

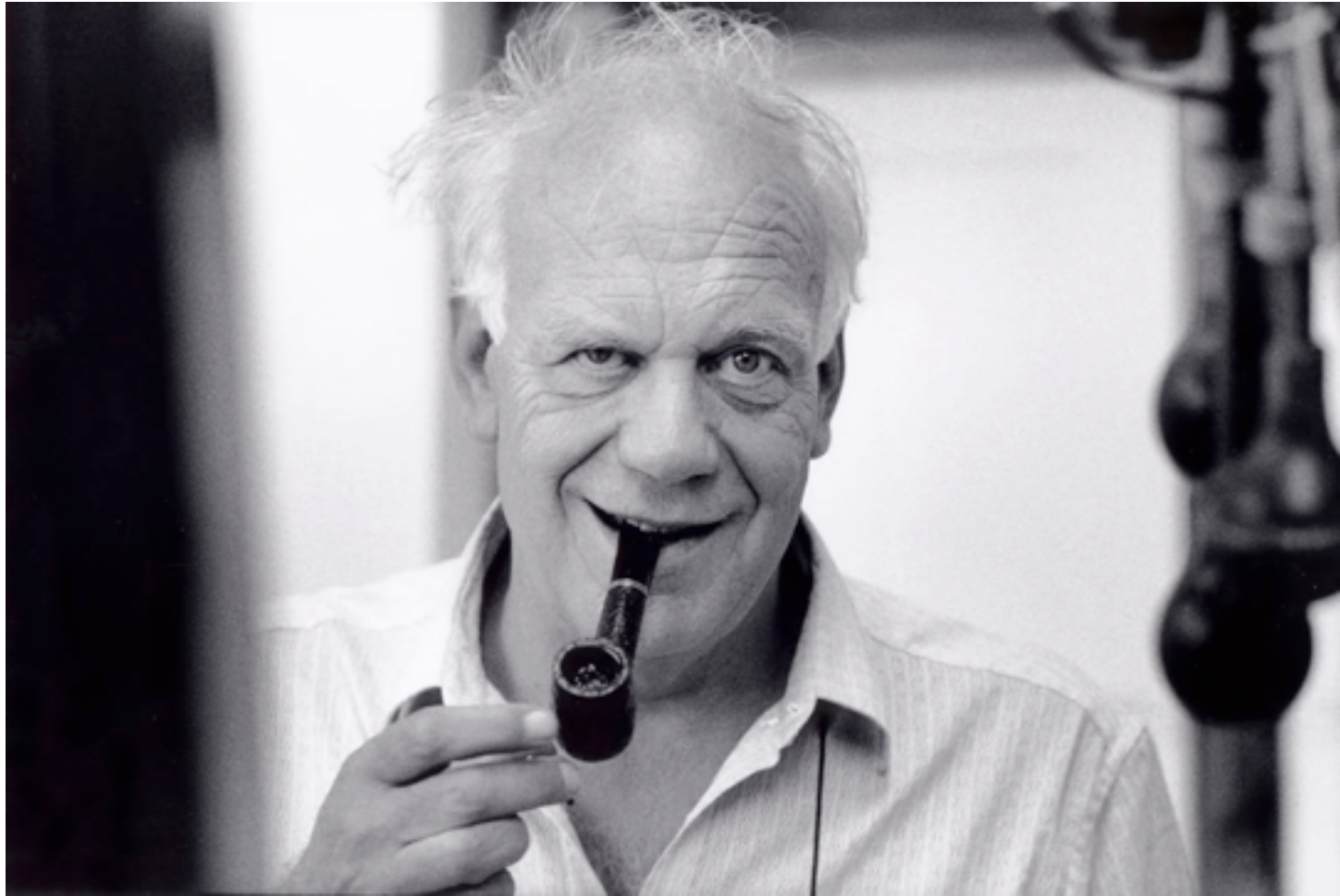
I neutrini e l'esperimento di OPERA



Niccolo' Bucciantini

- **INAF Osservatorio Astrofisico di Arcetri**
- <http://www.arcetri.astro.it>

In Memoria



12/05/2012

N. Bucciantini: I Ragazzi della Leonardo

2

23 SETTEMBRE 2011

Esperimento italiano fra Ginevra e il Gran Sasso: in dubbio la teoria della relatività

Il neutrino che batte la luce e sfida Einstein

GIOVANNI BIGNAMI

Chissà cosa è successo davvero tra Ginevra e il Gran Sasso. Certo i neutrini non si sono fermati a bere un caffè, anzi, sembra che, come nei fumetti, siano andati più veloce della luce. Ci vorrà un po' di tempo per capire cosa è successo davvero. Perché, anche se piccola, i neutrini una massa ce l'hanno. Anzi, proprio questa è stata una scoperta recente, premiata con un Nobel nel 2002.



Ma Einstein ci ha insegnato che un corpo con massa non può andare al di là della velocità della luce, anzi neanche uguagliarla. E allora? Ai posteri l'ardua sentenza. Il risultato, se di risultato si tratta, si gioca sulla precisione della misurazione dei tempi di transito. E qui la fisica non perdona: la luce avanza a 300 mila km al secondo e, per decidere chi arriva prima tra fotoni e neutrini, bisogna avere un fotofinish di straordinaria precisione.

CONTINUA A PAGINA 29

Arcovio e Gallavotti A PAGINA 29

Messa in dubbio la teoria di Einstein

Se i neutrini superano la velocità della luce

di GIOVANNI CAPRARA



Albert Einstein

Neutrini lanciati dal Cern di Ginevra verso i laboratori del Gran Sasso avrebbero superato la velocità della luce. Albert Einstein stabilì per la luce un limite di 300 mila chilometri al secondo e su di esso fondò le sue teorie, in particolare la teoria della relatività speciale, per spiegare la natura dell'universo.

A PAGINA 39

LA STAMPA

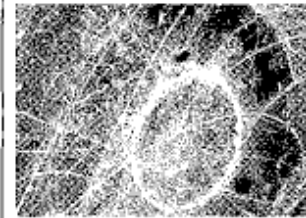
LA REPUBBLICA

CORRIERE DELLA SERA

Il caso

La scoperta del neutrino più veloce della luce

ELENA DUSI



PIÙ veloci della luce. I neutrini, le particelle più sfuggenti e misteriose dell'universo, regalano alla scienza una straordinaria sorpresa, superando (e di molto) la barriera considerata sacra dalla fisica da Einstein in poi: quella della velocità della luce.

SEGUE A PAGINA 31

La Notizia

24 SETTEMBRE 2011

SCOPERTA GLI SCIENZIATI: I NEUTRINI SMENTISCONO LA TEORIA DI EINSTEIN

Sparate dal Cern di Ginevra al laboratorio sotterraneo del Gran Sasso, le particelle hanno viaggiato a oltre 300mila chilometri al secondo. Il professor Antonio Eritato (foto), capo dei ricercatori: «Una sorpresa anche per noi»



PIÙ VELOCI DELLA LUCE

L. MORONI, PIVATO e commento di CARDINI - Alle pagine 2 e 3

LA NAZIONE

Da cosa e' fatta la materia?

**Per i filosofi greci erano:
Aria, Acqua, Fuoco, Terra**

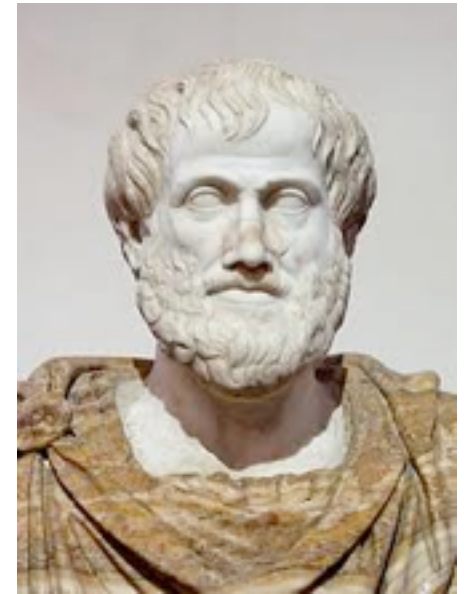
Anassimene



Empedocle



Aristotele



La Teoria Atomica

I chimici nel 1700-1800 scoprono che le sostanze si combinano seguendo leggi particolari

Gli elementi sono costituiti da **Atomi**



Lavoisier



Proust



Dalton

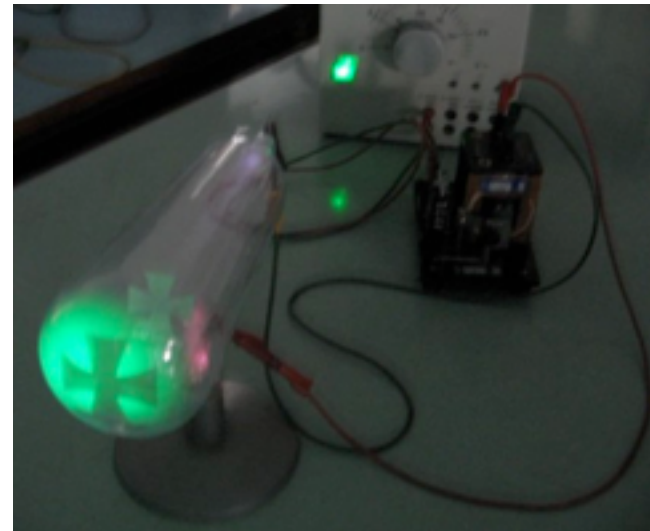
L'elettrone

Nel 1897 Joseph John Thomson scopre l'elettrone



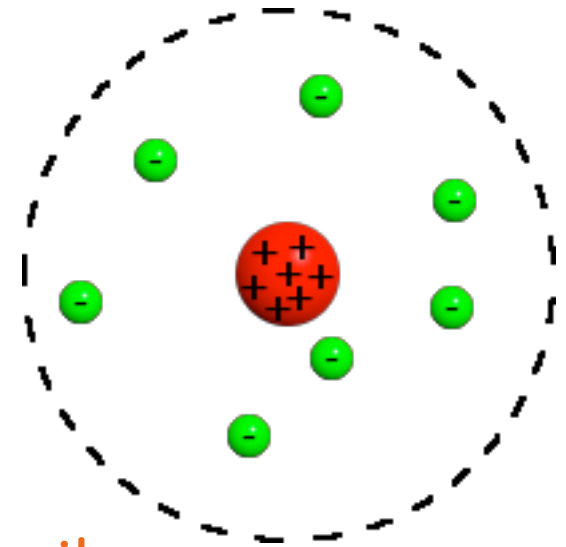
I Raggi Catodici sono fatti di elettroni, che deviano in campi magnetici

Gli atomi contengono elettroni



Il Nucleo Atomico ed i protoni

Nel 1911 Rutherford scopre che la massa dell'atomo e' concentrata in un **nucleo** di carica positiva



Nel 1917 scopre che il nucleo e' fatto di **protoni**

Il Neutrone

Nel 1932 Chadwick scopre che nel nucleo ci sono anche particelle neutre i **Neutroni**

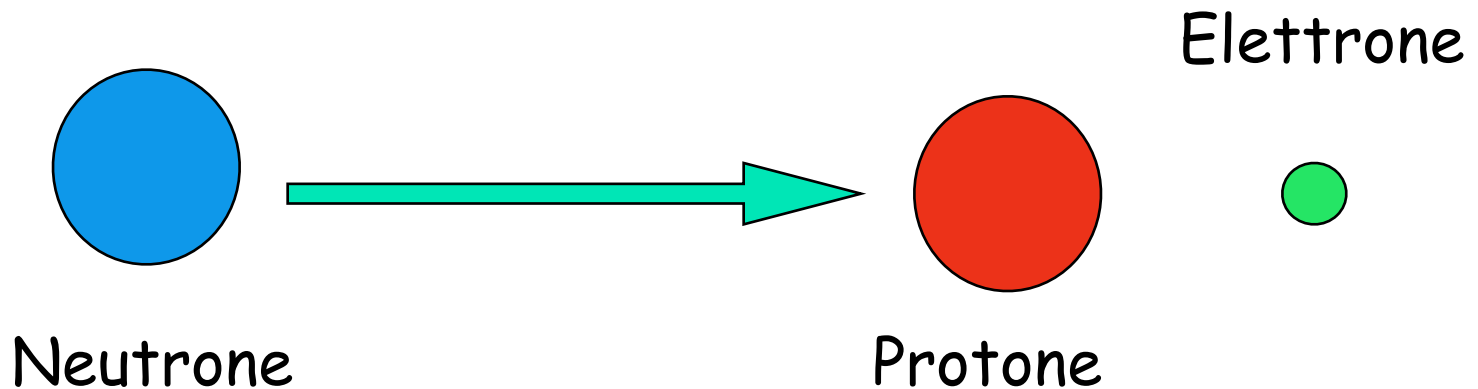


I neutroni sono stabili
all'interno dei nuclei
atomici

I neutroni isolati sono
instabili

Il decadimento del neutrone

Il decadimento del Neutrone e' noto come
decadimento beta



In media un neutrone
isolato vive solo ~ 900 sec

Il Rinculo



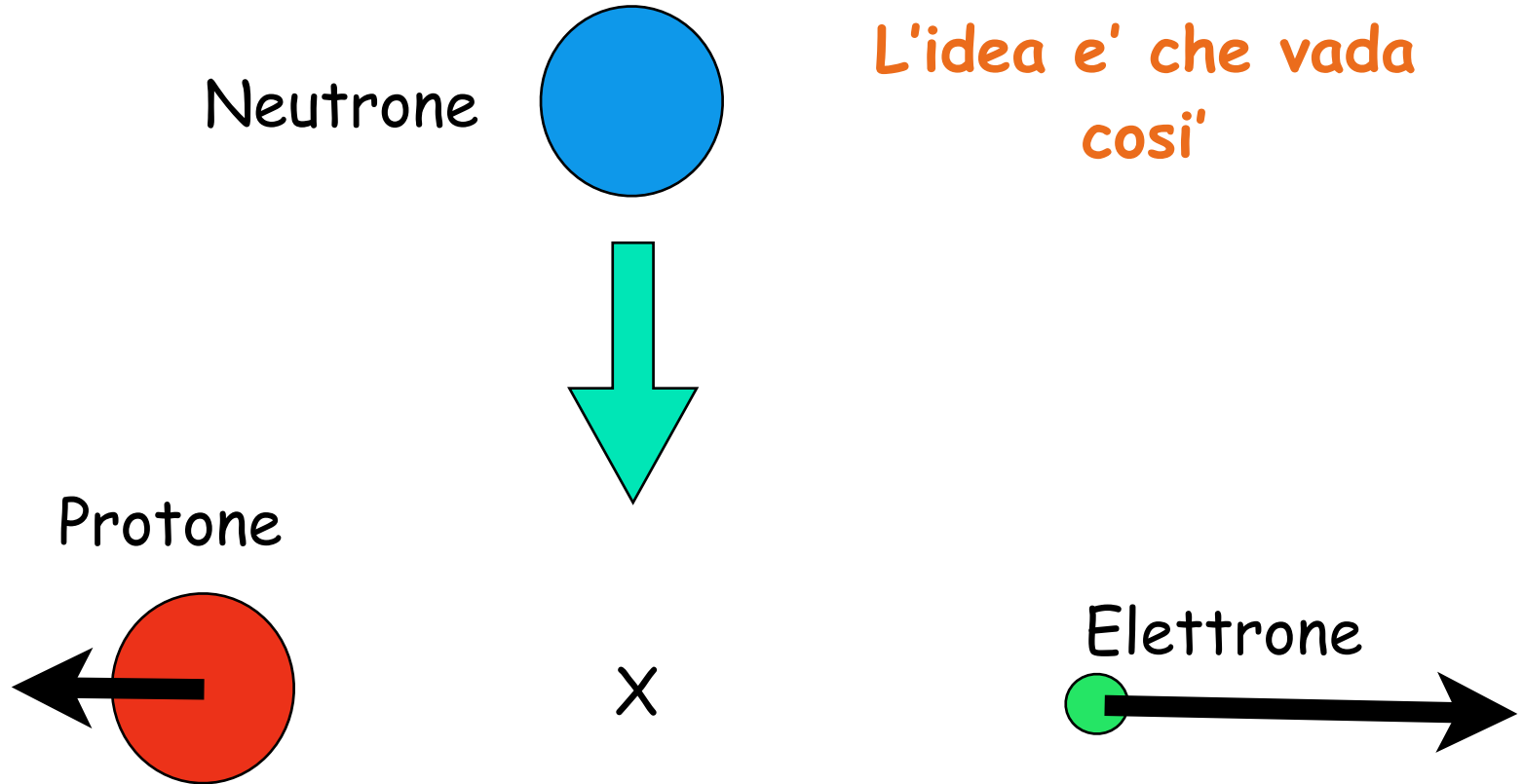
A = arma
 B = punto di appoggio dell'arma
 P = proiettile
 C = carica di lancio
 V = movimento del proiettile
 R = rinculo

Tutti voi conoscete il fenomeno del **Rinculo**

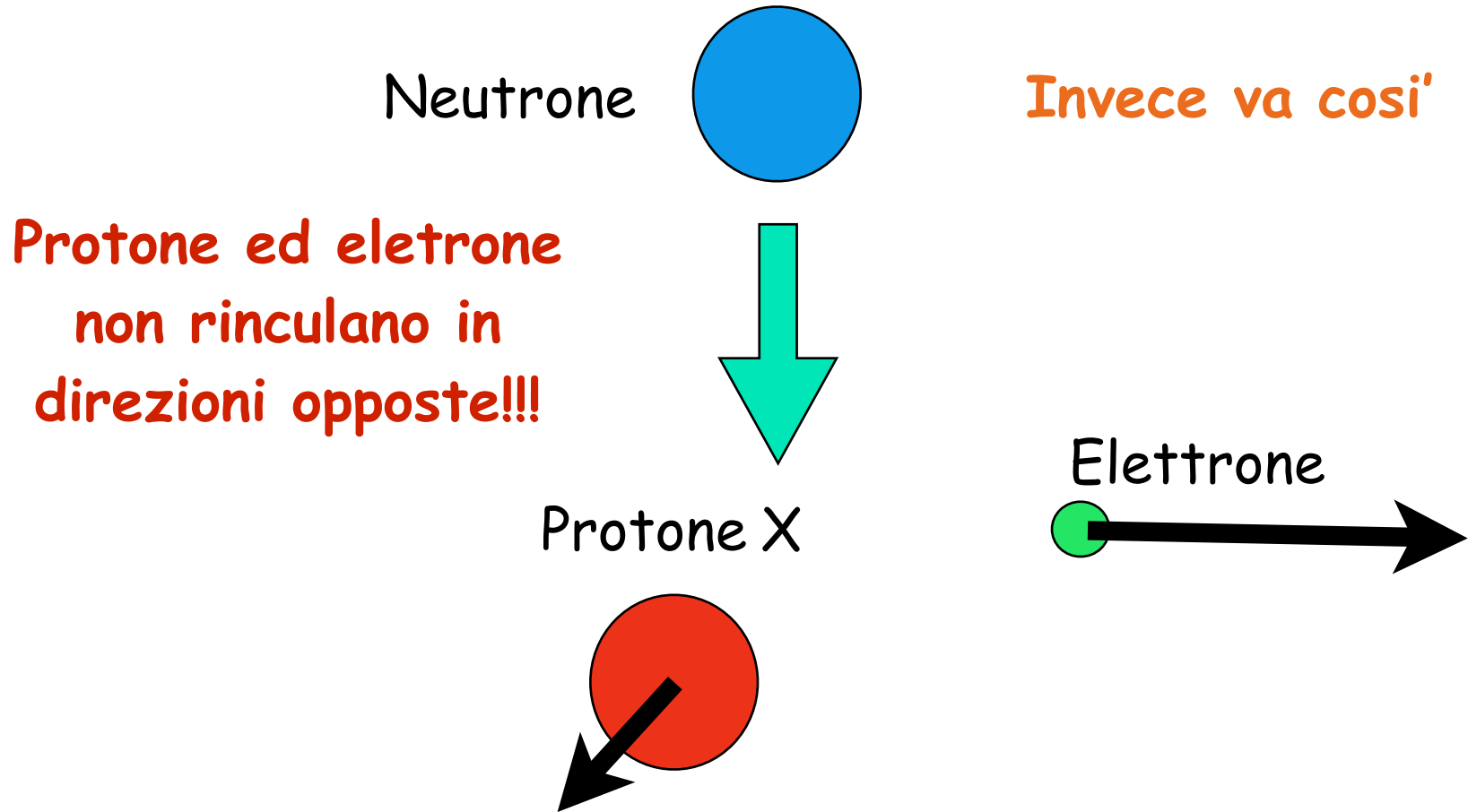
I fisici lo chiamano
"Conservazione dell'Impulso"

Se da qualcosa che e' fermo parte un pezzo in una direzione, il resto deve rinculare in direzione opposta

Il “rinculo” nel decadimento beta

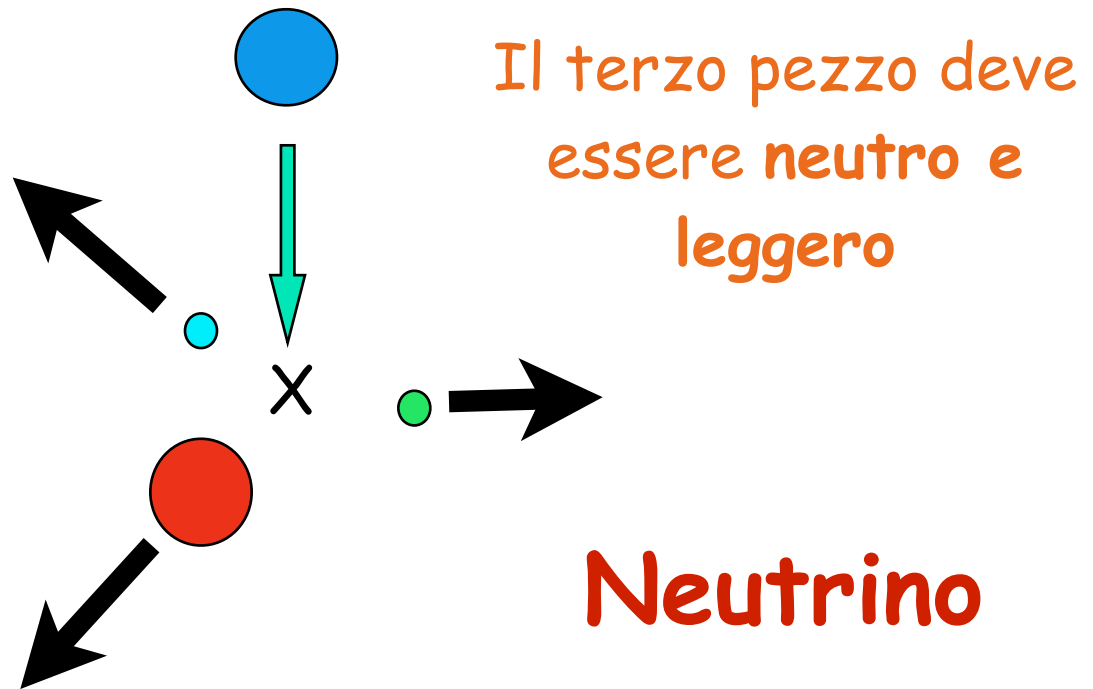


Il “rinculo” nel decadimento beta



Il neutrino

Pauli propone che il problema del rinculo nel decadimento beta si possa spiegare supponendo che il decadimento avvenga in **3 pezzi invece di 2!**



Osservare i neutrini

I neutrini sono difficilissimi da osservare

Sono neutri - non lasciano tracce su lastre fotografiche o nelle camere a gas

Hanno la piu' **bassa probabilita' di interazione** tra le particelle note

Si possono **osservare solo indirettamente** - guardando cosa succede ad altre particelle quando vengono colpite

Ce ne sono tantissimi

Un po' di poesia

Cosmic Gall

*Neutrinos, they are very small.
They have no charge and have no mass
And do not interact at all.
The earth is just a silly ball
To them, through which they simply pass,
Like dustmaids down a drafty hall
Or photons through a sheet of glass.
They snub the most exquisite gas,
Ignore the most substantial wall,
Cold shoulder steel and sounding brass,
Insult the stallion in his stall,
And scorning barriers of class,
Infiltrate you and me! Like tall
and painless guillotines, they fall
Down through our heads into the grass.
At night, they enter at Nepal
and pierce the lover and his lass
From underneath the bed - you call
It wonderful; I call it crass.*

Sfacciataggine cosmica

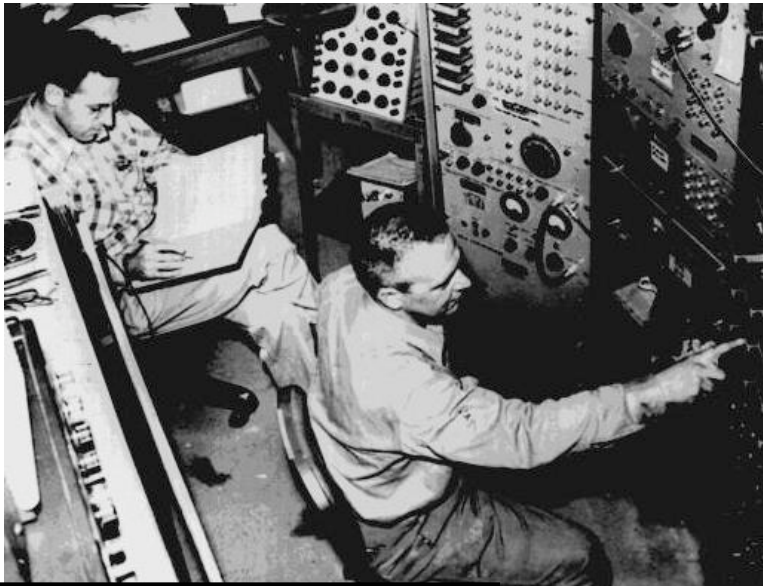
I neutrini, loro sono proprio piccoli:
non hanno carica e nemmeno massa
e non interagiscono per niente.
La Terra è nient'altro che una insulsa palla
per loro, che semplicemente ci passano attraverso
come donne delle pulizie in una sala piena di spifferi
o fotoni attraverso una lastra di vetro.
Essi snobbano i gas più sottili,
ignorano la più solida parete,
l'acciaio tenace e l'ottone sonoro,
insultano lo stallone nella sua stalla,
e, disdegnando le barriere di classe,
si infiltrano in te e me! Come alte
e indolori ghigliottine, cadono
attraverso le nostre teste giù nell'erba.
Di notte entrano nel Nepal
e perforano l'amante e la sua amata
da sotto il letto – per voi
è meraviglioso; per me è stupido.

John Updike



Osservare i neutrini

I neutrini provengono da reazioni nucleari.

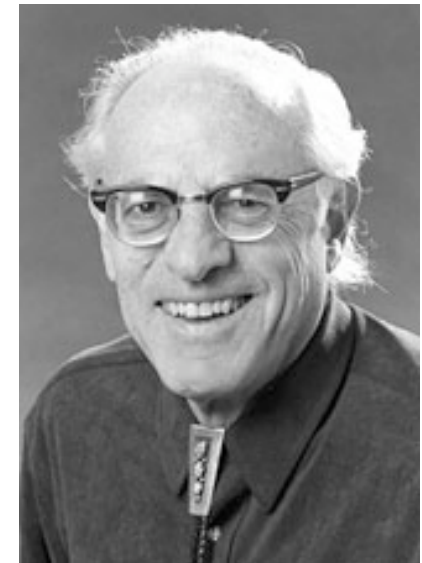


Savannah river plant

FREDERICK REINES
(NOBEL PER LA FISICA 1995)

1956:
ESPERIMENTO
DI REINES
E
COWAN

DECADIMENTO
BETA INVERSO



Un Zoo di particelle

Negli anni successivi furono scoperte tantissime nuove particelle

particelle simili all'elettrone ma piu' pesanti
particelle simili a protoni e neutroni ma piu' pesanti
nuove particelle di interazione simili ai fotoni

Gli scienziati erano alla ricerca di un po' di ordine in tutta questa gran varieta'

Il modello standard

Alla fine gli scienziati svilupparono il **modello standard**, in cui la grande varietà di particelle veniva spiegata con diverse combinazioni di poche particelle fondamentali

Gell-Mann



Winberg



Salam



Il modello standard

Alla base delle particelle come protoni e neutroni stanno 6 **quarks** divisi in 3 gruppi

Su e **Giu'** sono i piu' leggeri e sono stabili

Fascinoso e **Strano** sono intermedi ed instabili

Cima e **Fondo** sono i piu' pesanti e sono instabili

La materia si presenta in **tre livelli** di cui solo il piu' leggero e' stabile

Piu' di un neutrino?

Ed il neutrino e l'elettrone che fanno??

Il modello standard prevede che **anche loro si presentano in tre livelli di energia** via via crescente

Elettrone
Muone
Tau



Neutrini
Elettronico
Muonico
Tauonico

Neutrini dal Sole

A due passi da noi c'è una grande fabbrica di neutrini

Il Sole

Ogni secondo le reazioni nucleari al centro del Sole
producono

100 mila miliardi di miliardi di miliardi di neutrini

65 miliardi di neutrini al secondo attraversano ogni
centimetro quadrato della vostra pelle

Non interagiscono

Misurare i neutrini solari

Quando un neutrino solare colpisce un **atomo di Cloro**
lo trasforma in un **atomo di Argon**

Davis



Bahcall



Mettiamo un grosso
serbatoio di Cloro protetto
in una miniera e contiamo gli
atomi di Argon

Perche' sotto terra?

Gli scienziati si erano accorti che gli elettroscopi si scaricavano nel tempo. Perche?

PRIMI DEL '900:
PROBLEMA CON
ELETTRISCOPI



1912:
HESS SCOPRE I
"RAGGI COSMICI"



I Raggi Cosmici sono particelle di alta energia provenienti dallo spazio

Per schermare i rivelatori si fanno sotto terra

I conti non tornano di nuovo

Il **Modello Solare prevedeva 10** atomi di Argo la Settimana
Invece se ne **misuravano solo 3**

I conti non tornano di nuovo

Il **Modello Solare prevedeva 10** atomi di Argo la Settimana
Invece se ne **misuravano solo 3**

L'esperimento non misura bene ---- Ricontrollato molte volte

I conti non tornano di nuovo

Il **Modello Solare prevedeva 10** atomi di Argo la Settimana
Invece se ne **misuravano solo 3**

L'esperimento non misura bene ---- Ricontrollato molte volte

Il Modello Solare e' sbagliato ---- Gli astronomi mostrarono
che comunque non si poteva ridurre di cosi' tanto il numero

I conti non tornano di nuovo

Il **Modello Solare prevedeva 10** atomi di Argo la Settimana
Invece se ne **misuravano solo 3**

L'esperimento non misura bene ---- Ricontrollato molte volte

Il Modello Solare e' sbagliato ---- Gli astronomi mostrarono
che comunque non si poteva ridurre di cosi' tanto il numero

Forse non abbiamo capito bene come funzionano i neutrini
---- I fisici pero' erano convinti di saperlo bene

Neutrini Mescolati

Forse i neutrini possono cambiare sapore?
Noi osserviamo solo quelli di sapore "elettronico"

Pontecorvo



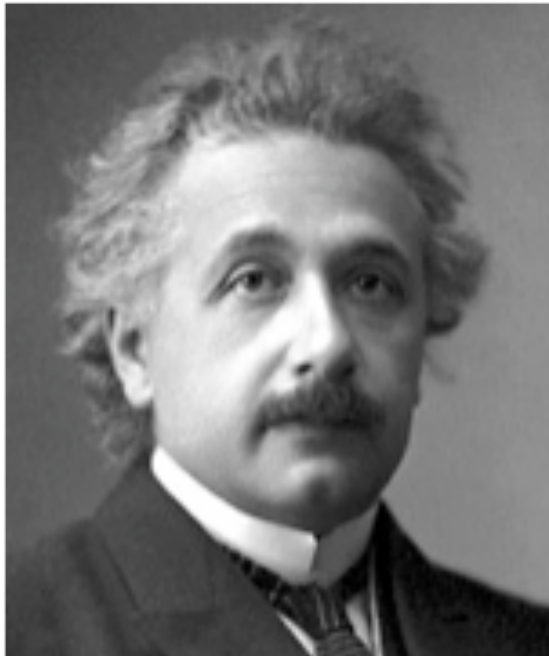
**La materia in generale puo cambiare
sapore**

**I neutrini Oscillano
Partono come elettronici ma cambiano
sapore nel percorso**

Tempo ed Orologi

Quando si parla di come scorre il tempo si parla di **relativita'**

Einstein



Nell'esperienza quotidiana il tempo passa nello stesso modo per tutti

Ma solo perche' in genere ci **muoviamo lentamente**

Per chi si muove ad alte velocita' il tempo passa piu' lentamente

300000 km/s

I neutrini hanno massa?

La **velocita' limite e' quella della luce**

Solo **particelle prive di massa** come i fotoni possono muoversi a quella velocita'

Per loro il tempo non passa mai

I neutrini hanno massa?

La **velocita' limite e' quella della luce**

Solo **particelle prive di massa** come i fotoni possono muoversi a quella velocita'

Per loro il tempo non passa mai

Se i **neutrini possono cambiare sapore**, vuole dite che per loro il tempo scorre (lento ma scorre)

Per cui i neutrini dovrebbero avere una massa (piccola ma non nulla)

I neutrini hanno massa?

La **velocita' limite e' quella della luce**

Solo **particelle prive di massa** come i fotoni possono muoversi a quella velocita'

Per loro il tempo non passa mai

Se i **neutrini possono cambiare sapore**, vuole dite che per loro il tempo scorre (lento ma scorre)

Per cui i neutrini dovrebbero avere una massa (piccola ma non nulla)

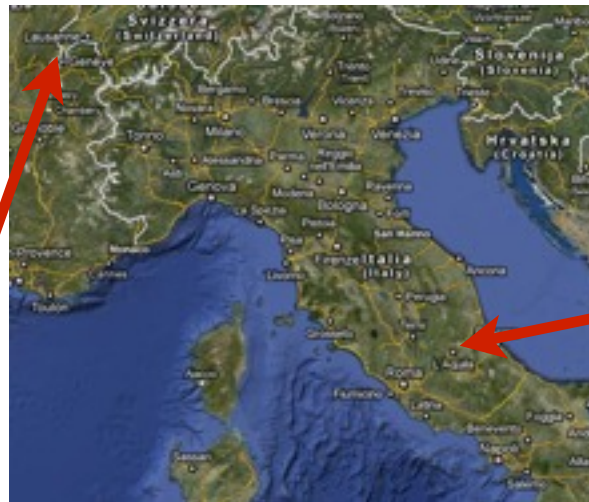
Si stima che il neutrino sia **1000000 di volte piu' leggero**
dell'elettrone

L'esperimento di OPERA

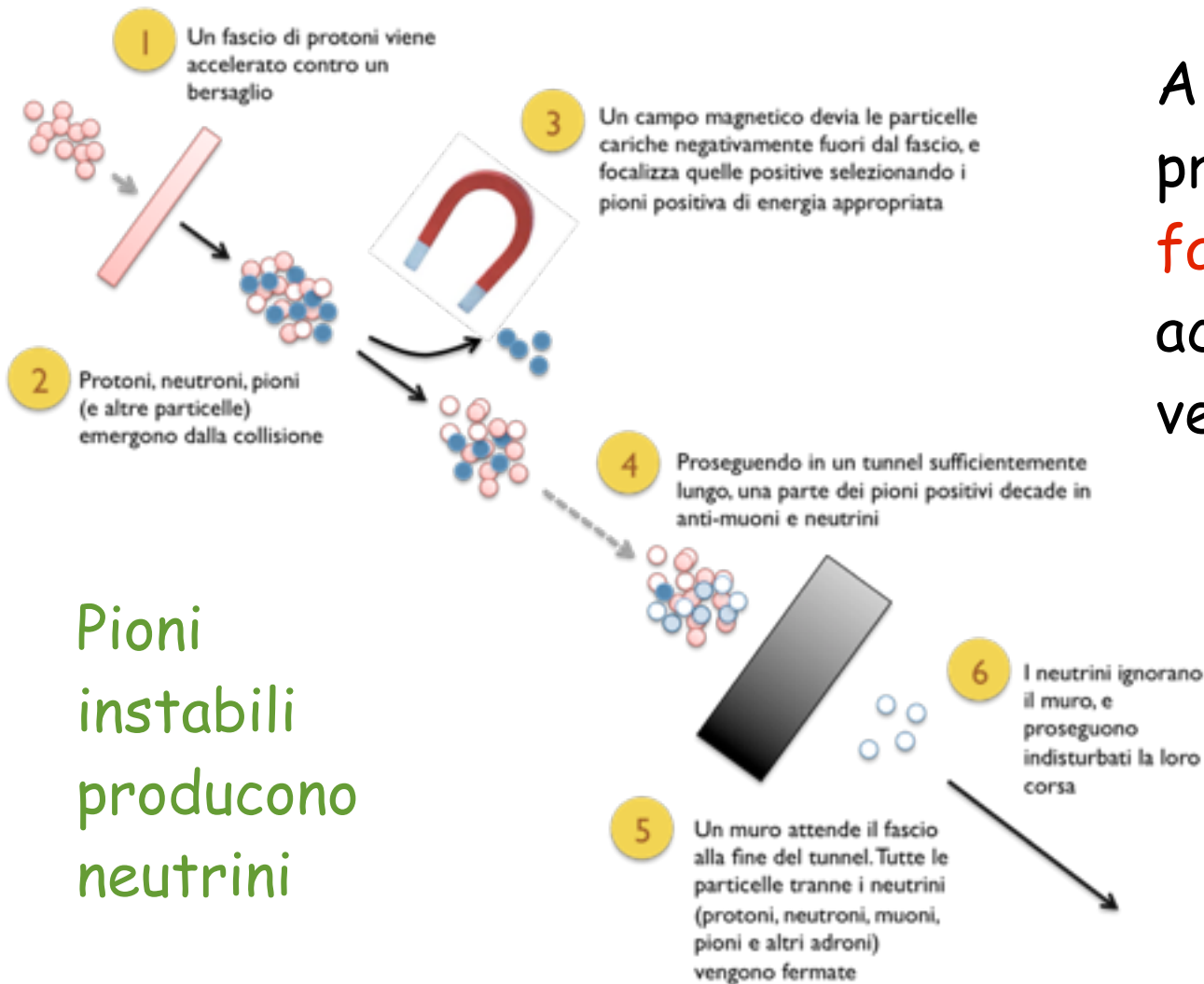
OPERA

(acronimo di Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus)

è un esperimento scientifico per rivelare le oscillazioni dei neutrini muonici in neutrini tauonici. È una collaborazione tra il CERN di Ginevra e i Laboratori Nazionali del Gran Sasso



Come si producono i neutrini



Al CERN viene prima prodotto un **fascio di protoni** accelerati ad alta velocità'

Pioni instabili producono neutrini

I neutrini fuggono verso OPERA

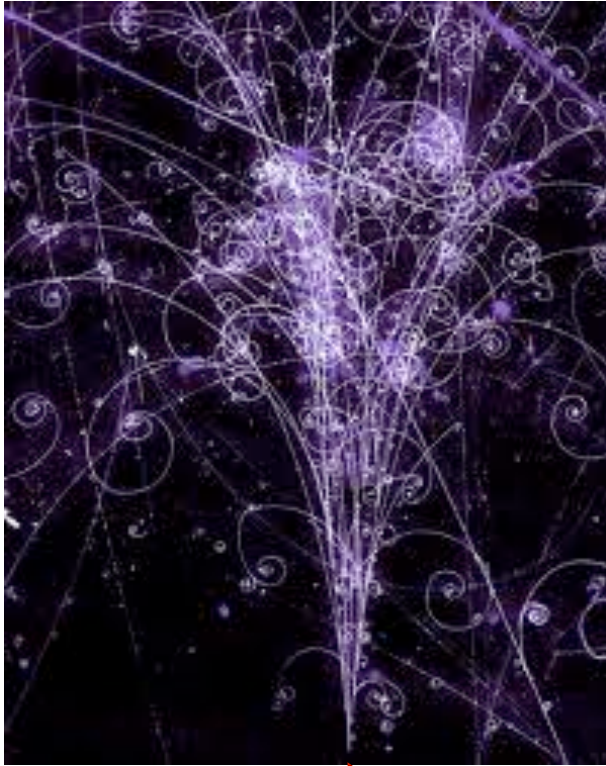
Come si osservano

Il rivelatore
dell'esperimento di OPERA
si trova nella **Sala C**
a **1400 m di profondita'**



Il neutrino non si osserva direttamente, ma quando interagisce con la materia puo' produrre uno sciame di altre particelle che queste si possono essere rilevate

Come si osservano



La particella primaria
ha interagito qui



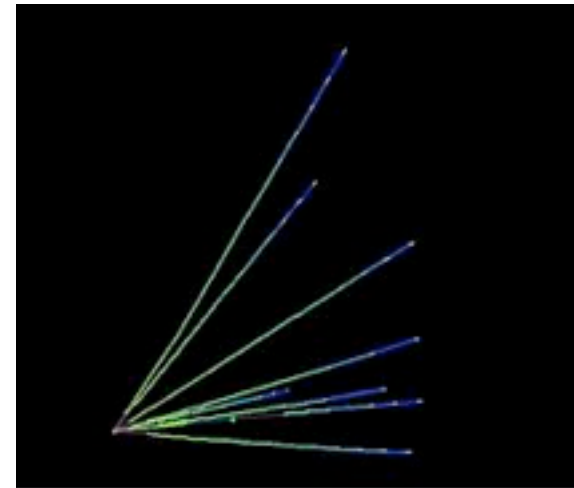
Gli sciami possono
contenere migliaia di
particelle diverse

Come si osservano

Il trucco sta nel fatto che le proprietà di alcuni sciame dipendono molto da chi li ha iniziati



Bisogna **"fotografare"**
lo sciame



Come si identificano

Come si fa a stabilire che questi neutrini sono proprio quelli spediti dal CERN?

Come si identificano

Come si fa a stabilire che questi neutrini sono proprio quelli spediti dal CERN?

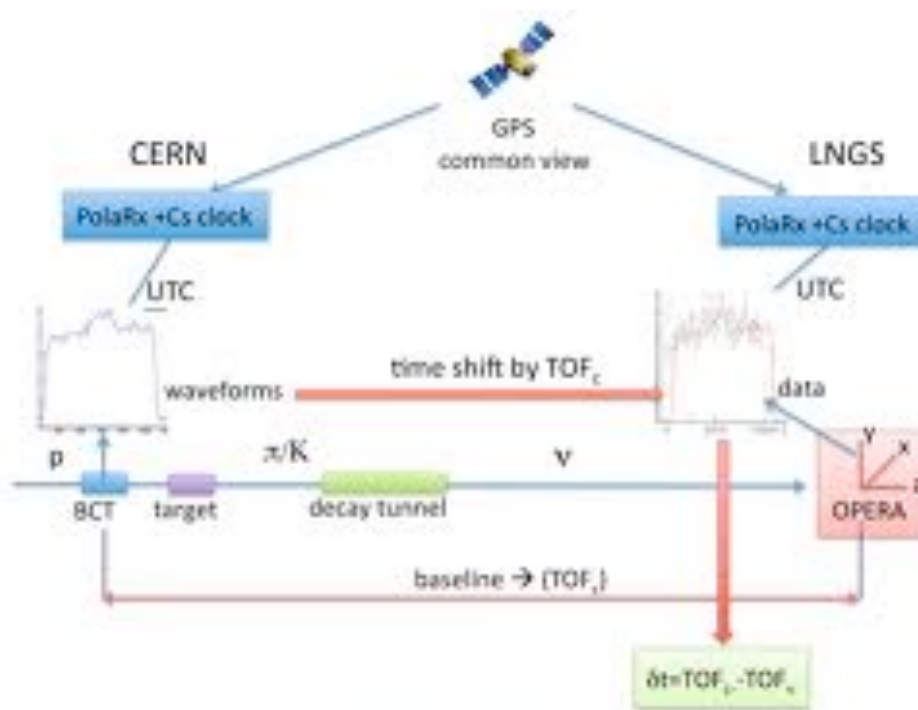


Fig. 5: Schematic of the time of flight measurement.

Occorre **sincronizzare** il rivelatore con l'emissione

Occorre conoscere **tempo e distanza**

Piu' veloci della Luce???

La distanza tra CERN ed OPERA e' misurata con la
precisione di 20 cm (su 730 km)

Gli orologi sono sincronizzati via GPS con precisione di
10 miliardesimi di secondo

Piu' veloci della Luce???

La distanza tra CERN ed OPERA e' misurata con la
precisione di 20 cm (su 730 km)

Gli orologi sono sincronizzati via GPS con precisione di
10 miliardesimi di secondo

Con distanza e tempi potete calcolarvi una velocita'

Piu' veloci della Luce???

La distanza tra CERN ed OPERA e' misurata con la
precisione di 20 cm (su 730 km)

Gli orologi sono sincronizzati via GPS con precisione di
10 miliardesimi di secondo

Con distanza e tempi potete calcolarvi una velocita'

Veniva fuori che i neutrini erano di poco
piu' veloci della luce

Un putiferio

Gli scienziati erano divisi in 2!

Molti avevano grossi dubbi, perche' tutti gli esperimenti fatti finora davano ragione ad Einstein

Altri erano molto eccitati, perche' la misura sembrava ben fatta, e se confermata sarebbe stata una rivoluzione

"D'AVANTI A UN RISULTATO SPERIMENTALE CI SONO SOLO DUE POSSIBILI IPOTESI: SE IL RISULTATO CONFERMA LE IPOTESI HAI FATTO UNA MISURA, SENNO' HAI FATTO UNA SCOPERTA."

E. FERMI

Neutrini dal cielo

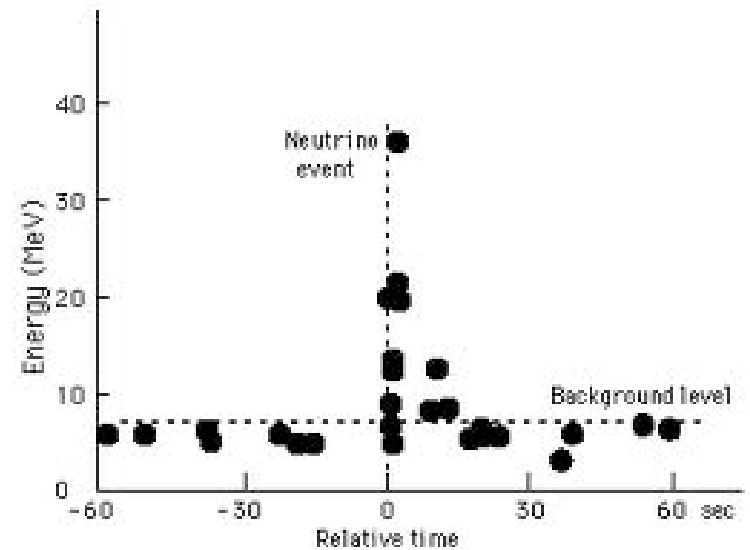
Anche le Supernove producono neutrini



I neutrini vengono dal core della stella che muore
La Luce viene solo dalla superficie piu' tardi

1987 A

I neutrini sono piu' lenti della luce



..fa le pentole ma non i coperchi!

Dopo aver presentato i risultati al pubblico in moltissimi convegni

..fa le pentole ma non i coperchi!

Dopo aver presentato i risultati al pubblico in moltissimi convegni

Putroppo alcuni mesi fa e' stato scoperto che un **cavetto di OPERA non era stato tarato bene.**

Proprio uno dei cavetti che misurava il ritardo del segnale
E pare che lo scarto fosse proprio all'origine dell'anomalia

..fa le pentole ma non i coperchi!

Dopo aver presentato i risultati al pubblico in moltissimi convegni

Putroppo alcuni mesi fa e' stato scoperto che un **cavetto di OPERA non era stato tarato bene.**

Proprio uno dei cavetti che misurava il ritardo del segnale
E pare che lo scarto fosse proprio all'origine dell'anomalia

Questop e' stato imbarazzante per gli scienziati, che avevano controllato mille cose e si erano dimenticati un cavetto!

E ora?

il Giornale.it **cronache**

News Opinioni Economia Sport Cultura Life Tech Casa Lavoro Milano Cor

Mi piace Piace a 61310 persone. Registrazione per vedere cosa piace ai tuoi amici. +1 644 il Giornale.it

Condividi: +1

Commenti: 28

Neutrini più veloci della luce Dopo il flop della scoperta, si dimette il fisico Ereditato

Il fisico Antonio Ereditato, coordinatore della collaborazione Opera i cui dati aveva indicato (erroneamente) i neutrini più veloci della luce, si è dimesso

FISICA: DIMISSIONI EREDITATO ARRIVATE DOPO 'MOZIONE SFIDUCIA'

30/03/2012 - 14.12 - (AGI) - Roma, 30 mar. - La decisione del fisico Antonio Ereditato di dimettersi da coordinatore dell'esperimento Opera arriva dopo la presentazione, da parte di alcuni colleghi che lavoravano con lui per Opera, di una mozione di 'sfiducia', ... (AGI - Agenzia Giornalistica Italia)

Condividi | Avvisami | Commenta | Leggi l'Articolo

+1 Tweet Consiglia

Il responsabile si e'
dimesso



OPERA

OPERA pero' continua la sua missione di ricerca

Lo scopo di OPERA non era e non e' di misurare la velocita' dei neutrini ma di misurarne le oscillazioni e quindi ricavare la massa

Questa pero' e' una lezione importante per molti

Gli sbagli in scienza avvengono spesso, per questo bisogna essere sempre scettici e dubitare