contrazione e considera le forze come entità fisiche . Ciò che manca nel 500 è una descrizione matematica del concetto di forza . Il salto qualitativo nella concezione della forza si ha con Keplero , il quale tenta di formulare una teoria quantitativa della forza .

Keplero con la sua seconda legge afferma che la velocità di un pianeta è inversamente proporzionale alla distanza dal Sole e tutto questo è dovuto all'azione di una forza . Egli individua questa forza nell'attrazione da parte del Sole . La natura di questa forza è di origine magnetica : i pianeti sono magneti e sono attratti dal Sole in virtù dell'azione di una forza magnetica . Galileo considera la gravità come una tendenza ad avvicinarsi al centro del mondo . Però dichiara di non volere indagare sull'essenza dei concetti ma piuttosto descrivere matematicamente le relazioni fra le grandezze fisiche . Indagando sulle modalità di azione delle forze , concepisce l'idea che questa consista nell'aumento di velocità , preparando il terreno alla concezione

moderna di forza come causa della variazione della velocità nel tempo . Egli giunge alla formulazione del principio d'inerzia dimostrando che la velocità non presuppone più la presenza di una forza . Galileo formula il principio d'inerzia nella seguente maniera : << a principiar il moto è ben necessario il movente , a continuarlo basta il non aver contrasto >> . Perviene a questo rivoluzionario risultato attraverso il seguente ragionamento : poiché un corpo su un piano inclinato è accelerato quando si muove verso il basso e decelerato quando si muove verso l'alto , il suo moto lungo un piano orizzontale non può essere né accelerato né decelerato e quindi deve continuare indefinitamente nel tempo con velocità vettoriale costante (in assenza di attrito) .

La contrapposizione galileiana alla fisica aristotelica è condensata nei seguenti sette punti :

01) Per Aristotele i corpi corruttibili tendono a perdere il moto ad essi comunicato se nessuna causa esterna agisce sopra di essi . Per Galileo i corpi tendono a conservare il moto ricevuto e non possono modificarlo né in grandezza né in direzione senza l'azione di una causa esterna .

02) Per Aristotele il moto circolare dei pianeti si conserva immutabile perché è un moto perfetto ed i pianeti sono incorruttibili . Per Galileo il moto circolare muta continuamente in direzione ed è dovuto all'azione continua di una causa esterna , cioè all'azione di una forza centripeta .

03) Aristotele sostiene che anche il moto rettilineo uniforme è dovuto ad una forza . Galileo afferma il contrario sostenendo che il moto rettilineo uniforme non presuppone la presenza di una forza che agendo su un corpo libero di muoversi in tutte le direzioni , determina sempre una accelerazione .

04) Per Aristotele il moto dei gravi è un moto rettilineo uniforme , per Galileo è un moto rettilineo naturalmente accelerato .

05) Per Aristotele l'aria , che si chiude sul grave cadente , gli imprime ad ogni istante un aumento di velocità . Per Galileo l'aria , entro la quale il corpo si muove , determina una diminuzione della velocità del corpo .

06) Per Aristotele la velocità di caduta è direttamente proporzionale al peso dei gravi cadenti . Per Galileo la velocità di caduta è uguale per tutti i corpi , qualunque sia il suo peso .

07) Per Aristotele la velocità di caduta è direttamente proporzionale allo spazio percorso . Per Galileo la velocità di caduta è direttamente proporzionale al tempo trascorso .

In generale , nella prima metà del seicento , gli scienziati sono convinti che il Sole esercita sui pianeti una forza attrattiva ma non riescono a spiegarsi perché essi non cadano sul Sole . Soltanto Newton , che conferma e precisa rigorosamente il tipo di attrazione che il Sole esercita sui pianeti , riuscirà a spiegare il motivo per cui i pianeti non cadono sul Sole . I pianeti sono soggetti a forze gravitazionali di natura attrattiva che sono in parte tangenziali ed in parte centripete . La sintesi e la nuova formulazione del concetto di forza si hanno con Newton . L'inerzia è concepita da Newton come una forza interna al corpo che si oppone al moto : nasce appena è applicata una forza esterna e diventa impulso se il corpo è già in moto .

La forza esterna impressa è definita come azione che modifica la quantità di moto di un corpo e determina su di esso una accelerazione e non una velocità come aveva sostenuto Aristotele . La terza legge stabilisce che la forza si manifesta in modo duale

come azione e come reazione . Egli , inoltre , precisa che le forze sono grandezze vettoriali e come tali si compongono con la regola del parallelogramma .

Prima legge della dinamica o principio d'inerzia

Ogni corpo non soggetto a forze o soggetto ad un sistema di forze a risultante nullo o sta fermo o si muove di moto rettilineo uniforme .

Seconda legge della dinamica o legge fondamentale della dinamica

Ogni forza $\vec{F}$, applicata ad un corpo libero di muoversi in tutte le direzioni , produce un'accelerazione $\vec{a}$ del corpo , il cui modulo è direttamente proporzionale all'intensità della forza e inversamente proporzionale alla massa inerziale m del

corpo . La forza agente $\vec{F}$ e l'accelerazione $\vec{a}$ prodotta hanno la stessa direzione e lo stesso verso e sono legate tra loro dalla seguente relazione vettoriale : $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

Terza legge della dinamica o principio di azione e reazione

Se un corpo A esercita sul corpo B una forza $\vec{F}_{BA}$, allora il corpo B esercita sul corpo A una forza $\vec{F}_{AB}$ uguale e contraria . $\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$

cioè $\vec{F}_{BA} + \vec{F}_{AB} = \vec{0}$

Alla legge di gravitazione universale espressa dalla relazione $F = G \cdot \frac{Mm}{r^2}$

Newton giunse confrontando l'accelerazione centripeta della Luna con l'accelerazione di gravità di un corpo sulla superficie terrestre . Nel 1687 Newton , nell'opera Principia Mathematica , così si esprime : <<.....Dedussi che le forze che mantengono i pianeti nelle loro orbite dovessero essere inversamente proporzionali al quadrato delle loro distanze dai centri attorno ai quali ruotano : quindi paragonai la forza

necessaria a mantenere la Luna nella sua orbita con la forza di gravità alla superficie terrestre e trovai che corrispondono abbastanza bene . >>



Newton Isaac : Matematico , fisico ed astronomo inglese .

Con la sua concezione Newton sciolse l'enigma millenario del moto dei pianeti e spiegò altri importanti fenomeni . Come l'azione dell'accelerazione gravitazionale terrestre si estende fino alla Luna e ad ogni altra parte dell'universo , così debbono giungere ovunque , anche sulla Terra , le accelerazioni provenienti da altri corpi celesti ai quali dobbiamo attribuire le stesse caratteristiche . La gravitazione non è un fenomeno locale ma un fenomeno generale , valido in ogni punto dell'universo e per tutti i corpi dotati di massa . Il concetto intuitivo di forza come origine del moto di un corpo sembra implicare la presenza di un mezzo in grado di trasmettere l'azione della forza da una posizione iniziale ad una finale senza soluzione di continuità .Questo avviene sicuramente quando spingiamo un corpo ed é in sintonia con una massima della scolastica secondo la quale << nihil agit in distans nisi prius agit in medium>>. In che modo si esercita la forza di attrazione tra due corpi quando questi non sono a diretto contatto come avviene

per il Sole e la Terra ? Newton non riesce a chiarire la natura della forza gravitazionale e non riesce a spiegare come essa possa agire istantaneamente ed a distanza senza un contatto diretto . Circa la natura della forza gravitazionale Newton afferma quanto segue : << Io non pretendo di conoscere la causa della gravità (hypotheses non fingo)... >> Secondo Newton il modello matematico che esprime una legge fisica non deve essere spiegato . La sua validità poggia sulla sua capacità di correlare dei fatti empirici . Possiamo dire che Newton rifugge le ipotesi gratuite e, sebbene in cuor suo sia convinto che l'azione tra un corpo ed un altro debba essere mediata da un qualche ente fisico , afferma che importante è l'apparato matematico , capace di correlare i fenomeni osservati . Noi oggi sappiamo che l'ente fisico che trasmette l'azione a distanza è il campo gravitazionale , cioè la perturbazione fisica che qualsiasi massa genera nello spazio circostante . Secondo le vedute moderne il contatto diretto c'è ed è dovuto, secondo la teoria del campo gravitazionale , alla modifica delle proprietà fisiche determinata dalla presenza nello spazio delle masse dei corpi .

Infatti un corpo qualsiasi , per il semplice fatto di possedere una massa, genera nello spazio circostante una perturbazione fisica (il campo gravitazionale) che si propaga istantaneamente in tutte le direzioni ed anche nel vuoto . Questa perturbazione, quando investe un altro corpo di massa m , si manifesta come la forza gravitazionale espressa dalla formula

$$F = G \cdot \frac{Mm}{r^2} .$$

Ecco così spiegata la

forza gravitazionale che agisce istantaneamente e , solo apparentemente , a distanza . Il contatto tra i due corpi

c'è ed è dovuto al campo gravitazionale presente nello spazio che contiene i corpi che interagiscono . Concludendo , possiamo affermare che Newton definisce in modo preciso i concetti di forza e massa rendendo la Meccanica , le cui fondamenta sono le tre leggi che portano il suo nome, una delle teorie fisiche più complete e perfette , sia per il suo coerente assetto logico che per le molteplici verifiche sperimentali cui ha dato luogo . Egli immagina che esistano uno spazio ed un tempo assoluti , uguali per tutti gli osservatori e non influenzati dalla distribuzione della materia . Le equazioni del moto sono completamente valide solo se riferite allo spazio assoluto . Per Leibniz il prodotto $m \cdot v^2$ è la forza che agisce sul corpo ed a tale prodotto , che esprime il doppio dell'energia cinetica posseduta dal corpo , assegna il nome di forza viva . Per Cartesio la forza è la quantità di moto $m \cdot \vec{v}$. Eulero rifiuta l'azione a distanza e cerca di spiegare la gravitazione , le forze elettriche e quelle di coesione ipotizzando l'esistenza di un etere che permea tutto lo spazio . Nei primi decenni dell'800 è abbastanza diffusa la concezione meccanica dell'azione che un corpo esercita sull'altro . Si ritiene che tra i corpi vi sia una sostanza , l'etere , dotata di proprietà meccaniche : estensione , massa , moto e forza capaci di trasmettere l'azione . Questa concezione dà luogo a parecchi inconvenienti ed è in contrasto con alcuni fenomeni fisici . Inoltre , l'idea della pura e semplice azione a distanza non ha mai convinto la stragrande maggioranza dei fisici . Le teorie dell'etere e della pura azione a distanza vengono superate dalla teoria dei campi , cioè dalla nascita di perturbazioni fisiche (grandezze fisiche) da parte di corpi posti nello spazio . Un corpo , posto in una regione dello spazio , per il fatto di possedere una massa o

delle cariche elettriche genera nello spazio circostante un campo gravitazionale o un campo elettromagnetico . I campi così introdotti non sono degli enti di comodo che hanno come unico obiettivo quello di spiegare i fenomeni che si verificano in natura . Essi sono delle realtà concrete e rappresentano delle grandezze fisiche presenti in natura . Maxwell si convince che il campo è una grandezza reale quando riesce a dimostrare che , all'interno di regioni prive di materia , le sue equazioni prevedono dei valori di $\vec{E}$ e di $\vec{B}$ diversi da zero e che queste due grandezze sono collegate all'energia presente in quella zona dello spazio .

Le equazioni di Maxwell collegano $\vec{E}$ a $\vec{B}$ ed alle coordinate spazio-temporali e non fanno alcun riferimento ad un misterioso etere ed alle sue proprietà meccaniche .

Noi oggi sappiamo che le forze nascono come interazioni tra corpi e si manifestano come forze gravitazionali , elettromagnetiche , nucleari forti , nucleari deboli . Queste interazioni si generano perché i corpi possiedono una massa , possono essere dotati di cariche elettriche ,

possono occupare delle posizioni all'interno dei nuclei degli atomi . Queste forze , dette fondamentali , imprimono ad un corpo libero una accelerazione e ad un corpo vincolato una deformazione .

In natura non esistono forze diverse dalle fondamentali .

Newton , lo scienziato che svelò il mistero della gravitazione universale

Ricerca effettuata dalle alunne Barbarisi Alessia e Ianuale
Alessia coordinate dal docente Salvatore Amico

Perché la Luna gira attorno alla Terra e questa ruota attorno al Sole ? Perché un sasso lasciato cadere da una torre giunge al suolo ? Capire la natura di questi fenomeni è stato l'obiettivo principale che ha assillato per millenni uomini comuni e scienziati famosi . Si deve aspettare il 1687 perché uno scienziato della statura di Newton pubblicasse il più importante libro di tutta la storia della fisica col quale svelava , dopo millenni di congetture più o meno fantasiose , il mistero della gravitazione universale .

L'opera in questione destò una enorme meraviglia nel mondo accademico contemporaneo a Newton . La scoperta era di una portata così vasta che un secolo dopo il grande Lagrange dirà : << Beato Newton . C'era una sola legge universale di natura e l'ha scoperta lui .>>

Una leggenda diffusa da Voltaire vuole che l'idea della gravitazione sia venuta in mente a Newton osservando la caduta di una mela da un albero .



Isaac Newton ; illustrazione del pittore Manlio Truscia

E' possibile che Newton , di fronte ad un evento così semplice e frequente , si sia posto la seguente domanda : cosa sarebbe successo alla mela se fosse caduta da un albero alto quanto la distanza della luna dalla terra ?

In realtà la scoperta di Newton non nasce da una folgorazione improvvisa , ma dalla evoluzione naturale delle conoscenze dei suoi predecessori come Galileo , Copernico , Keplero ed altri meno noti .

La genialità di Newton si manifesta in tutta la sua grandezza quando comprende che la forza che mantiene i pianeti nelle loro orbite è la stessa di quella che fa cadere la mela dall'albero . Infatti questi due fenomeni possono sembrare completamente diversi in quanto i corpi celesti non cadono perché si mantengono sempre ad una certa distanza dal corpo che li attrae , mentre i corpi situati in prossimità della terra cadono .

In realtà , invece , la forza che determina questi moti è la stessa , è la forza di gravitazione universale .

Riconosciuta l'identità del moto dei pianeti col moto dei gravi sulla terra , Newton poté formulare la sua legge sulla gravitazione universale : tutti i corpi , ovunque si trovino , si attirano con una forza direttamente proporzionale al prodotto delle loro masse ed inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza .

Essendo convinto che le leggi della fisica non possono essere diverse nel caso dei corpi celesti e nel caso dei corpi terrestri , poté spiegare il moto dei pianeti attorno al Sole , dei satelliti attorno ai pianeti , dei corpi che si trovano sulla terra .

Newton pervenne a questi strabilianti risultati facendo tesoro dell'idea galileiana secondo la quale , per comprendere , i fenomeni fisici bisognava dare loro una formulazione matematica .

<< La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che ci sta aperto davanti agli occhi (io dico l'universo) , ma non si può intendere se prima non si impara ad intendere la lingua , a

conoscer i caratteri ,nei quali è scritto . Egli è scritto in lingua matematica , e i caratteri son triangoli , cerchi ed altre figure geometriche , senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola ; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto . >> (Il Saggiatore) .

Per comprendere la natura dei moti dei pianeti attorno al sole occorre utilizzare non solo metodi empirici ma anche abilità matematiche e realizzare una originale sintesi .

Teoria ed esperimento dovevano integrarsi se si voleva costruire una teoria generale in grado di comprendere la multiforme realtà che ci circonda .

Newton , per spiegare matematicamente le idee nuove , costruisce ed elabora un nuovo ramo della matematica : l'analisi matematica .

L'opera di Newton fu possibile solo perché ebbe come predecessori scienziati del calibro di Keplero , Huygens , Hooke e Galilei che fu il primo a postulare che un corpo può muoversi di moto rettilineo uniforme senza che su di esso agisca una forza esterna .

I due capisaldi della teoria newtoniana sono il concetto di inerzia di un corpo e quello di forza intesa come la causa esterna che determina su un corpo una variazione di velocità , cioè una accelerazione .

Onore a Newton per avere compreso che i fenomeni , dei quali si erano occupati i suoi predecessori ,(dal moto dei proiettili al moto dei pianeti , dal moto su un piano inclinato alla caduta verticale dei gravi) appartengono tutti alla stessa categoria e sono regolati da tre leggi , le tre leggi di Newton o leggi della dinamica .

La prima legge della dinamica

<< Un corpo non soggetto a forze o soggetto ad un sistema di forze a risultante nullo o sta fermo ($\vec{v} = \vec{0}$,

$\vec{a} = \vec{0}$) o si muove di moto rettilineo uniforme ($\vec{v} = \text{costante}$, $\vec{a} = \vec{0}$) >> .

La seconda legge della dinamica

Sia $\vec{F}$ una forza applicata al punto materiale P . Se questi è libero di muoversi in tutte le direzioni subisce una accelerazione $\vec{a}$ legata alla forza $\vec{F}$ dalla seguente relazione vettoriale :

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad [1]$$

La costante di proporzionalità m (positiva) è detta MASSA INERZIALE del corpo . $\vec{F}$ ed $\vec{a}$ sono grandezze vettoriali aventi la stessa direzione e lo stesso verso .

La terza legge della dinamica

<< Se un corpo A esercita sul corpo B una forza $\vec{F}_{BA}$, il corpo B esercita sul corpo A una forza $\vec{F}_{AB}$ uguale e contraria . >>

$$\vec{F}_{AB} = - \vec{F}_{BA} \quad \text{cioè}$$

$$\vec{F}_{AB} + \vec{F}_{BA} = \vec{0}$$

$\vec{F}_{AB}$ = forza agente sul corpo A e proveniente dal corpo B

$\vec{F}_{BA}$ = forza agente sul corpo B e proveniente dal corpo A

Partendo dalle tre leggi di Keplero e dalle osservazioni di Galileo sui moti di caduta dei gravi Newton formulò la legge di gravitazione universale . Essa afferma che due corpi di massa M ed m , posti alla distanza r , qualunque sia la loro natura ed ovunque essi siano collocati , si attirano con una forza che si deduce applicando la seguente formula :

$$F = G \frac{m \cdot M}{r^2}$$

Nei casi osservati dall'astronomo Keplero , M ed m erano le masse del Sole e di un pianeta ; negli studi sulla caduta dei gravi erano le masse della Terra e di un oggetto qualsiasi .

Cerchiamo , adesso , di precisare storicamente attraverso quali fasi si

realizzò la straordinaria scoperta della gravitazione universale .

Nel gennaio del 1684 viene chiesto all'astronomo Edmond Halley di trovare una formula matematica capace di rendere conto della forza di attrazione che si esercita tra il Sole e la Terra . La posta in gioco è una somma di 40 scellini . Halley si impegna al massimo , ma la scommessa viene persa ; l'impresa è troppo ardua per le sue mediocri capacità di matematico e di fisico . L'astronomo , che è rimasto famoso per via di una cometa che porta il suo nome , gira la questione a Newton il quale afferma di avere studiato e risolto il problema ma non ricorda dove abbia depositato la soluzione .

Nel mese di novembre Newton invia ad Halley una lettera nella quale sostiene che il Sole attrae tutti i pianeti con una forza che è inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza .

L'astronomo rimane favorevolmente impressionato dalla precisione dei risultati ottenuti e dall'eleganza delle molteplici dimostrazioni effettuate utilizzando nuovi concetti di matematica tratti dal nuovo ramo della matematica , il calcolo differenziale , inventato per l'occasione da Newton . Dunque , Halley , invita Newton ad approfondire l'argomento in questione e a pubblicare i risultati ottenuti .

Nel giro di tre anni Newton gli invia 460 pagine zeppe di formule e grafici che sono il risultato della genialità fisico-matematica dello scienziato .

Halley le legge , le corregge e ne finanzia la pubblicazione. Nel 1687 esce , in 350 copie , il libro più importante di tutta la storia della fisica : *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (i Principi matematici della filosofia naturale) .

In precedenza , fra il 1664 ed il 1666 , Newton aveva dimostrato che , se i pianeti si muovessero lungo orbite

circolari , allora il Sole li attirerebbe con una forza inversamente proporzionale al quadrato del raggio .

Il risultato ottenuto da Newton era interessante ma , come aveva dimostrato Keplero , i pianeti si muovono lungo orbite ellittiche .

Keplero, nel 1609 , aveva scoperto due delle tre famose leggi :

a) Le orbite descritte dai pianeti attorno al Sole sono ellissi , delle quali il Sole occupa uno dei due fuochi. Le ellissi descritte dai diversi pianeti non giacciono sullo stesso piano, ma formano fra loro un certo angolo (Prima legge di Keplero)

b) Le aree descritte dal raggio vettore che congiunge il Sole con ciascun pianeta sono direttamente proporzionali ai tempi impiegati a descriverle (costanza della velocità areolare determinata dal raggio vettore Sole-Pianeta)

(Seconda legge di Keplero) .

Nel 1619 nell'opera *l'Armonia del mondo* Keplero inserì una terza legge che afferma quanto segue : i quadrati dei tempi impiegati dai pianeti a descrivere le proprie orbite (tempi di rivoluzione) sono proporzionali ai cubi dei semiassemi delle rispettive ellissi (terza legge di Keplero) .

$$\frac{T_i^2}{a_i^3} = \text{costante} \quad \text{per tutti i pianeti del}$$

sistema solare

Per dedurre la forma matematica dell'attrazione solare per le orbite circolari il giovane Newton aveva utilizzato la terza legge di Keplero . Tuttavia il caso delle orbite ellittiche presentava difficoltà insormontabili per le conoscenze matematiche possedute da Newton .

Ci vollero 20 anni perché un maturo Newton arrivasse al suo capolavoro e svelasse il legame profondo che intercorre fra le tre leggi di Keplero e la legge di gravitazione universale .

Alla luce delle attuali conoscenze , la spiegazione è abbastanza semplice e si basa sulle seguenti considerazioni :

l'esistenza di una forza attrattiva tra il Sole ed un qualsiasi pianeta è solo un modo diverso di esprimere la seconda legge . Affermare che la forza è inversamente proporzionale al quadrato della distanza, equivale ad affermare che l'orbita di ogni pianeta è una ellisse .

La terza legge implica che la forza esercitata dal Sole è sempre la stessa e non dipende dal particolare pianeta sul quale agisce .

Le tre leggi sperimentali di Keplero possono essere dimostrate teoricamente ammettendo valide le tre leggi della dinamica e la legge di gravitazione universale . Viceversa , ammettendo vere le tre leggi di Keplero e le leggi della dinamica , si può dimostrare la legge di gravitazione universale .

Scoperta la legge di gravitazione universale per , Newton si pose il problema di stabilire perché due corpi dotati di massa si attraggano con la

forza $F = G \frac{m \cdot M}{r^2}$; come giustificare

la presenza di questa forza che sembra agire a distanza e non per un contatto come ritenevano tutti i fisici suoi contemporanei ? Come tutti i grandi geni Newton risponde onestamente affermando che non è in grado di dare una risposta . Celebre è la sua affermazione : *hypotheses non fingo* .

Calava così il sipario su una questione di portata universale che aveva fatto discutere e litigare uomini di scienza , filosofi , letterati , teologi .

Solo un genio come Newton , dotato di un multiforme ingegno , poteva portare a compimento una impresa così ardua e che aveva generato millenni di polemiche .

L' universo di Leibniz e quello di Newton:
la seconda disputa tra due
grandi della scienza.
di Chiara Bruno

"C' è sempre un motivo, in natura, per cui qualcosa esiste". È con questa affermazione, semplice ed essenziale, che Leibniz, celebre scienziato-filosofo, intende spiegare quella che è la ricerca continua dell' uomo, e che, nell' uomo "grande", fa leva su una irrefrenabile, infaticabile spinta cognitiva verso ogni minimo aspetto del mondo che ci circonda.



Goffredo Guglielmo Leibniz (1646-1716) ; da un quadro dell'epoca riprodotto nel frontespizio del primo volume delle sue opere :

L' universo. Miliardi di atomi in movimento perenne. Attorno a noi. Ancora una volta quella sete di sapere che anima le menti e promuove la cultura, alimenta un nuovo scontro. Una disputa nasce sotto forma di insanabile contrasto, per poi assumere i toni meno aspri di un dialogo che è confronto, dibattito costruttivo tra due grandi indiscussi protagonisti della scienza.

L' universo di Newton contro l' universo di Leibniz: la disputa sul "massimo sistema" non rinuncia a chiamare in causa la filosofia e fa appello anche alla teologia e alla natura di Dio per spiegare l' essenza dei fenomeni, nell' intento di dare forma a un cosmo quanto mai reale,

scientifico, e, quindi, spiegabile e conoscibile. Da una parte, un universo completamente vuoto, un involucro in cui stelle e pianeti si muovono senza generare alcun attrito; dall' altra, un cosmo pieno di una sostanza fluida chiamata etere, il cui moto rotatorio vorticoso spinge i corpi verso il centro, esercitando così la gravità. Due giganti della scienza, due teorie diametralmente opposte, supportate da argomenti egualmente convincenti. Se Newton si difende dall' accusa di "aver introdotto la gravità senza alcuna spiegazione meccanica" ribadendo il carattere puramente sperimentale della sua filosofia, Leibniz, dall' altra parte, chiama in causa gli attributi di Dio per affermare la necessità di un universo pieno di "sostanza celeste": il vuoto altro non è che un limite alla sconfinata grandezza dell' azione creatrice; la perfezione può esprimersi a pieno soltanto in un cosmo ricco di materia. Vuoto e etere si presentano, quindi, come le due alternative possibili.

Ma la disputa non si conclude qui. La natura dello spazio e del tempo affascina i due intellettuali al punto da spingerli a formulare due teorie altrettanto opposte in quella che lo stesso Einstein definirà una "memorabile discussione". Alla absolutezza delle due coordinate si contrappone la loro relatività, o più precisamente, relazionabilità, termine con il quale Leibniz intende descrivere lo spazio come "collezione di tutti i luoghi", contro l' idea del suo "antagonista", convinto della natura indipendente di esso, del suo ruolo di "contenitore", di asettica scatola di per sé esistente, in cui si inseriscono come tasselli di un puzzle gli eventi della vita umana e cosmica. Questa, la tesi di Newton. Nella mente di Leibniz, invece, spazio e tempo non assumono la consistenza di realtà in se stesse, bensì si configurano come veri e

propri "costrutti mentali": lo spazio è il "fondamento degli oggetti concepiti come esistenti contemporaneamente", mentre il tempo ne rappresenta l'ordine in termini di successione. I due parametri non sono entità pre-esistenti, ma hanno carattere puramente ideale. Il paragone dell'albero genealogico toglie ogni dubbio in merito alla tesi formulata da Leibniz: i segmenti che collegano i membri appartenenti ad una stessa famiglia hanno la stessa natura "relazionale" di cui fruiscono spazio e tempo. Non si tratta, quindi, di enti ontologicamente esistenti; reali sono gli uomini che si trovano in uno stato di parentela, non le linee che costituiscono l'albero. Per spiegare efficacemente questa sua tesi, Leibniz ricorre ancora una volta alla natura di Dio. Ammettendo l'idea di uno "spazio assoluto", l'universo avrebbe potuto essere ugualmente creato in un luogo o in un altro di questo spazio sconfinato, evocando così l'immagine di un Dio che agisce senza motivazione e senza scopo, di un Dio che "gioca a dadi".



Isaac Newton (1642-1727) , il grande matematico e fisico inglese con il quale Leibniz ebbe una clamorosa controversia .

A differenza della prima disputa sorta tra i due scienziati, conclusasi con un primo posto assegnato ex aequo, questo secondo dibattito vedrà un vincitore in Newton, senza però sminuire o mortificare la figura di Leibniz, le cui interessanti posizioni in merito alla struttura dell'universo saranno attentamente analizzate e apprezzate come "insolitamente attuali". Un vincitore, quindi, ma nessun vinto, in un dibattito che può essere assunto come celebre precedente di ogni dibattito scientifico della storia.

Il sapere e l'amore per il sapere si manifestano proprio con la disputa, con il confronto, con l'incontro-scontro di pareri contrastanti, di tesi inconciliabili proposte e difese dai rispettivi fautori con ferma convinzione e straordinario ardore.

La scienza, come la filosofia, a cui è connessa da un legame profondo ed inscindibile, è ravvivata e vivificata dal dialogo incessante.

Mi si perdoni una riflessione conclusiva. Quanto è lontano quel tempo in cui nelle "opposizioni propositive" la scienza trovava il suo prezioso alimento, la sua linfa vitale. Oggi la scienza e la cultura, in generale, sono assolutamente annientate e schiavizzate dalla logica del profitto, dal "cannibalismo", dalla lotta per il potere, dall'analfabetismo e dalla volgarità imperanti. Tanti "cattivi maestri" ci spingono a consumare, consumare sempre di più, voracemente, bulimicamente. L'intellettuale è inerme, disorientato, inascoltato; si sente allora come l'albatro di Baudelaire, oggetto di discriminazione e disprezzo. È una voce che tuona nel deserto. Ad ognuno di loro, io dedico questo piccolo, modesto contributo personale.

Galileo e l'infinito

Ricerca condotta dagli alunni della IIIB
coordinati dal docente Salvatore Amico

Una parte non può essere uguale al tutto , aveva sentenziato Euclide nei suoi Elementi . Questa affermazione , che agli uomini dotati di buon senso sembra assolutamente vera , è contraddetta da quelli che possiamo chiamare i << paradossi del tutto e della parte >> .

Paradosso degli interi e dei quadrati
Nel 1622 Bonaventura Cavalieri aveva chiesto al suo maestro Galileo Galilei qualche delucidazione sul confronto tra due infiniti . Galileo rispose che aveva qualche difficoltà a rispondere ad una questione così delicata . Nel 1638 , nell'opera Nuove scienze , Galileo dà una risposta indiretta, affermando che, nel confrontare due infiniti, si incontrano << difficoltà che derivano dal discorrere che noi facciamo col nostro intelletto finito intorno agli infiniti , dandogli quegli attributi che noi diamo alle cose finite e terminate ; il che penso che sia inconveniente , perché stimo che questi attributi di maggioranza , minorità ed uguaglianza non convenghino agli infiniti , dei quali non si può dire , uno essere maggiore o minore o uguale all'altro >> . Col paradosso dell'infinito in campo aritmetico , che tratteremo dettagliatamente in seguito , Galileo fa vedere che una infinità dovrebbe essere contemporaneamente maggiore ed uguale ad un'altra infinità . Tutto questo lo conduce ad affermare che il confronto tra gli infiniti non è possibile .

Illustriamo adesso il paradosso del tutto e della parte in campo aritmetico, trascrivendo quanto lo stesso Galileo espone nell'opera le Nuove scienze . Si tratta di un'opera scritta in forma di dialogo dove Simplicio rappresenta l'uomo aristotelico , Sagredo il gentiluomo

dilettante di scienze e Salviati lo scienziato nuovo , cioè lo stesso Galileo .

Paradosso degli interi e dei quadrati

L'aristotelico Simplicio sa che i << numeri quadrati >> sono quelli che nascono dai singoli numeri << in se medesimi moltiplicati >> .

Salviati : Benissimo , e sapete ancora , che sì come i prodotti si dimandano quadrati , i producenti , cioè quelli che si moltiplicano , si chiamano lati o radici ; gli altri [numeri] poi , che non nascono da numeri moltiplicati in se stessi , non sono altrimenti quadrati . Onde se io dirò , i numeri tutti , comprendendo i quadrati e i non quadrati , essere più che i quadrati soli , dirò cosa vera : non è così ?

Simplicio : Non si può dire altrimenti .

Salviati : Interrogando io di poi , quanti siano i numeri quadrati , si può con verità rispondere , loro essere tanti quante sono le proprie radici , avvenga che ogni quadrato ha la sua radice , ogni radice il suo quadrato , né quadrato alcuno ha più di una sola radice , né radice alcuna più di un quadrato .

Simplicio: Così sta .

Salviati : Ma se io domanderò , quante siano le radici , non si può negare che elle non siano quante tutti i numeri , poiché non vi è numero alcuno che non radice di qualche quadrato ; e stante questo , converrà dire che i numeri quadrati siano quanti tutti i numeri , perché tanti sono quante le loro radici , e radici sono tutti i numeri ; e pur da principio dicemmo , tutti i numeri essere più che i propri quadrati , essendo la maggior parte non quadrati .

Con linguaggio moderno possiamo affermare quanto segue :

- I quadrati sono soltanto una parte dei numeri naturali .
- I numeri naturali sono tanti quanti sono i loro quadrati in quanto tra questi insieme di numeri è possibile stabilire una

corrispondenza biunivoca , come si evidenzia dalla seguente tabella :

1	2	3	4	5	6	7	...	n
$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	...	$\downarrow$
1	4	9	16	25	36	49	...	n^2

Questa tabella ci dice che ad ogni numero (naturale) della prima riga corrisponde un solo numero (il suo quadrato) della terza ed inversamente a ciascun numero (che è il quadrato di un numero naturale) corrisponde un solo numero (naturale) della prima riga .

Appare evidente che i quadrati , che sono solo una parte dei numeri naturali sono tanti quanti i numeri naturali . L'affermazione di Euclide che il tutto non può essere uguale ad una sua parte è contraddetta da questo paradosso .

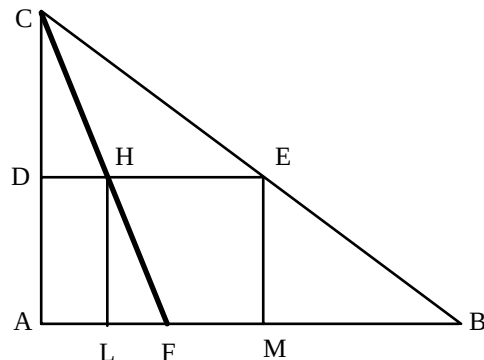
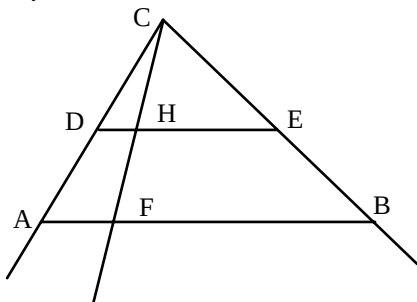
Salvati , cioè Galileo , a questa apparente contraddizione dà la seguente interpretazione .

<< Io non veggio che ad altra decisione si possa venire , che a dire , infiniti essere tutti i numeri , infiniti i quadrati , infinite le loro radici , né la moltitudine dei quadrati essere minore di quella di tutti i numeri , né questa maggiore di quella , ed in ultima conclusione , gli attributi di uguale , maggiore e minore non aver luogo negli infiniti , ma solo nelle quantità terminate . >> .

Quindi per Galileo gli infiniti non possono essere confrontati tra di loro .

Un altro paradosso dell'infinito , il paradosso geometrico

I punti di un segmento sono tanti quanti sono i punti della sua metà .



Sia dato il segmento AB . Dal punto C non appartenente alla retta AB tracciamo le semirette CA e CB che congiungono il punto C con gli estremi del segmento AB . Sia E l'intersezione con la semiretta CB della retta parallela ad AB e passante per il punto medio D del segmento CA . Si dimostra facilmente che il segmento DE è parallelo al segmento AB ed uguale alla sua metà . Ci domandiamo ora : quanti punti contiene il segmento AB ? Secondo la concezione degli enti geometrici idealizzati dobbiamo rispondere : AB contiene infiniti punti in quanto sappiamo che tra due punti qualsiasi possiamo inserire almeno un altro punto . E se ci domandiamo quanti punti contiene il segmento DE dobbiamo rispondere che ne contiene infiniti . Siccome AB è doppio di DE verrebbe di pensare che gli infiniti punti di AB debbano essere il doppio degli infiniti punti di DE . Il senso comune ci indurrebbe a stabilire un confronto tra i due infiniti con netto vantaggio dell'infinita numerosità dei punti di AB . Ma ora possiamo mettere in evidenza un fatto piuttosto sconcertante : i punti del segmento AB sono tanti quanti sono i punti del segmento DE .

Per dimostrarlo , consideriamo un generico punto F di AB e congiungiamolo con C : la retta FC taglia il segmento DE in un punto H . Possiamo dire che al punto F di AB corrisponde il punto H di DE . E , poiché possiamo ripetere la costruzione per tutti i punti del

segmento AB diremo che possiamo stabilire una corrispondenza tra tutti i punti di AB ed i punti di DE : più precisamente, ad ogni punto di AB corrisponderà un solo punto di DE . Si osserva pure che ad ogni punto di DE corrisponde un solo punto di AB . Abbiamo stabilito una corrispondenza biunivoca tra i punti del segmento AB ed i punti del segmento DE . Quindi i punti del segmento AB sono tanti quanti sono i punti del segmento DE . Ecco uno dei paradossi dell'infinito .

Lo rendiamo ancora più evidente se , anziché il segmento DE , consideriamo il segmento ad esso uguale AM (ottenuto abbassando da E la perpendicolare EM su AB) . I punti di AB, essendo in numero uguale a quelli di DE , dovrebbero essere in numero uguale a quelli di AM . Infatti , i punti di AB possono porsi in corrispondenza biunivoca con quelli di AM , mentre essi costituiscono solo una parte (la metà) dei punti di AB . Cioè per gli insiemi infiniti non sembra valido il principio ben noto : il tutto è maggiore di una sua parte , dal momento che è possibile che un insieme infinito venga posto in corrispondenza biunivoca con una sua parte . Chi risolve in maniera completa e definitiva il concetto di infinito è Cantor . Questi introduce il concetto primitivo di insieme descrivendolo con le seguenti parole :

<< Per insieme intendiamo una collezione di determinati oggetti della nostra intuizione o del nostro pensiero ben distinti e riuniti in un tutto : tali oggetti sono detti gli elementi dell'insieme >>

Definizione:<< quando due insiemi possono porsi in corrispondenza biunivoca si dice che essi hanno la stessa potenza >> .

Poiché insiemi finiti aventi lo stesso numero di elementi hanno la stessa potenza e , inversamente insiemi finiti aventi la stessa potenza hanno lo stesso

numero di elementi , conviene rappresentare la potenza di un insieme finito dal numero dei suoi elementi , cioè assumiamo :

potenza di un insieme finito =
numero dei suoi elementi

Cantor identifica anche per gli insiemi infiniti il numero degli elementi con la potenza : cioè hanno lo stesso numero di elementi due insiemi infiniti aventi la stessa potenza , cioè due insiemi i cui elementi possono porsi in corrispondenza biunivoca fra loro .



Cantor George ; Matematico tedesco (1845-1918) . Fece ricerche e studi sulla teoria degli insiemi e sul concetto di infinito (numeri trasfiniti)

Consideriamo l'insieme N , cioè l'insieme di tutti gli infiniti numeri naturali :

$$N = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots\}$$

Chiameremo potenza del numerabile la potenza dell'insieme N . Ciò in relazione al fatto che chiameremo insieme numerabile l'insieme N stesso e qualsiasi altro insieme che possa porsi con N in corrispondenza biunivoca . L'importanza della considerazione della potenza del numerabile sta nel fatto che essa è la più piccola potenza che un insieme infinito possa avere .

Ogni insieme costituito da infiniti elementi ed avente la stessa potenza possiede lo stesso numero di elementi dell'insieme N .

Esistono insiemi infiniti che hanno potenza maggiore del numerabile, ma non esistono insiemi infiniti aventi potenza minore.

Definizione : Un insieme finito A ha potenza maggiore di un insieme finito B quando è possibile porre B in corrispondenza biunivoca con una parte propria di A , ma non è possibile porre A in corrispondenza biunivoca con una parte propria di B .

Vediamo adesso in che cosa consiste l'originalità del pensiero di Cantor :

egli estende la definizione elementare di uguaglianza del numero cardinale di due insiemi anche al caso di insiemi infiniti.

Cantor ha il coraggio, che era mancato a Galileo Galilei, di ammettere che « una parte può essere uguale al tutto » ; ma cerchiamo di chiarire il significato da dare alla parola "uguale". Uguale in senso aristotelico : la parte non può essere uguale (identica) al tutto che la contiene, in quanto il tutto ha sempre qualche elemento che la parte non ha ;

Uguale nel senso di Cantor : la parte può essere uguale al tutto per numero.

Tanti sono i numeri quanti sono i loro quadrati, che sono « meno » dei numeri, perché ci sono dei numeri che non sono quadrati.

Se per concetti diversi non usiamo più la stessa parola uguale, ma usiamo rispettivamente i termini identico ed equipotente, allora la contraddizione si elimina. Un fatto incredibile diventa un fatto normale.

Nel caso di un insieme infinito, può accadere che l'intero insieme ed una sua parte, certamente non identici, siano equipotenti, cioè esprimano la stessa numerosità.

Definizione : Un insieme X si chiama infinito se è equipotente con un suo sottoinsieme, cioè con una sua parte ; in caso contrario l'insieme sarà detto finito.

Cantor scopre anche che :

a) i punti di un cubo sono tanti quanti i punti di un suo lato

b) i punti di un quadrato sono tanti quanti i punti di un suo lato.

Confronto fra insiemi infiniti

L'insieme di tutti i numeri naturali è solo l'infinito attuale più piccolo.

Sono insiemi numerabili : a) l'insieme Z degli interi relativi b) l'insieme Q dei numeri razionali c) l'insieme U , unione di insiemi numerabili.

Teorema : Qualunque sottoinsieme infinito di un insieme numerabile è numerabile.

Teorema

Non esiste alcun insieme infinito avente potenza inferiore al numerabile : quella del numerabile è la minima potenza degli insiemi infiniti.

Cantor prosegue il suo percorso sull'infinito scoprendo che non tutti gli insiemi infiniti sono numerabili. Siamo nel dicembre del 1873 ; nasce il concetto di infinito attuale trasfinito, sempre accrescibile e non assoluto. Non sono insiemi numerabili l'insieme formato da tutti i punti di un segmento, l'insieme R dei numeri reali.

Definizione : Chiamiamo potenza del continuo, quella dell'insieme di tutti i punti della retta e quindi anche dell'insieme R di tutti i numeri reali.

Incontriamo le prime due potenze per insiemi infiniti :

1) la potenza del numerabile, che è la minima possibile (ad esempio la potenza dell'insieme N)

2) la potenza del continuo, che è maggiore di quella del numerabile (ad esempio la potenza dell'insieme R).

Postulato del continuo : Non esistono insiemi infiniti aventi potenza intermedia tra quella del numerabile e quella del continuo .

Teorema : L'insieme delle parti di un insieme numerabile ha la potenza del continuo (che è maggiore di quella del numerabile)

Teorema : L'insieme P delle parti di un insieme qualunque A ha potenza maggiore di A

Teorema : Esistono insiemi infiniti aventi potenza superiore alla potenza del continuo .

Quando consideriamo insiemi infiniti , si ha sempre un aumento della potenza nel passare da un insieme infinito all'insieme delle sue parti .Quindi , partendo da un insieme numerabile N (avente potenza del numerabile) si passa all'insieme delle sue parti P che ha la potenza del continuo , e l'insieme P' delle parti di P ha potenza maggiore del continuo , l'insieme P'' delle parti di P' ha potenza maggiore di P' , e così di seguito .

Le successive potenze degli insiemi N , P , P' , P'' si presentano come le successive gigantesche , infinitamente grandi unità di una nuova serie numerica infinita . Sono nati i numeri trasfiniti di Cantor che ha elaborato in maniera originale ed impeccabile una nuova aritmetica, l'aritmetica dei numeri trasfiniti .

Galileo Galilei: "Tra scienza e fede"

Ricerca condotta dagli alunni della IVB,
coordinati dal docente Antonio Mastantuoni

La vicenda galileiana si svolge a cavallo di due secoli (XVI e XVII) cruciali per la storia dell'Europa: nel segno della "Rivoluzione scientifica" ma anche in un clima di difesa e, insieme, di rilancio della fede cristiana. Un cambiamento nel modo di pensare, nuovi paradigmi scientifici e visioni del mondo si affiancano e si intrecciano a nuove ed antiche forme di spiritualità che riflettono, forse, nell'unità e nella differenza dei loro nomi (Riforma protestante e (Contro-) Riforma cattolica), una comune tensione. Un "universo infinito" sostituisce, in un aperto contrasto ormai inconciliabile, un "mondo chiuso".

Facendosi portavoce, a modo suo, dell'eredità umanistica e rinascimentale, Galileo interpreta un'idea di scienza in cui l'uomo è - come direbbe Kant - "legislatore" della natura: la studia per interrogarla attivamente, se ne distacca per osservarla oggettivamente, ne formula ipotesi e le offre verifiche. Nel "Sidereus Nuncius", annuncia, appunto, nuove e illuminanti visioni: "Di che accortomi allora, lasciando le cose terrene, mi rivolsi alle speculazioni celesti". Il suo strumento, il cannocchiale, è rivolto in alto, verso quella sede, il cielo, dove, per antica tradizione, risiede il divino. Grazie allo strumento, ma soprattutto in virtù di un'intelligenza che mira verso "cose mai viste prima", Terra e Cielo appaiono nuovamente o forse per la prima volta unificate. Galileo trova conferma della teoria copernicana. Protestanti e cattolici, Osiander e Bellarmino, la ritengono, invece, solo un'ipotesi, che sia matematica, che sia un concetto teorico atto a dare un'idea dell'universo più ordinata e armonica, ma che non per

questo sia ritenuta vera. La tesi copernicana, sostiene il cardinale Bellarmino, va ammessa "ex supposizione e non assolutamente". La polemica che ne scaturisce coinvolge proprio il valore di un'ipotesi matematica e, quindi, il suo rapporto con la verità. Ne consegue che il dire matematico non potrà mai sostenere la realtà delle sue affermazioni. Eppure Copernico si avvale dell'operazione matematica per spiegare proprio un movimento "apparente". Dov'è la verità e dov'è l'apparenza? Dove la realtà e dove l'immaginazione? Formalizzare l'esperienza, matematizzare il mondo fisico, ricostruzioni matematiche ed approssimazioni alla realtà: queste sono, più di un semplice tentativo, le operazioni di un uomo che, con i suoi strumenti e le sue capacità, protende le sue curiosità e le sue forze fin dentro le meraviglie e l'immensità sconosciuta dell'universo.

Nonostante le sue decise difese, Galilei è considerato "vehementemente sospetto d'heresia, cioè d'aver tenuto e creduto dottrina falsa e contraria alle Sacre e Divine Scritture, ch'il Sole sia centro della Terra e che non si muova da oriente a occidente, e che la Terra si muova e non sia centro del mondo". E' costretto all'abiura, a dichiarare "falso" ciò in cui non soltanto crede ma semplicemente vede.

Due libri, quello sacro e quello della natura, sembrano l'uno all'altro incomprensibili. Due differenti lingue non riescono a comunicare. Due maestri insegnano separatamente ed esclusivamente ai propri allievi.

Galileo lancia la sua sfida alla Chiesa di Roma: i testi sacri non devono essere intesi in senso puramente letterale (nel "puro significato delle parole"), ma vanno compresi a fondo ed interpretati nella totalità e nella profondità dei loro significati. Il carattere metaforico o

allegorico del testo sacro è giustificato dalla necessità, da parte dell'autore sacro, di essere compreso da "popoli rozzi ed indisciplinati", dovendo per di più -e non è poca cosa- parlare al cuore dell'uomo, chiamando cioè in causa la questione della loro "salvezza". La Bibbia è aperta a tutti, è scritta per tutti, e proprio per questo la sua lingua deve essere interpretata, resa viva testimonianza di fede. "La Scrittura non può errare -sostiene Galileo- potrebbe nondimeno talvolta errare alcuno de' suoi interpreti ed espositori".



Galileo davanti ai giudici del Santo Uffizio ;
illustrazione del pittore Manlio Truscia

Anche il libro dell'universo ha i suoi speciali caratteri: "(...) è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangolari, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto". Come l'altro, "ci sta aperto innanzi a gli occhi"; è aperto a tutti, ma per intenderlo bisogna conoscerne la lingua. Posto davanti agli occhi di ogni uomo, nasconde sì un segreto, ma questo deve essere opportunamente disvelato. Il suo senso va accuratamente descritto, altrimenti ci si perde nel vuoto di un oscuro labirinto. Non ne intendiamo la parola se non ci avviciniamo ad esso con gli opportuni mezzi. "Sensate esperienze" e "certe dimostrazioni" sono necessarie al suo intento.

Sia esso un linguaggio preciso, matematico, sia essa una parola più aperta ma non meno vera, c'è sempre bisogno di un'attenta lettura, di un avvicinarsi al libro che ne comprenda veramente lo spirito. "Saggi espositori" ed accurata conoscenza sono lì ad indicarci, ognuno con le proprie capacità e con i loro peculiari caratteri, possibilità e limiti dell'intelligenza umana. Entrambe le verità, quella di fede e quella di scienza, "non possono -scrive Galileo a Don Benedetto Castelli- mai contrariarsi". I due libri procedono entrambi ("di pari") "dal Verbo divino": "la Scrittura sacra e la natura, quella come dettatura dello Spirito Santo, e questa come osservantissima esecutrice degli ordini di Dio". Una è la verità che parla in linguaggi differenti: si adatta o meno alle capacità degli uomini, è più o meno aperta alle loro interpretazioni poiché è pur sempre verità detta all'uomo e, quindi, soggetta all'errore, ed è anche quella unica verità che riguarda l'uomo, che lo chiama in causa, a partire dalla sua intelligenza e dal senso del suo intellighere. Una verità che parla linguaggi differenti perché, in quanto rivolta all'uomo, è contemporaneamente aperta al vero ed all'errore, parla a quest'uomo in quella sua duplice dimensione che è poi la sua unità.

La Sacra Scrittura è Parola di Dio. L'universo ne segue il Dettato.

Galileo, in fondo, vuole testimoniare che la separazione fra scienza e fede è utile ad entrambe, così come una loro mancata differenziazione, ovvero un'insufficiente cura dei loro peculiari ed inconfondibili caratteri, sarebbe per entrambe mortale.

"Galilei -scrive L. Benassi (in AA.VV., *Processi alla Chiesa*)- fu colui che, volendo innovare il metodo d'indagine nel regno della natura, trovò sulla sua strada la Chiesa Cattolica e il suo apparato repressivo e oscurantista,

l'Inquisizione; da questo fu obbligato ad una umiliante autoaccusa e sottoposto ad una lunga e dura carcerazione". Per G. De Santillana (*Processo a Galileo*), invece, Galilei "fu non solo gloria della scienza cattolica, ma difensore della fede". Queste due affermazioni occupano i due poli opposti della questione, rispetto alla quale appare difficile farsi un'idea per chi non vuole schierarsi "né contro la fede né contro la ragione". Anche noi abbiamo cercato di riflettere, tentando, per quanto possibile, di non chiuderci in steccati interpretativi e in conclusioni assolute, anche perché la realtà che viviamo dovrebbe impedircelo. "Il grosso problema delle religioni di stampo morale e basato sul timore -sostengono Dario, Giovanni e Giuseppe- è un limite intrinseco derivato dalla loro stessa natura: le suddette religioni sono di tipo dogmatico e non possono dunque accettare che le loro verità siano messe in discussione, poiché frutto della rivelazione divina. D'altro canto, il vero scienziato non può sottostare a scelte dogmatiche perché andrebbe contro il concetto stesso di scienza, ed è questo il problema che Galilei si è ritrovato ad affrontare; nonostante fosse profondamente credente, non poteva fare a meno di ritenere reali i suoi studi e le sue scoperte poiché avevano provocato in lui sensazioni ed emozioni fortissime ed erano basate su ferree leggi matematiche. Lo scienziato pisano era conscio del fatto che con le sue idee ed il suo metodo sperimentale stava per cambiare per sempre il modo di fare scienza e questo lo metteva in una condizione in cui pochi dopo di lui hanno avuto l'onore e l'onere di trovarsi: avere la possibilità, perorando la propria causa, di cambiare definitivamente una parte dell'umanità; Galilei era quindi animato da una energia spirituale che prescindeva dalla sua religione, ma che

era comunque di origine divina. Era l'energia data dal vedere i suoi sforzi ed i suoi sacrifici aprire nuove vie di ricerca e di riflessione in campo scientifico ma anche nel modo di vivere la religione Cristiana...". Aniello e Vincenzo ricordano Einstein: "L'esperienza di Galilei e dello stesso Einstein dimostrano che il vero scienziato, dopo lunghe ed estenuanti ricerche giunge al coronamento del suo sogno intellettuale, che non è un risultato eminentemente scientifico, ma è la comprensione dell'Universo nella sua totalità ed il raggiungimento di una religiosità "cosmica", l'idea di una divinità "pura", spoglia cioè della parte mitico-allegorica che contraddistingue gran parte delle tradizioni religiose; infatti le dottrine di quasi tutte le chiese, se ben ripulite con un sapiente lavoro di lima dalle parti superflue, sono riconducibili all'incirca agli stessi principi di base che possono essere riassunti in due in particolare: il credere nella divinità ed il rispettare il proprio prossimo (per dirlo con parole care ai cristiani). Questo tipo di religiosità è, dunque, per molti pensatori contemporanei il principale stimolo alla ricerca scientifica, poiché soltanto chi conosce gli sforzi necessari alla vera comprensione del reale ed il senso di impotenza che si trova quando si deve fronteggiare quel "qualcosa di impenetrabile" che è alla base dell'Universo può davvero comprendere la grandezza e la perfezione della divinità e del suo riflesso che si trova nella natura; per questo non a torto Einstein dice che "nella nostra epoca, votata in genere al materialismo, i soli uomini profondamente religiosi sono gli scienziati" (A. Einstein, *Idee ed Opinioni*). "Piuttosto che "martire" - sostengono Maria, Alessandra e Rachele- preferiamo definire Galilei un emblema, un simbolo per il pensiero filosofico e scientifico. Egli era un

credente, eppure trovò il coraggio di andare contro la sua stessa concezione religiosa pur di affermare la propria teoria. La battaglia culturale di Galileo terminò con una dura sconfitta sul piano umano, ma la sua lotta in favore della libera ricerca scientifica si concluse vittoriosamente". Virginia, Paola e Francesca ci invitano a meditare sulle parole di Giovanni Paolo II e che riguardano "il senso finale dell'impresa scientifica «che concerne quanto c'è di più profondo nell'essere umano allorché, trascendendo il mondo e se stesso, egli si rivolge a Colui che è il Creatore di ogni cosa». L'autentica necessità di chi si impegna nella ricerca scientifica continuerà ad essere, allora come oggi, l'intima consapevolezza «che il mondo non è un caos, ma un "cosmos", ossia che c'è un ordine e delle leggi naturali, che si lasciano apprendere e pensare, e che hanno pertanto una certa affinità con lo spirito»" (Discorso di Giovanni Paolo II alla Pontificia Accademia delle Scienze, 31 ottobre 1992). Anche Anna e Germana ricordano l'impegno di Giovanni Paolo II nell'opera di revisione delle precedenti posizioni della chiesa, quando afferma che "l'esperienza vissuta dalla Chiesa in occasione e in seguito al caso Galileo ha permesso una maturazione e una comprensione più giusta dell'autorità che è propria della Chiesa" e che "la

rivelazione divina, di cui la Chiesa è garante e testimone, non comporta di per sé alcuna teoria scientifica dell'universo e l'assistenza dello Spirito Santo non viene per nulla a garantire spiegazioni che vorremmo sostenere sulla costituzione fisica della realtà (...) che la chiesa, fondata da Cristo (...) resta tuttavia composta di uomini limitati e solidali con la loro epoca culturale" (in *L'Osservatore Romano*, 9-10 maggio 1983)". Per Simona ed Enrica la vicenda Galileo resta di estrema attualità, soprattutto per loro, generazione contemporanea, che sempre più deve fare i conti con questioni che sono al limite fra scienza ed etica, sia essa laica o cristiana. In fondo, "l'uomo, scoprendo la natura, scopre anche se stesso, il rapporto che ha con la natura scoperta e le conseguenze che tali scoperte hanno nella sua vita. L'uomo, come parte della natura, diventa a se stesso problema etico, questione che chiama in causa anche la religione, il suo essere cristiano".

La relativita' prima di Einstein

di
Angelo Santoro

Per introdurre storicamente e connotare i prodromi della RR, e , limitando queste righe a questa parte del grande e variegato lavoro di E. è sufficiente notare che la meccanica classica nel XIX secolo incontrò dei limiti nello studio dei fenomeni luminosi strettamente legati all'argomento di cui trattiamo che vedremo in seguito.

Peraltro il fisico italiano Leonardo Ricci andando a ritroso nel tempo , con una osservazione da erudito , sosteneva addirittura che la relatività in una visione di carattere più generale era già conosciuta nel medioevo, in particolare riferendosi a Dante canto XVII dell'Inferno vv115-117 " *Ella sen va notando lenta lenta /rota e discende, ma non me n'accorgo /se non che al viso e di sotto mi venta*"



Galileo Galilei; illustrazione del pittore Manlio Truscia

Ma lasciando da parte questa ardimentosa forzatura, dobbiamo risalire a Galileo con il suo Principio di relativita'

per il quale le leggi della meccanica hanno la stessa forma in tutti i sistemi inerziali(caratterizzati gli uni rispetto agli altri da un qualunque moto rettilineo uniforme), per trovare i segni precursori del lavoro che diede spunto nel 1905 alla R.R. di Einstein.

Un secondo punto utile per analizzare il lavoro degli scienziati che hanno preceduto E è che il fisico tedesco fece delle importanti critiche della meccanica classica, in particolare la legge di sommazione delle velocità dovuta a Newton così riassumibile: "*la velocità di un punto mobile P in un sistema S' in moto rispetto ad un sistema S è data dalla somma delle velocità di P rispetto a S' e della velocità di S' rispetto a S*".

Partendo da questi due punti, prima gli esperimenti di Fresnel, Young e Michelson Morley dopo, nonché Maxwell mostrarono che non vi era nessuna prova dell'esistenza dell'etere necessaria a sostenere la teoria ondulatoria della luce. Di poi anche l'esperimento di M-M non diede risultato, non rilevandosi fenomeni di interferenza in nessun caso, pertanto la velocità della luce è la stessa in tutte le direzioni di un sistema sia in moto che fermo; quindi non vale il principio di sommazione delle velocità.

Michelson nel 1881 eseguendo degli esperimenti, constatò che: "*l'ipotesi di un etere stazionario si è dimostrata scorretta, ne segue necessariamente che questa ipotesi è sbagliata*". Può sembrare a questo punto che i tempi fossero maturi per la stesura in forma quasi definitiva delle trasformazioni che poi presero il nome di Lorenz-Fitzgerald, infatti nel 1887 Voigt scrisse delle trasformazioni che con fattori differenti erano molto simili a quelle successive. Due anni più tardi Fitzgerald in un articolo inviato alla rivista Science sosteneva tra l'altro : "... le lunghezze dei corpi materiali cambiano a seconda che si muovano dentro l'etere o

attraverso di esso, di una quantità che dipende dal quadrato del rapporto tra le loro velocità e quella della luce". Si vede che la contrazione delle lunghezze come ipotizzato da Lorenz coincideva con le idee di Fitzgerald. Nel 1898 Larmor scrisse le sue trasformazioni che erano di fatto del tutto simili a quelle che nel 1899 scrisse finalmente Lorenz.

In entrambi i casi si evidenzia il concetto di contrazione delle lunghezze. Il passaggio definitivo alle trasformazioni della relatività ristretta fu fatto comunque da Poincaré che in più occasioni cominciò a mettere in discussione l'esistenza dell'etere giungendo ad asserire in un congresso, che osservatori con orologi in diversi sistemi di riferimento: *"segneranno ...il tempo locale ...come richiesto dal principio di relatività un osservatore non può sapere se si trova a riposo o in moto rettilineo uniforme"*.



Isacco Newton ; illustrazione del pittore Manlio Truscia

Quel che avvenne dopo vale a dire nel 1905 ad opera di Einstein è noto, forse è interessante notare come gli attori principali di questa teoria, Lorenz, e Poincaré prima, ed il fondatore Einstein, ebbero dei comportamenti particolari in varie occasioni, ed in special modo gli ultimi due, facendo finta in anni successivi di ignorarsi. Poincaré, in pubbliche conferenze, non evidenziò il lavoro di E e questi, i contributi dati da altri, nell'evidenziare i risultati del lavoro di M-M; anche Lorenz ebbe dei dubbi su alcuni aspetti rilevanti del lavoro di Einstein, IN particolare sulla velocità della luce e la inesistenza dell'etere. Anche i grandi scienziati hanno delle debolezze, "umani troppo umani".

La Relatività Ristretta di Einstein

di Germano Germani

*È più difficile disintegrare un pregiudizio
che un atomo.*
(A. Einstein)

.....

*stava all'erta, il fucile pronto. Lontano
cinquantamila anni-luce dalla patria, a
combattere su un mondo straniero e a
chiedersi se ce l'avrebbe mai fatta a
riportare a casa la pelle.*

*E allora vide uno di loro strisciare verso
di lui. Prese la mira e fece fuoco.*

*Il nemico emise quel verso strano,
agghiacciante, che tutti loro facevano,
poi non si mosse più.*

*Il verso e la vista del cadavere lo
fecero rabbrivire. Molti, col passare
del tempo, s'erano abituati, non ci
facevano più caso, ma lui no. Erano
creature troppo schifose, con solo due
braccia e due gambe, la pelle d'un bianco
nauseante, e senza squame (F. Brown).*

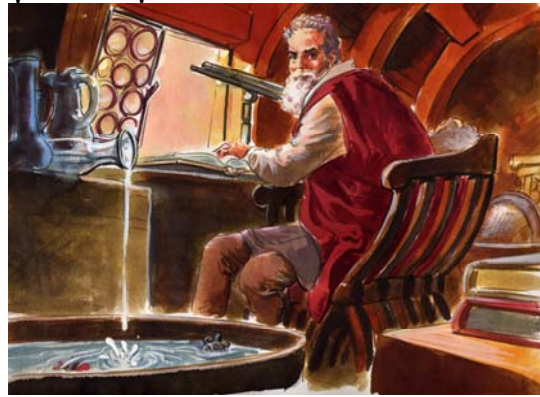
Ecco un bellissimo esempio di quello che
può definirsi *relativismo psicologico*:
naturalmente questo esempio nulla ha a
che vedere con la teoria della relatività,
e tuttavia quante persone, anche di una
certa cultura, sarebbero indotte a
concludere che *tutto è relativo*, magari
citando a testimonianza proprio A.
Einstein. Il fine che si propone A.
Einstein è invece proprio il contrario, in
quanto con la sua teoria egli riesce a
stabilire quali delle nostre conoscenze
hanno il valore di conoscenza scientifica,
in quanto indipendenti dal sistema di
riferimento nel quale vengono osservate.

Un pò di storia.

Le leggi dell'elettromagnetismo,
sintetizzate nelle quattro equazioni di
Maxwell, non sono consistenti con il
principio di relatività di Galileo.

In particolare la IV equazione sembra
presupporre l'esistenza di un sistema di
riferimento privilegiato, rispetto al quale
le onde elettromagnetiche (quindi anche

la luce), si propagano con velocità
 $c=300000$ km/sec. Perciò la misura della
velocità della luce in un particolare
sistema di riferimento consentirebbe di
stabilire lo stato di moto assoluto o di
quiete di quel sistema.



Galileo verifica il principio di relatività classica
all'interno di una nave che si muove di moto rettilineo
uniforme. illustrazione del pittore Manlio Truscia

Afferma Galileo nell'enunciare il suo
principio di relatività:

*Rinserratevi con qualche amico nella
maggiore stanza che sia sotto coperta di
alcun gran naviglio, e quivi fate d'aver
mosche, farfalle e simili animalletti
volanti; siavi anco un gran vaso d'acqua,
e dentrovi dei pascetti; suspendasi anco
in alto qualche secchiello, che a goccia a
goccia vadia versando dell'acqua in un
altro vaso di angusta bocca, che sia
posto a basso: e stando ferma la nave,
osservate diligentemente come quegli
animalletti volanti con pari velocità vanno
verso tutte le parti della stanza; i pesci
si vedranno andar notando
indifferentemente per tutti i versi; le
stille cadenti entreranno tutte nel vaso
sottoposto; e voi, gettando all'amico
alcuna cosa, non più gagliardamente la
dovrete gettare verso quella parte che
verso questa, quando le lontananze sieno
eguali; e saltando voi, come si dice a pié
giunti, eguali spazi passerete verso tutte
le parti.*

*Osservate che avrete diligentemente
tutte queste cose, benché niun dubbio ci
sia che mentre 'l vassello sta fermo non
debbano succedere così, fate muovere la*

nave con quanta si voglia velocità, ch  (purch  il moto sia uniforme e non fluttuante...) voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti, n  da alcuno di quelli potrete comprendere se la nave cammina oppure sta ferma...

Le trasformazioni di Galileo sono espresse dalle equazioni (*relativit  galileiana*):

$$x' = x + vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

dove x, y, z, t sono le coordinate nel sistema di riferimento O , mentre x', y', z', t' sono le coordinate dello stesso punto nel sistema O' . I due sistemi di riferimento sono in movimento l'uno rispetto all'altro con velocit  uniforme v . Si fa inoltre l'ipotesi che il moto avvenga nella direzione dell'asse x , per cui y e z restano invariate e che nell'istante $t=0$ le due origini coincidano. Il tempo invece   lo stesso nei due sistemi di riferimento indipendentemente dalla direzione del moto e dalla velocit . Dalle equazioni segue la legge di composizione delle velocit :

$$u' = u + v$$

Il famoso esperimento di Michelson e Morley neg  la possibilit  di dedurre lo stato di moto della Terra dalla variazione della velocit  della luce nei diversi sistemi di riferimento. La luce si propaga in tutte le direzioni sempre con la stessa velocit . In altre parole il principio di relativit  di Galileo conserva validit  anche se gli animaletti, il vaso d'acqua ecc. di Galileo vengono sostituiti con altrettanti fenomeni elettromagnetici.

Allora le equazioni della relativit  galileiana, in particolare la legge di composizione delle velocit , non possono

valere per i fenomeni elettromagnetici. Ci troviamo di fronte a tre possibilit :

- 1) Esiste un principio di relativit  per la meccanica ma non per l'elettrodinamica; le leggi dell'elettromagnetismo valgono solo in un sistema di riferimento privilegiato, ed   in questo sistema che la luce viaggia con velocit  c .
- 2) Il principio di relativit    valido sia per la meccanica che per l'elettricit , ma le equazioni di Maxwell devono essere modificate;
- 3) Il principio di relativit    valido, ma sono le leggi della meccanica che devono essere modificate.

Einstein scelse la terza via e, sulla base di due postulati, riformul  le equazioni della meccanica in quella che venne definita *la rivoluzione relativistica*.

I postulati.

- il principio di relativit    valido per tutti i fenomeni fisici, sia per quelli meccanici che per gli elettromagnetici (il principio di relativit  galileiana viene esteso a tutti i fenomeni);
- la velocit  della luce nel vuoto   la stessa per ogni osservatore in un sistema di riferimento inerziale, qualunque sia il moto relativo tra la sorgente che la emette e l'osservatore.

Il postulato della costanza della velocit  della luce (la velocit  di propagazione della luce   sempre la stessa indipendentemente da quella della sorgente che la emette), comporta dei fatti abbastanza curiosi. Ad esempio un'automobile procede con velocit  v e viene superata da una seconda automobile che procede con velocit  $2v$. Nel preciso istante in cui avviene il sorpasso la prima automobile accende i fari; un secondo dopo l'accensione dei fari la luce si trova a distanza c da

entrambe le automobili. Come può essere che nello stesso istante il raggio di luce si trovi alla stessa distanza da punti diversi? Infatti la prima automobile ha nel frattempo percorso la distanza v , la seconda ha percorso distanza $2v$; secondo la fisica classica la distanza tra il raggio di luce e la prima automobile dovrebbe essere $c-v$, mentre dalla seconda la distanza dovrebbe essere $c-2v$.

Se il postulato della costanza della velocità della luce è esatto, allora c'è un solo modo per spiegare una simile contraddizione, ed è di supporre che il conteggio del tempo sia influenzato dal moto; in altre parole, un secondo (inteso come intervallo di tempo) di un osservatore a terra non è lo stesso di quello di un osservatore in moto.

Il fine di Einstein è dunque quello di sostituire i concetti della fisica classica, con altri più rispondenti alle nuove esigenze. Uno di questi è l'intervallo spazio-temporale: non reggono più i concetti di spazio assoluto e di tempo assoluto; questi due enti vengono sostituiti da un unico ente, lo *spazio-tempo*; spazio e tempo infatti sono grandezze che si influenzano vicendevolmente.

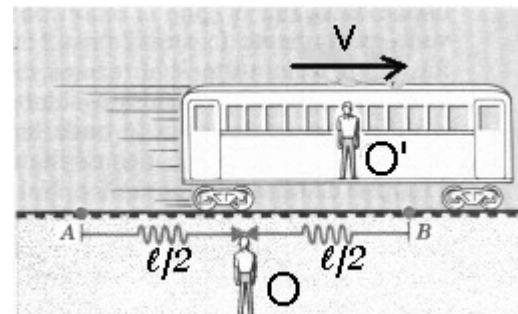
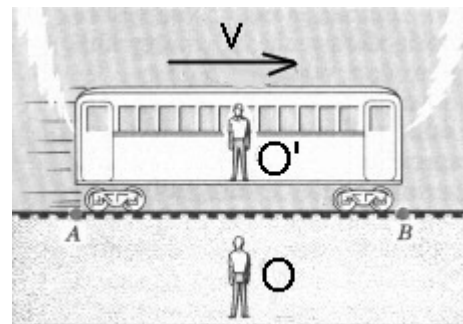
Per comprendere il significato di quanto detto, riconsideriamo il concetto di simultaneità.

Critica al concetto di simultaneità.

Nella fisica classica non sorge alcun dubbio quando si devono definire *simultanei* due eventi. Il postulato della costanza della velocità della luce mette in crisi questa certezza.

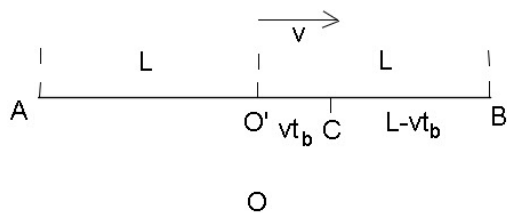
Consideriamo il seguente *Gedankenexperiment* (esperimento ideale, nella teoria della relatività abbondano gli esperimenti ideali); due impulsi luminosi partono contemporaneamente, visti da terra, dai due estremi A e B di un vagone; l'osservatore O , fisso a terra (riferimento inerziale), e l'osservatore

O' , solidale con il vagone, si trovano proprio a metà strada dagli estremi e non hanno difficoltà ad ammettere la simultaneità dei due avvenimenti quando il vagone è fermo. Ripetiamo lo stesso esperimento con il vagone in moto rettilineo ed uniforme rispetto al riferimento terrestre (entrambi i riferimenti sono quindi inerziali); quando O' passa all'altezza di O partono i due impulsi di luce; l'osservatore O vede i due lampi contemporaneamente ma non così O' .



Il segnale proveniente da B percorre uno spazio minore rispetto a quello che proviene da A perché nel frattempo O' è andato incontro al segnale di destra e si è allontanato da quello di sinistra. Perciò O' vedrà prima il segnale che proviene da B ; egli sa di trovarsi a metà strada tra A e B , sa di trovarsi in un sistema di riferimento inerziale e sa che la velocità della luce è sempre uguale a c indipendentemente dal moto delle sorgenti, perciò O' conclude che se vede prima il segnale proveniente da B , il motivo è che questo segnale è partito

prima. I due eventi non sono quindi simultanei per O' mentre continuano ad esserlo per O . Facilmente ci possiamo altresì convincere che osservatori diversi posti tra A e B , giudicheranno in maniera diversa la successione dei segnali. La conclusione però è che nessuno degli osservatori si sbaglia in quanto *realmente* per O' il segnale proveniente da B precede quello proveniente da A e non c'è nessuna possibilità di convincerlo del contrario come invece sarebbe possibile se al posto dei segnali luminosi si usassero segnali con velocità inferiore a c , ad esempio due segnali acustici emessi da A e da B . Sia infatti $2L$ la distanza tra A e B , v_s la velocità del suono e v la velocità del vagone.



Indichiamo con t_b il tempo impiegato dall'impulso B per pervenire all'osservatore che nel frattempo si è spostato in C ; lo spazio percorso da questo impulso è $L - vt_b$, ma la velocità del segnale è in questo caso $v_s - v$. Pertanto

$$L - vt_b = (v_s - v)t_b$$

da cui

$$t_b = \frac{L}{v_s}$$

nello stesso intervallo di tempo lo spazio S percorso dall'impulso A (che procede alla velocità $v_s + v$) è:

$$S = (v_s + v) \frac{L}{v_s} = L + vt_b$$

in conclusione quindi i due segnali giungono contemporaneamente in C in modo che entrambi gli osservatori li giudicheranno simultanei. È confermato quindi che la perdita della simultaneità, nel caso dei segnali di luce, è dovuta all'ipotesi che nessun segnale può avere velocità superiore a quella della luce nel vuoto.

Ma allora, si potrà obiettare, se vi sono posizioni dalle quali è possibile vedere un evento successivo precedere uno antecedente, sarà anche possibile osservare l'effetto prima della causa?

Questa eventualità è impossibile; supponiamo infatti, per fissare le idee, che il segnale di A venga emesso prima (anche per l'osservatore terrestre), ed il segnale di B venga emesso dopo un intervallo di tempo Δt ; se in questo intervallo di tempo il primo segnale ha percorso l'intera distanza AB , nessun osservatore giudicherà il segnale di B antecedente o simultaneo rispetto ad A ; l'ordine degli eventi è lo stesso per tutti gli osservatori. Se il segnale B è generato da A , ad esempio se B emette il suo segnale quando viene raggiunto dal segnale A , nessun osservatore potrà giudicare che sia il segnale B a precedere A . L'ordine degli eventi può essere diverso solo quando la distanza tra A e B è maggiore della distanza percorsa dalla luce nell'intervallo di tempo Δt che intercorre tra i due eventi misurato da un qualsiasi osservatore in un sistema di riferimento inerziale.

A questo punto però le trasformazioni di Galileo non sono più valide; occorre un nuovo gruppo di equazioni. Queste equazioni già esistevano in quanto erano state formulate da Lorentz come spiegazione del fallimento dell'esperimento di Michelson e Morley.

Le trasformazioni di Lorentz.

Le trasformazioni di Lorentz mettono in relazione le coordinate spaziali e temporali misurate da due osservatori in

moto l'uno rispetto all'altro con velocità costante v ; entrambi i sistemi di riferimento sono inerziali. Supponendo, per semplicità, che il moto avvenga nella sola direzione dell'asse x , in modo che le coordinate y e z restino invariate, le equazioni della trasformazione sono:

$$\begin{cases} x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ y' = y ; z' = z \\ t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{cases}$$

le coordinate accentate si riferiscono ad un osservatore, quelle non accentate all'altro, c indica la velocità della luce.

Si vede subito che se v è molto minore di c le trasformazioni di Lorentz coincidono con le equazioni di Galileo, tuttavia le prime non sono una semplice generalizzazione delle seconde in quanto ci dicono qualcosa in più sul piano concettuale: sanciscono infatti la esistenza di una unica entità *spazio-tempo* in cui lo spazio ed il tempo sono interdipendenti mentre nella fisica classica spazio e tempo sono entità separate ed indipendenti l'una dall'altra. Ad ogni modo Lorentz propose le suddette equazioni, accogliendo il suggerimento del fisico irlandese G.F. Fitzgerald, come ipotesi *ad hoc* per giustificare il risultato del famoso esperimento di Michelson e Morley; Fitzgerald aveva osservato che ammettendo la contrazione della lunghezza nel senso del moto di un fattore $\lambda = \sqrt{1 - v^2/c^2}$ i risultati dell'esperimento trovavano una spiegazione. La apparente assurdità, di fronte al senso comune, delle implicazioni conseguenti a tale gruppo di

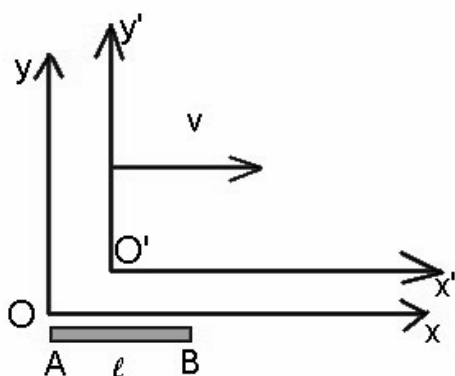
trasformazioni, avevano indotto Lorentz ad abbandonare questa speculazione. Einstein invece dimostra che tali equazioni sono conseguenza necessaria dei postulati da lui stesso indicati. Ma quali sono le sorprendenti implicazioni deducibili dalle trasformazioni di Lorentz? Già si è visto che il concetto di simultaneità non regge più; ma questo vuol dire anche che non può esistere un tempo universale uguale per tutti gli osservatori in qualunque parte dell'universo, quale invece era ipotizzato nella fisica classica.



Albert Einstein ; illustrazione del pittore Manlio Truscia

Contrazione delle lunghezze.

La relatività della simultaneità ha come conseguenza la contrazione delle lunghezze. Consideriamo un regolo AB in quiete nel riferimento O e di lunghezza l , misurata in questo sistema di riferimento. Per semplicità supponiamo che l'estremo A coincida con l'origine O .



Misuriamo il tempo a partire dall'istante in cui O e O' coincidono, pertanto $t_1 = t'_1 = 0$; $x_1 = x'_1 = 0$.

O' si muove con velocità uniforme nella direzione dell'asse x e quando raggiunge l'estremo B dell'asta il suo orologio segna t' mentre l'orologio di O segna $t = \ell/v$. Per O' la lunghezza dell'asta è vt' (v è la velocità con la quale O' vede scorrere il regolo verso sinistra). Pertanto:

$$\ell' = vt' = v \frac{t - \frac{v}{c^2} \ell}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = v \frac{\frac{\ell}{v} - \frac{v}{c^2} \ell}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} =$$

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

dunque l'osservatore O' vedrà l'asta AB contratta del fattore

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

per il principio di relatività O vedrà un'asta uguale alla prima ma solidale con O' , contratta dello stesso fattore. Le dimensioni perpendicolari alla direzione del moto non subiscono invece contrazione, infatti le coordinate y e z restano costanti.

Dilatazione del tempo

La dilatazione del tempo richiede una più accurata argomentazione. Consideriamo un orologio molto particolare, formato da due specchi paralleli posti ad esempio alle estremità di un tubo di lunghezza D (fig.1).

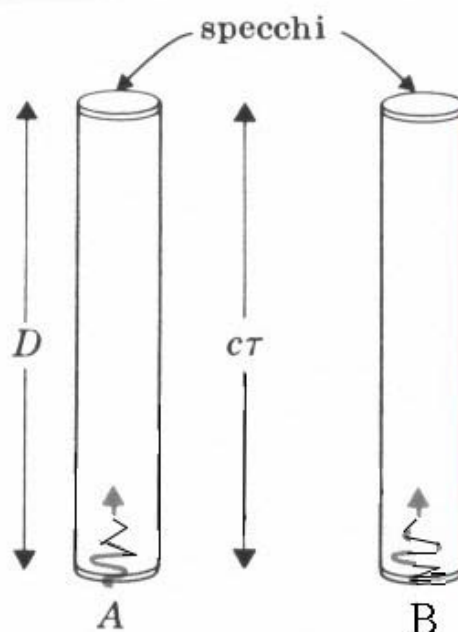


Figura 1: Da A e B partono contemporaneamente due raggi di luce; se A e B sono entrambi fermi, il tempo impiegato dalla luce a raggiungere lo specchio superiore nei due casi è lo stesso. (Tratta da Orear: Fisica generale vol. II - Zanichelli)

Un raggio di luce parte dallo specchio inferiore, viene riflesso da quello posto superiormente e torna indietro. Assumiamo come unità di misura l'intervallo di tempo che intercorre tra una riflessione e l'altra; tale intervallo di tempo è $\tau = D/c$. Consideriamo ora un secondo orologio perfettamente uguale al primo e con esso sincronizzato; questo secondo orologio, mantenendosi parallelo al primo, si sposta, ad esempio, verso destra con velocità v .

Poiché la sua lunghezza si mantiene perpendicolare alla direzione del moto,

non vi è contrazione della lunghezza che quindi rimane invariata anche per un osservatore O solidale con il primo orologio.

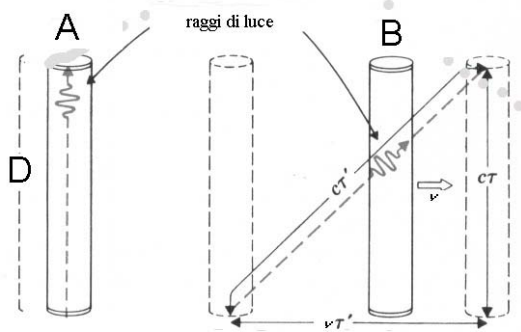


Figura 2: Adesso B si muove verso destra con velocità v ; poiché lo spostamento è perpendicolare alla lunghezza, non vi è contrazione. (Figura tratta da Orear op. citata)

Il raggio di luce dunque nel secondo caso deve percorrere una distanza maggiore e poiché la velocità è la stessa per entrambi gli osservatori, ne deriva che l'unità di misura del tempo di O' è maggiore di quella di O . Sia τ' tale unità di misura; applicando il teorema di Pitagora (v. figura), si ricava

$$(c\tau')^2 = (v\tau')^2 + (c\tau)^2$$

$$(c^2 - v^2)\tau'^2 = c^2\tau^2$$

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

Dunque l'unità di misura del tempo di O' è aumentata del fattore $1/\lambda$ rispetto all'analogia unità di misura di O .

Dal punto di vista invece della fisica classica il ragionamento sarebbe questo: la somma vettoriale delle velocità, nel caso B, dà come risultante, in modulo:

$$c' = \sqrt{c^2 + v^2}$$

lo spazio percorso è:

$$D' = \sqrt{D^2 + v^2\tau^2} = \sqrt{c^2\tau^2 + v^2\tau^2} = \tau\sqrt{c^2 + v^2}$$

il tempo impiegato quindi è:

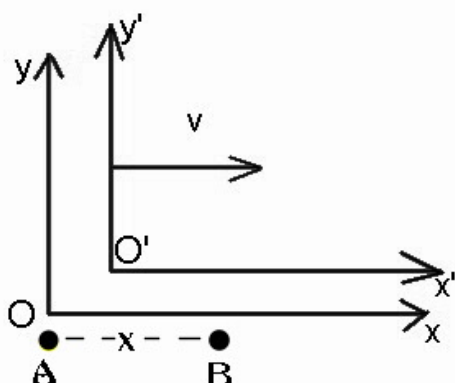
$$\tau' = \frac{D'}{c'} = \frac{\tau\sqrt{c^2 + v^2}}{\sqrt{c^2 + v^2}} = \tau$$

Per stabilire quindi se la fisica classica deve essere sostituita dalla nuova fisica relativistica occorre una prova sperimentale. Siamo qui di fronte infatti a due modelli interpretativi della realtà fisica che conducono a risultati diversi; solo una prova sperimentale sarà in grado di dirci quale dei due deve essere conservato.

Ma allora se le distanze sono relative, gli intervalli di tempo sono relativi, tutti i moti sono relativi, qual è la validità della conoscenza fisica? Cosa si salva nella miriade di moti relativi che ci circonda?

L'intervallo spazio-temporale.

Sia L la distanza tra i due eventi e t il tempo impiegato dalla luce a percorrerla, allora $L=ct$; se per un secondo osservatore la suddetta distanza è L' e il tempo impiegato dalla luce a percorrerla è t' , deve comunque essere $L'=ct'$ in quanto la velocità della luce c è la stessa per entrambi gli osservatori; ma allora $L/t=L'/t'$. Questo ci fa capire che anche nella teoria della relatività esistono grandezze indipendenti dal particolare sistema di riferimento inerziale. Una di queste è l'intervallo spazio-temporale.



L'osservatore O registra il verificarsi, a distanza di tempo t , di due eventi A e B in due luoghi posti a distanza x l'uno dall'altro. Per semplificare il ragionamento supponiamo che l'evento A si verifichi al passaggio di O' per O e quindi nell'istante zero per entrambi gli osservatori. Quindi per O l'evento B si verifica dopo un tempo t a distanza x da A; per O' l'evento B si verifica a distanza x' da A dopo un intervallo di tempo t' . Allora:

$$\begin{aligned}
 x'^2 - c^2 t'^2 &= \\
 &= \frac{x^2 + v^2 t^2 - 2vxt}{(1 - \frac{v^2}{c^2})} - c^2 \frac{t^2 + \frac{v^2}{c^4} x^2 - 2\frac{v}{c^2} tx}{(1 - \frac{v^2}{c^2})} = \\
 &= \frac{x^2 + v^2 t^2 - 2vxt - v^2 t^2 - \frac{v^2}{c^2} x^2 + 2vxt}{(1 - \frac{v^2}{c^2})} = \\
 &= \frac{(1 - \frac{v^2}{c^2})x^2 - c^2 t^2 (1 - \frac{v^2}{c^2})}{(1 - \frac{v^2}{c^2})} = x^2 - c^2 t^2
 \end{aligned}$$

dunque l'espressione $x^2 - c^2 t^2$ è invariante rispetto alle trasformazioni di Lorentz; più in generale è invariante l'espressione

$$dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$$

questa espressione prende il nome di *intervallo spazio-temporale*; il suo valore è indipendente dal particolare sistema di riferimento. Se si trova che in un sistema di riferimento inerziale

l'intervallo spazio-temporale è positivo, allora il suo valore continuerà ad essere positivo in qualsiasi altro sistema di riferimento in moto rispetto al primo di moto rettilineo ed uniforme. Un intervallo spazio-temporale positivo si chiama intervallo spaziale, e tale è senz'altro il caso di due eventi simultanei per un osservatore inerziale e che si verificano in posti diversi (per questo osservatore $dt=0$); in questo caso l'ordine con cui si verificano gli eventi non è determinato essendo relativo al particolare sistema di riferimento.

Se invece l'intervallo spazio-temporale è negativo, esso prende il nome di intervallo temporale; tale, ad esempio, è il caso di due eventi che si verificano nello stesso posto in tempi diversi; in questo caso l'ordine con cui si manifestano i due eventi è univocamente determinato e non dipende dal particolare sistema di riferimento.

Analogo è il caso dell'intervallo spazio-temporale uguale a zero; in questo caso infatti la distanza tra i due eventi è proprio uguale alla distanza percorsa dalla luce nell'intervallo di tempo che li separa; per tutti gli osservatori l'intervallo di luce è uguale a zero.

Nessun evento può propagarsi ad una velocità superiore alla velocità della luce; se così fosse esisterebbe certo qualche particolare osservatore inerziale in grado di vedere l'effetto prima della causa. Ad esempio se gli effetti della gravitazione si propagassero con velocità maggiore di quella della luce potrebbe verificarsi il fenomeno qui di seguito descritto.

Poiché la scomparsa di un pianeta del sistema solare determinerebbe qualche variazione nell'orbita della Terra, noi assisteremmo prima al mutamento dell'orbita e poi, forse, alla causa da cui è stata generata. Se ciò non è possibile è proprio perché gli effetti gravitazionali

si propagano con velocità al più uguale a quella della luce.

Come variano le leggi della meccanica.

La composizione delle velocità.

Un corpo si muove verso destra con velocità u , un secondo corpo procede in direzione opposta con velocità v ; qual è la velocità u' del primo oggetto valutata da un osservatore posto sul secondo? La fisica classica risponde $u'=u+v$. Per la fisica relativistica invece:

$$1) \quad u' = \frac{u + v}{1 + \frac{uv}{c^2}}$$

in tal modo:

$$\lim_{u \rightarrow c} u' = \frac{c + v}{1 + \frac{v}{c}} = c$$

la velocità risultante non può mai eguagliare c , e questo è vero non solo quando u tende a c ma anche se contemporaneamente è v tendente a c , come è facile verificare. Due ipotetici osservatori su due raggi di luce che si propagano in versi opposti lungo la stessa direzione, un secondo dopo il loro incontro si troverebbero a distanza c .

Come si giustifica la legge di composizione delle velocità?

Dalle equazioni di Lorentz si ricava:

$$\frac{x'}{t'} = \frac{x + vt}{t + \frac{v}{c^2} x}$$

dividendo numeratore e denominatore del secondo membro per t si ricava appunto la 1).

La conservazione della quantità di moto.

Una grandezza si dice invariante rispetto ad un gruppo di trasformazioni se il suo valore numerico non varia; tale è appunto

l'intervallo spazio-temporale; una relazione si dice covariante rispetto ad un gruppo di trasformazioni se la sua forma algebrica non varia (il suo valore numerico invece può variare da un sistema di riferimento ad un altro).

Il principio di conservazione della quantità di moto, nella sua formulazione classica, è covariante rispetto a trasformazioni galileiane, ma non lo è rispetto alle trasformazioni di Lorentz. Ma il primo postulato della teoria della relatività afferma che tutte le leggi fisiche devono essere le stesse in tutti i sistemi di riferimento inerziali. Se dunque il suddetto principio deve soddisfare la relazione di covarianza rispetto alle trasformazioni di Lorentz, la sua espressione algebrica deve essere opportunamente modificata.

Consideriamo, al solito, due sistemi di riferimento, il primo di origine O , che supporremo in quiete, il secondo di origine O' in moto rispetto ad O con velocità uniforme v . Due particelle, una nel sistema O e l'altra in O' hanno la stessa massa m_0 e procedono con velocità u e u' rispettivamente (la prima misurata da O e la seconda da O') perpendicolari rispetto alla direzione di v . Le due particelle si urtano centralmente in modo che le velocità u_1 e u'_1 dopo l'urto siano ancora perpendicolari rispetto alla direzione di v . Come valuta l'osservatore O il moto della particella in O' ? Egli non nota nessuna differenza per quanto riguarda le lunghezze, infatti la contrazione delle lunghezze si manifesta nella stessa direzione di v ma le particelle si muovono, sia prima che dopo l'urto, in direzione perpendicolare a v . Quello che accade invece è che l'orologio di O' segna il tempo più lentamente del suo, perciò O valuta che la velocità della massa in O' è minore secondo il fattore di dilatazione del tempo della velocità della velocità della stessa particella

misurata da O' . Se la velocità è minore e se è sempre valida la conservazione della quantità di moto, allora O deve dedurre che la massa usata da O' è maggiore della propria secondo la quantità $1/\sqrt{1-\beta^2}$.

Naturalmente O' giungerebbe alle stesse conclusioni rispetto alle misure effettuate da O . Perciò entrambi gli osservatori sono d'accordo sul fatto che la massa di un oggetto in movimento è maggiore della massa dello stesso oggetto in quiete. Gli effetti relativistici infatti sono sempre simmetrici rispetto a due osservatori in moto relativo l'uno rispetto all'altro (purché tale moto sia uniforme, ossia non accelerato).

La massa di un oggetto misurata in un sistema di riferimento in quiete rispetto all'oggetto stesso è denotata con m_0 ed è chiamata *massa a riposo* o *massa propria*.

La massa misurata da un osservatore che si muove con velocità v rispetto all'oggetto è pertanto (*massa relativistica*):

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

la massa quindi non è più una grandezza invariabile caratteristica di ogni corpo, ma è essa stessa funzione della velocità. Poiché

$$\lim_{v \rightarrow c} m = +\infty$$

si deve concludere che nessuna particella materiale può raggiungere o superare la velocità della luce e, a causa della regola per la composizione delle velocità, in ogni sistema di riferimento una particella materiale si muove con velocità inferiore a quella della luce.

La seconda legge della dinamica
La seconda legge della dinamica a sua volta è covariante rispetto alle

trasformazioni di Lorentz, purché si assuma come massa di un oggetto la sua *massa relativistica*.

Ciò implica, in particolare, che una forza costante applicata ad un oggetto non genera una accelerazione costante in quanto l'aumento di velocità comporta un aumento di massa e quindi, a parità di forza, una accelerazione tendente a zero. Quando la velocità diventa prossima alla velocità della luce, la massa è talmente grande da impedire ulteriori accelerazioni.

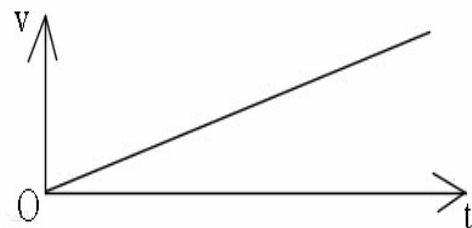


Figura 3: secondo la fisica classica la velocità, a parità di forza applicata, cresce senza limitazioni. La pendenza della retta è l'accelerazione.

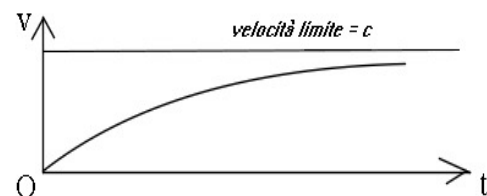


Figura 4: nella fisica relativistica invece la velocità tende asintoticamente al valore limite c ; l'accelerazione è la pendenza della curva e tende a zero.

Equivalenza tra massa ed energia.

Era già noto che un fascio di luce è in grado di generare una pressione (v. radiometro di Crookes); era stata proposta la formula empirica

$$P_{luce} = \frac{2E}{c}$$

nella quale E rappresenta l'energia del fascio incidente nell'unità di tempo sullo specchio (nel sistema cgs) e c indica, al solito, la velocità della luce nel vuoto. Ma dalla meccanica sappiamo anche che

tale pressione equivale alla variazione della quantità di moto, $2mv$, della particella che urta la parete. Attribuendo quindi alla luce incidente massa m , la sua variazione di quantità di moto è $2mc$. Eguagliando con la precedente espressione si deduce:

$$E = mc^2$$

questa è la famosa legge di Einstein sulla equivalenza tra la massa e l'energia, la quale assicura all'imponderabile energia radiante della fisica classica, una corrispondenza con la normale materia ponderabile. Secondo questa equivalenza il Sole perde circa 4×10^{11} tonnellate della sua massa in un giorno emettendo energia radiante nello spazio.

Le prove.

Quali sono le prove a sostegno della teoria formulata da A. Einstein? Malgrado le difficoltà operative legate alla condizione che gli effetti relativistici si manifestano a velocità prossime alla velocità della luce, esiste ormai una abbondanza di prove sperimentali molto convincenti. Accenneremo qui a due di queste.

La dilatazione del tempo.

Quando particelle di altissima energia colpiscono come proiettili un nucleo atomico, è possibile che dall'urto escano altre particelle che normalmente si trovano all'interno del nucleo. Queste nuove particelle sono instabili, hanno cioè una vita media molto breve per poi decadere in altre particelle. Ad esempio il "*pione*", che normalmente vive nel nucleo allo stato nascosto, una volta liberato ha una vita media, misurata quando è fermo, di circa 10 nanosecondi (10×10^{-9} sec), quindi decade dando origine ad altre due particelle, tra queste il "*muone*", la cui vita media è circa un milionesimo di secondo (10^{-6} sec).

"Pioni" e "muoni" che anche ad altissime velocità, secondo la fisica classica, potrebbero percorrere solo brevi tratti, in realtà riescono a percorrere, in determinate occasioni, percorsi molto lunghi. Queste osservazioni sono state condotte su di un fenomeno naturale.

È noto che lo spazio al di fuori dell'atmosfera è continuamente percorso da protoni di altissima energia generati nei processi che avvengono nelle stelle. Questi protoni raggiungono la parte alta della nostra atmosfera e colpiscono nuclei di atomi ivi presenti. Nell'urto si generano pioni che decadono rapidamente in muoni molto veloci. Questi ultimi giungono al suolo e vengono registrati da opportuni contatori di particelle.

La vita media del muone è, come si è detto, circa un microsecondo, e quindi anche alla velocità della luce potrebbe percorrere al più qualche centinaio di metri. Come è possibile invece che il muone riesca a percorrere vari chilometri?

Se accettiamo la teoria della relatività, allora la spiegazione è la seguente. Poiché i muoni si muovono rispetto a noi ad altissima velocità, noi vediamo il loro tempo trascorrere molto più lentamente del nostro, ed in questo tempo lo spazio che percorrono è di qualche chilometro invece che qualche decina di metri.

Ma dal punto di vista dei muoni le cose non vanno proprio così; infatti nel loro sistema di riferimento i muoni sono fermi ed il tempo scorre normalmente, cioè la loro vita media rimane sempre un microsecondo. Però i muoni vedono l'atmosfera scorrere verso l'alto ad altissima velocità e, per l'effetto relativistico della contrazione delle lunghezze, lo spessore di qualche chilometro si riduce a poche decine di metri, che il muone è in grado di attraversare nel corso della sua vita media.

L'aumento della massa.

Sappiamo, dalla teoria degli urti elastici, che se una massa urta centralmente ed elasticamente con velocità v una seconda massa inizialmente ferma, allora, se le due masse sono uguali, accade che la massa urtante si arresta e la massa inizialmente ferma si mette in moto con velocità v .

Secondo la fisica classica la stessa cosa dovrebbe accadere nell'urto tra particelle della stessa massa, ad esempio nell'urto tra due protoni, anche se l'urto avviene a velocità molto elevata.

Un protone può essere accelerato fino a raggiungere velocità molto prossime a quella della luce. In questa circostanza l'urto avviene con modalità diverse rispetto a quelle previste dalla fisica classica. Nei grandi acceleratori di particelle l'energia dei protoni proiettile è così grande che la loro massa, in accordo con le previsioni della teoria della relatività, diventa decine di volte maggiore per effetto relativistico rispetto alla massa a riposo.

Perciò l'urto non avviene tra particelle della stessa massa, ma tra particelle di massa assai diversa ed infatti il protone proiettile non si ferma, ma prosegue la sua corsa con velocità leggermente inferiore.

La dinamica delle alte velocità è quindi ben diversa da quanto prevede la fisica classica. Nei laboratori di ricerca vengono studiati urti di particelle dotate di grande energia con bersagli fermi. Effettivamente i fenomeni che si verificano non trovano spiegazione nell'ambito della fisica classica, trovano invece una convincente spiegazione se applichiamo la dinamica relativistica. D'altra parte però la fisica relativistica non esclude del tutto la fisica classica; questa infatti funziona molto bene quando i fenomeni presi in considerazione non implicano velocità elevate. Possiamo

perciò a ragione considerare la fisica classica come una valida approssimazione della relativistica quando le velocità in gioco sono una piccola frazione della velocità della luce.

Conclusioni.

Da tempo immemorabile lo spazio ed il tempo erano considerati due enti indipendenti; nei suoi *Principia* il grande Newton scriveva:

Lo spazio assoluto, per sua natura, resta tale ed invariabile senza alcuna relazione con l'esterno.

Il tempo assoluto, vero e matematico, per sua natura scorre allo stesso modo, senza alcuna relazione con l'esterno.

I concetti newtoniani di *spazio proprio* e *tempo proprio* della fisica classica possono ormai essere considerati superati; essi vanno sostituiti da un unico ente fisico, lo *spazio-tempo*. Per ciascun corpo vi è un definito ordine di tempo riguardante gli avvenimenti che si verificano nelle sue vicinanze; lo possiamo chiamare il *tempo proprio* di quel corpo. Ogni orologio fornisce una misura esatta del suo *tempo proprio*, ma non fornisce una misura esatta delle grandezze fisiche che si riferiscono ad avvenimenti attinenti a corpi in rapido movimento rispetto ad esso. Fornisce un dato che deve essere combinato con un altro dato dedotto dalla misura delle distanze spaziali. Lo spazio in sé è una grandezza relativa, come lo sono il tempo ed il moto. Tuttavia dire che ogni moto è relativo non significa sminuire il valore della conoscenza fisica del fenomeno in quanto le leggi del moto sono comunque le stesse per ogni osservatore inerziale:

La fisica si propone di fornire informazioni su quel che realmente accade nel mondo fisico e non soltanto sulle singole percezioni dei diversi osservatori. Quindi la fisica deve occuparsi di quegli aspetti di un processo fisico che si presentano in comune a

tutti gli osservatori, dato che soltanto questi aspetti possono essere giudicati attinenti al fenomeno fisico stesso. Ciò esige che le leggi dei fenomeni siano sempre le stesse, sia che i fenomeni vengano descritti come appaiono ad un osservatore, sia che vengano descritti come appaiono ad un altro (B. Russell).

La *soggettività* di cui parla la teoria della relatività non dipende dal nostro modo di pensare è una *soggettività fisica*, che esisterebbe comunque, anche se nell'universo non ci fosse niente di simile ai nostri cervelli. La teoria non dice che *tutto è relativo*, al contrario mette a disposizione una tecnica per distinguere ciò che è relativo da ciò che a buon diritto può essere considerato un fenomeno fisico. È un equivoco piuttosto diffuso considerare la teoria della relatività come un aspetto del *relativismo filosofico*. Non solo non è relativismo, ma potrebbe, a ragione, essere chiamata teoria degli *invarianti*, ossia delle grandezze fisiche non relative ai sistemi di riferimento. Però in questo caso non avrebbe forse avuto la stessa risonanza, in quanto sarebbe rimasta confinata in ambito fisico-matematico. Il termine *relativo* è certo più comune del termine *invariante* ed ha una più vasta accezione. Diremo che qualsiasi termine può andare bene, purché poi non si giochi sul significato della parola allo scopo di travisarne il contenuto.

Il sarto del villaggio aveva letto "*I Reali di Francia*" di Andrea da Barberino ed era per questo motivo ritenuto dai suoi compaesani *uomo di talento e di scienza*; ma anche la cultura, si sa, è un fatto relativo.

Bibliografia:

- F. Brown: Sentry (1954) - Mondadori
- B. Russell: L'ABC della Relatività (1960) - Longanesi&C
- V. Silvestrini: Guida alla teoria della relatività (1982) - Editori Riuniti
- Marion: La fisica e l'universo fisico vol. III (1976) - Zanichelli
- Orear: Fisica generale vol. II (1970) - Zanichelli
- Davies: Spazio e tempo nell'universo moderno (1980) - Laterza
- Bergmann: L'enigma della gravitazione (1969) - EST Mondadori
- Gamow: Biografia della fisica (1972) - EST Mondadori
- Storia del pensiero filosofico e scientifico (a cura di L. Geymonat) vol. V - Garzanti

A PROPOSITO DI EINSTEIN...

di Chiara Bruno VC

"Non ho un particolare talento, sono solo appassionatamente curioso".
"Appassionatamente curioso" : è così che amava definirsi il più grande scienziato di tutti i tempi, una mente che illuminò il mondo con la sua teoria della relatività e volle preservarne l'umanità in un commovente testamento spirituale. L'uomo che scoprì l'energia atomica e che a 17 anni scriveva di essere "troppo soddisfatto del presente per pensare al futuro", evidentemente non si aspettava di diventare a breve una sorta di Re Mida mass-mediatico. "Proprio come nella leggenda dell'uomo che tramutava in oro tutto ciò che toccava, con me tutto si trasforma in un gran baccano sulla stampa", affermava con sarcastico disappunto in una lettera del 1920. Non geniale, né brillante, semplicemente "curioso", naturalmente affetto da quella curiosità che è guidata da un istinto irrefrenabile e da un'innata passione per tutto ciò che anima il cosmo. Irrimediabilmente attratto dalla possibilità di trovare una risposta, una motivazione, una finestra su quei fenomeni apparentemente impenetrabili che abitano la nostra vita. Innegabilmente profetico. Palesemente geniale. Chiaramente unico. Talmente grande che quest'anno, l'"anno europeo della fisica", è dedicato a lui, al ragazzo che, innamoratosi perdutamente delle scienze e della matematica, vi si dedicò anima e corpo da autodidatta, all'uomo che nel 1921 vinse il premio Nobel. Allo scienziato che dovette lottare contro i pregiudizi e contro l'ipse dixit, contro le guerre, contro la catastrofe e la tragica irrazionalità dell'antisemitismo. Una realtà tanto insensata quanto cruda, con la quale anche il genio dovette ben presto fare i conti. Il suo nome nello schedario criminale e una taglia di

cinquantamila marchi sulla sua testa inserivano ufficialmente Einstein nell'ingente, mostruoso numero delle vittime della persecuzione nazista. Ma non ne fu sorpreso. "Se verrà dimostrato che la mia teoria della relatività è valida, la Germania dirà che sono tedesco e la Francia che sono cittadino del mondo. Se la mia teoria dovesse essere errata, la Francia dirà che sono tedesco e la Germania che sono un ebreo". D'altra parte lo scienziato incarnava tutto ciò che il cieco estremismo non poteva tollerare: intellettuale, ebreo individualista, pacifista dichiarato e convinto, consapevole delle responsabilità della scienza. Lo stesso nome della sua teoria più famosa appariva come un'implicita sfida della necessità di certezze e miti espressa dal regime. Decisamente contro la soluzione armata di ogni conflitto, il suo pacifismo trovava origine in un "sentimento istintivo", che nasceva dalla semplice, "scientifica" considerazione che "l'omicidio è ripugnante". Albert Einstein non fu soltanto un grande, geniale scienziato, ma fu anche, soprattutto, profondamente uomo. La sua figura incarna la moralità, la consapevolezza della responsabilità, la fiducia nell'uomo e nel mondo, la speranza in una scienza idealmente svincolata dall'apparato bellico, che non sia fautrice di macchine di morte. "Non fate mai nulla contro la vostra coscienza, anche se è lo stato a chiedervelo".

Come tutti i grandi uomini del passato, le sue parole riecheggiano ancora nelle camere del tempo, come un monito scandito dai rintocchi della modernità, che non accenna ad arrestarsi un attimo per lasciare spazio alla riflessione etica. Come tutti i grandi uomini del passato, in qualunque campo essi abbiano ammirevolmente operato, egli si propone come un modello da seguire, come il precursore di una nuova era, in cui il

binomio scienza e guerra si svuoti definitivamente di ogni senso, in cui la fede possa illuminare il genio, dando vita a ciò che la mente umana, senza un supporto superiore, non avrebbe potuto concepire. Perché "la scienza senza religione è zoppa; la religione senza scienza è cieca". Egli ci ha aperto la strada. Tocca a noi, soltanto a noi e a quelli che verranno, fare in modo che il pensiero di quest' uomo non venga impietosamente reciso dalle forbici del tempo.

Sull'ebraismo di A. Einstein

di Antonio Mastantuoni

Essere ebrei oggi? La peculiarità della domanda non può non porre l' "oggi" in un presente che è, insieme, passato -storia e tradizione- e futuro -storia e messianesimo. Che cosa vuol dire essere ebrei? Il senso di questa domanda è custodito dentro la storia del popolo ebraico e continuamente ritorna, nell'oggi di ogni giorno, ancor più nell'oggi in cui quella domanda diventa, forse, più attuale.



Albert Einstein con la prima moglie, Mileva Maritsch

"Perché ci sentiamo Ebrei? Forse perché siamo veramente tali? E che cosa vuol dire essere Ebrei? Ponendovi oggi tale quesito io non intendo parlarvi di astrazioni, ma della nostra vita, della nostra vita, considerata non nelle sue forme esterne, ma nell'intimo suo diritto e nella sua sostanza viva". Così M. Buber inizia, intorno al primo ventennio del secolo scorso, i suoi "Discorsi sull'Ebraismo", un'analisi sull'identità ebraica tutta tesa a chiarire il senso di un "rinnovamento dell'Ebraismo".

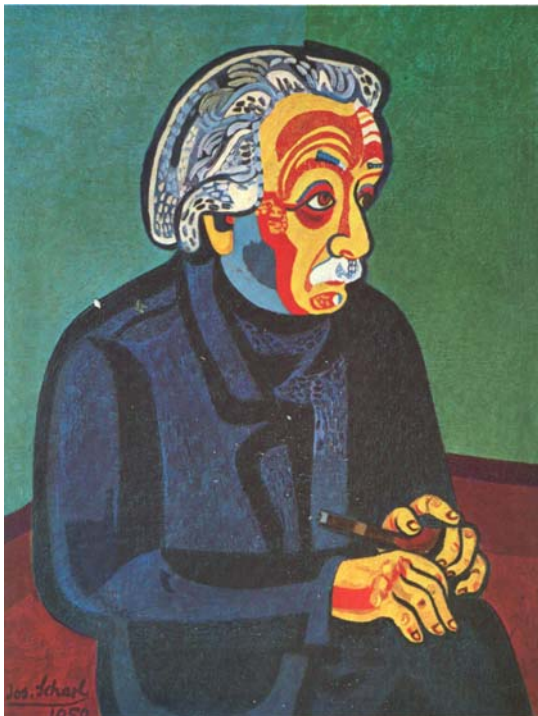
"Che cosa è un ebreo?". La fede è, secondo Einstein, soltanto uno degli elementi caratteristici della comunità ebraica. A rendere più evidente il

legame che ha unito e unisce gli ebrei sono, a suo dire, "l'ideale democratico della giustizia sociale" -inteso nella prospettiva dell'"aiuto reciproco" e della "tolleranza tra tutti gli uomini"- e "l'alta considerazione" posta dalla tradizione ebraica "verso ogni aspetto della vita intellettuale e spirituale". E' su questi caratteri che si fondano l'identità di un gruppo, di una comunità, e, insieme, l'individualità storica di un popolo che, come quello ebraico, è animato da un forte "desiderio di indipendenza personale".

Basterebbero queste poche affermazioni per osservare che se di un gruppo e di una comunità qui si tratta, è altrettanto corretto pensare ad una singolarità il cui valore va ben oltre i chiusi confini di una razza. Si potrebbe condividere il pensiero che D. Lattes, in quegli stessi anni, mutua dal suo maestro E. Benamozegh: "Israele per l'umanità". Einstein, da una prospettiva tipicamente laica ma non meno sensibile alla questione religiosa, sostiene: "Noi ebrei dovremmo essere e restare i portatori e i sostenitori dei valori spirituali (...) consapevoli del fatto che questi valori spirituali sono e sono stati sempre la meta comune di tutta l'umanità".

Al di là di questi confronti che ad un attento filologo potrebbero apparire delle forzature, resta l'immagine di un ebreo specchio dell'uomo. Il grande contributo che gli ebrei hanno offerto nel campo intellettuale non dipende, secondo Einstein, da una "singolare ricchezza di qualità" (da qualità specifiche di una razza), ma semplicemente "dal fatto che l'alta considerazione in cui è tenuto tra gli ebrei il lavoro intellettuale crei una atmosfera particolarmente favorevole all'affermarsi di tutte le possibili qualità". "La tragedia degli ebrei è che si tratta di un popolo dalla precisa individualità storica, ma senza il

soccorso di una comunità che lo tenga unito". Einstein descrive quello che, nella Germania del tempo, era davanti agli occhi di tutti: "Ho visto ebrei di valore vilmente derisi e quella vista ha fatto sanguinare il mio cuore. Ho visto la scuola, i giornali satirici e gli altri innumerevoli strumenti culturali della maggioranza non ebrea minare ogni senso di dignità, persino tra i migliori degli Ebrei, e ho sentito che non era possibile sopportarlo più a lungo" (1929). E' l'intelligenza ad essere derisa e vilipesa e lo è proprio da una comunità che non l'accoglie, non la tollera e la violenta. Un'intelligenza senza comunità resta indifesa e corre il rischio di scomparire. Più in generale, l'odio per gli ebrei matura parallelamente allo stato di insicurezza in cui essi vivono, e quest'ultimo, a sua volta, può determinare ed accentuare uno stato di sottomissione a cui essi stessi corrono il rischio di sottostare.



Albert Einstein in un ritratto (1950) di Josef Scharl .

L'ebreo Einstein è drammaticamente consapevole dei falsi-veri su cui si

fondano le accuse contro il suo popolo. Accuse vecchie e nuove, mutate in breve volgere di tempo, ma rimaste, in fondo, le stesse: accuse che vanno al di là di ogni immaginazione, la cui falsità non è ignota neanche agli stessi istigatori, ma ritenute vere dalla massa e capaci di influenzarne il comportamento. Un falso è ritenuto vero, senza prove né dimostrazioni, al di là di ogni razionale giustificazione, accettato e volutamente ritenuto vero. Siamo di fronte ad una deliberata scelta della menzogna?

Le riflessioni di Einstein sull'ebraismo ci restituiscono una costante della storia di questo popolo: l'essere ebrei si rivela nei fatti, nella quotidianità dell'"oggi", nel mondo storico-concreto della vita di un ebreo. La vita dell'intellettuale-scientista, i suoi rapporti con il mondo, il bisogno di una comunità che sia soprattutto culturale e spirituale più che politica, la difesa delle intelligenze e delle individualità, sono tutte esperienze che uniscono in un saldo legame la vita di un popolo e quella di un uomo.

Vorremmo spingerci oltre il giudizio di A. Pais, che scrive: "Sono certo che la più intensa fonte di identità sia stata per Einstein, dopo la scienza, l'appartenenza al popolo ebraico, e questo sempre più col passare degli anni. Tale fedeltà alle proprie radici non comportava connotazioni religiose".

Della tradizione ebraica, Einstein ricorda, non a caso, l'opera di Mosè Maimonide, il filosofo ebreo di Cordoba che affronta il problema della conciliazione fra ragione e rivelazione e sostiene che i conflitti tra scienza e religione derivano da errate interpretazioni della Bibbia. Tra i suoi contemporanei, le figure del rabbino e teologo liberale Leo Baeck e dell'amico, ministro della Repubblica di Weimar, Walter Rathenau, mostrano il dialogo costante di Einstein con un ebraismo

liberale aperto, sul piano politico, ad istanze democratiche e socialiste.

L'esperienza di fede degli ebrei, la loro religione, esigono una "vita morale"; la dottrina è grande in quanto "conduce all'azione". "L'elemento fondamentale del pensiero ebraico non è la coscienza o la confessione teorica del bene, ma l'opera del bene" (D. Lattes). L'ebraismo non si riduce mai ad un astratto sistema di pensiero: l'idea di Israele è un concreto e reale agire. La dottrina ebraica, ci ricorda Rosenzweig, è il fatto che la materia (il conoscibile) si tramuta in forza (il fare): "Va' e impara", dice il saggio al discepolo.

Distante, sul versante ortodosso, dalle leggi scritte della Torah e da quelle interpretate nel Talmud, Torah e Talmud rappresentano, per Einstein, "la più importante testimonianza della concezione giudaica della vita". Il giudaismo, per lui, si riassume in un "atteggiamento morale verso la vita e per la vita". Non è una "religione trascendente", ma riguarda la "vita vissuta": è una "santificazione della vita in senso super-individuale", una vera e propria gioia per il vivente. La conoscenza della verità -scrive nel '39- la conoscenza chiara e completa di ciò che è (la conoscenza oggettiva) è sì di per sé meravigliosa, ma "la sua attitudine a guidarci è così modesta, che essa non può fornire giustificazione e valore neppure alla stessa aspirazione alla conoscenza della verità". Non basta un'intelligenza capace di comprendere la relazione esistente fra mezzi e fini. Ci vuole altro: il significato dei fini ultimi e fondamentali. "Chiarire questi fini e questi valori fondamentali, e ancorarli strettamente alla vita emotiva dell'individuo", questa è, a suo dire, la "funzione più importante che la religione deve compiere nella vita sociale dell'uomo". L'autorità di questi fini fondamentali non può essere giustificata

dalla ragione: "essi esistono in una società sana come potenti tradizioni (...), esistono come qualcosa di vivo, senza che sia necessario trovare la giustificazione della loro esistenza (...), nascono non da una dimostrazione ma da una rivelazione (...), ci sono indicati dalla tradizione religiosa ebraica e cristiana".

"Dottrina di pura umanità": questo sono, per Einstein, Giudaismo e Cristianesimo. L'antisemitismo manifesta la volontà di distruggere, con gli ebrei, proprio quello spirito che si esprime nella Bibbia e nel Cristianesimo, lo stesso che ha reso possibile la nascita e lo sviluppo della civiltà europea.

L'ebreo resta, nella sua singolarità e nel suo spirito d'indipendenza, la figura di un'alterità positiva per lo spirito religioso e, insieme, per una condivisa vita sociale e politica. L'elemento mai definitivamente assimilabile che lo caratterizza è tale solo perché è portavoce di un valore che non potrà mai essere esaurito, quello dell'emancipazione, in particolare, dell'emancipazione dell'intelligenza e dello spirito. Diversità delle intelligenze e comunione di intelligenza: questo è lo spirito che informa una individualità intelligente. La vocazione degli ebrei, sostiene Einstein, consiste nell'unione degli "amici della saggezza e della verità": un'unione dello spirito e nello spirito che vale ancor più per un gruppo-comunità che, come quello ebraico, ha sperimentato nella sua storia l'assenza di un legame politico e nazionale. Il sionismo è, per lui, un movimento soprattutto di carattere sociale e spirituale, culturale più che politico. La sua importanza consiste nell'aver "fatto rinascere tra gli ebrei il senso della comunità". Einstein è pienamente consapevole delle difficoltà politiche che dovrà affrontare lo stato di Israele, in primo luogo quella di una convivenza pacifica con gli arabi. Al di là del

sionismo, uno degli ideali fondanti del popolo ebraico è, per lui, la pace. Le lettere pubbliche e private che scambia, fra le due guerre, con Freud sono un'ulteriore testimonianza del suo pacifismo e del suo vivo interesse a comprendere le radici "malate" di un'umanità attratta dalla guerra.

L'ebreo moderno -di cui certamente fa parte Einstein- è uscito dal ghetto ma è, ora, esposto ai rischi, esistenziali e storici, privati e pubblici, della dialettica assimilazione-emancipazione. Ed è proprio la scomparsa delle divisioni esterne (quelle fra gli ebrei e i popoli presso cui vivono) a riproporre, con radicale attualità, la domanda sull'essere ebreo. Einstein cittadino del mondo ne è, a suo modo, una viva testimonianza. La difesa, da parte dell'ebreo, della sua tradizione, dei suoi valori e del suo popolo rappresentano altrettanti messaggi rivolti ai suoi simili sempre nel rispetto della tolleranza e dell'aiuto reciproco. Sono sollecitazioni provenienti da un popolo che ha sperimentato nella propria esperienza di vita l'incontro-scontro con il mondo moderno. L'ebreo che con il cristiano è in cammino verso il rinnovamento di una comune tradizione, insieme religiosa e culturale, è costantemente aperto al pericolo di una dissoluzione di quei valori e, quindi, alla loro cura e difesa. Si tratta, in fondo, di un uomo la cui intelligenza non rende aride le radici della fede.

Bibliografia:

A. EINSTEIN, *Idee e opinioni. Come io vedo il mondo*, Fabbri Editori, 1996.

A. EINSTEIN, *Pensieri degli anni difficili*, Boringhieri, 1965.

A. PAIS, *'Sottile è il Signore . . .'. La scienza e la vita di Albert Einstein*, Boringhieri, 1986.

M. BUBER, *Discorsi sull'ebraismo*, Gribaudi, 1996.

D. LATTES, *L'idea di Israele*, Giuntina, 1999.

F. ROSENZWEIG, *La scrittura. Saggi dal 1914 al 1929*, Città Nuova, 1991.

Il giovane Fermi.

di
Germano Germani

Nel 1896 viene scoperta la radioattività naturale; il tentativo di indurre artificialmente la disintegrazione dell'atomo fu tentato sia da Rutherford che da Joliot e M. Curie; in entrambi i casi venivano adoperati come proiettili nuclei di elio, ossia particelle α . In effetti Rutherford riuscì a disintegrare l'atomo di azoto e i coniugi Joliot-Curie, più tardi, quello di alluminio. L'uso dei nuclei di elio tuttavia comportava anche delle limitazioni; queste particelle infatti sono elettricamente cariche con cariche di segno positivo e quindi vengono respinte, per azione coulombiana, dal nucleo bersaglio, a sua volta carico positivamente. Questo spiega sia il bassissimo rendimento (una disintegrazione di nucleo di alluminio per un milione di particelle α), che la impossibilità di bombardare nuclei pesanti e perciò stesso fortemente repulsivi. L'idea di Fermi, semplice e geniale al tempo stesso, fu di usare neutroni come proiettili. L'uso dei neutroni, che hanno la stessa massa del protone ma sono privi di carica elettrica e quindi non soggetti a repulsione da parte dei nuclei, rende tutti gli elementi parimente penetrabili, ed il rendimento si avvicina a uno.

Tuttavia le cose quasi mai avvengono per caso; l'attitudine di Fermi ad analizzare il problema nei minimi particolari, e di proporre, con grazia e stile, la soluzione, può essere intravista anche nell'elegante procedimento da lui seguito nella risoluzione di un problema di elettromagnetismo assegnato al concorso per l'ammissione alla Scuola Normale Superiore di Pisa. Per la verità c'era anche un altro tema: *Caratteri distintivi dei suoni*, alla quale il giovane

diciassettenne risponde esponendo la teoria delle corde vibranti con la sua brava equazione differenziale alle derivate parziali e relative soluzioni. Ma, per quanto ostico tale argomento, bisogna dire che esso viene trattato in qualunque testo di Meccanica, e quindi, una volta studiato, può essere esposto con relativa facilità. Mi piace invece ricordare l'altro problema, in cui Fermi interviene effettivamente con qualcosa di suo. Ma veniamo al problema.

Si chiedeva, poste determinate condizioni iniziali, il calcolo della misura dell'intensità di corrente circolante in un avvolgimento elettrico. Fermi, beninteso dopo numerosi calcoli, trova la soluzione:

$$i = 0,1882 \cdot \operatorname{tg} 35^\circ$$

A questo punto chiunque si sarebbe ritenuto appagato, in quanto si trattava semplicemente di sostituire al posto di $\operatorname{tg} 35^\circ$ il suo valore numerico; questo valore non è incluso tra gli archi notevoli, pertanto va cercato nelle tavole logaritmiche (all'epoca non esistevano le calcolatrici tascabili).

Ma Fermi evidentemente non disponeva nemmeno delle tavole, perché continuò nel calcolo nel modo che qui di seguito viene descritto. Per una nota identità goniometrica possiamo scrivere intanto:

$$\operatorname{tg} 35^\circ = \operatorname{tg}(36^\circ - 1^\circ) = \frac{\operatorname{tg} 36^\circ - \operatorname{tg} 1^\circ}{1 + \operatorname{tg} 36^\circ \cdot \operatorname{tg} 1^\circ}$$

La tangente di 36° è (si può anche ricordare):

$$\operatorname{tg} 36^\circ = \frac{\sqrt{10 - 2\sqrt{5}}}{1 + \sqrt{5}} = 0,727$$

e per la tangente di 1° ? Ecco qui l'intuizione, tanto semplice quanto geniale: egli pone, essendo 1° un angolo molto piccolo:

$$\operatorname{tg} 1^{\circ} = \frac{\pi}{180} = 0,0174$$

da cui

$$\operatorname{tg} 35^{\circ} = 0,7 .$$

Perché $\frac{\pi}{180}$? Perché $\frac{\pi}{180}$ è la misura in radianti di 1° e, come è noto, per angoli molto piccoli le funzioni goniometriche seno e tangente assumono in pratica lo stesso valore dell'angolo, quando questo viene espresso in unità radianti.

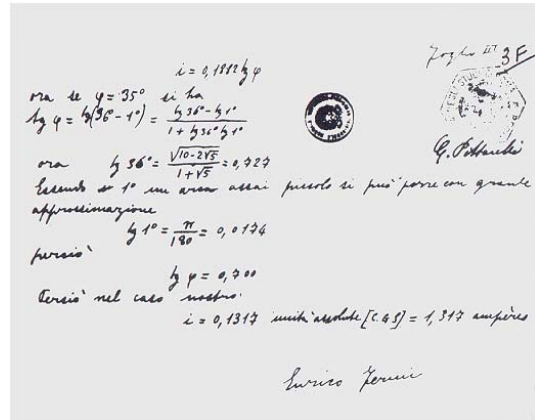


Figura 5: la pagina autografa del compito svolto da E. Fermi.

Fermi ed i ragazzi di via Panisperna
di
Salvatore Amico

Come sappiamo , nell'atomo di un qualsiasi elemento vi è un nucleo carico positivamente, circondato da una nube di elettroni carichi negativamente . Gli elettroni possono essere staccati facilmente dall'atomo al quale appartengono . E' estremamente difficile ottenere modificazioni nel nucleo dove si trovano neutroni e protoni . Per cambiare la natura del nucleo bisogna bombardarlo con particelle ad alta velocità come protoni o raggi α . Quando il nucleo dell'atomo assorbe la particella , si forma un atomo dell'elemento successivo .

Se un protone o una particella α vengono << sparati >> contro un nucleo , la repulsione coulombiana può essere così forte da impedirne l'avvicinamento , per cui , se il protone o la particella α non sono dotati di sufficiente energia, la reazione nucleare non potrà avvenire . Per i neutroni il discorso è diverso in quanto,essendo privi di carica elettrica , non sono rallentati dalla repulsione coulombiana .

La loro azione è tanto più efficace quanto più sono << lenti >> . Più un neutrone è lento e più si attarda nelle vicinanze del nucleo-bersaglio e di conseguenza aumenta la probabilità di essere catturato .

Per questo motivo i fisici nucleari , primo fra tutti Fermi , tentarono di trasformare i nuclei atomici di un elemento in nuclei atomici di altri elementi colpendoli con neutroni (lenti) . Iniziava così una nuova affascinante avventura , l'esplorazione del nucleo dell'atomo che avrebbe condotto alla scoperta della fissione nucleare . A questa straordinaria conquista diede un notevole contributo il grande fisico italiano Enrico Fermi (1901-1954) che

può essere considerato uno dei pochi scienziati del ventesimo secolo che ha saputo conciliare ricerche di tipo teorico e di tipo sperimentale , ottenendo in entrambi i settori risultati di grande valore . Nel 1926 , all'età di 25 anni , Fermi vinse il concorso alla prima cattedra di fisica teorica presso l'università di Roma . Nel periodo che va dal 1926 al 1938 , il più fecondo della sua carriera , raccolse attorno a sé nell'istituto di fisica di via Panisperna un gruppo di giovani laureati , sia teorici che sperimentali,di grande valore : Ettore Majorana , Ferretti , Segré , Amaldi , Rasetti , Pontecorvo e l'avellinese Oscar D'Agostino . Una citazione particolare spetta ad Ettore Majorana , fisico teorico di prima grandezza e matematico eccelso .

Per la rapidità con la quale eseguiva i calcoli più complessi Majorana era considerato un vero fenomeno . Fermi diceva spesso che più bravo di lui c'era soltanto Ettore Majorana , detto lo << Spirito Santo >> per il quale nutriva una grande stima ed una sconfinata ammirazione . La sua scomparsa misteriosa dette adito alle più disparate interpretazioni . Non è da escludere che l'introverso scienziato , avendo intuito l'enorme potenza distruttiva che si celava all'interno dei nuclei degli atomi , abbia deciso di ritirarsi volontariamente in qualche eremo sperduto .

Nel 1934 i coniugi Joliot-Curie annunciarono la scoperta della radioattività naturale . L'alluminio ed altri elementi leggeri si trasformavano in sostanze radioattive se bombardate con particelle α che sono nuclei dell'atomo di elio privato degli elettroni, cioè completamente ionizzati . Sugli elementi aventi numero atomico elevato il bombardamento con le particelle α non produceva alcun effetto . In verità il bombardamento dei

nuclei con particelle α presentava un forte inconveniente : la carica elettrica delle particelle α è positiva come quella dei nuclei , sicché tra le particelle α ed il nucleo esiste una forza repulsiva che impedisce il contatto tra il proiettile ed il bersaglio . Attivare nuclei pesanti è molto difficile perché la repulsione cresce con il numero atomico degli elementi bersagliati .

Dopo che i coniugi Curie erano riusciti ad ottenere isotopi artificiali bombardando con particelle α nuclei stabili , Fermi ebbe la brillante idea di usare come proiettili i neutroni . Il presupposto , rivelatosi corretto ed estremamente utile , era che queste particelle , prive di carica elettrica,risultano molto più penetranti e,quindi, più efficienti delle particelle α . I mezzi utilizzati furono molto semplici . La sorgente di neutroni era costituita da una ampolla contenente del radon e del berillio metallico . Il rivelatore delle radiazioni era un contatore di Geiger . Fermi ed il gruppo da lui diretto bombardarono sistematicamente gli elementi di cui potevano disporre in ordine di numero atomico crescente .

Il sistematico bombardamento degli elementi iniziò con l'idrogeno e proseguì con l'ossigeno , il litio , il berillio , il boro , il carbonio , l'azoto . Il contatore restò sempre << muto >> ; al nucleo colpito dai neutroni non era successo niente . Fermi ed i suoi " ragazzi di via Panisperna " (Amaldi , Rasetti , Segré , Ettore Majorana) non si persero d'animo ; anzi il gruppo venne integrato dall'esperto chimico avellinese Oscar D'Agostino (che aveva già lavorato a Parigi coi coniugi Curie) al quale fu affidato il compito di identificare gli eventuali elementi che si producevano . I primi risultati positivi si ottennero con il bombardamento dell'alluminio e proseguirono con tutti gli altri elementi che lo seguivano nella

tabola periodica di Mendeleev . Gli esperimenti si intensificarono e venne accertato che i neutroni rallentati accrescevano la loro azione sui nuclei .



Fermi,Rasetti ed altri davanti alla fontana con i pesci rossi ; illustrazione del pittore Manlio Truscia .

Le esperienze decisive si svolsero usando come " rallentatore dei neutroni " blocchi di paraffina oppure l'acqua contenuta nella fontana dei pesci rossi del giardino dell'Istituto di Fisica nella quale venivano immersi sorgente e bersaglio .

La serie dei bombardamenti proseguì fino al novantaduesimo elemento , l'uranio . Prima di allora il nucleo colpito si era trasformato in un nucleo il cui numero atomico era prossimo a quello del nucleo iniziale . Con l'uranio le cose cambiarono radicalmente .

Fermi ed i suoi collaboratori erano convinti che, bombardando con i neutroni lenti i nuclei pesanti, avrebbero ottenuto gli elementi <<transuranici>> i quali , essendo instabili , non si trovavano in natura . Il ragionamento di Fermi era il seguente : << Un nucleo pesante che assorbe un neutrone ed emette un elettrone si trasforma nell'elemento successivo del sistema periodico .Quindi, bombardando l'uranio naturale ^{235}U , dovrei ottenere l'elemento con $Z=93$, cioè il primo elemento transuranico >> .

Noi oggi sappiamo che il risultato del bombardamento neutronico dell'uranio ^{235}U è la scissione del suo nucleo e non la creazione del primo elemento

transuranico , il nettunio , come oggi viene chiamato . Fermi non comprese il nuovo fenomeno , ebbe qualche difficoltà ad individuare gli elementi prodotti dalla reazione nucleare e concluse affermando che tra gli elementi prodotti c'era almeno un elemento transuranico .

Questa interpretazione del fenomeno non era condivisa da tutti gli scienziati dell'epoca .

Se gli esperimenti condotti da Fermi possono ritenersi un successo , non possiamo dire altrettanto della loro iniziale interpretazione ; infatti Fermi ed i suoi collaboratori erano convinti di avere prodotto elementi transuranici mentre , in

realtà , si erano imbattuti nel fenomeno della fissione nucleare , ignoto ai fisici dell'epoca .

Per le ricerche sui neutroni nel 1938 Fermi ebbe il premio Nobel per la fisica .

Gli esperimenti realizzati dal gruppo di Fermi furono successivamente ripresi e meglio analizzati dai chimici tedeschi Otto Hahn e Fritz Strassmann e dalla fisica austriaca Lise Meitner , ebrea .

Otto Hahn e Fritz Strassmann proseguirono le ricerche senza Lise Meitner costretta , in quanto ebrea , a lasciare la Germania e verso la fine del 1938 riuscirono ad accertare con metodi chimici che tra i prodotti della reazione erano presenti un isotopo del Bario (^{139}Ba) ed uno del Lantanio (^{140}La) .

Ma questi due elementi hanno rispettivamente $Z=56$ e $Z=57$ per cui , non solo non si trattava di elementi transuranici ma il risultato dell'esperimento non era spiegabile con nessuna delle reazioni nucleari allora conosciute . Nel 1939 due fisici austriaci Lise Meitner e Otto Frisch ebbero la giusta intuizione ed affermarono che il neutrone produceva la rottura del nucleo di uranio ,

spezzandolo in due nuclei aventi massa quasi uguale . Al fenomeno fu dato il nome di fissione nucleare .

Qualitativamente il processo di fissione nucleare può essere spiegato nella seguente maniera : immaginiamo il nucleo

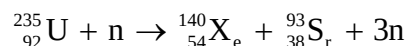
di un atomo di uranio $^{235}_{92}\text{U}$ come un insieme di protoni e neutroni impacchettati in una regione di spazio avente forma sferica . Quando un neutrone penetra nel nucleo di uranio, cede a questo la sua energia . Si genera un nucleo di uranio $^{236}_{92}\text{U}$ con un

eccesso di energia che genera l'oscillazione del nucleo stesso . Se teniamo presente il modello a goccia di Bohr Wheeler , possiamo affermare che l'oscillazione del nucleo di uranio $^{236}_{92}\text{U}$

può determinare due globi collegati da un collo che si assottiglia e si allunga gradualmente fino alla loro separazione , causata dalla repulsione colombiana .

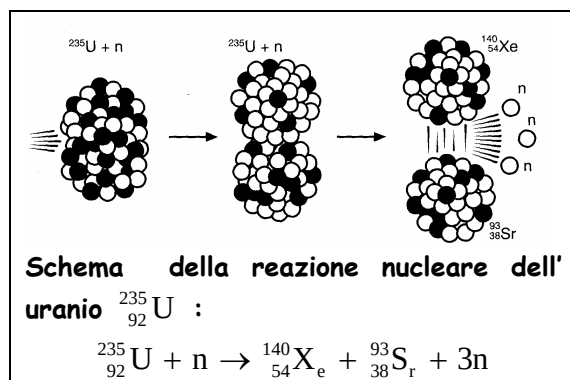
Contemporaneamente si liberano 2 o 3 neutroni la cui presenza non potrebbe essere giustificata all'interno dei due nuclei leggeri generati dalla scissione .

Nella reazione



che determina la fissione dell'uranio

$^{235}_{92}\text{U}$ negli elementi $^{140}_{54}\text{Xe}$ e $^{93}_{38}\text{Sr}$ si libera una energia pari a 200 MeV



Uno degli aspetti caratteristici della fissione nucleare è il valore enorme dell'energia che viene liberata .

Da dove proviene tutta questa energia ? Ovviamente non dal neutrone che dà inizio al processo di fissione , perché questo viaggia molto lentamente e quindi non possiede troppa energia . La risposta sta nel nucleo stesso dove risiede una enorme quantità di energia che vi rimane localizzata fino a quando l'arrivo dei neutroni non la libera . Se sommiamo le masse di tutti i frammenti prodotti nel processo di fissione e le confrontiamo con le masse del neutrone incidente e dell'atomo di uranio , troviamo che non coincidono : manca un po' di massa che si è trasformata in energia . Tutto questo è in sintonia con quanto ipotizzato da Albert Einstein nella sua teoria della relatività ristretta :

<< la massa m si può trasformare in energia secondo la relazione $E = mc^2$ >> .

Se nel processo di fissione c'è perdita di massa, questa va ritrovata sotto forma di energia .

La radioattività indotta , ottenuta bombardando i nuclei di uranio mediante neutroni era ipoteticamente ed erroneamente attribuita da Fermi alla creazione di due nuovi elementi transuranici inizialmente chiamati esperio ed ausonio e poi successivamente ribattezzati negli USA rispettivamente coi nomi di nettunio e plutonio .

Quindi Fermi non riconobbe il fenomeno della fissione nucleare ma intuì vagamente che qualcosa di strano era successo .

Nel 1939 Fermi ritornò sul fenomeno , lo studiò in tutti i suoi dettagli e ne diede la giusta interpretazione . Dopo il 1938 , trasferitosi definitivamente negli Stati Uniti , studiò non solo la scissione dell'uranio ma anche la possibilità di

ottenere una reazione a catena . Il coronamento di queste ricerche fu la realizzazione a Chicago nel 1942 della prima pila atomica .



Enrico Fermi (Roma 1901 - Chicago 1954)

Professore di fisica presso l'università di Roma dal 1926 al 1938 , Enrico Fermi raccolse attorno a sé un folto gruppo di fisici , sia teorici che sperimentali . Notevoli i suoi contributi in diversi settori della fisica .

Nel 1934 scoprì che , bombardando con neutroni <<lenti>> i nuclei di alcuni elementi , si producono fenomeni di radioattività artificiale . Per questa scoperta , nel 1938 , gli venne assegnato il premio Nobel per la fisica .

Rasetti , il ragazzo di Via Panisperna che preferì morire da paleontologo

Ricerca condotta dagli alunni della classe IB
del Liceo Scientifico " P.S. Mancini",
coordinati dal docente Salvatore Amico

Franco Rasetti , l'ultimo dei ragazzi di via Panisperna , si è spento all'età di 100 anni a Maremme dove viveva assieme alla moglie Madeleine . Nato il 10 agosto 1901 a Castiglione del Lago (Perugia) , Franco Rasetti è stato non solo il componente più brillante sotto il profilo sperimentale dei ragazzi di via Panisperna ma anche il fisico dotato di una forte sensibilità etica che lo spingeva ad interrogarsi problematicamente sulle motivazioni morali che doveva possedere uno scienziato .



Rasetti fu con Fermi il principale protagonista della stagione di Via Panisperna, ma poi fece il "gran rifiuto" : disse no alla bomba atomica .

Conobbe e fece amicizia con Fermi alla Normale di Pisa dove si laureò all'età di 21 anni . Nel 1930 ottenne la cattedra di spettroscopia presso l'università di Roma e questo gli consentì di collaborare

con Fermi nella produzione della radioattività artificiale ottenuta grazie al bombardamento dei neutroni e , successivamente migliorata , in seguito alla sensazionale scoperta delle singolari proprietà dei neutroni lenti . Nella famosa scuola di via Panisperna , dove tutti avevano un soprannome , Rasetti era chiamato il << Cardinale Vicario >> perché affiancava e qualche volta sostituiva Fermi che era il << Papa >> : insieme esaminavano gli allievi di fisica ed erano temutissimi per la loro severità .



Franco Rasetti può essere considerato uno dei più brillanti scienziati di tutti i tempi ; sicuramente è stato il più grande paleontologo italiano . Valido fisico teorico ed esperto sperimentatore , si occupò anche di paleontologia , botanica , entomologia e geologia . I suoi interessi erano molteplici ed andavano al di là dell'orizzonte della fisica . E , quando tornò in Italia a metà degli anni 70 , si impegnò nella stesura di un libro : I fiori delle Alpi , che è il compendio di flora alpina meglio documentato che sia mai stato scritto .

L'utilità dei neutroni " lenti " per indurre una reazione nucleare fu una delle più brillanti scoperte scientifiche di quel gruppo . La sua continua applicazione condusse alla scoperta della fissione del nucleo degli atomi .

Forse fu il primo della comitiva di Via Panisperna ad intuire l'efficacia dei " neutroni lenti " nell'attacco al nucleo dell'atomo ed ottenne , assieme a Fermi ,

senza rendersene conto , la sua prima fissione artificiale .

Egli capì per primo l'enorme potenza nascosta nei nuclei degli atomi ed intuì pure che questa energia poteva essere utilizzata non per fini pacifici ma per la creazione di ordigni militari , capaci di generare morte e distruzione .

Per questo scelse volontariamente di abbandonare il campo della fisica che non era più fisica di ricerca e di conoscenza ma fisica di guerra e di distruzione .

Convinto antifascista , Rasetti , pur non essendo ebreo , rifiutò di rimanere in Italia dopo la promulgazione delle leggi razziali ed espatriò in Canada , dove gli era stata offerta la cattedra di spettrografia nell'Università di Laval .

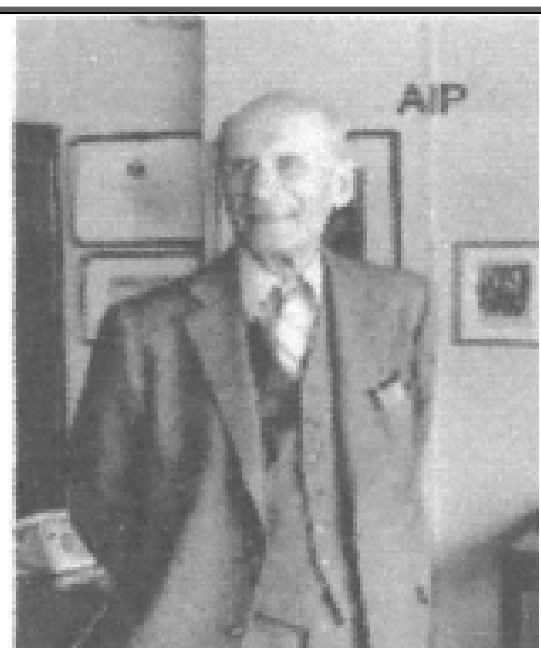
Anche in questa nuova sede Rasetti dimostrò tutta la sua genialità attrezzando il primo laboratorio di spettroscopia che gli permise di individuare la vita media di nuove particelle , i muoni che hanno vita breve e si generano dalla collisione dei raggi cosmici di alta energia con gli atomi dell'atmosfera . Queste nuove particelle per le quali si prospetta un ruolo di primo piano nella creazione dell'energia del futuro furono da lui denominate " elettroni pesanti " .

Rasetti proclamò pubblicamente la sua avversione a qualsiasi uso militare e distruttivo delle scoperte scientifiche . Intanto era scoppiata la guerra e, mentre Fermi e alcuni dei suoi compagni di via Panisperna avevano iniziato a lavorare al << progetto Manhattan >> per la bomba atomica , Rasetti rifiutò di prendervi parte . Egli affermava che << la fisica non si deve vendere al diavolo >> .

Per Rasetti , fine sperimentatore ed uomo dai molteplici interessi , la scienza non deve essere subordinata né al potere politico né al potere economico né deve essere al servizio della guerra .

Il suo unico scopo deve essere la conoscenza della natura , l'esplorazione e la comprensione della realtà che ci circonda .

Personaggio poco incline ai compromessi , seppe dire di no a uomini illustri , a potenti della terra e per questo motivo , nonostante le sue innumerevoli scoperte in diversi settori della scienza , è stato poco celebrato sia in Italia che all'estero .

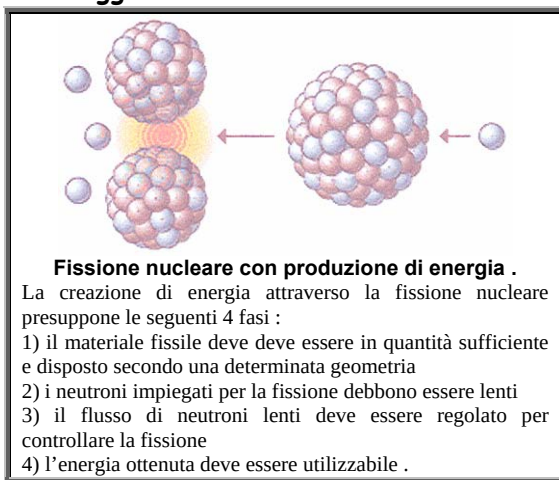


Uomo dal carattere schivo , visse gli ultimi anni della sua vita in un piccolo e tranquillo paese belga che aveva scelto assieme alla moglie . Con Rasetti è venuto meno un vero talento , l'ultimo meraviglioso protagonista di una stagione che aveva visto la scienza italiana conquistare un ruolo di primo piano nella scena mondiale .

Sconvolto dalla bomba di Hiroshima , Rasetti cominciò a nutrire dubbi sulla stessa disciplina che amava al punto che qualche anno dopo la guerra abbandonò la cattedra di spettrografia e si ritirò in Brasile , dedicandosi a quelle che definiva << scienze storiche della vita >> , in particolare alla botanica ed alla paleontologia .

Il suo abbandono non fu certo perdita di poco conto . Alla comunità scientifica internazionale veniva a mancare l'apporto prezioso di una delle menti più brillanti del secolo .

Alla fama ed al Nobel (che avrebbe sicuramente conquistato con le sue straordinarie intuizioni scientifiche) preferì il silenzio e il malcelato rancore dei colleghi che non sopportavano la sua assoluta integrità morale . Ed il silenzio pervase il resto della sua vita scientifica : la comunità scientifica ignorò i suoi prestigiosi contributi e non lo premiò con nessuna onorificenza . Sicuramente era il testimone scomodo di un mondo che aveva dovuto subire l'oltraggio dell'olocausto di Hiroshima .



Per molti suoi colleghi Rasetti era sicuramente un grande scienziato ma non era in sintonia col potere dell'epoca che privilegiava una ricerca al servizio dell'industria , della guerra , del potere politico dominante . Stava tramontando l'idea ottocentesca di scienza che non doveva avere nessun compromesso né con la guerra né con l'industria né col potere . Essa aveva un solo obbligo : la conoscenza della natura , così come il buon Dio l'aveva creata .

La sua fu una scelta morale in quanto convinto che la ricerca scientifica dovesse ispirarsi alla conoscenza della realtà che ci circonda ed alla realizzazione dell'uomo come persona pensante ed autonoma .

Per questo suo atteggiamento e per il suo convinto pacifismo , Rasetti , nonostante la sua imponente statura scientifica , è stato poco celebrato dalle autorità accademiche nazionali .

Scompare con lui l'ultimo grande protagonista di una stagione esaltante che aveva visto la scienza italiana conquistare un ruolo di primo piano sulla scena mondiale .

Oggi non sono più con noi Fermi detto il << Papa >> , Rasetti detto il << Cardinale Vicario >> , Ettore Majorana detto lo << Spirito Santo o il grande inquisitore >> , Pontecorvo detto il << cucciolo >> , Emilio Segré detto il << basilisco >> , Enrico Persico detto il << Cardinale di Propaganda Fide >> , Edoardo Amaldi detto l' << Abate >> .

Ma quanta gloria hanno dato alla scienza con la esse maiuscola ed alla nostra Italia . E noi italiani , di più limitate risorse intellettuali , siamo fieri di essere concittadini di sì illustri personaggi che tutto il mondo giustamente ci invidia .

**UN PROBLEMA MORALE:
LE RESPONSABILITÀ DELLA SCIENZA**
di
Chiara Bruno VC

"Noi rivolgiamo un appello come esseri umani ad esseri umani: ricordate la vostra umanità e dimenticate il resto. Se sarete capaci di farlo, vi è aperta la via di un nuovo Paradiso, altrimenti è davanti a voi il rischio della morte universale." Sono queste le ultime parole del Testamento Spirituale di A. Einstein, "un appello come esseri umani ad esseri umani". Ma l'essere umano uccide l'essere umano, come Caino uccise Abele; l'essere umano costruisce la ruota della tortura, il carro armato, la bomba atomica... Scienza come ricerca finalizzata allo sviluppo, oppure "scienza esatta piegata allo sterminio"?

Scienza = Progresso. È il risultato di una semplice flessione mentale. Ma da tempo si è affacciato al nostro orizzonte un nuovo significato del termine "scienza", che evoca invenzioni disumane, terribili, mostruose. È l'immagine della morte quella che "fa capolino" dai nostri libri di storia. È lei che viene ad infrangere tutte le nostre certezze, speranze, illusioni. L'uomo dovrebbe allora rinunciare alla sua insaziabile sete di conoscenza, a questo privilegio che lo rende diverso e immortale?

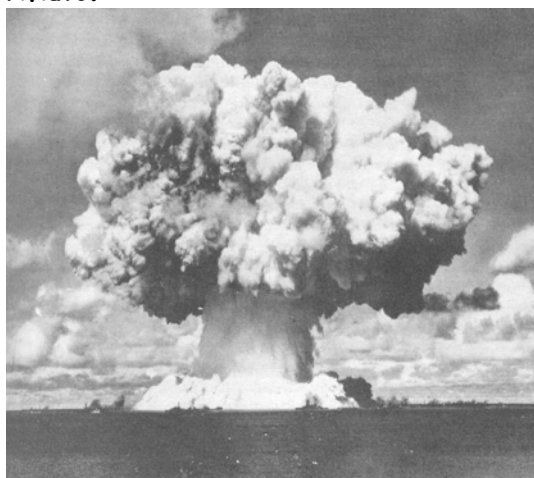
Non dimentichiamo i successi della ricerca genetica che hanno portato alla scoperta delle cellule staminali; non trascuriamo i risultati dell'elettronica, che trasformano di giorno in giorno la nostra società, proiettandola verso un futuro nuovo e affascinante; non dimentichiamo ancora l'astronautica, che ha aperto i nostri occhi a spazi mai neppure immaginati, a sconfinite distese di stelle e di pianeti inesplorati.

Questa è Scienza, signori!

Al contrario, una scienza che comporti rischi per l'umanità non è soltanto

colpevole, ma, secondo me, non è neanche scienza.

Da poco tempo si è spento Franco Rasetti, uno dei "ragazzi" di via Panisperna, amico e collaboratore di Enrico Fermi. Nel lontano 1943, fu chiesto a Rasetti di partecipare ad un progetto, che avrebbe portato alla costruzione della prima bomba atomica. Rasetti, consapevole della responsabilità di una ricerca, il cui risultato avrebbe potuto implicare rischi mostruosi, rifiutò.



Il caratteristico fungo provocato dallo scoppio di una bomba atomica. Per questo motivo Rasetti abbandonò la fisica e si dedicò ad altre discipline.

Più tardi spiegò questo rifiuto e scrisse il suo Testamento Spirituale, in fondo così simile nella sostanza a quello di Einstein: "La scienza può dire 'Se vuoi costruire una bomba devi fare così e così', ma la scienza non può mai dirci se dobbiamo costruire una bomba. Penso quindi che gli uomini dovrebbero interrogarsi più a fondo sulle motivazioni etiche delle loro azioni. E gli scienziati non lo fanno molto spesso".

Come definire quest'uomo? Un folle? Un traditore? Un pentito?

Gli scienziati sono responsabili dell'uso che sarà fatto dei risultati dei loro studi e delle loro azioni? Devono comunque andare avanti nella loro ricerca, declinando qualsiasi responsabilità? Insomma, è in discussione il progresso scientifico o quello dell'umanità?



Rasetti paleontologo .
Illustrazione del pittore Manlio Truscia

Sono giovane e, certamente, non possiedo gli strumenti culturali adeguati per dare una risposta definitiva a questi interrogativi. Tuttavia io penso che la scienza riguarda l'uomo, tutti gli uomini e quindi anche me.

Franco Rasetti ci ha indicato la strada. Io credo che sia quella giusta. Voi che cosa ne pensate?

La scomparsa di Ettore Majorana : un banale incidente o una crisi di coscienza ?

di

Franco Festa

A più di 60 anni dalla sua scomparsa ancora intatto rimane il mistero della scomparsa di uno dei più grandi fisico-matematici italiani di ogni tempo, Ettore Majorana.

E' il 25 marzo del 1938 quando egli si imbarca sul postale Napoli-Palermo, dopo aver espresso in due lettere il proposito di uccidersi. Ha 32 anni, ed i maggiori scienziati dell'epoca, Fermi primo tra tutti, ne ammirano le straordinarie qualità speculative. Solitario, scontroso, riservato, il giovane Majorana ha le doti per arrivare a risolvere i problemi connessi con l'invenzione dell'atomica. Poi, l'improvvisa scomparsa. A nulla servono le ricerche dei servizi segreti, spronati dallo stesso Mussolini: il corpo non verrà ritrovato.

Ma è mai salito davvero su quella nave? O, come pensa Sciascia nel suo bellissimo romanzo: "La scomparsa di Majorana", egli si è rifugiato in un convento in Calabria, dove ha fatto perdere ogni sua traccia? E perché lo ha fatto, se lo ha fatto?

Impossibile rispondere, naturalmente. Ognuno sceglie la soluzione che preferisce, ognuno però è ugualmente avvinto, affascinato da questa figura di scienziato così singolare.

Ma chi è davvero Majorana? Nato a Catania nel 1906, laureatosi in fisica nel 1928, Majorana apparve sin dalle sue prime prove una delle menti più lucide della nascente fisica teorica, tanto da impressionare lo stesso Fermi; il suo interesse fondamentale era per quelle concezioni che, pur riguardando fatti fisici assai concreti, richiedevano

strumenti matematici di grande astrazione, che egli padroneggiava con facilità. All'inizio si occupò di spettroscopia atomica e successivamente di fisica nucleare. Le sue più importanti ricerche relative a quest'ultima disciplina riguardano una teoria sulle forze che assicurano stabilità al nucleo atomico: egli per primo avanzò infatti l'ipotesi secondo la quale protoni e neutroni, unici componenti del nucleo atomico, interagiscono grazie a forze di scambio. La teoria è tuttavia nota con il nome del fisico tedesco Werner Heisenberg che giunse autonomamente agli stessi risultati e li diede alle stampe prima di Majorana. Anche nel campo delle particelle elementari egli formulò una teoria che ipotizzava l'esistenza di particelle dotate di spin arbitrario, individuate sperimentalmente solo molti anni più tardi. Nel '32, facendo tesoro di ciò che già aveva capito occupandosi di fisica molecolare, Majorana pensò al problema della struttura dei nuclei. Difficile dire se avesse precocemente intuito che l'idea di nuclei formati da protoni ed elettroni era impraticabile e se avesse già una concezione basata su un sistema formato da protoni e "protoni neutri" come pare chiamasse i neutroni; fatto è che non appena James Chadwick scoprì il neutrone, Majorana fu pronto a formulare una teoria basata su forze di scambio tali da rendere particolarmente stabile il nucleo di elio, la cosiddetta particella alfa.



Nominato professore di fisica teorica all'Università di Napoli nel 1937 per meriti speciali, nonostante aspirasse ad una cattedra a Roma, Majorana scomparve pochi mesi più tardi.

Di lui così racconta Emilio Segre: "Egli venne all'Istituto di Fisica di via Panisperna e fu accompagnato nello studio di Fermi ove si trovava anche Rasetti. Fu in quell'occasione che io lo vidi per la prima volta. Da lontano appariva smilzo, con un'andatura timida, quasi incerta; da vicino si notavano i capelli nerissimi, la carnagione scura, le gote lievemente scavate, gli occhi vivacissimi e scintillanti: nell'insieme, l'aspetto di un saraceno".. E Bruno Pontecorvo aggiunge: "Per tornare a Majorana, voglio sottolineare che egli era pessimista di natura ed era eternamente insoddisfatto di sé (e non solo di se stesso). Ai seminari di solito egli taceva, ma a volte interrompeva il suo silenzio con qualche commento sarcastico o paradossale, anche se essenziale. Ricordo quante volte ai seminari abbia terrorizzato famosi fisici stranieri. Egli era stato un *enfant prodige*, era un matematico di grande levatura e, contemporaneamente, anche se può sembrare strano, era una vera e propria "calcolatrice vivente".

Qui forse è la chiave, nella sua prodigiosa capacità matematica. La sua produzione scientifica pubblica è scarsa, solo 10 lavori, ma tutti di eccezionale qualità, tutti apparsi quasi completamente incomprensibili agli scienziati degli anni '30 e compresi nella loro interezza solo decenni dopo, tutti legati alle questioni della struttura della materia.

E' difficile pensare che egli abbia potuto intuire, in anticipo, dove quegli studi avrebbero potuto portare, alla produzione controllata di una energia incredibile e incomparabile con quella allora disponibile? E' arduo immaginare che, nei tempi cupi che già si prefiguravano, con l'avvento del fanatismo guerrafondaio di Hitler al potere e con il fascismo che si preparava a seguirne l'esempio, egli abbia potuto capire l'uso di morte e di distruzione totale che di quella energia era possibile? E' azzardato pensare che, di fronte all'orrore che si intravedeva, egli non sia voluto dichiarare complice e abbia preferito sparire?

Nessuna certezza ci sostiene, nessun indizio ci aiuta. Sparito, e basta. Suicidio o scomparsa, si tratta di una sua scelta, per quanto terribile e inaccettabile: altra scelta, di fronte a quella di altri.

Solo una frase ci risuona spesso nella mente. Quella che su di lui esprime Fermi:

« ... al mondo ci sono varie categorie di scienziati; gente di secondo e terzo rango, che fan del loro meglio ma non vanno molto lontano. C'è anche gente di primo rango, che arriva a scoperte di grande importanza ... poi ci sono i geni, come Galileo e Newton. Ebbene, Ettore era uno di quelli. ».

Comitato scientifico

**Salvatore Amico , Franco Festa , Germano Germani,
Antonio Mastantuoni , Chiara Bruno**

Diffusione gratuita

Indice

01- Presentazione.....	01
02- Il concetto di forza attraverso i secoli.....	03
03- Newton , lo scienziato che svelò il mistero della gravitazione universale.....	09
04- L'universo di Leibniz e quello Newton : la seconda sfida Tra due grandi della scienza	13
05- Galileo e l'infinito.....	15
06- Galileo : “ tra scienza e fede “.....	20
07- La relatività prima di Einstein.....	24
08- La Relatività Ristretta di Einstein.....	26
09- A proposito di Einstein.....	39
10- Sull ‘ ebraismo di Einstein.....	41
11- Il giovane Fermi.....	45
12- Fermi ed i ragazzi di via Panisperna.....	47
13- Rasetti , il ragazzo di via Panisperna che preferì morire Paleontologo.....	51
14- Un problema morale.....	54
15- Ettore Majorana : un banale incidente o una crisi di Cosciensa.....	56