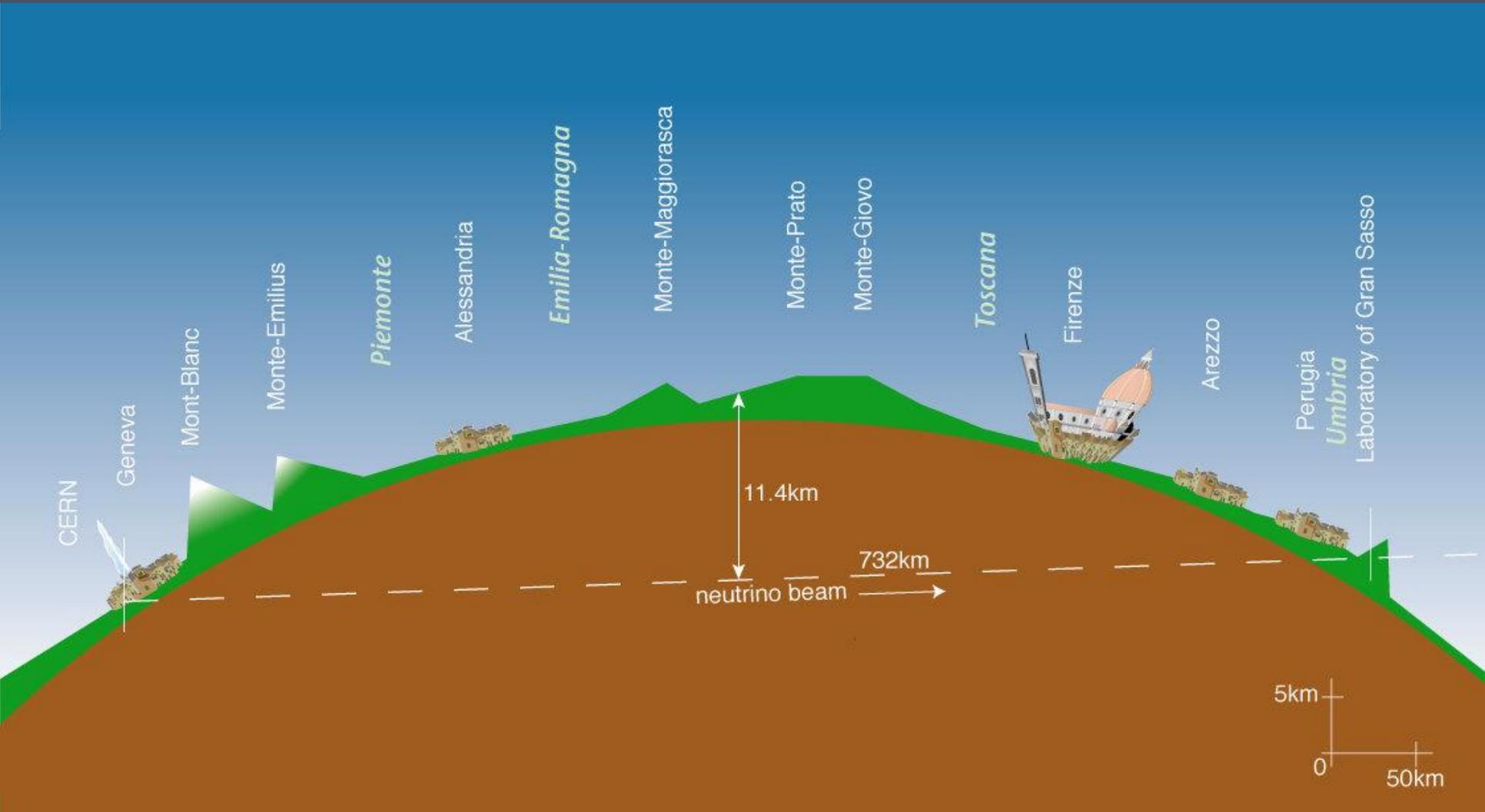


NEUTRINI SUPERLUMINALI: LE DIFFICOLTA' INTERPRETATIVE

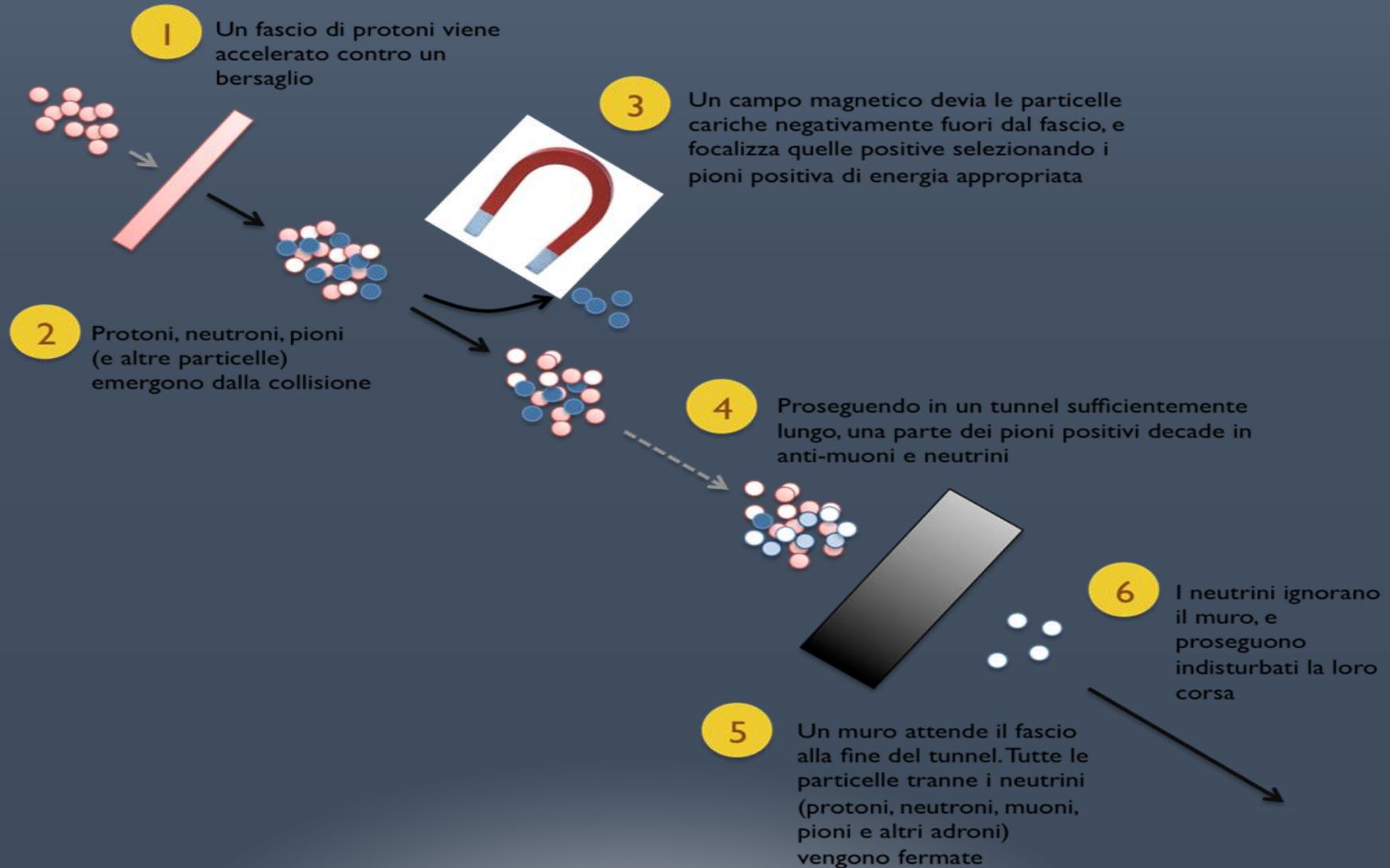


Paolo Ciafaloni – INFN Sezione di Lecce

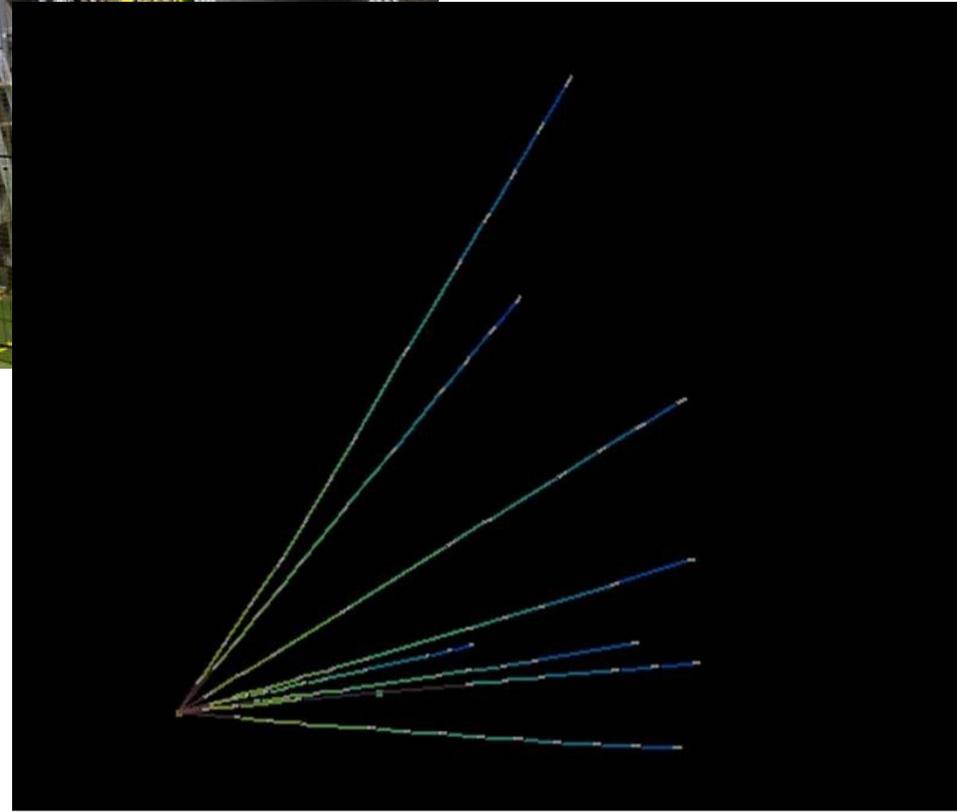
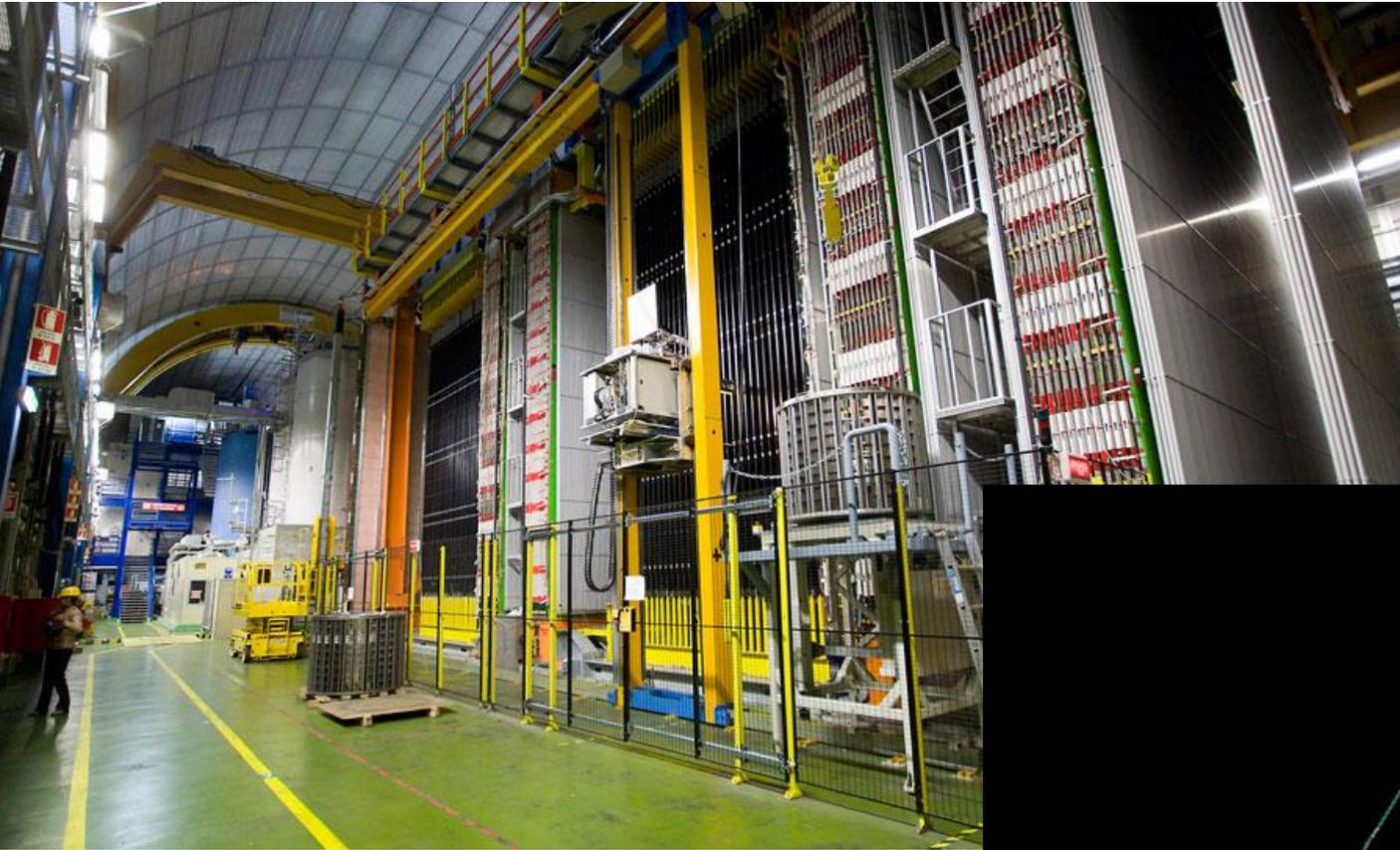
CERN Neutrino beam to Gran Sasso (CNGS)



PRODUZIONE DI NEUTRINI AL CERN....



Poco dopo, al gran sasso (OPERA)...



ALCUNI PUNTI CRITICI DELLE MISURE (SECONDO ME)

- Non si misurano direttamente energia e istante di nascita del neutrino: si ricavano dalle analoghe quantità misurate per i protoni
- Non si correla il neutrino col protone che lo ha prodotto: un pacchetto (“bunch”) ha dimensioni temporali di $10\ \mu\text{s}$; la precisione finale di $10\ \text{ns}$ e’ ricavata da una analisi statistica
- La precisione di misura della sincronizzazione ($1\ \text{ns}$) e della distanza ($20\ \text{cm}$) sono, per me, stupefacenti
- L’esperienza e’ molto complesso: coinvolge vari gruppi di persone anche fuori dalla comunita’ di OPERA (NASA, istituti di metrologia)

IN QUESTO SEMINARIO

Assumiamo che i neutrini siano piu' veloci della luce di circa 7 km/s, come i dati di OPERA sembrano indicare. Questo e' compatibile con l'insieme di dati sperimentali conosciuti?

Caveat: la domanda e' troppo ambiziosa.

Past experimental results

FNAL experiment ([Phys. Rev. Lett. 43 \(1979\) 1361](#))

high energy ($E_\nu > 30$ GeV) short baseline experiment. Tested deviations down to $|v-c|/c \leq 4 \times 10^{-5}$ (comparison of muon-neutrino and muon velocities).

SN1987A ([see e.g. Phys. Lett. B 201 \(1988\) 353](#))

electron (anti) neutrinos, 10 MeV range, 168'000 light years baseline.
 $|v-c|/c \leq 2 \times 10^{-9}$.

Performed with observation of neutrino and light arrival time.

MINOS ([Phys. Rev. D 76 072005 2007](#))

muon neutrinos, 730 km baseline, E_ν peaking at ~ 3 GeV with a tail extending above 100 GeV.

$(v-c)/c = 5.1 \pm 2.9 \times 10^{-5}$ (1.8 σ).

Conclusions (1)

- The OPERA detector at LNGS in the CERN CNGS muon neutrino beam has allowed the most sensitive terrestrial measurement of the neutrino velocity over a baseline of about 730 km.
- The measurement profited of the large statistics accumulated by OPERA (~16000 events), of a dedicated upgrade of the CNGS and OPERA timing systems, of an accurate geodesy campaign and of a series of calibration measurements conducted with different and complementary techniques.
- The analysis of data from the 2009, 2010 and 2011 CNGS runs was carried out to measure the neutrino time of flight. For CNGS muon neutrinos travelling through the Earth's crust with an average energy of 17 GeV the results of the analysis indicate an early neutrino arrival time with respect to the one computed by assuming the speed of light:

$$\delta t = \text{TOF}_c - \text{TOF}_\nu = (60.7 \pm 6.9 \text{ (stat.)} \pm 7.4 \text{ (sys.)}) \text{ ns}$$

- We cannot explain the observed effect in terms of known systematic uncertainties. Therefore, the measurement indicates a neutrino velocity higher than the speed of light:

$$(v-c)/c = \delta t / (\text{TOF}_c - \delta t) = (2.48 \pm 0.28 \text{ (stat.)} \pm 0.30 \text{ (sys.)}) \times 10^{-5}$$

with an overall significance of 6.0σ .

SN1987A



I neutrini (forse) vincono la gara sui fotoni per 4 ore su 168.000 anni.
Se avessero viaggiato alla velocita' di OPERA sarebbero arrivati 4 anni prima

MEDIA

“Sgombriamo subito il campo da un’interpretazione sensazionalistica, che è circolata ad arte insieme alla notizia dell’esperimento. La relatività di Einstein *non* prevede affatto che la velocità della luce non possa essere superata! “

(Odifreddi, Repubblica 22 sett 2011)

DIVULGAZIONE?

- Articolo su <http://www.gravita-zero.org> (in italiano)
“Neutrini superluminali: le difficoltà interpretative” - commenti: 0
 - Blog su http://www.science20.com/science_20 (in inglese) - commenti: molti (troppi)
1. Tutti i dati indicano che i neutrini viaggiano a un milione di volte la velocità della luce per 18 metri, poi rallentano.
 2. Come il mio modello di Autodynamics chiaramente dimostra, i neutrini non esistono.
 3. Se i neutrini viaggiano così veloci, l'orizzonte degli eventi di un buco nero evapora.
 4. Non hai tenuto in conto di: QFT, spontaneous LSB, decoerenza quantistica, rinormalizzabilità e del fatto che i tachioni accelerano quando perdono energia.



http://www.science20.com/third_millennium_physics/faster_light_neutrinos_and_relativity-84111

If neutrinos travel faster than light by 7 km/s, do we need to modify Relativity?

The answer is a clear-cut "Yes"; let me explain why.

1) Lorentz invariance:
$$\left(\frac{E}{c^2}\right)^2 - \left(\frac{p}{c}\right)^2 = m^2$$

2) Velocity:
$$v = \frac{1}{c} \frac{\partial E}{\partial p} = c \sqrt{1 - \frac{m^2 c^4}{E^2}} \leq c$$

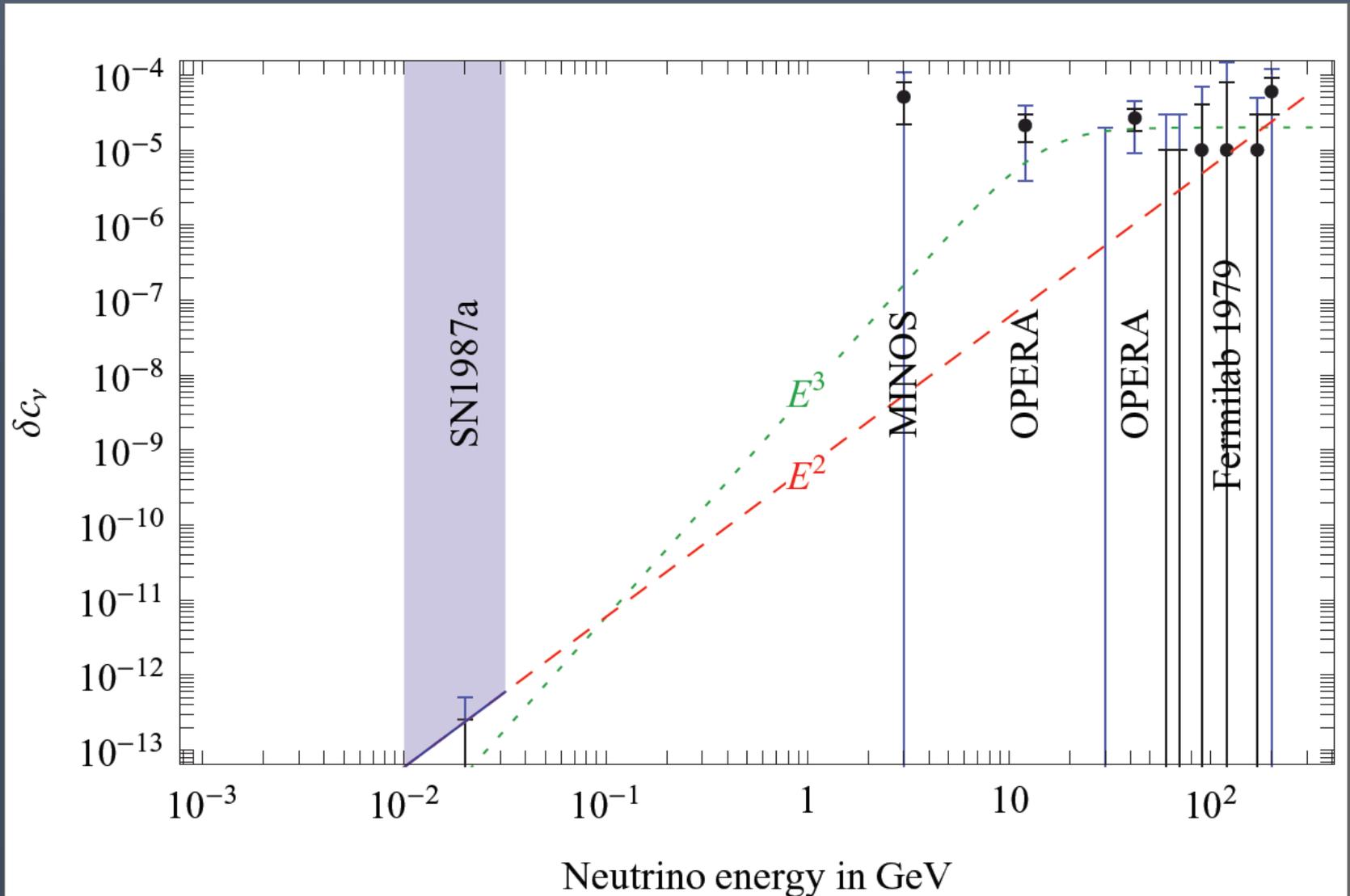
Dubbio geniale #1: e se $m = i |m|$ (tachioni)?

OPERA : $|m c^2| \sim 0.2 \text{ GeV}$ SN1987: : $|m c^2| \sim 1 \text{ keV}$

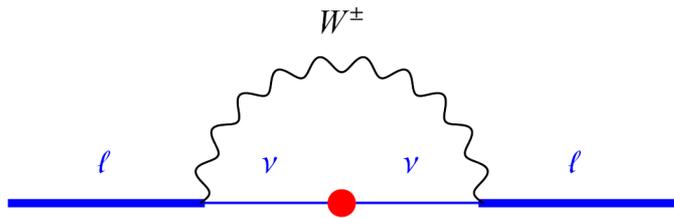
Dubbio geniale#2 (Odifreddi): e se c non fosse la velocita' della luce?

Fotone: $mc^2 < 10^{-18} \text{ eV}$ (<http://pdg.lbl.gov>)

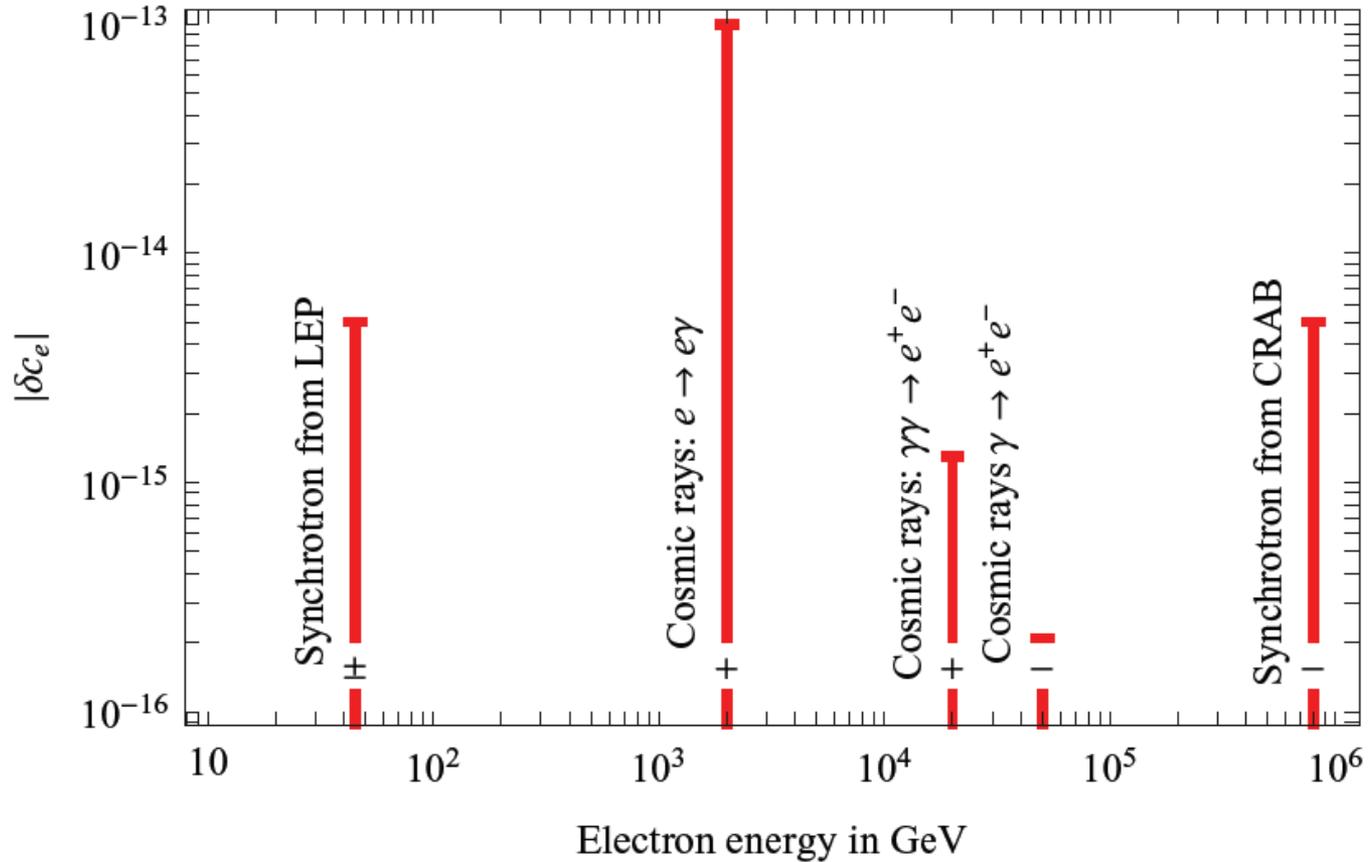
E' possibile, modificando la Relativita', riconciliare OPERA con SN1987A?



G. Giudice, S. Sibiryakov, A. Strumia 1109.5682: SI, e' possibile. Ma.....



$$\delta c_e \gtrsim \left(\frac{E_{\text{OPERA}}}{4\pi v} \right)^2 \delta c_\nu(E_{\text{OPERA}}) \sim 10^{-9}.$$

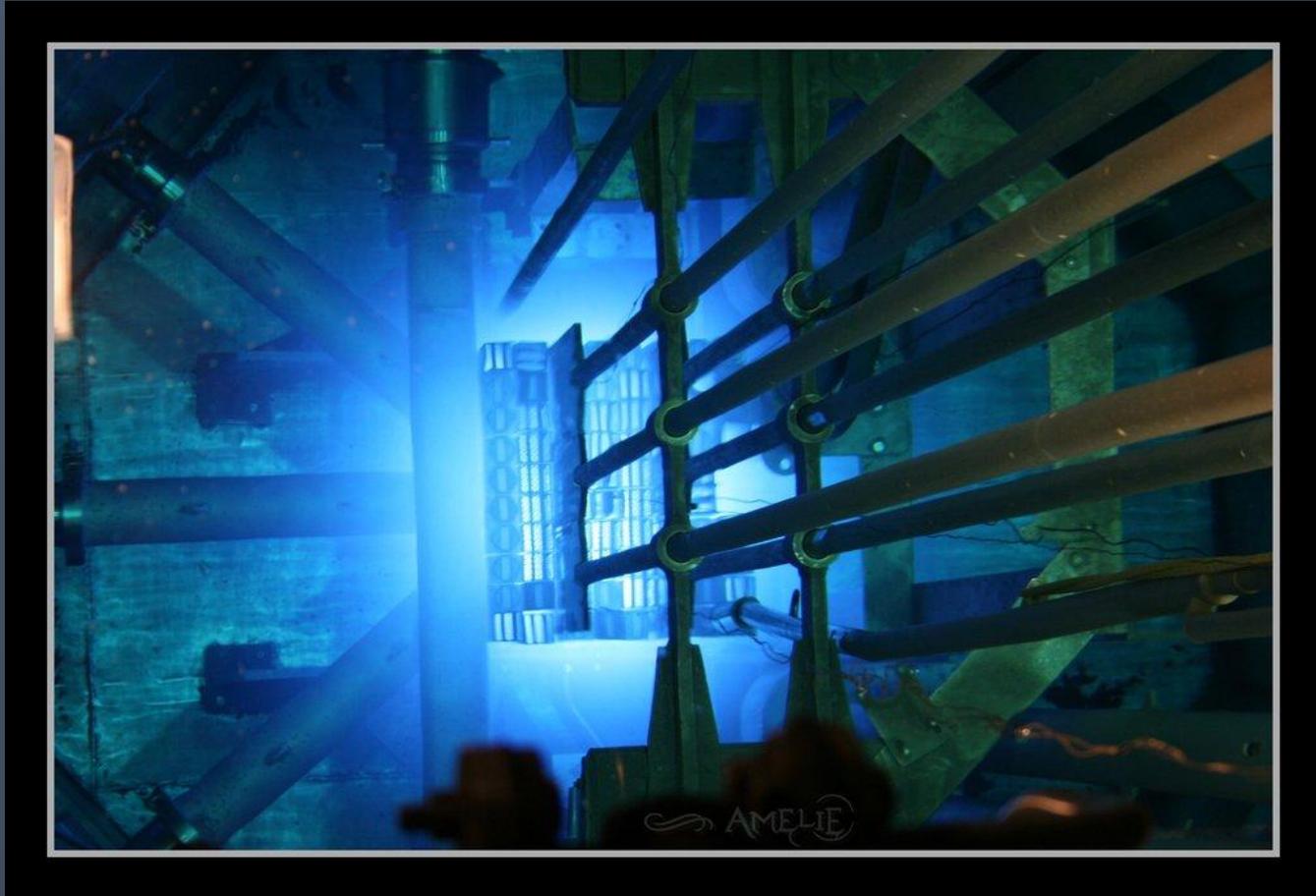


... e' chiaramente in conflitto con le proprieta' dell'elettrone.

EFFETTO ČERENKOV

A. G. Cohen e S. L. Glashow

<http://arxiv.org/abs/arXiv:1109.6562>



Se i neutrini viaggiassero più veloce della luce dovrebbero perdere energia per un effetto simile. Ma gli stessi dati di OPERA ci dicono che questa perdita di energia non avviene: i risultati di OPERA, secondo Cohen e Glashow, sono quindi contraddittori.

Superluminal Cerenkov

$$\nu \rightarrow \nu + e^+ + e^-$$

$$E_\nu > E_0 = 2 \frac{m_e}{\sqrt{V_\nu^2 - 1}}$$

Relativita': $V_\nu < 1$, processo PROIBITO.

OPERA: $E_0 = 140 \text{ MeV}$

"The observation of neutrinos with energies in excess of 12.5 GeV cannot be reconciled with the claimed superluminal velocity measurement"

Game over? Non proprio. Un esperimento puo' *sempre* essere interpretato in diversi modi.

SCAPPATOIE (IN ORDINE INVERSO DI PLAUSIBILITA')

- Un alieno dispettoso e invisibile si diverte a tirare neutrini vicino al GS (G. Co')
- La ventiseiesima dimensione in un iperspazio esponenzialmente curvo crea un supertubo in grado di lanciare i neutrini a velocita' superluminale. (P. Ciafaloni)
- I neutrini di SN1987 non hanno nulla a che vedere con SN1987 (P. Bernardini)
- Non sempre energia e impulso si conservano (G. Amelino-Camelia et al. 1110.0521)

Inventiamoci una regola di dispersione $E(p)$ compatibile con gli esperimenti
tale regola deve essere diversa dalla “standard”

- 1) E, p hanno l'usuale interpretazione (le traslazioni spazio-temporali sono simmetrie) e dunque si trasformano con Lorentz. Esiste l'etere perche' la regola di dispersione dipende dal sistema di riferimento. Questo e' escluso dai dati.
- 2) E, p *non* si conservano in generale (le traslazioni spazio-temporali sono simmetrie poco rotte). Posso salvare il principio di relativita'.

Commento: 1) e' predittivo, ed e' gia' escluso. 2) non e' predittivo e quindi non escluso

L'unica via d'uscita sembra non condurre da nessuna parte!

I NEUTRINI VANNO PIU' VELOCE DELLA LUCE OPPURE NO?

NO

Se si ammette che I neutrini viaggino piu' veloce della luce di 7km/s, ci si scontra con difficolta' interpretative quasi insormontabili

SI

Evidenza sperimentale a 6σ ;
la probabilita' che sia una
fluttuazione statistica e' 10^{-17} !

Conclusione: Boh....
