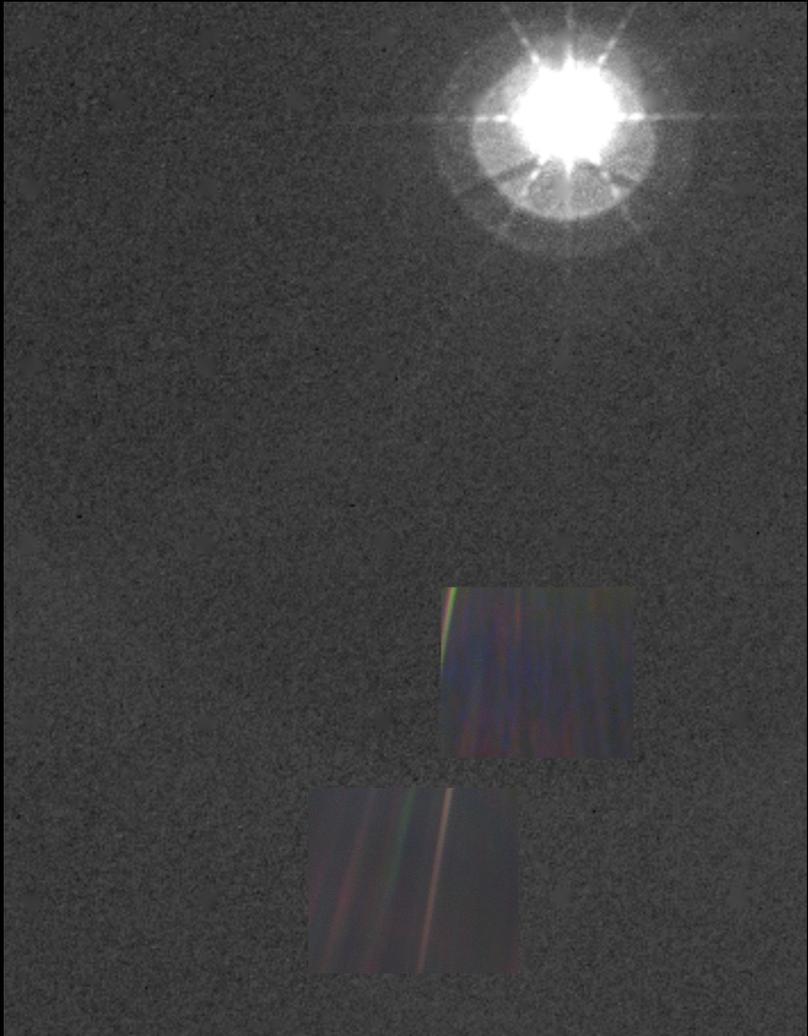
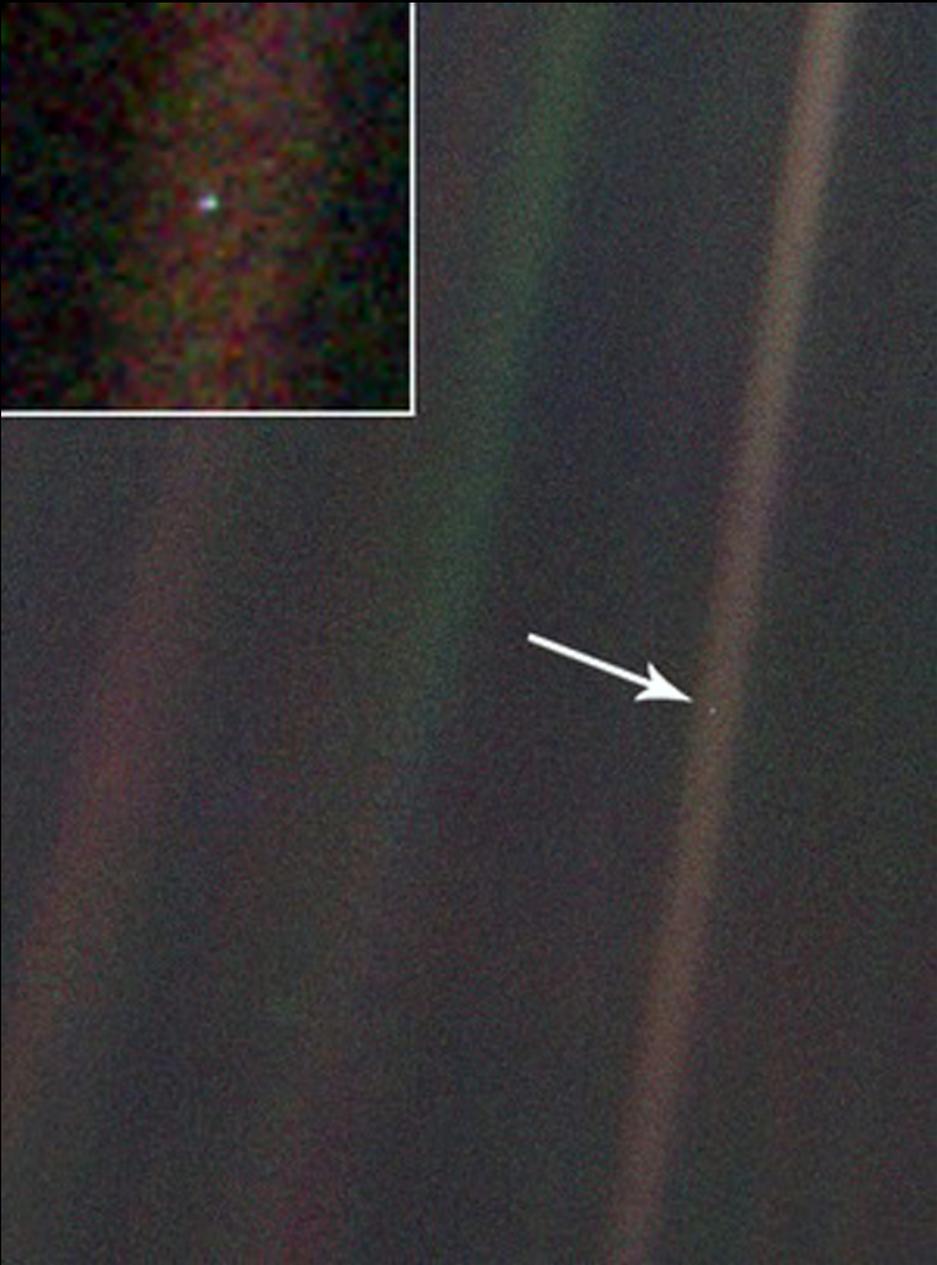


Ho misurato la resistività mi viene
10200.38762543157839



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

L' INFN

- promuove, coordina ed effettua la ricerca scientifica nel campo della fisica sub-nucleare, nucleare e astroparticellare,
- nonché la ricerca e lo sviluppo tecnologico necessari alle attività in tali settori,
- in stretta connessione con l' Università
- e nel contesto della collaborazione e del confronto internazionale.



Le Origini dell'Istituto

Nel 1937 Fermi propone al CNR la costituzione di un Istituto Nazionale di Radioattività

Istituto di Fisica

Roma, 29 gennaio 1937-XV

Ondrevole Consiglio Nazionale delle
Ricerche
- R O M A -

Le ricerche di Radioattività hanno avuto negli ultimi anni, presso tutte le nazioni civili, uno sviluppo eccezionalmente intenso e fecondo. Questo sviluppo non avviene in alcun modo a declinare, ma tende anzi estendendosi a nuovi e vasti campi non solo della fisica, ma anche della chimica e della biologia.

L'Italia ha avuto fino ad ora una posizione preminente in queste ricerche, grazie in particolare all'illuminato aiuto che ad esse è stato dato da codesto Onorevole Consiglio ed è ovvio l'interesse scientifico nazionale che il nostro Paese non perda questa favorevole situazione.

D'altra parte la tecnica radioattiva ha potuto fino ad ora impiegarre in gran parte come sorgenti primarie le sostanze radioattive naturali. In questa fase i mezzi ordinari di un laboratorio fisico universitario hanno potuto, con limitati aiuti esterni, essere sufficienti allo sviluppo delle ricerche.

Accanto alla tecnica delle sorgenti naturali si è però andata sviluppando in tutti i grandi paesi esteri quella delle sorgenti artificiali ottenute mediante bombardamento di elementi pesanti con particelle veloci.

Queste tecniche, che hanno ottenuto costanze se anche un piano le risorse

del Ministero Nazionale di Fisica Nucleare. I Nel campo delle pro Esperio, cerca sistività di v relativi studio è portante nizi, è l



Per lo studio di reazioni chimiche.

Non meno importanti si prospettano le applicazioni nel campo biologico e medico. Tale importanza è stata già riconosciuta in vari paesi nei quali le ricerche sulla radioattività artificiale sono largissimamente sovvenzionate da istituzioni mediche. Alcune applicazioni riguardano la sostituzione delle sostanze radioattive artificiali a quelle naturali per gli usi terapeutici. E' stata poi già dimostrata la convenienza in biologia di usare indicatori radioattivi nello studio del metabolismo.

Qualora codesto Onorevole Consiglio entrasse nell'ordine di idee qui esposto, sarei ben lieto di sottoporre un programma dettagliato per l'organizzazione ed il funzionamento dell'Istituto di Radioattività.

PREVENTIVO DI SPESA PER UN "ISTITUTO DI RADIOATTIVITA'",

	s p e s a	
	ordinaria	straordinaria
n.5 ricercatori a £.1.000 mensili (5.000 x 12) = spesa annua complessiva	£.80.000	
n.2 tecnici a £.600 mensili (1.600 x 12) = spesa annua complessiva	£.19.200	
n.1 usciere a £. 550 (650 x 12) = spesa annua complessiva	£. 8.000	
TOTALE :	"107.000.=	=====
aggiunta del 20% per eventuali ritenute	" 21.440	
	£.128.640	
ed arrotondando le cifre	£.130.000	
spesa annua per il funzionamento dell'Istituto	£.100.000	
Totale spesa annua ordinaria. . .	" 230.000	=====
Spesa prevista per gli impianti	£. 300.000 (=====
	due anni:	



CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

PRATICA DA SOTTOPORRE ALLE DELIBERAZIONI DEL DIRETTORIO

(Riunione del 24 GIU. 1938 Anno XVI)

Argomento: CONTRIBUTO A S.E. IL PROF. FERMI PER RICERCHE SULLA
RADIOATTIVITA' ARTIFICIALE.

L.150 -200 mila annue (per due annualità)

(Il Consiglio di Presidenza avendo deciso di soprassedere per il momento alla creazione di un Istituto di Radioattività artificiale - data l'attuale limitata disponibilità di mezzi del C.N.R. ed il fabbisogno, certo maggiore di quello previsto da S.E. Fermi, necessario all'attrezzatura di un Istituto di radioattività artificiale che voglia reggere il confronto con quelli stranieri della stessa materia - ha deliberato di proporre al Direttorio che venga frattanto concesso al Prof. Fermi per un paio d'anni un contributo che gli permetta di iniziare la serie di esperienze, ritenute dal Comitato competente molto interessanti, salvo stabilire, sulla base dei risultati ottenuti, di quali ulteriori sviluppi potrà essere suscettibile l'iniziativa del Fermi.)

Deliberazione del Direttorio: IL DIRETTORIO approva la proposta, relativa alla concessione di un contributo di £. 150.000.= al Prof. Fermi.
(Balduino 38-39)

IL SEGRETARIO GENERALE

U. Franchini

*copiato con S. Fermi
17 ott. 1938
S. Franchini*

64

Giugno 1938: il Consiglio Nazionale delle Ricerche decide di non procedere alla costituzione dell'Istituto Nazionale di Radioattività proposto da Fermi





1951

4 Sezioni universitarie
Milano, Torino, Padova, e Roma

1957

Laboratori Nazionali di
Frascati



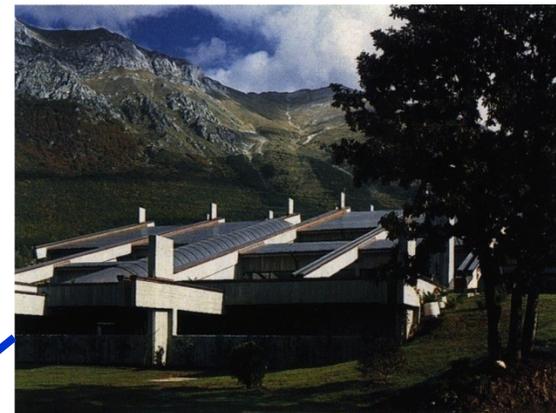
Frascati





Legnaro

Gran Sasso



VIRGO-EGO
European
Gravitational
Observatory



19 Sezioni
11 Gruppi collegati
4 Laboratori Nazionali

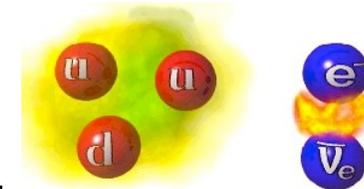


Laboratori del Sud
(Catania)



Che cosa si fa ai Laboratori Nazionali di Frascati?

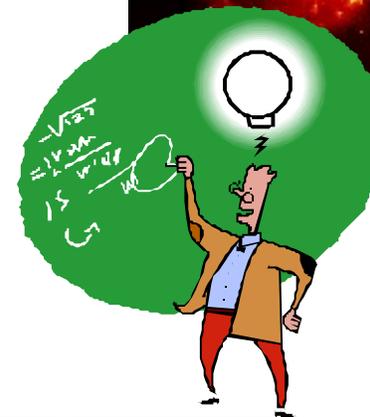
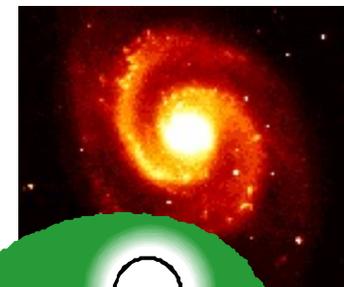
Ricerca fondamentale



- Studi sulla struttura intima della materia



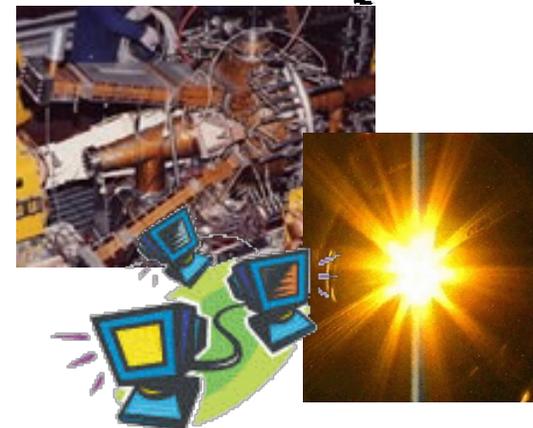
- Elaborazione di modelli teorici



- Sviluppo e costruzione di rivelatori di particelle

- Studio e sviluppo di tecniche acceleratrici

- Studi di materiali e ricerche bio-mediche con luce di sincrotrone



- Sviluppo e supporto di sistemi di calcolo e reti



Il World Wide Web (www)

Nel 1990 al CERN nasce il WWW: sistema ideato per condividere informazioni tra ricercatori di differenti Laboratori e Università impegnati negli stessi progetti scientifici; OGGI HA MILIONI DI UTENTI SCIENTIFICI E COMMERCIALI IN TUTTO IL MONDO



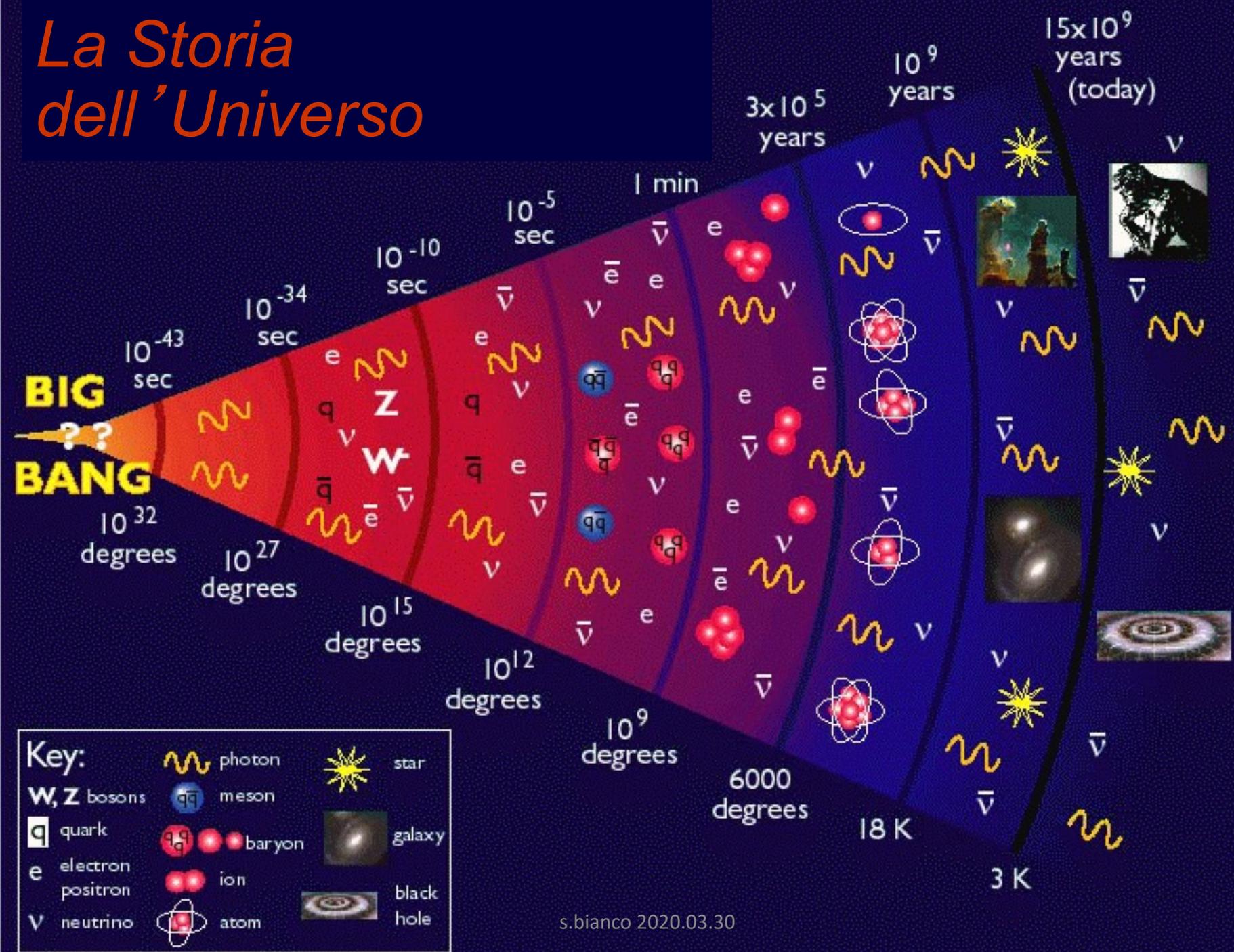
- Barbara Sciascia (INFN) -

43

s.bianco 2020.03.30



La Storia dell'Universo



Key:

photon	star
W, Z bosons	meson
q quark	baryon
e electron	ion
e positron	atom
v neutrino	black hole
	galaxy



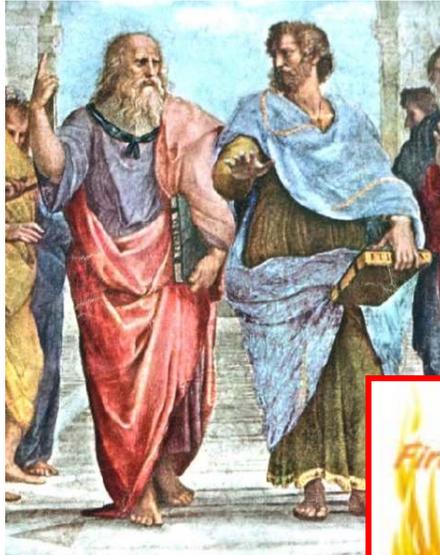


s.bianco 2020.03.30



Com'è fatta la materia

La nostra attuale idea della materia è frutto di secoli di studi...



Gli studiosi dell'antica Grecia credevano che in natura ci fossero 4 elementi



ELEMENTS			
Hydrogen	1	Stontian	46
Arzic	5	Barites	68
Carbon	56	Iron	50
Oxygen	7	Zinc	56
Phosphorus	9	Copper	56
Sulphur	13	Lead	90
Magnessia	20	Silver	190
Line	24	Gold	190
Soda	28	Platina	190
Potash	42	Mercury	167



Dalton (1808) elenca, con il loro peso, diversi degli elementi che oggi conosciamo



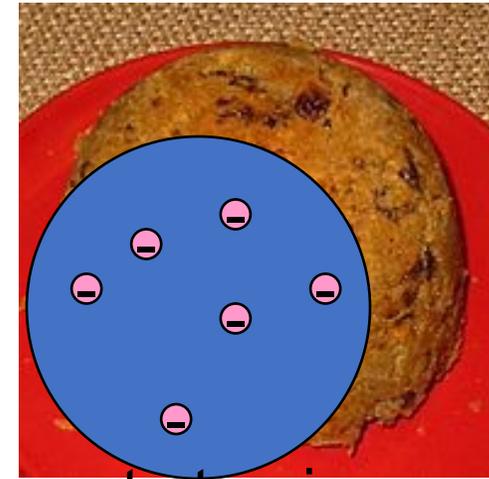
“Modello chimico”: tavola periodica



Vedere l'invisibile

Nel 1898, Thomson scoprì l'elettrone e propose che gli elettroni fossero distribuiti nell'atomo, come UVETTE nel PLUMCAKE

The Thomson atom



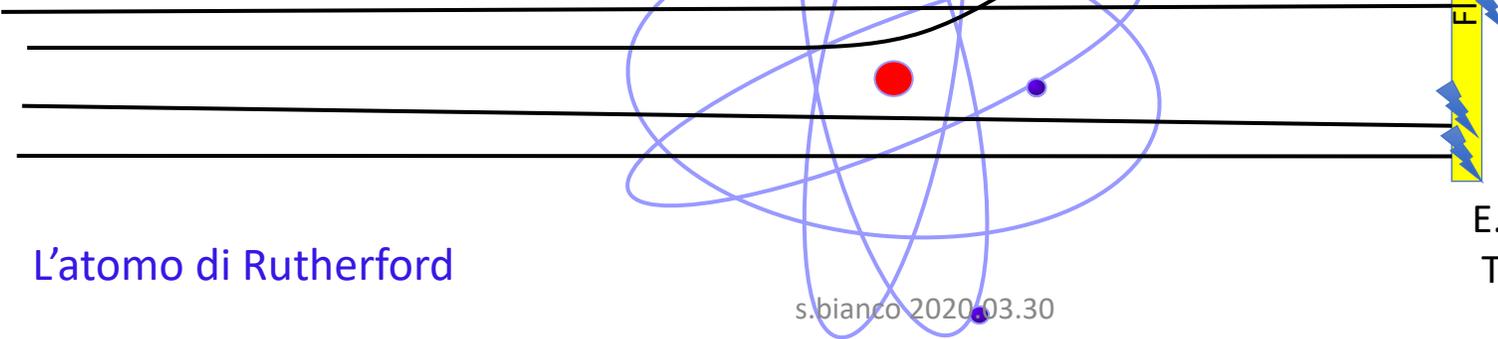
Nel 1909 Rutherford e colleghi misero alla prova questa teoria bombardando una lamina con particelle

Quasi tutte passarono indisturbate

→ la materia e' vuota

Poche furono deviate moltissimo.

→ la materia contiene dei nuclei pesanti



L'atomo di Rutherford



E. Marsden, student
THE DETECTOR

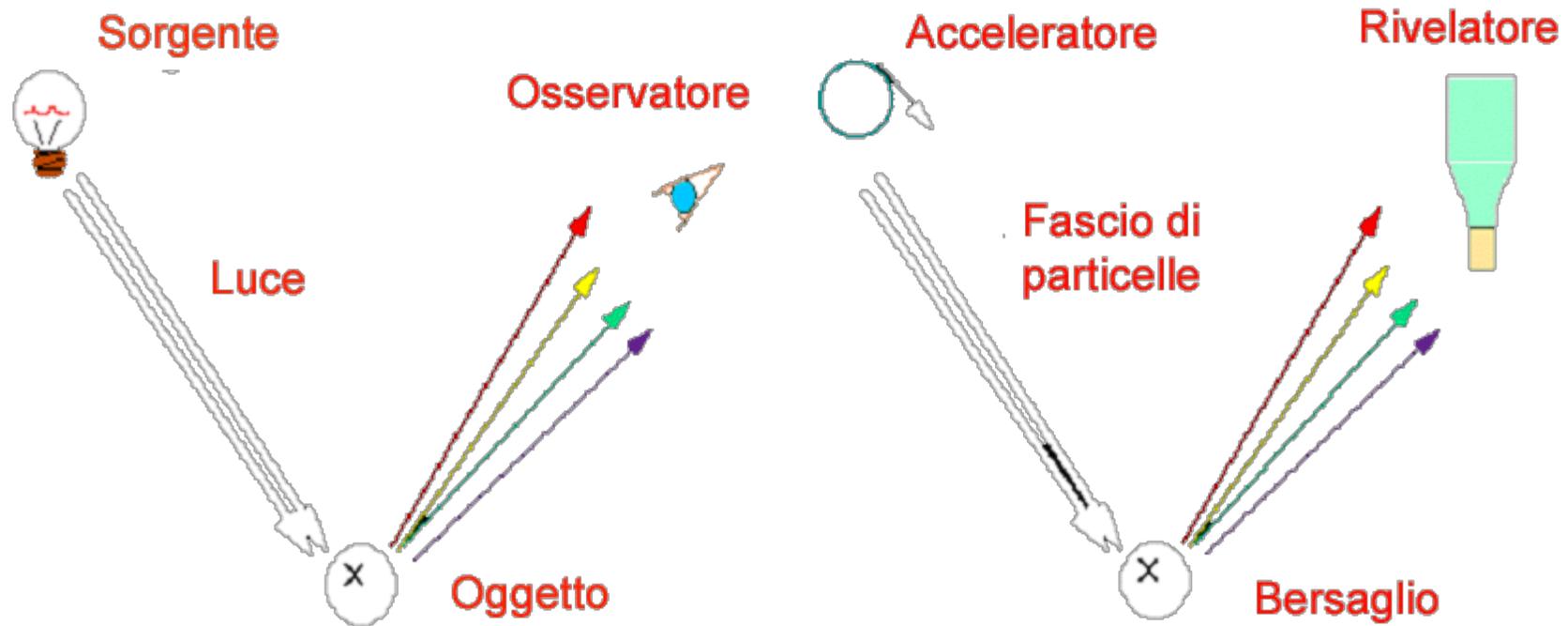


LA MATERIA
È VUOTA



Osservare...

- L'osservazione degli oggetti "macroscopici" è un "esperimento alla Rutherford" fatto con la luce



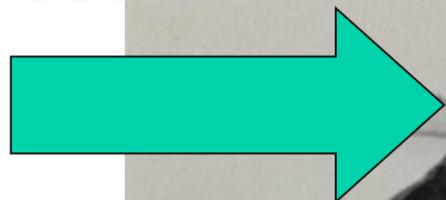
- Per vedere nel mondo "microscopico" bersaglio e sonda devono avere dimensioni confrontabili



- 20180319VisitaICDo...
- 31
- L'acceleratore di Frascati 1959-1973
- 32
- 33
- BRUNO TOUSCHEK
- 34
- Un passo in più: Collisione di particelle e antiparticelle
- 35
- Le collisioni materia-antimateria

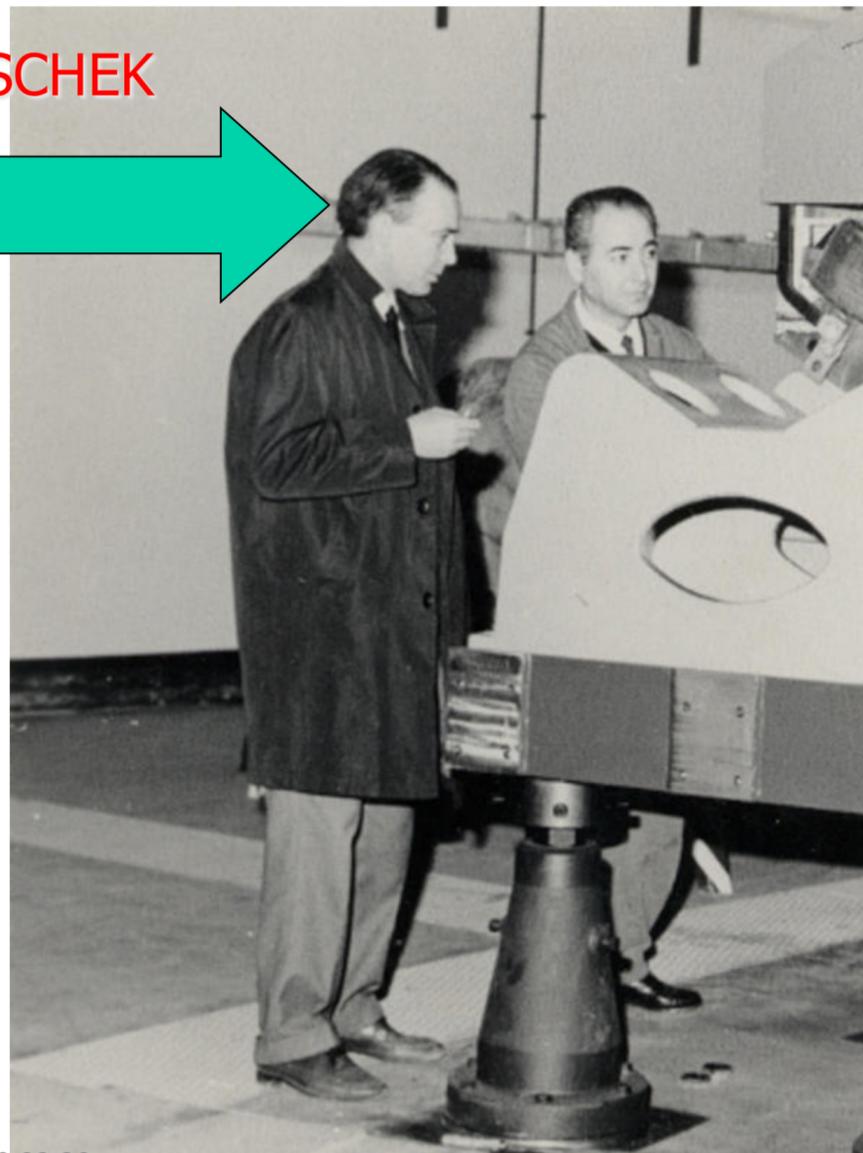
A Frascati 1960

BRUNO TOUSCHEK

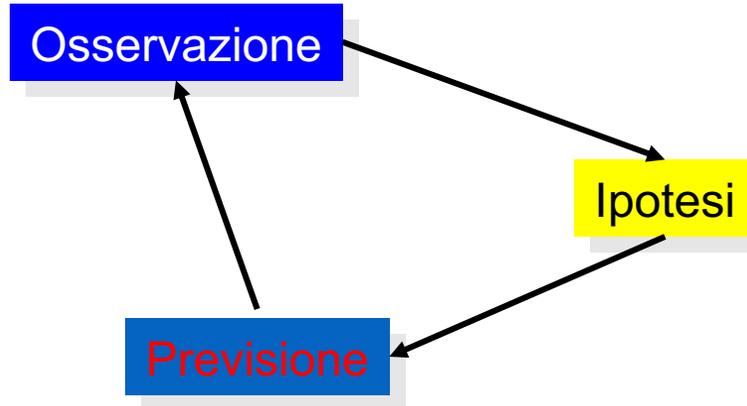


Propose e realizzo' il primo collisionatore materia (elettroni) contro antimateria (positroni).

Nella annichilazione materia-antimateria tutta l'energia a riposo dei proiettili e' a disposizione per la produzione di nuove particelle



Il metodo scientifico...



Di chi si tratta?

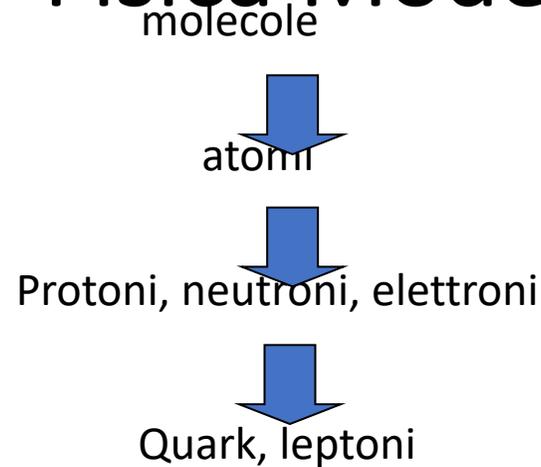


1564-1642

Galileo è il primo ad introdurre formalmente il metodo scientifico

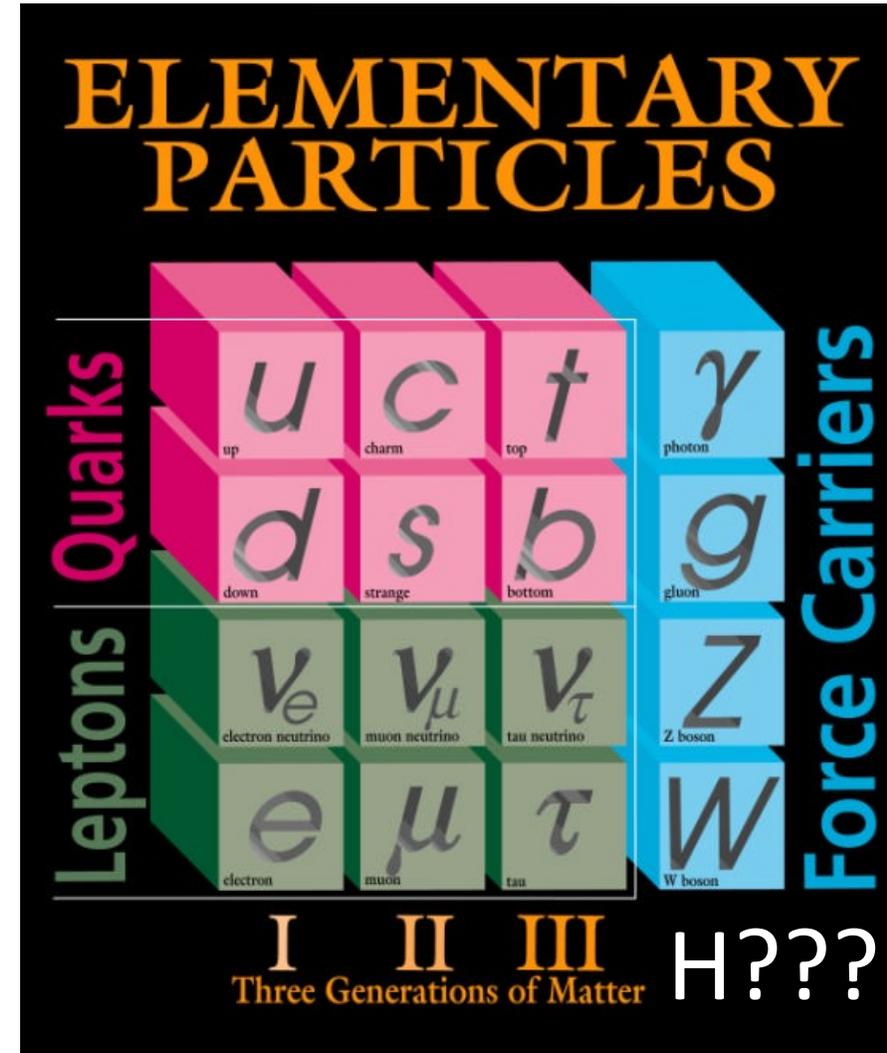


Lo Standard Model – Paradigma della Fisica Moderna

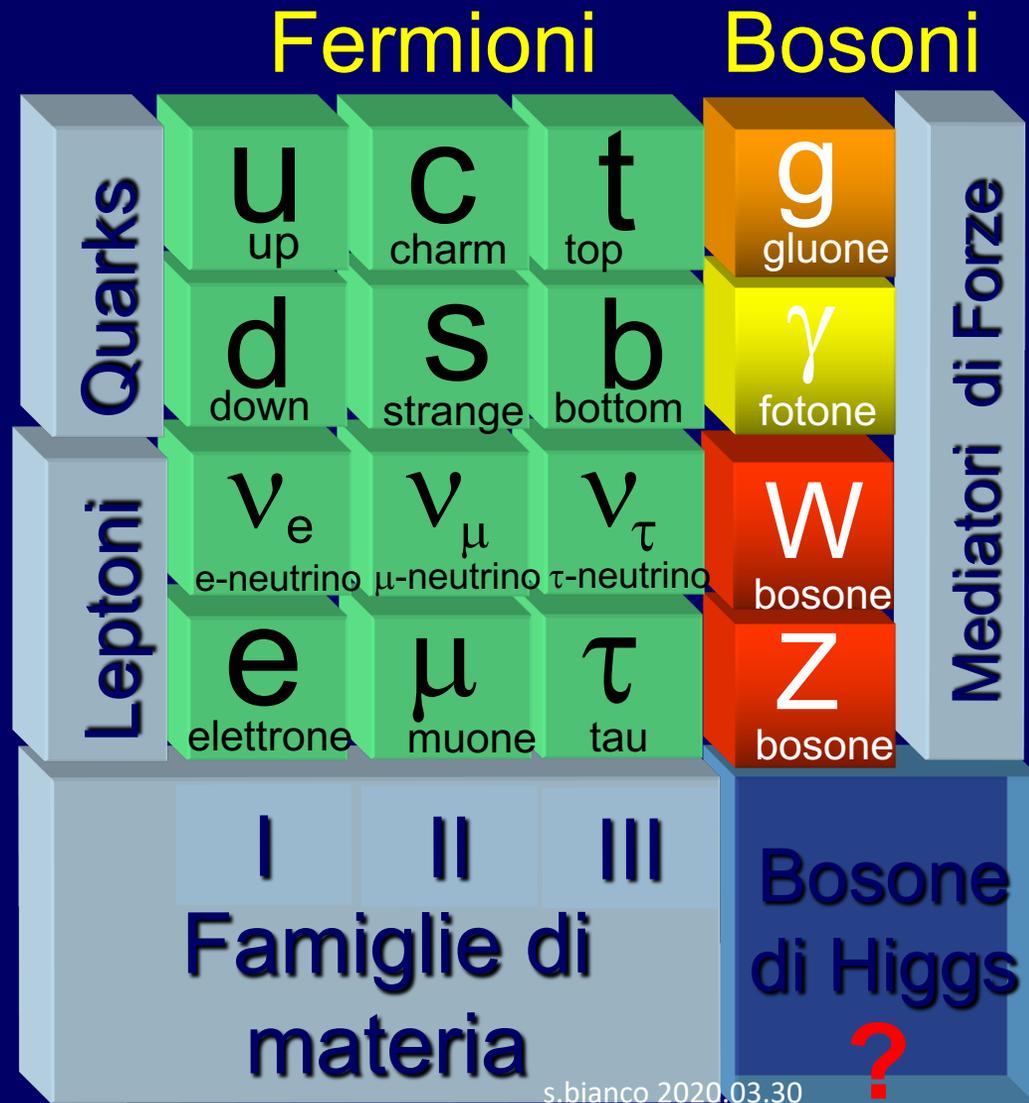


L'ipotesi base dello SM e' che per descrivere la natura siano necessari e sufficienti: i quark [u,d,s,c,b,t] e i leptoni [e,μ,τ,ν_e,ν_μ,ν_τ] organizzati in tre "famiglie", i mediatori delle interazioni (gravitone ?), ed il bosone di Higgs (?).

Attenzione: ad ogni quark e ad ogni leptone corrisponde una antiparticella



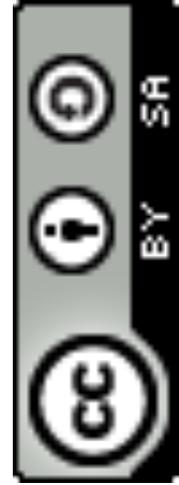
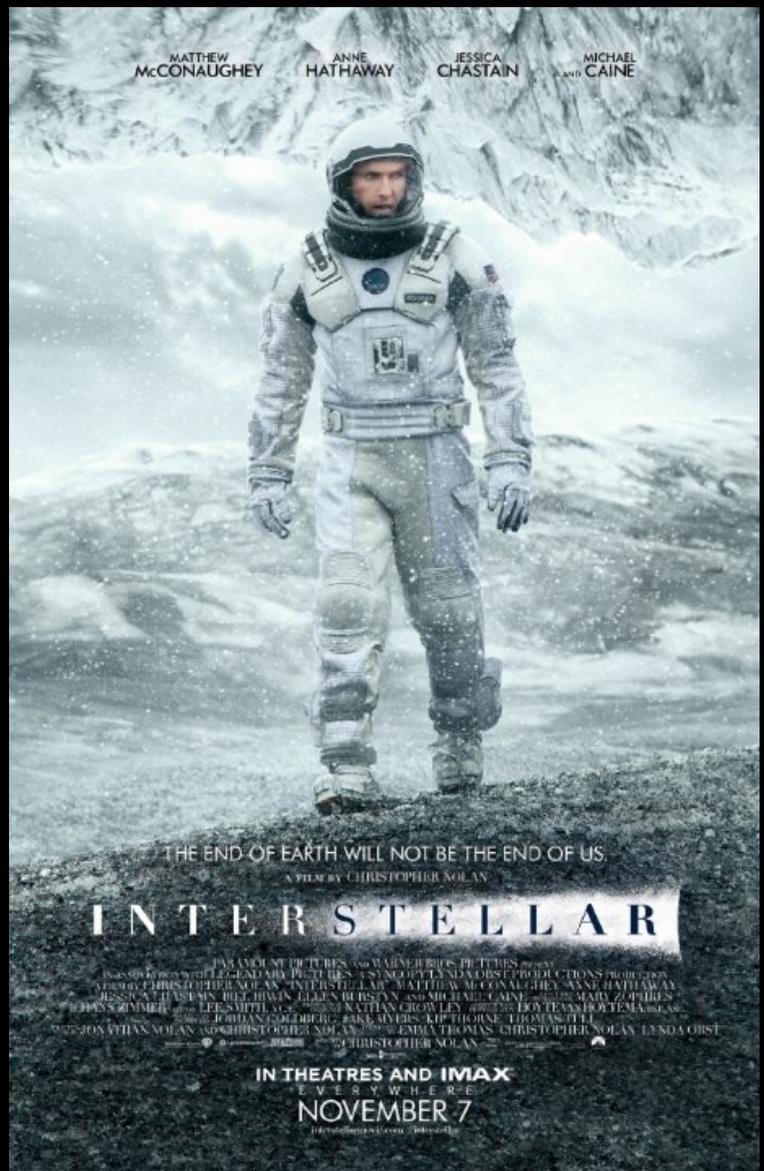
Il Modello Standard



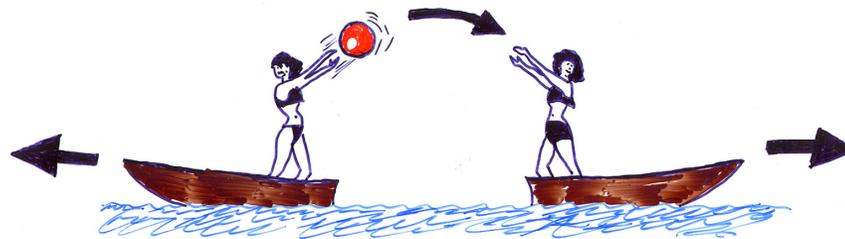
Gravità

il
fantasma
dell'opera





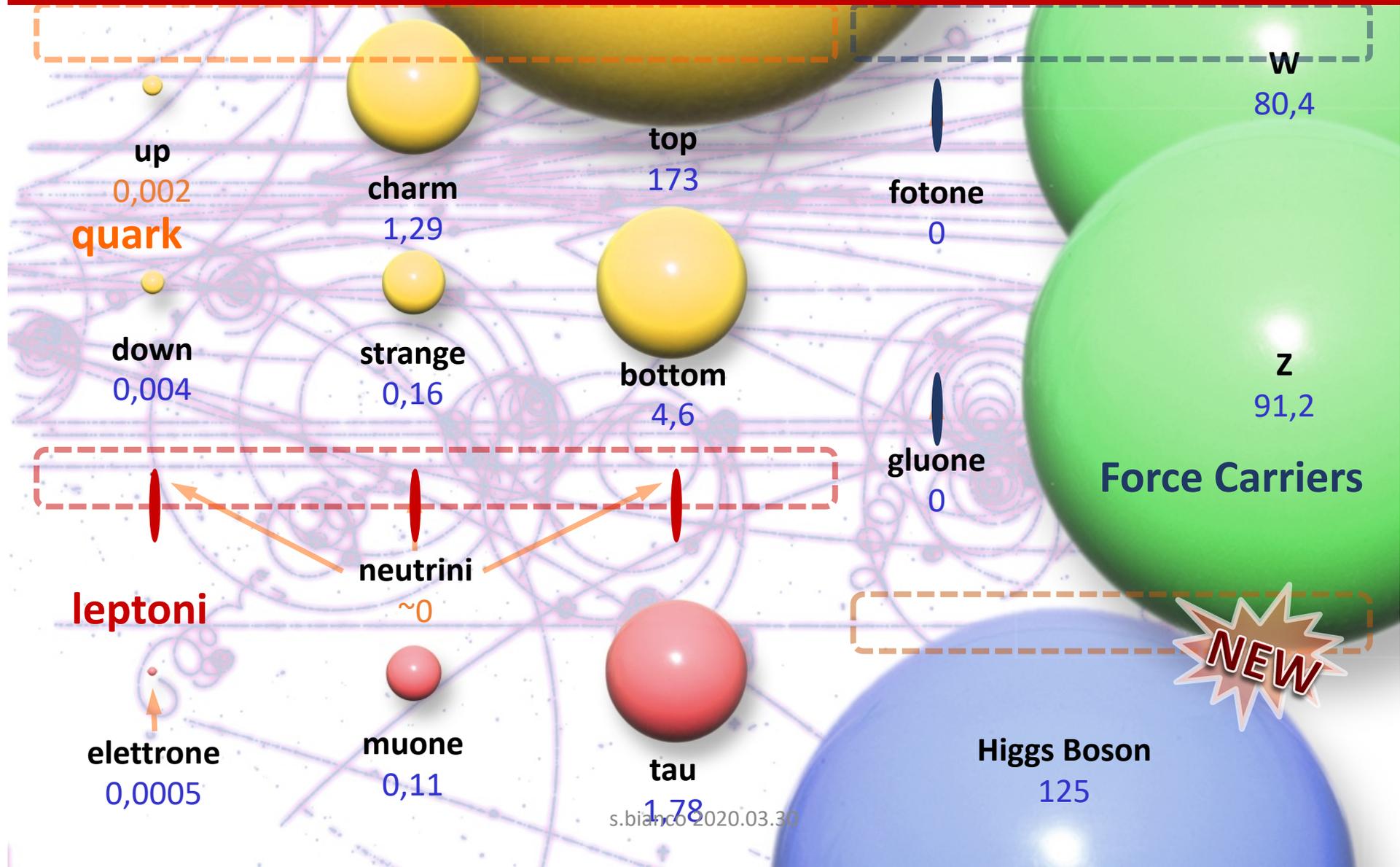
Mediatori delle forze



gluone	g
fotone	γ
bosone W	W^\pm
bosone Z	Z



Le particelle elementari hanno masse molto diverse



Lo Standard Model non funziona



Grandezza fisica

- Grandezza fisica: "*la proprietà misurabile di un fenomeno, corpo o sostanza, che può essere distinta qualitativamente e determinata quantitativamente*"^[2]
 - *Vocabolario Internazionale di Metrologia 1993*
- Grandezza scalare: intensità
 - Esempio: massa distanza tempo
- Grandezza vettoriale: intensità + direzione + verso
 - Esempio: forza accelerazione velocità forza elettrica
- Campo: una regione dello spazio per la quale in ogni punto si può definire una grandezza fisica
 - Campo scalare
 - Esempio: campo temperatura
 - Campo vettoriale
 - Esempio: campo elettrico



Unità di misura (wiki)



Grandezze base [\[modifica \]](#) [\[modifica wikitesto \]](#)

La scelta delle grandezze base è il punto di partenza di ogni [analisi dimensionale](#). Il [Sistema internazionale](#) considera fondamentali queste sette grandezze fisiche:

Grandezza fondamentale SI	Simbolo grandezza	Simbolo della dimensione corrispondente	Unità SI della grandezza	Simbolo dell'unità SI
lunghezza	$l^{[7]}$, $x^{[7]}$, $r^{[7]}$, ecc. ^[7]	[L] ^[7]	metro ^[7]	m ^[7]
massa	$m^{[7]}$	[M] ^[7]	chilogrammo ^[7]	kg ^[7]
tempo ^[7] , durata ^[7]	$t^{[7]}$	[T] ^[7]	secondo ^[7]	s ^[7]
corrente elettrica ^[7]	$I^{[7]}$, $i^{[7]}$	[I] ^[7]	ampere ^[7]	A ^[7]
temperatura ^[7]	$T^{[7]}$	[Θ] ^[7]	kelvin ^[7]	K ^[7]
quantità di sostanza	$n^{[7]}$	[N] ^[7]	mole ^[7]	mol ^[7]
intensità luminosa	$I_v^{[7]}$	[J] ^[7]	candela ^[7] /lumen	cd ^[7]

Grandezze derivate [\[modifica \]](#) [\[modifica wikitesto \]](#)

Ogni altra grandezza fisica è omogenea a un prodotto di [potenze](#) di grandezze fondamentali detto *dimensione (fisica)*, e grandezze (unità di misura) con la stessa dimensione sono fra loro omogenee per transitività, anche se solo alcune loro combinazioni hanno senso fisicamente.

La misura

(da: M.Loreti UniPadova Teoria degli errori e fondamenti di statistica)

- **La misura**
- Ad ogni grandezza fisica si deve, almeno in linea di principio, poter associare un valore numerico in modo *univoco* ed *oggettivo*, cioè riproducibile nelle stesse condizioni da qualsiasi osservatore; valore pari al rapporto fra la grandezza stessa e l'unità di misura per essa prescelta.
- **2.1 Misure dirette e misure indirette**
- La misura si dice *diretta* quando si confronta direttamente la grandezza misurata con l'unità di misura (*campione*) o suoi multipli o sottomultipli; come esempio, la misura di una lunghezza mediante un regolo graduato è una misura diretta.
- È una misura diretta anche quella effettuata mediante l'uso di *strumenti pretarati* (ad esempio la misura della temperatura mediante un termometro), che si basa sulla proprietà dello strumento di reagire sempre nella stessa maniera quando viene sottoposto alla medesima sollecitazione.
- Misure *indirette* sono invece quelle in cui non si misura la grandezza che interessa, ma altre che risultino ad essa legate da una qualche relazione funzionale; così la velocità di un'automobile può essere valutata sia direttamente (con il tachimetro) sia indirettamente: misurando spazi percorsi e tempi impiegati



Lo strumento di misura è un apparato che permette il confronto tra la grandezza misurata e l'unità prescelta. (da: M.Loreti UniPadova Teoria degli errori e fondamenti di statistica)

- Le caratteristiche più importanti di uno strumento sono:
- **La prontezza:** è determinata dal tempo necessario perché lo strumento risponda in modo completo ad una variazione della sollecitazione; ad esempio, per avere una risposta corretta da un termometro si deve attendere che si raggiunga l'equilibrio termico tra il rivelatore e l'oggetto di cui si misura la temperatura
- **L'intervallo d'uso:** è definito come l'insieme dei valori compresi tra la *soglia* e la *portata* dello strumento, cioè tra il minimo ed il massimo valore della grandezza che lo strumento può apprezzare in un singolo atto di misura.
- **La sensibilità:** si può definire come il reciproco della incertezza di lettura propria dello strumento, cioè della più piccola variazione della grandezza che può essere letta sulla scala, e che si assume generalmente corrispondente alla più piccola divisione della scala stessa (o ad una frazione apprezzabile di questa). La sensibilità può essere diversa in differenti punti della scala, o per diversi valori della grandezza; è un
- **La precisione:** dello strumento: è legata alla riproducibilità del risultato della misura di una stessa grandezza. Esso può variare da una parte per difetti dello strumento dovuti alla costruzione, che non può mai essere perfetta, e per il logoramento di alcune componenti in conseguenza dell'uso prolungato o improprio, o dell'invecchiamento; e, inoltre, per la presenza di varie cause di disturbo ineliminabili anche in condizioni normali d'uso dello strumento stesso.
- **L'accuratezza:** dello strumento; ossia la sua capacità di fornire valori corrispondenti a quello realmente posseduto dalla grandezza in esame. In altre parole, se lo strumento è accurato ci si aspetta che i risultati di misure ripetute della stessa grandezza fisica siano equamente distribuiti in un intorno del valore vero; questa caratteristica degli strumenti sarà, come vedremo, legata alla presenza di *errori sistematici* da essi introdotti (di questi, e delle loro possibili cause parleremo sempre nel paragrafo 2.4).

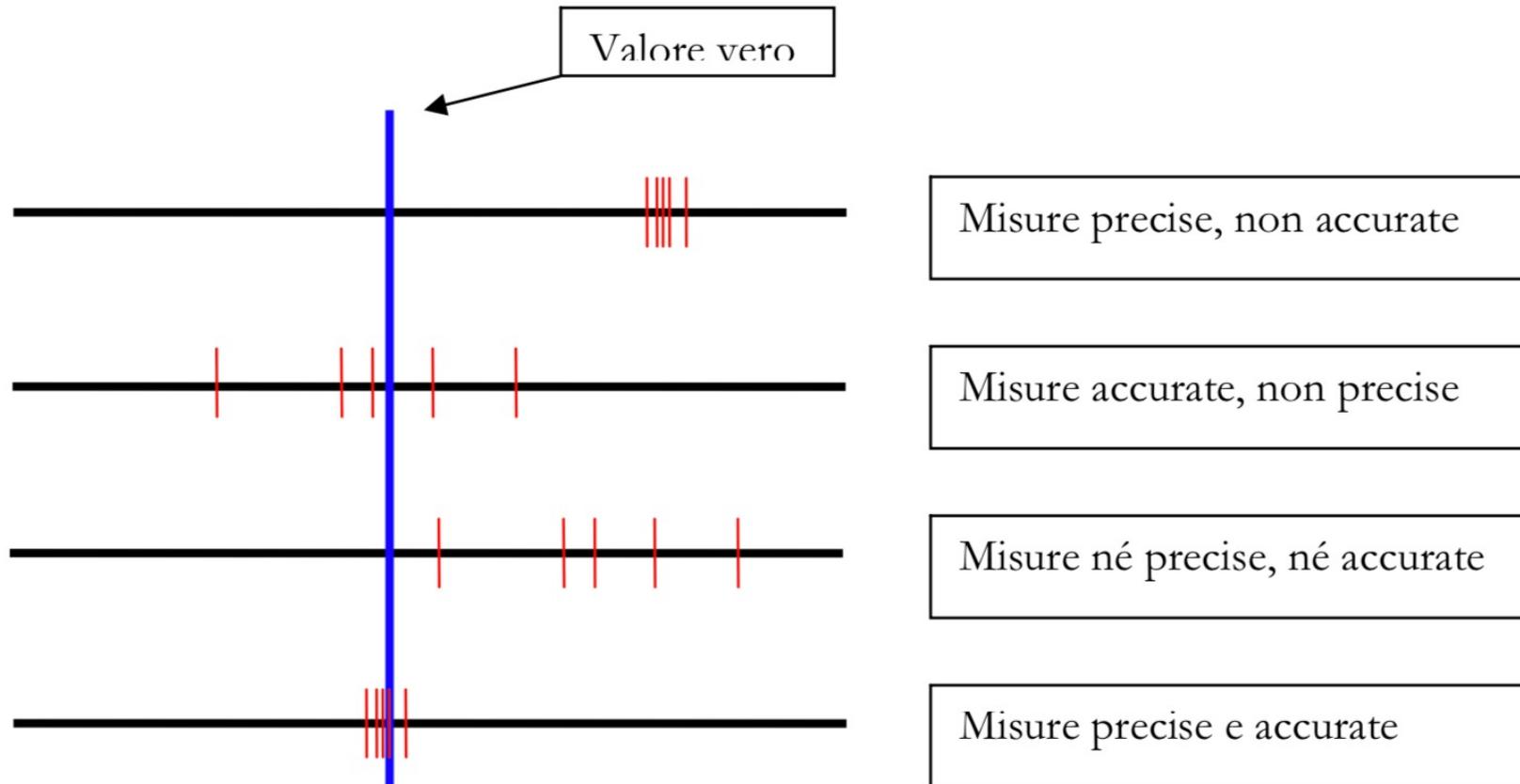


Errori

(da: M.Loreti UniPadova Teoria degli errori e fondamenti di statistica)

- Errori casuali: Quando si ripete la misura della stessa grandezza col medesimo strumento, nelle medesime condizioni e seguendo la medesima procedura, la presenza delle varie cause di errore produce delle differenze casuali tra il valore misurato ed il valore vero; differenze variabili da una misura all'altra, ed in modo imprevedibile singolarmente. In conseguenza di ciò, i risultati di queste misure ripetute (se lo strumento è abbastanza sensibile) fluttueranno apprezzabilmente in maniera casuale in un certo intervallo: la cui ampiezza definirà la precisione delle misure stesse.
- Errori sistematici: Errori che danno luogo a una discrepanza tra valore misurato e valore vero che si riproduce inalterata in una serie di misure ripetute:
 - *Difetti dello strumento, risalenti alla costruzione o conseguenti al suo deterioramento.*
 - *Uso dello strumento in condizioni errate, cioè diverse da quelle previste per il suo uso corretto.*
 - *Errori di stima da parte dello sperimentatore:*
 - *Perturbazioni esterne; un esempio di errori di questo tipo è la presenza di corpi estranei, come la polvere, interposti tra le ganasce di un calibro e l'oggetto da misurare: questo porta a sovrastimarne lo spessore.*

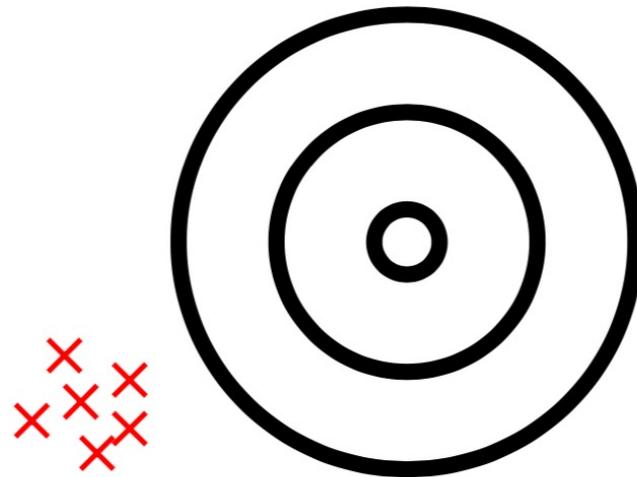




Per chiarire i due concetti di accuratezza e precisione, mostriamo i due bersagli colpiti da un tiratore preciso, ma non accurato e da un tiratore accurato, ma non preciso:

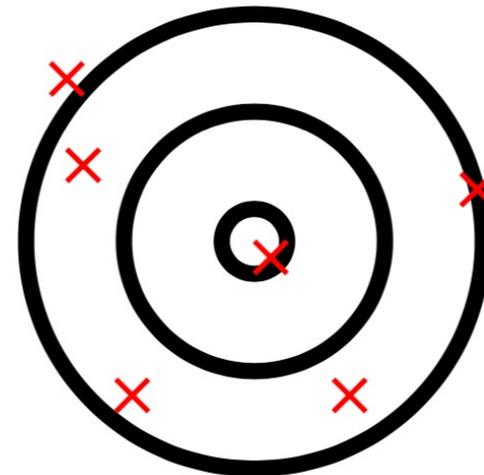
Tiratore preciso, ma non accurato

- piccoli errori casuali
- grandi errori sistematici



Tiratore accurato, ma non preciso

- piccoli errori sistematici
- grandi errori casuali



È evidente che al tiratore preciso, ma non accurato basta sistemare un po' meglio il mirino e diventa anche "accurato".



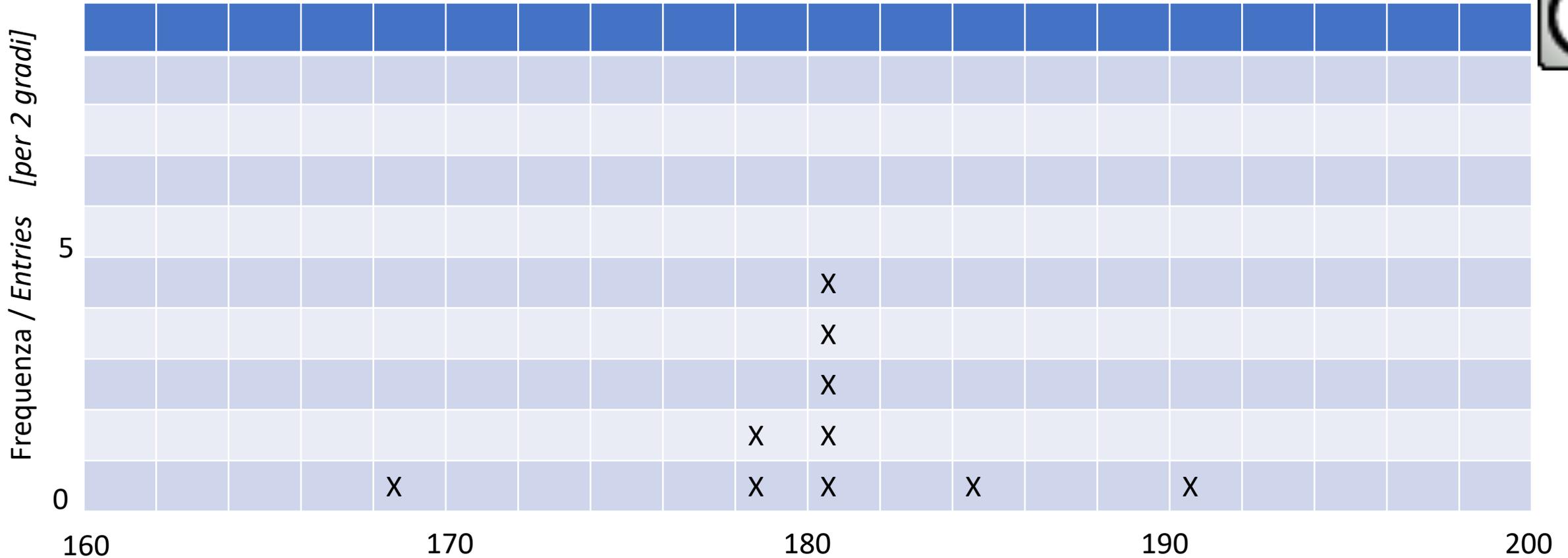
Teoria dell' errore

- Compito della *teoria dell'errore* è appunto quello di stimare l'errore presumibilmente commesso nell'atto della misura, a partire dai dati sperimentali stessi. Riassumendo:
- *Scopo della misura di una grandezza fisica è il valutare sia il rapporto della grandezza stessa con una certa unità di misura, sia l'errore da cui tale rapporto è presumibilmente affetto.*
- Il risultato delle misure dovrà quindi *sempre* essere espresso in una forma del tipo

$$l = (12.34 \pm 0.01) \text{ m}$$

- in cui compaiano le tre parti *valore, errore ed unità di misura.*

Istogramma – misuriamo la somma degli angoli interni di un triangolo



Somma angoli triangolo [grad]



Media e varianza di una distribuzione di misure

4.2.3 La media aritmetica

La stima di gran lunga più usata della tendenza centrale di un campione è la *media aritmetica* \bar{x} dei valori osservati, definita attraverso la

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i . \quad (4.1)$$

4.3.3 Varianza e deviazione standard

La più importante (e più usata, non solo in fisica) stima di dispersione è la *deviazione standard* (oppure *scarto* o *deviazione quadratic media*), che si definisce come la radice quadrata della *varianza*, s^2 :

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 .$$

ed infine

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{\sigma_x^2}{N} \quad (5.6)$$

In definitiva abbiamo dimostrato che

- Le medie aritmetiche di campioni di N misure hanno varianza pari alla varianza della popolazione da cui le misure provengono, divisa per la dimensione dei campioni.

La deviazione standard σ_x è una stima dell' errore sulla singola misura. L' errore sulla media è dato dalla (5.6) e decresce con la radice quadrata del numero delle misure

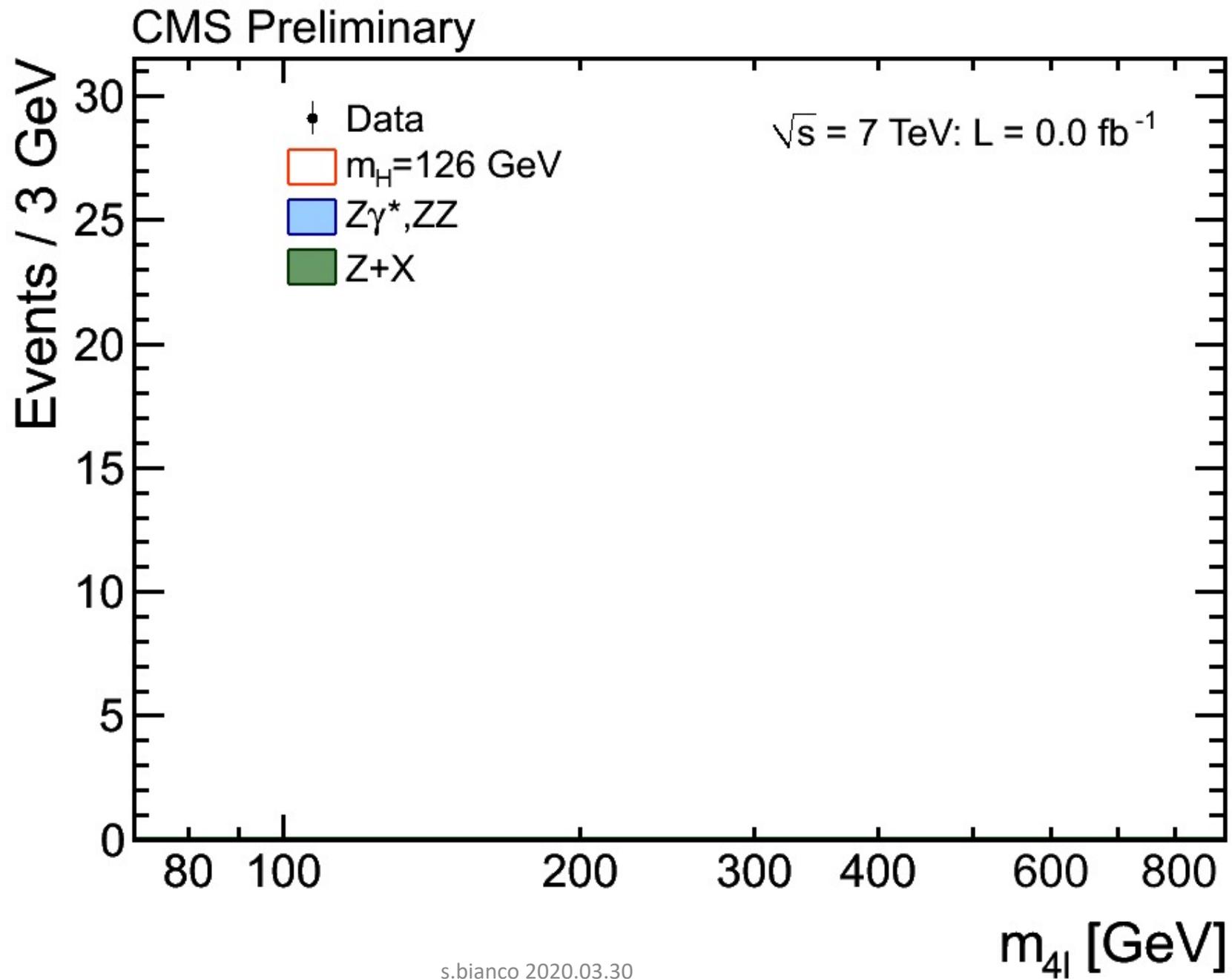


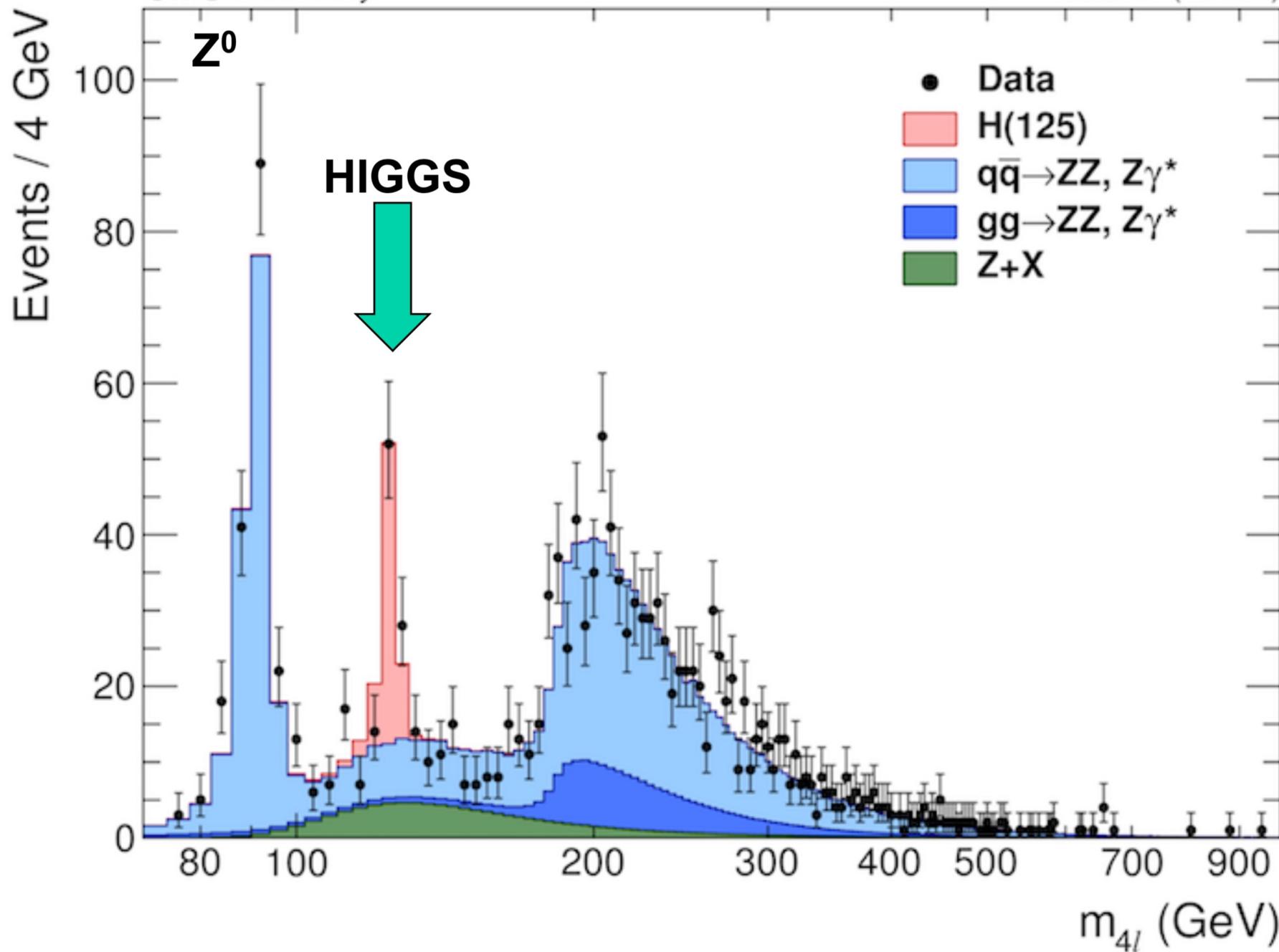
La deviazione standard σ_x è una stima dell'errore sulla singola misura

**L'errore sulla media è dato dalla (5.6) e
decrece con la radice quadrata del numero di
misure**

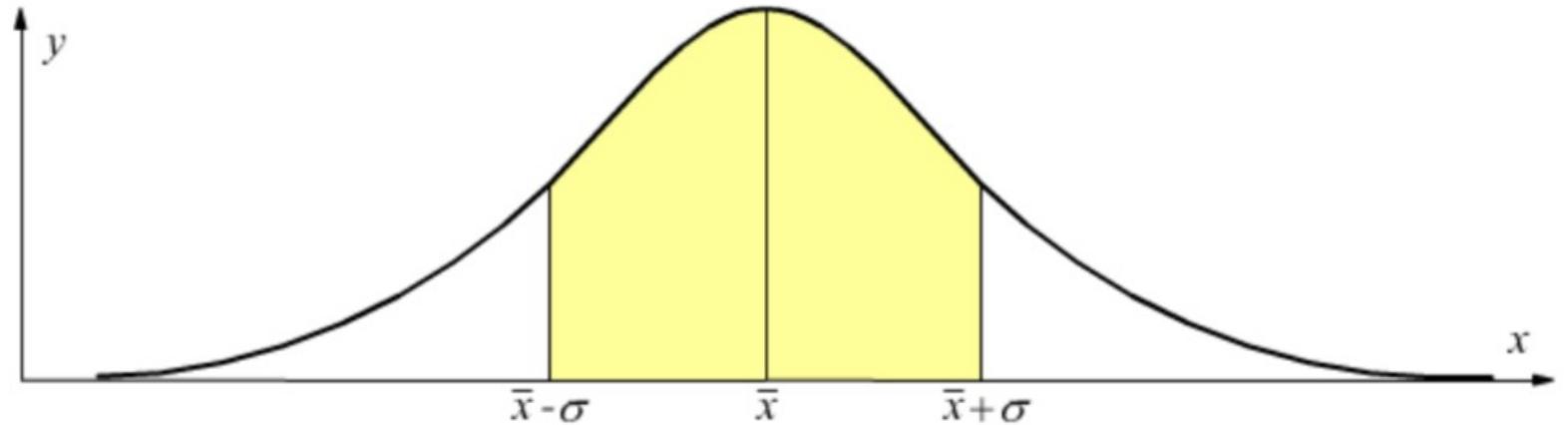
Ho misurato la resistività mi viene
10200.38762543157839

Ho misurato la resistività mi viene
 $(10200.4 \pm 0.6) \Omega/\text{cm}$





Distribuzione di Gauss (da S.Frasca)



Distribuzione di Gauss

Laplace e Gauss dimostrarono, verso la fine del X cause indipendenti, ciascuna delle quali altera di pochissimo il risultato di una misura, con eguale probabilità in eccesso e in difetto, l'errore di misura totale ha una densità di probabilità

$$(13.6) \quad f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

È questa una distribuzione di probabilità di forma a campana, simmetrica rispetto a $x = 0$, con varianza σ che viene denominata **distribuzione di Gauss** o **distribuzione normale**. Questa può generalizzarsi al caso in cui il valor medio non sia 0 come

$$(13.7) \quad f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} = G(x; \mu, \sigma)$$

dove i parametri μ e σ sono il valor medio e la deviazione standard, che è anche la distanza tra l'asse di simmetria e ciascuno dei due punti di flesso.

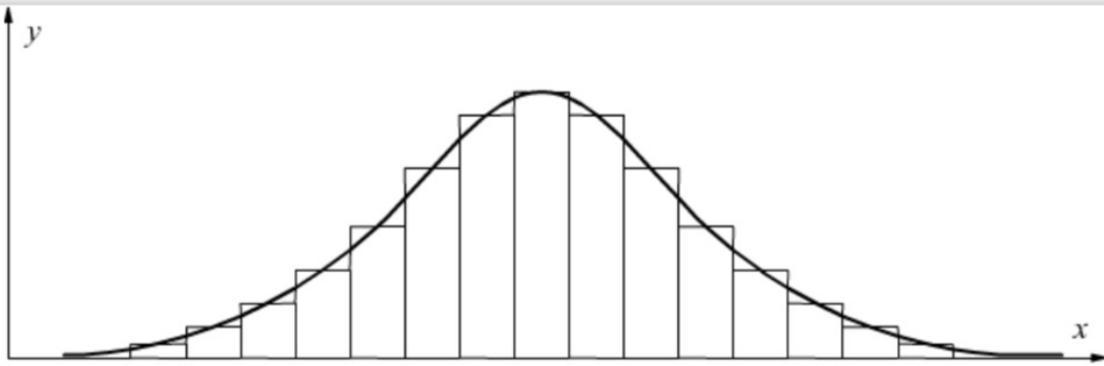


Da: edutecnica



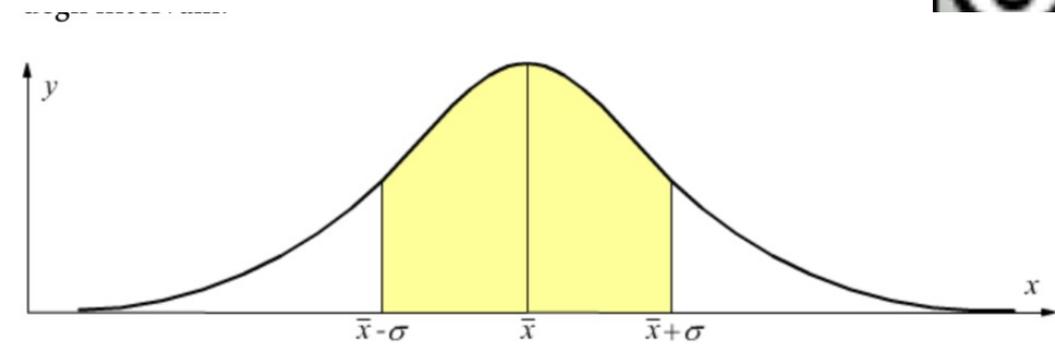
INTERPRETAZIONE STATISTICA DEGLI ERRORI DI MISURA

Se si eseguono molte misure di una grandezza nelle stesse condizioni e queste misure si rappresentano graficamente, si ottiene un istogramma che è approssimato da una **curva normale** (gaussiana).



L'approssimazione dell'istogramma con la curva normale è tanto maggiore quanto più grande è il numero di misure e quanto più piccola è l'ampiezza degli intervalli.

Numero di σ	Probabilità che sia misura gaussiana
1	68.3%
2	95.4%
3	99.7%
4	99.994%
5	99.99994%



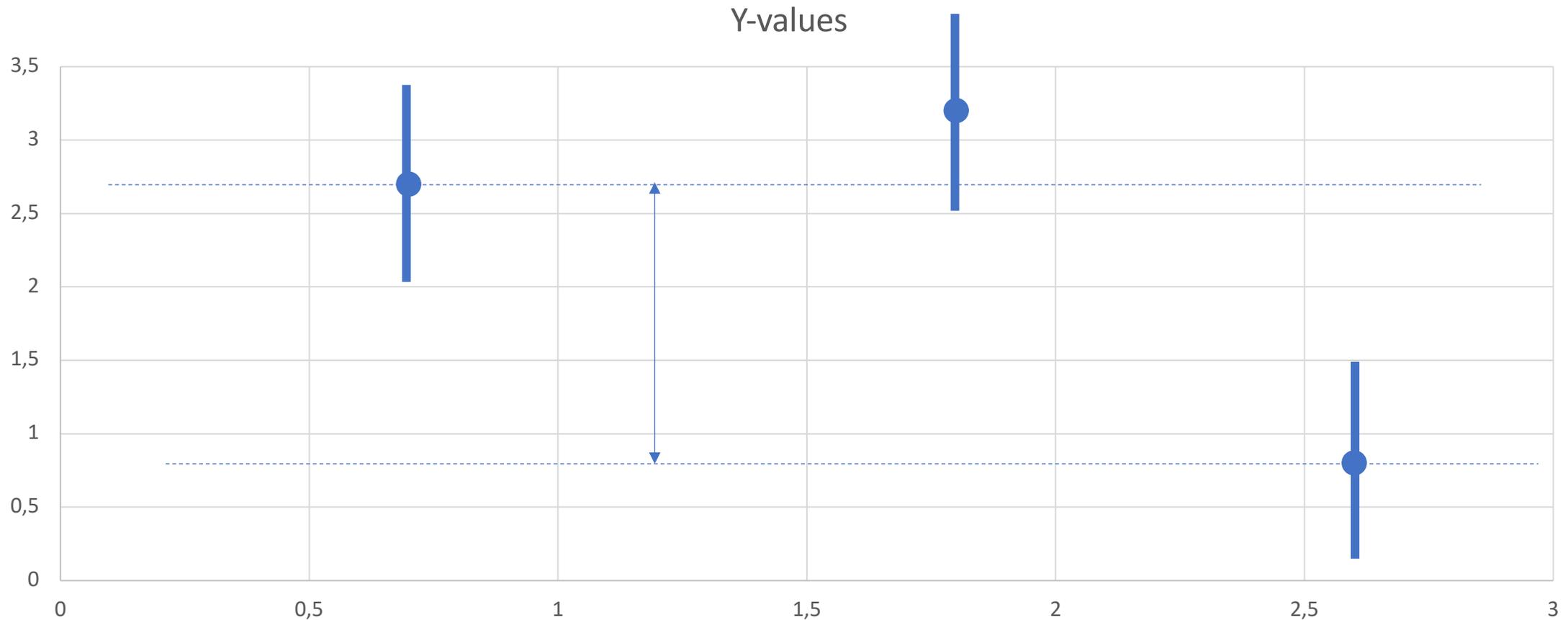
Il 68,3% delle misure effettuate è compreso fra i valori $\bar{x} + \sigma$ ed $\bar{x} - \sigma$.
 Il 95,44% delle misure effettuate è compreso fra i valori $\bar{x} + 2\sigma$ ed $\bar{x} - 2\sigma$.
 Il 99,73% delle misure effettuate è compreso fra i valori $\bar{x} + 3\sigma$ ed $\bar{x} - 3\sigma$.

con $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$ scarto quadratico medio (o deviazione

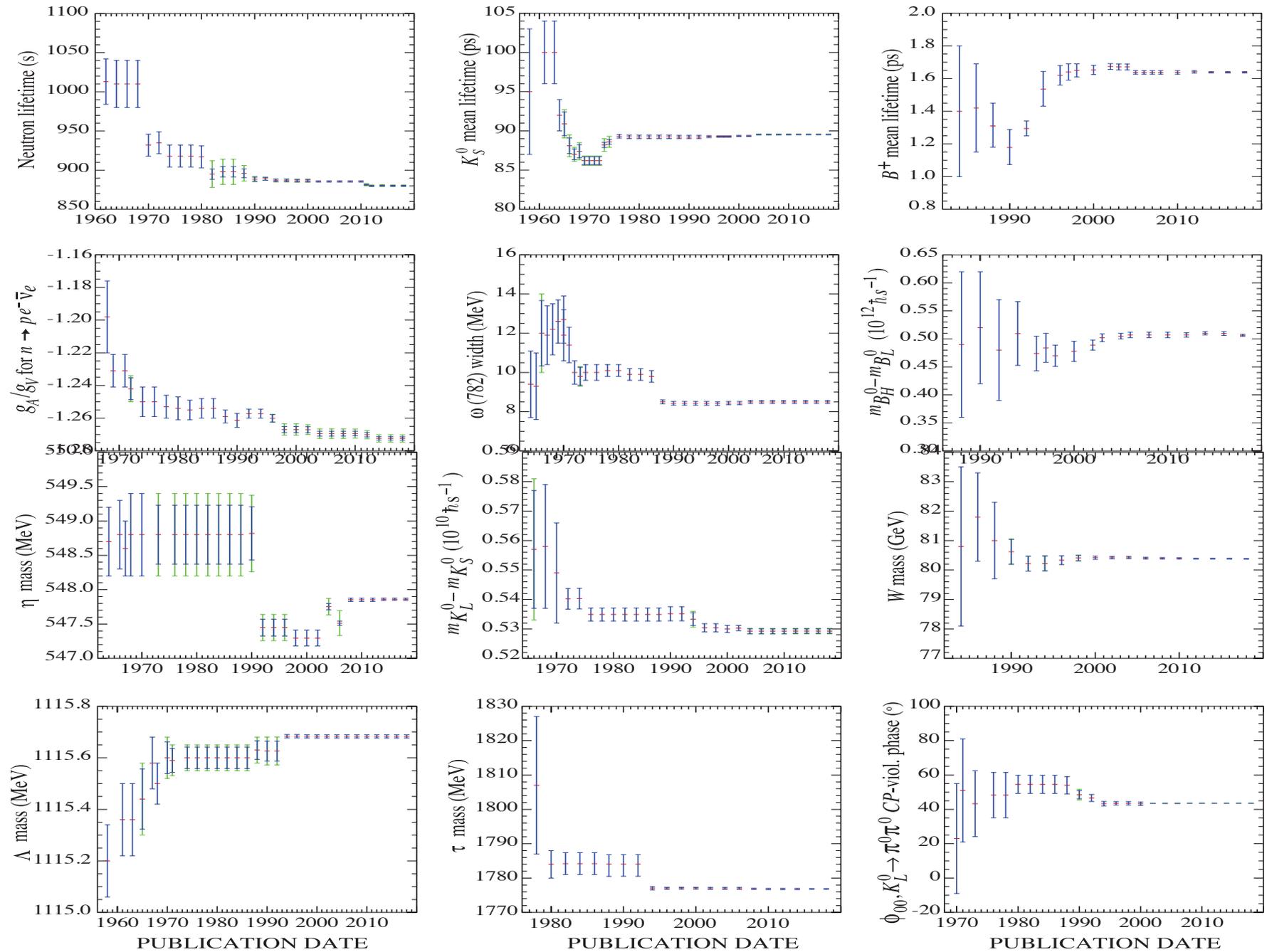
standard)



Quanto sono diverse le due misure in unità della somma dei loro errori ?



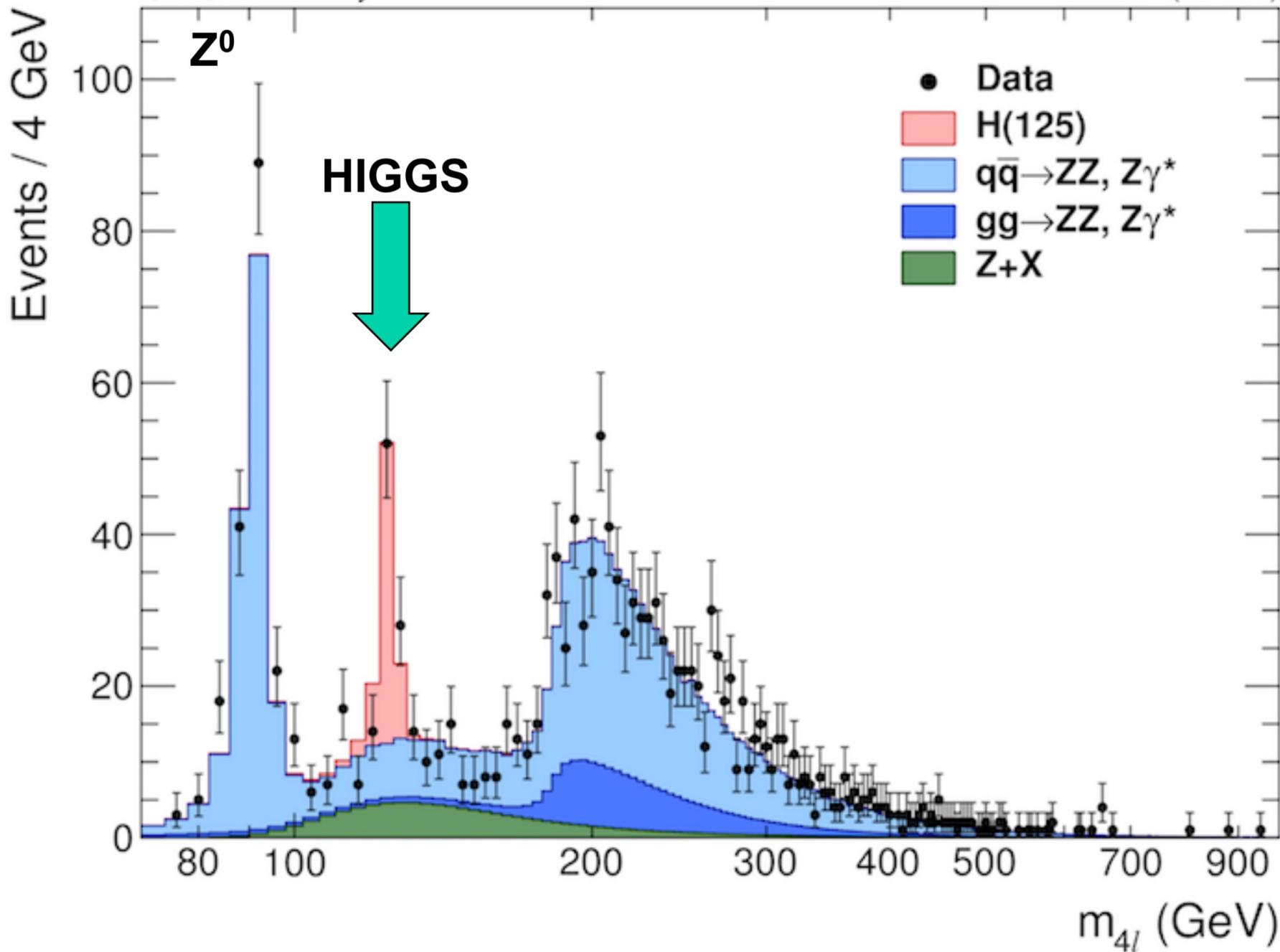
Psicologia della misura da RPP PDG 2019



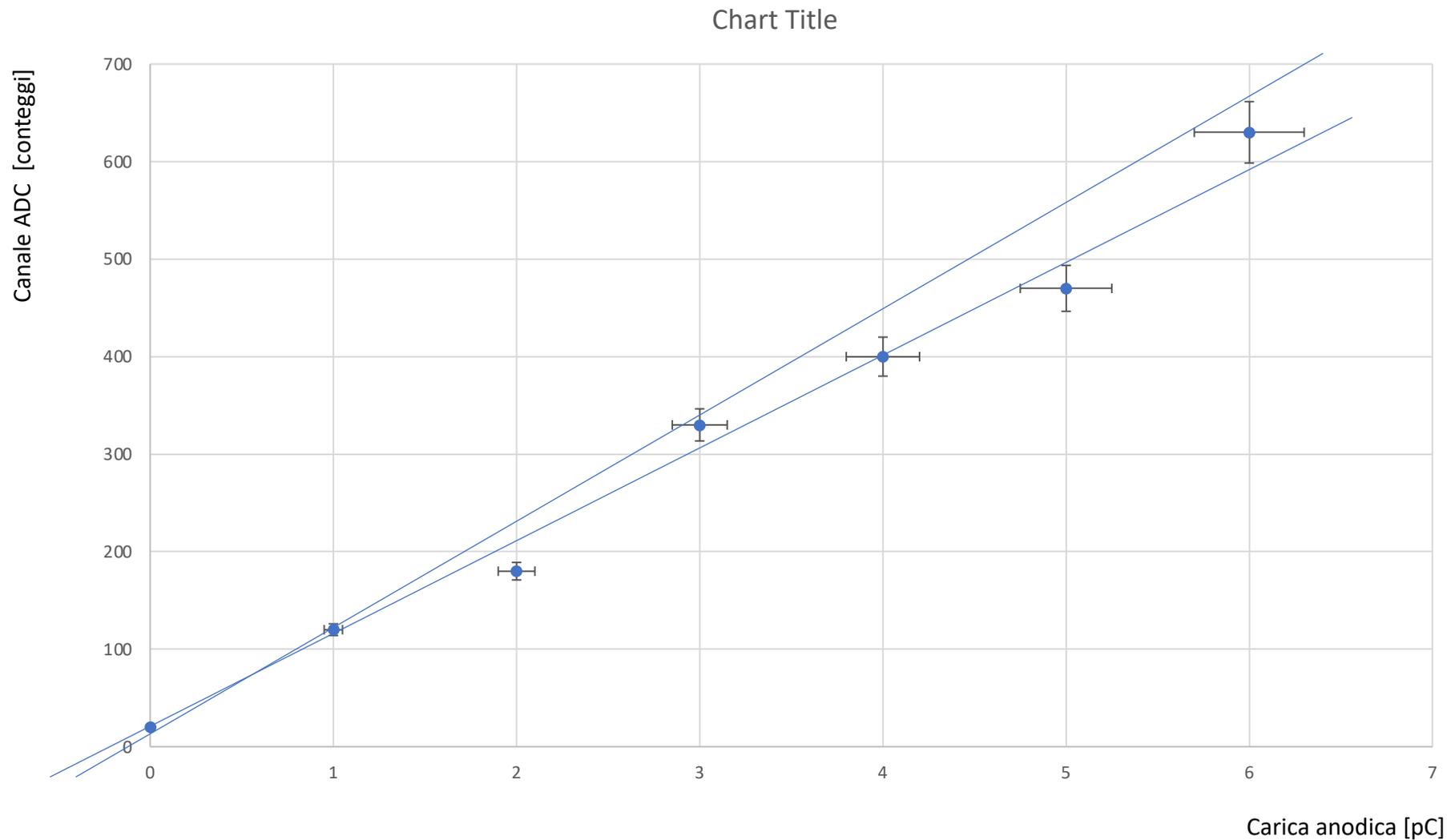
s.bianco 2020.03.30

Figure 1: A historical perspective of values of a few particle properties tabulated in this *Review* as a function of date of publication of the *Review*. A full error bar indicates the quoted error; a thick-lined portion indicates the same but without the “scale factor.”





Best fit: la funzione che meglio si adatta ai dati



(metodo grafico rette di minima e massima pendenza su carta millimetrata come insegnato esame I anno fisica laboratorio circa 1980)



Una funzione è una relazione fra due insiemi

$$y = f(x)$$

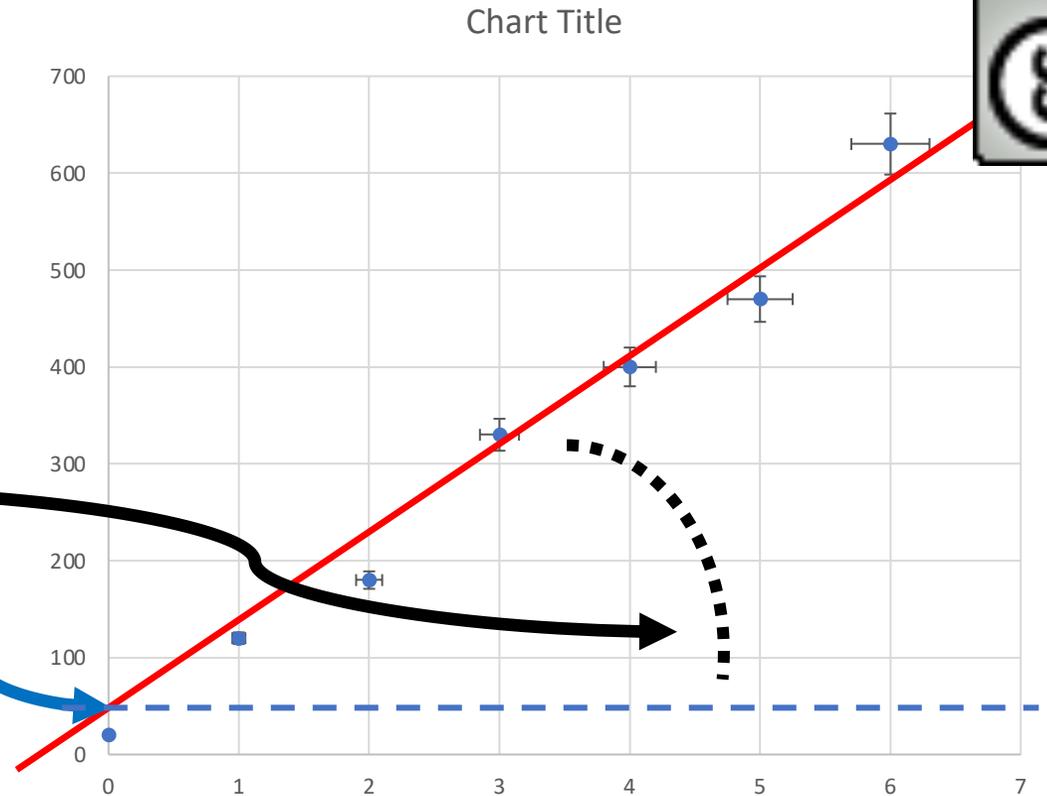
x variabile indipendente

y variabile dipendente

Una retta nel piano $y = a x + b$

Parametro a : coefficiente angolare

Parametro b : termine noto (intercetta
sull' asse Y per $x=0$)



- $y=ax+b$; $a=2$, $b=1$

x	y
0	1
1	3
2	5
3	7
4	9
5	11



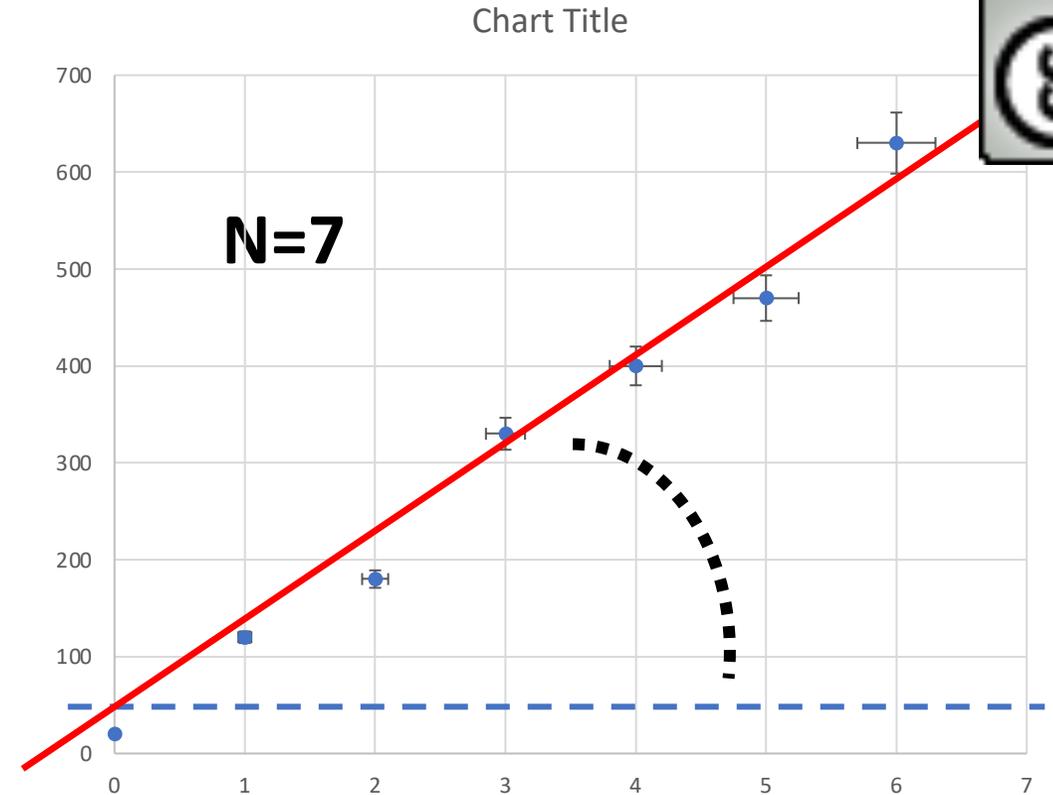
Trovare la $f(x)$ che si avvicina meglio ai dati il caso $f(x)=ax+b$

- Si costruisce la variabile chi square
$$\chi^2 \equiv \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i - (ax_i + b)}{\sigma_i} \right)^2$$

[Attenzione la variabile $\chi^2 = f(a, b)$
e' funzione dei parametri a, b !!!]

e si trovano i valori di a, b che la
minimizzano.

La variabile χ^2 è piccola quando i punti x_i
(pesati ognuno per il suo errore σ_i) sono
poco diversi dalla funzione $f(x_i)$



alcuni fatti importanti sul

χ^2



alcuni fatti importanti sul χ^2

- Se (e solo se) la $f(x)$ è una retta, i valori dei parametri che minimizzano il χ^2 si trovano con formule analitiche (minimi quadrati)
- Si definiscono gradi di libertà

$$N_{\text{dof}} = N - k$$

$N=7$ numero punti sperimentali; $k=2$ (per la retta) numero dei parametri

- Per stabilire se una $f(x)$ è una buona rappresentazione degli N punti si studia χ^2 / N_{dof}
 - $\chi^2 / N_{\text{dof}} = 1 \rightarrow$ fit buono
 - $\chi^2 / N_{\text{dof}} < 1 \rightarrow$ fit senza informazione, gli errori σ_i sono sovrastimati
 - $\chi^2 / N_{\text{dof}} > 1 \rightarrow$ la $f(x)$ non rappresenta i dati, oppure gli errori σ_i sono sottostimati

