

Il TEMPO e lo SPAZIO

Sono i concetti:

- Più elusivi
- Più interessanti
- Più utili nell'analisi scientifica dell'universo

- I primi ad essere indagati e modificati in modo radicale dall'arrivo di ogni nuova rivoluzione scientifica

il TEMPO e lo SPAZIO

COS'E' IL TEMPO ?

LA MEDICINA CHE DICE?

*La zona intema del nostro cervello ospita un ammasso di tessuto noto come **corpo striato**.*

*Per quel che ne sappiamo, è in questo **agglomerato di neuroni** che risiede il tempo.*

*E lì che avviene la **prima memorizzazione degli istanti che abbiamo vissuto***

*ed è lì che nasce la sensazione che l'infanzia sia stata un susseguirsi tumultuoso di **momenti importanti e affascinanti**, mentre la vita adulta scorre troppo precipitosamente per poterla apprezzare come si deve."*

il TEMPO e lo SPAZIO

COS'E' IL TEMPO ?

Il compito del corpo striato, in realtà, consiste nel creare l'impressione — forse potremmo definirla addirittura l'illusione — dello scorrere del tempo.

Cgni volta che agiamo in maniera consapevole, ad esempio per mettere a bollire l'acqua del tè, diversi circuiti elettrici presenti nel nostro cervello si attivano all'unisono.

Il corpo striato registra la presenza simultanea di più segnali e comincia a tenere sotto osservazione la modulazione dell'attività elettrica susseguente in altre zone del cervello, ad esempio nella corteccia frontale.

La nostra sensazione del tempo impiegato dall'acqua per bollire non è altro che una misura dell'accumulo di tutti quei segnali elettrici.

il TEMPO e lo SPAZIO

COS'E' IL TEMPO ?

Il problema è che il modo in cui si misura il tempo dipende da ciò che sta accadendo nella parte cosciente della nostra mente.

Nei primi anni '60, il geologo francese Michel Siffre si calò in una grotta sotterranea e rimase per sessanta giorni senza orologio: la sua percezione del tempo si dilatò a tal punto che alla fine dell'esperimento quella che per lui era un'ora corrispondeva spesso a quattro o cinque ore reali.

il TEMPO e lo SPAZIO

COS'E' IL TEMPO per la BIOLOGIA?

Il problema è che il modo in cui si misura il tempo dipende da ciò che sta accadendo nella parte cosciente della nostra mente.

Nei primi anni '60, il geologo francese Michel Siffre si calò in una grotta sotterranea e rimase per sessanta giorni senza orologio: la sua percezione del tempo si dilatò a tal punto che alla fine dell'esperimento quella che per lui era un'ora corrispondeva spesso a quattro o cinque ore reali.

La nostra capacità di controllare lo scorrere del tempo, quindi, è precaria, proprio come abbiamo (quasi) sempre sospettato.

MA IL TEMPO IN PRATICA CHE COS'E'?

il TEMPO e lo SPAZIO

COS'È IL TEMPO ?

CHE SIGNIFICA "SIMULTANEITA' di DUE EVENTI"

COSA È LA "DILATAZIONE TEMPORALE"

E LO SPAZIO?

E COSA VUOL DIRE "CONTRAZIONE " DELLO SPAZIO ?

il TEMPO e lo SPAZIO

MA IL TEMPO IN PRATICA CHE COS'È?

TUTTI NOI NE PERCEPIAMO LO SCORRERE MA RISPONDERE NON È FACILE ! .
A PRESCINDERE DA DISQUISIZIONI DI NATURA FILOSOFICO-PSICOLOGICA-
RELIGIOSA „MI LIMITERO' AD UNA SEMPLICE INTRODUZIONE IN SENSO
PURAMENTE FISICO ,PONENDO ATTENZIONE ALLE CONSEGUENZE E ALLE
APPLICAZIONI CHE NE DERIVANO

. Dopo tutto, il concetto di tempo è chiaro a tutti - qualunque cultura sa che il tempo scorre inesorabile, ne parla e lo percepisce

Già nel 350 a.c. ,ad esempio, Aristotele scrisse un'opera intitolata **Fisica**, che contiene uno dei primi tentativi di analisi del concetto di tempo nella quale si chiedeva:

il TEMPO e lo SPAZIO

MA IL TEMPO IN PRATICA CHE COS'È?

Dai Greci alla fisica contemporanea, la conclusione principale è rimasta la stessa:

il tempo ha sicuramente a che fare con il cambiamento.

E con il passare del tempo che le cose si trasformano le une nelle altre.

Ma se i colleghi greci di Aristotele erano ossessionati dal cerchio come idea fondamentale dell'Universo, e ritenevano pertanto che il tempo dovesse scorrere in maniera ciclica, la fisica moderna privilegia i processi lineari, dotati di un inizio e di una fine, un Big Bang e una morte cosmica

E LO SPAZIO?

E COSA VUOL DIRE "CONTRAZIONE " DELLO SPAZIO ?

il TEMPO e lo SPAZIO

MA IL TEMPO IN PRATICA CHE COS'E'?

Applicata al tempo, l'idea si traduce in una freccia che punta inequivocabilmente in una direzione ben precisa: nella visione moderna del cosmo il tempo si muove in avanti in maniera irreversibile.

Le cose si rompono e non si riaggiustano spontaneamente
Gli orologi si scaricano, e non si ricaricano spontaneamente

I processi legati al cambiamento, in cui i sistemi evolvono irreversibilmente verso uno stato di maggior disordine, sono associati alla cosiddetta freccia del tempo termodinamica, che nasce da una delle leggi fisiche più importanti: il secondo principio della termodinamica, per cui l'intero Universo è prigioniero di un processo che ne diminuisce l'ordine

il TEMPO e lo SPAZIO

MA IL TEMPO IN PRATICA CHE COS'E'?

Il tempo è la dimensione che usiamo per misurare il flusso degli eventi. Ci permette di collocarli in sequenza e di distinguere tra passato, presente e futuro.

Potrebbe sembrare un concetto banale ma non è così. Il tempo è anche una grandezza complessa e una fonte di discussioni filosofiche e scientifiche.

PANTA REI? Secondo Eraclito il tempo scorre come un fiume e nessuno ci si immerge due volte nello stesso punto.

Il tempo scorre ovunque.
Concepire il tempo senza lo spazio è impossibile.
Sono strettamente interconnessi.

il TEMPO e lo SPAZIO

MA IL TEMPO IN PRATICA CHE COS'E'?

Sia lo spazio che il tempo sono grandezze fisiche in quanto sono misurabili, rispettivamente con il metro e con l'orologio.

In realtà lo spazio non è una grandezza assoluta e nemmeno il tempo lo è. Sia lo spazio che il tempo sono grandezze relative.

Per questa ragione si parla di **spazio-tempo**.

La relatività del tempo. Il tempo non è una grandezza assoluta, generale e invariabile. In realtà, lo scorrere del tempo cambia a seconda del luogo in cui si trova, ossia il tempo è relativo.

La relatività del tempo venne intuita da Albert Einstein agli inizi del '900 e questa idea, assieme ad altre considerazioni sullo spazio e la velocità della luce, portò alla teoria della Relatività Speciale o Ristretta e poi alla Teoria della Relatività Generale

13

il TEMPO e lo SPAZIO

Alla fine dell'800 abbiamo varie discipline che spiegano il mondo:

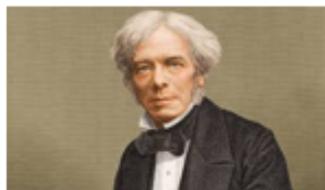
- La Meccanica (come si muovono gli oggetti)
- La Termodinamica (cosa succede con oggetti freddi...caldi, i motori)
- La Chimica (gli atomi...le molecole...le reazioni chimiche)
- L'Elettricità (cariche e correnti elettriche, la pila)
- Il Magnetismo (magneti – calamite)
- L'elettromagnetismo: le onde elettromagnetiche, la luce

Ma alcuni fatti sperimentali sono senza spiegazione:

- Le asimmetrie di alcuni fenomeni elettrici e magnetici.
- La velocità della luce che non si somma come dovrebbe.
- Molte proprietà della materia, in particolare microscopica,

14

il TEMPO e lo SPAZIO



Intorno al 1830, Michael Faraday aveva dimostrato il legame tra l'elettricità e il magnetismo: l'elettricità dà origine al magnetismo, e viceversa

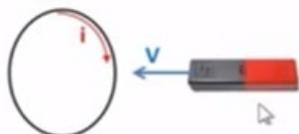
Poco tempo dopo Maxwell formulò una serie di equazioni che descrivevano in dettaglio il processo. Maxwell, intorno al 1864, completa la formulazione della teoria dei campi elettromagnetici unificando elettricità, magnetismo ed ottica.



- | | | |
|--|---------------------------|---|
| 1) $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q_{int}}{\epsilon_0}$ | Teorema di Gauss | (L'origine di \vec{E} sono le cariche elettriche) |
| 2) $\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ | Legge di Faraday | (\vec{E} è creato anche da $\vec{B}(t)$) |
| 3) $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$ | Teorema di Gauss per B | (Non esistono cariche magnetiche) |
| 4) $\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_C + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right)$ | Teorema di Ampere-Maxwell | (l'origine di \vec{B} sono le correnti ma |

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \mathbf{E} &= 4\pi\rho \\ \operatorname{div} \mathbf{B} &= 0 \\ \operatorname{rot} \mathbf{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \operatorname{rot} \mathbf{B} &= \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \mathbf{J} \end{aligned}$$

Altre cose che non tornano: correnti e magneti



1) Muovo il magnete rispetto alla spira: nella spira passa una corrente i .



2) Muovo la spira rispetto al magnete: nella spira passa una corrente i .

Ma nei due casi devo utilizzare due formule diverse per calcolare corrente i .

NON VA BENE!



La costante c e la natura elettromagnetica della luce

Nel 1864, *Maxwell* dalle sue celebri equazioni dedusse che le onde elettromagnetiche, in assenza di materia, si propagano con velocità:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

In assenza di materia, il valore della velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche coincide con buona approssimazione con quello della luce

Maxwell formulò quindi *l'ipotesi che la luce avesse una natura elettromagnetica*

17



il TEMPO e lo SPAZIO



Un tempo si pensava che lo spazio fosse composto da un supporto materiale ed elastico (ancorché invisibile) che gli scienziati chiamavano *etere*. Si tratta di un concetto che deriva dagli antichi, sia pure trasformato attraverso i secoli. Questa ipotesi veniva formulata per giustificare la propagazione delle onde elettromagnetiche e quindi anche della luce

In sostanza, si pensava che queste oscillazioni (elettriche e magnetiche accoppiate) avanzassero nello spazio con modalità simili a come si sviluppano nell'acqua le perturbazioni provocate dal lancio di un sasso.

La differenza è naturalmente data dal fatto che le onde dell'acqua sono a propagazione bidimensionale (si sviluppano essenzialmente sulla superficie), mentre quelle elettromagnetiche si propagano tridimensionalmente.

Ma non si tratta di un dettaglio concettuale. L'etere elastico, vibrando in modo caratteristico, doveva insomma veicolare in tutte le direzioni le azioni elettromagnetiche.

18



il TEMPO e lo SPAZIO



Intorno al 1880 il meccanismo della trasmissione delle forze elettriche e magnetiche era un problema fondamentale.
Tutti credevano che fosse necessaria l'esistenza di un qualche mezzo (o sostanza) perché la teoria dei campi fosse sostenibile.
Si aveva ragione di credere, in base al fenomeno della luce e del calore, che esistesse un mezzo etereo che riempisse lo spazio e che permeava i corpi.

Si trattava del famoso etere luminifero
Si riteneva che l'etere riempisse lo spazio...
e che possedesse proprietà contraddittorie:

- 1) era completamente permeabile agli oggetti materiali, mentre
- 2) era infinitamente rigido per potere adeguatamente sostenere la luce.



il TEMPO e lo SPAZIO



Nel 1887 due americani, A.A. Michelson e E.W. Morley, tentarono di individuare il moto della terra attraverso l'etere servendosi di un'apparecchiatura molto sensibile.

Non scoprirono alcun effetto. Il moto della terra attraverso l'etere era indimostrabile
Quando Albert Einstein entra in scena nel 1895

- 1) Hertz ha verificato sperimentalmente le equazioni di Maxwell
- 2) Marconi sta costruendo radio per trasmissioni senza fili
- 3) Si presume l'esistenza dell'etere ma nessuno riesce a trovarlo.



Nel 1887-1888 Hertz dimostra che:

1. le onde elettromagnetiche esistono
2. si propagano alla velocità della luce

Heinrich Hertz
A.A. Michelson, "Electric waves being associated with the propagation of electric action with finite velocity"
(through space) November 1887

Heinrich Rudolf Hertz
(1857-1894)



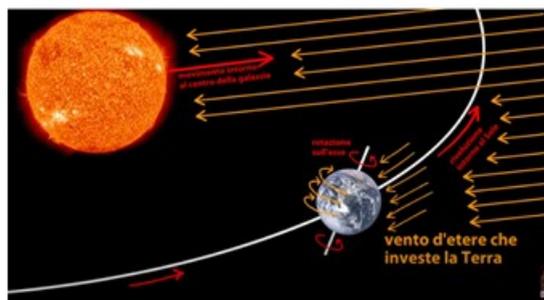
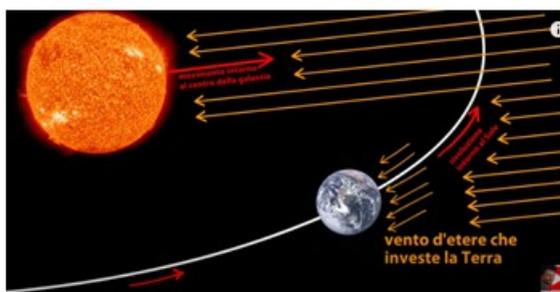
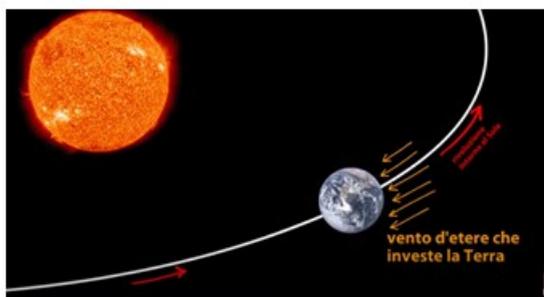
CAPIAMO LA R.R.

ANALOGIA

Mi muovo nell'aria e sento un vento in faccia



Mi muovo nell'etere e sento un vento in faccia



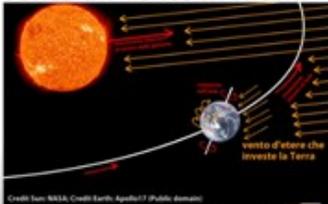
ANALOGIA

Mi muovo nell'aria e sento un vento in faccia



Il suono va più veloce o più piano se va controvento o sottovento.

Mi muovo nell'etere e sento un vento in faccia



La luce andrebbe più veloce o più piano se va controvento o sottovento (come il suono).



il TEMPO e lo SPAZIO



Gli esperimenti sul moto avevano condotto Galileo al **Principio di relatività**

"Ogni moto uniforme e' relativo e non puo' essere percepito se non in riferimento a un punto esterno."

"Su una nave, nessun effetto ti indica se essa si muove uniformemente oppure se e' ferma."

E questo è il principio di relatività.

Non puoi dire che ti muovi in modo uniforme o sei in quiete con esperimenti eseguiti all'interno del sistema, sei costretto a guardare fuori.

Negare l'idea della quiete assoluta non era poi cosa sconvolgente.

Ma se applicata al problema dell'etere apriva la strada ai fortissimi argomenti che divennero la teoria della Relatività.



il TEMPO e lo SPAZIO



La costanza della velocità della luce nel vuoto in tutti i sistemi inerziali,

È un fatto osservato sperimentalmente che sta alla base della teoria e non è una conclusione della relatività ristretta.

Albert fa esperimenti per cercare di scoprire l'etere...

...voleva capire cosa succede quando la luce si propaga di luogo in luogo.

Tenta quindi di formarsi un'immagine semplice del modo in cui la luce funziona.

" Mi chiedo cosa succede alla luce se mi muovo nella sua stessa direzione alla sua stessa velocità "

Da questo punto di vista, e dopo tanto duro lavoro, Albert propone un diverso modo di affrontare il problema dell'etere.

27



il TEMPO e lo SPAZIO



L'enigma chiave nelle discussioni con gli amici era... **cosa accadrebbe esattamente se viaggiassi lungo un'onda luminosa alla velocità della luce?**

"Supponiamo che regga uno specchio... ..e mi muova alla velocità della luce."

" Muovendomi alla velocità della luce, la luce che emana dalla mia faccia riuscirebbe ad arrivare allo specchio?"

"... e se mi siedo in cima all'onda..."

...allora la luce non si muove rispetto a me..."

...e non può arrivare allo specchio ed esserne riflessa."

28



il TEMPO e lo SPAZIO



La velocità delle onde dipende soltanto dal mezzo e non dalla fonte.

Per esempio, in base alla teoria ondulatoria, il suono proveniente da un treno in corsa copre la distanza che lo separa dall'osservatore nello stesso tempo indipendentemente dalla velocità a cui si muove il treno.

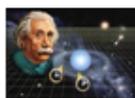
Quello che cambia è solo il tono, ma la velocità del suono resta la stessa

E le equazioni di Maxwell predicevano la stessa cosa per la luce, per cui

L'osservatore al suolo dovrebbe **sempre** vedere la luce emanare dalla faccia di Albert alla stessa velocità, **indipendentemente** dalla velocità a cui si muove Albert.



il TEMPO e lo SPAZIO



Albert comincia a cercare di scoprire se non vi sia la possibilità che la velocità della luce sia la **stessa** per entrambi gli osservatori, quello in moto e quello al suolo.

La Teoria della Relatività è la soluzione che Albert dà a questo quasi impossibile dilemma.

Per poter progredire Albert ha innanzitutto bisogno di convincere tutti, che la sua immagine deve essere normale anche se lui dovesse muoversi alla velocità della luce

Ha bisogno di un principio generale della fisica che non era mai stato di particolare utilità prima. E questo è: **IL PRINCIPIO DI RELATIVITA'**



il TEMPO e lo SPAZIO



In base al principio di relatività, Albert sostiene che dovrebbe poter vedere la sua immagine normalmente, anche se si muove alla velocità della luce.

Se la tua immagine sparisse mentre ti stai muovendo alla velocità della luce, ti basterebbe guardare nello specchio per dire che ti stai muovendo alla velocità della luce, giusto?

Non avresti bisogno di guardare fuori, giusto?
E questo violerebbe il principio di relatività!

L'immagine di Albert deve essere normale.

Ma Albert potrebbe forse vedere la luce che emana dalla sua faccia muoversi alla velocità della luce relativa a LUI...

..mentre al tempo stesso, gli osservatori al suolo vedrebbero la luce che esce dalla faccia di Albert alla stessa velocità della luce relativa a LORO?

Come sarebbe possibile?

31



il TEMPO e lo SPAZIO



Visto che entrambi osservano che la velocità della luce è la stessa.

se la velocità deve rimanere la stessa, allora distanza e tempi devono variare in quanto:

La velocità è la distanza divisa per il tempo (come in Km./ora)

Ciò significa che ci deve essere qualcosa di sospetto nel tempo.

Forse l'osservatore in moto e l'osservatore in quiete osservano tempi diversi. ??..

Poiché Albert parte dal principio di relatività, è indotto a ripensare i concetti di spazio e di tempo perché tutto abbia una giusta soluzione.

32