

I perché della Fisica e la nascita in Italia delle collisioni fra la materia e l'antimateria

Giulia Pancheri
Laboratori Nazionali dell'INFN di
Frascati



PRESENTAZIONE

- Io sono un
 - ◆ fisico teorico di particelle elementari,
 - ◆ Dirigente di Ricerca dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare **INFN**
 - ◆ Svolgo la mia ricerca presso i Laboratori Nazionali di **Frascati** , vicino a Roma

INFN

- Fondato nel 1953
- Finanzia ricerca nelle Università italiane presso tutti i grandi Laboratori Internazionali: CERN, Chicago, Giappone, Cina, Germania, PSI, etc.
- Finanzia 4 Laboratori Nazionali
 - ◆ Laboratorio Nazionale di Frascati (Roma)
 - ◆ Laboratorio Sotterraneo del Gran Sasso (L'Aquila)
 - ◆ Laboratori del SUD vicino (Catania)
 - ◆ Laboratori Nazionali di Legnaro (Padova)

I LABORATORI NAZIONALI DELL'INFN DI FRASCATI

FRASCATI E L'ELETTROSINCROTRONE



Nel 1957 furono inaugurati ufficialmente i Laboratori Nazionali di Frascati che dovevano portare a termine la costruzione di un elettrosincrotrone, approvato dall'INFN nel 1953. Era una macchina assolutamente di punta ed essa attirava l'interesse di molti fisici di Roma, fra cui anche Touschek

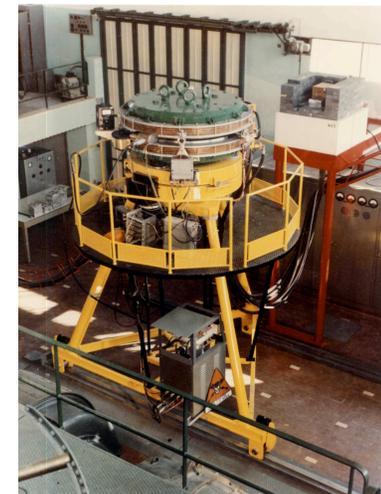
CHI SONO I FISICI TEORICI E COSA FANNO?

PENSANO?

DISCUTONO?



PROGETTANO?



February 21, 2008

Liceo Piermarin Vermigli di Zurigo

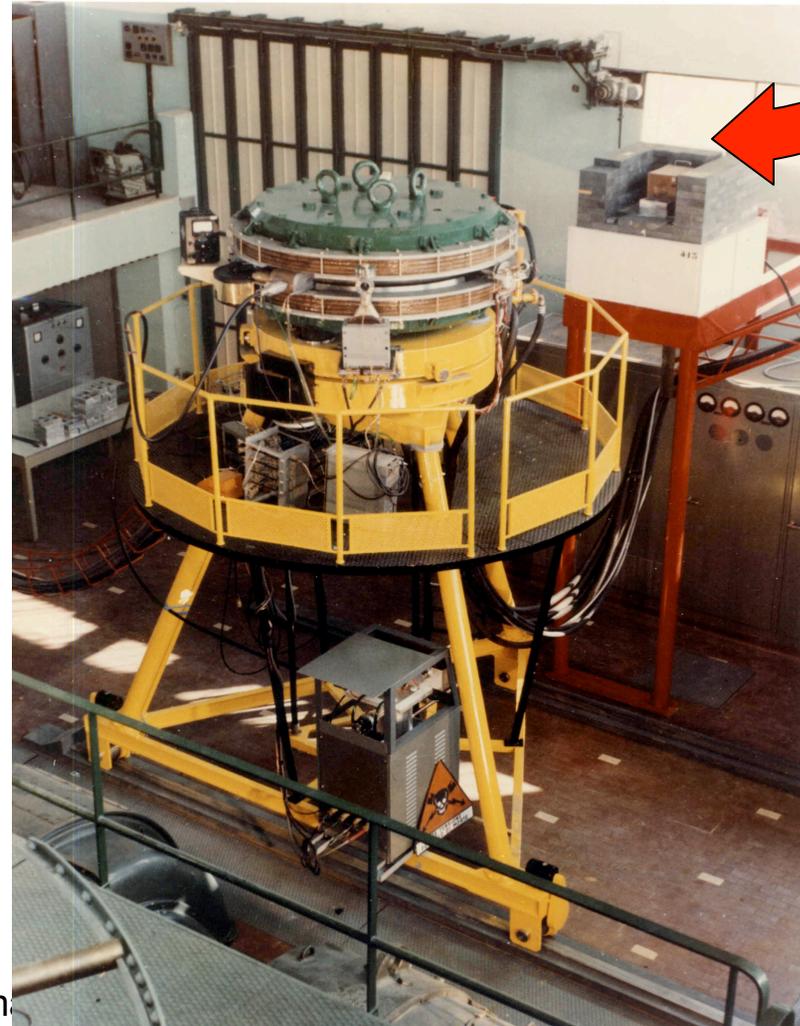
MARIE CURIE NEL 1911

- Marie Curie in questa foto e' al I Congresso Solvay a Bruxelles nei primi giorni di novembre del 1911
- Mentre era al Congresso giunse la lettera che le conferiva il Premio Nobel per gli studi sulla radioattivit 
- Primo esempio di donna scienziata i cui risultati scientifici furono ufficialmente riconosciuti subito



IL GRANDE CONTRIBUTO DI TOUSCHEK : ADA

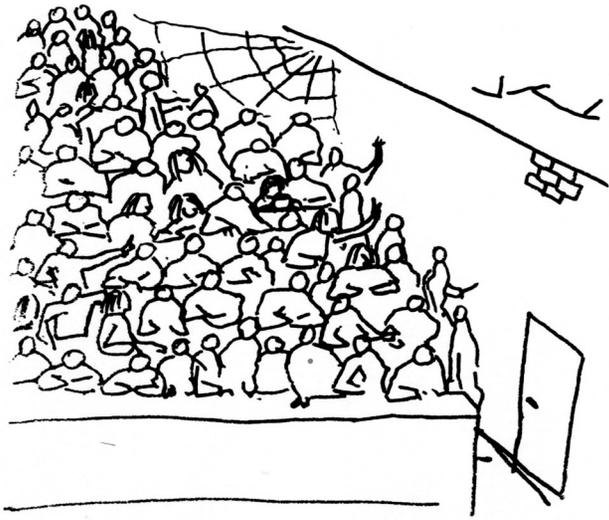
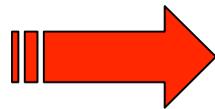
- Bruno Touschek e' ricordato nella storia degli acceleratori come lo scienziato che per primo, nel 1960, propose, progetto' e porto' a compimento la costruzione del primo acceleratore di materia e antimateria

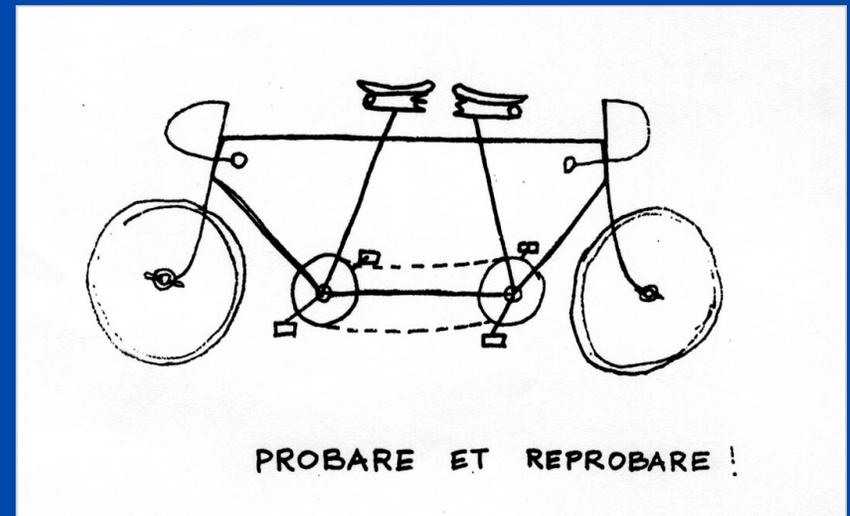
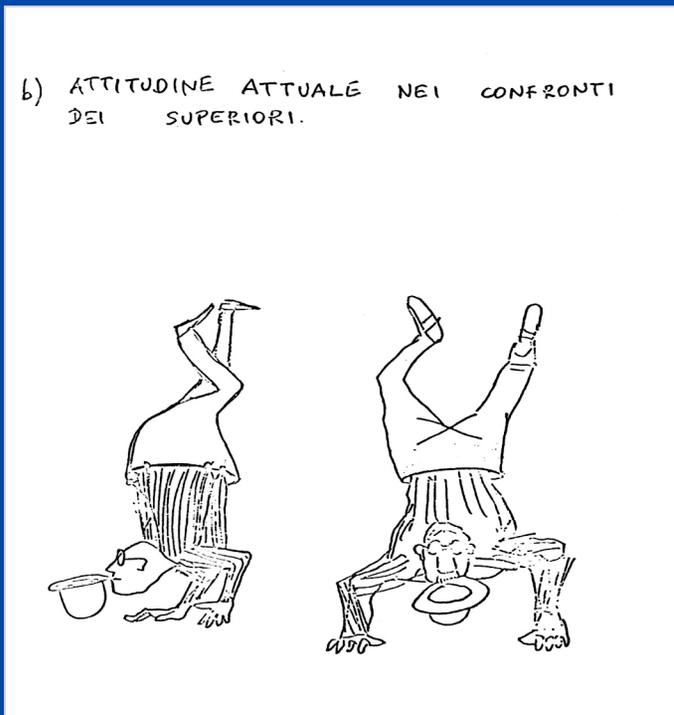


I DISEGNI DI BRUNO TOUSCHEK

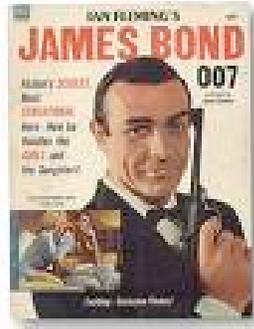


L'aula di Fisica Sperimentale,
ora Aula Amaldi, a Roma





UN ALTRO ESEMPIO DEL SENSO DELL'UMORISMO DI BRUNO TOUSCEK



Il famigerato fattore di BOND ? Uno scherzo di parole perche'

Ad **ADONE** la probabilita' media di irraggiamento di
un elettrone e' **0.07**

COMPLEMENTARIETA' FRA FISICI TEORICI E SPERIMENTALI

Teoria
Macchine/strumenti
Esperimenti

I MATTONI DELLA RICERCA SULLE PARTICELLE ELEMENTARI

La **Fisica teorica** propone modelli su come sono fatte le particelle, come interagiscono fra loro

Le **macchine acceleratrici** fanno scontrare le particelle ad un'energia nota e così si può studiare cosa succede

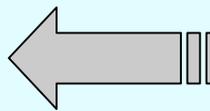
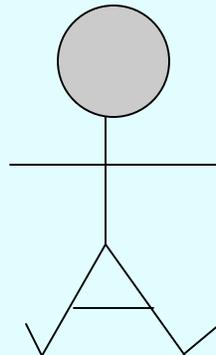
Gli esperimenti e i grandi **rivelatori di particelle** mostrano il moto delle particelle dall'infinitamente piccolo alla nostra scala tramite

- amplificazione di segnali elettronici,
- programmi di computer estremamente complessi

I FISICI SI PONGONO DOMANDE

10 000 A.C.

Quale e' la natura
Dell'universo
in cui vivo?



FISICO PREISTORICO

PERCHE'? PERCHE'...

- Perche' costruire macchine acceleratrici?
- Perche' studiare le particelle elementari?
- Perche' esiste l'anti materia?
- Cosa puo' succedere quando materia e anti-materia si incontrano?

ALCUNE DOMANDE FAMOSE NELLA STORIA DELLA FISICA

- Archimede 254 b.c.
 - ◆ Perche' galleggio ?
- Isaac Newton 1666
 - ◆ Perche' la mela cade?
- Alessandro Volta 1800
 - ◆ Perche' le zampe di rana appoggiate al balcone producono elettricitá'?
- Henry Bequerel 1896
 - ◆ Perche' questo minerale emette radiazioni anche quando piove?
- Albert Einstein 1905
 - ◆ L'inerzia di un corpo dipende dalla sua energia?
- 2008 :
 - ◆ da dove viene la massa delle particelle elementari?

- Vitruvio racconta che a un certo punto, Gerone voleva sapere se la corona che aveva fatto fare da un orefice di Siracusa era veramente d'oro o solo dorata
- Come scoprire se la corona era veramente tutta d'oro?
- Il re si rivolse ad Archimede che si pose il problema, giorno e notte, in casa e alle Terme...

LA DOMANDA DI GERONE DI SIRACUSA

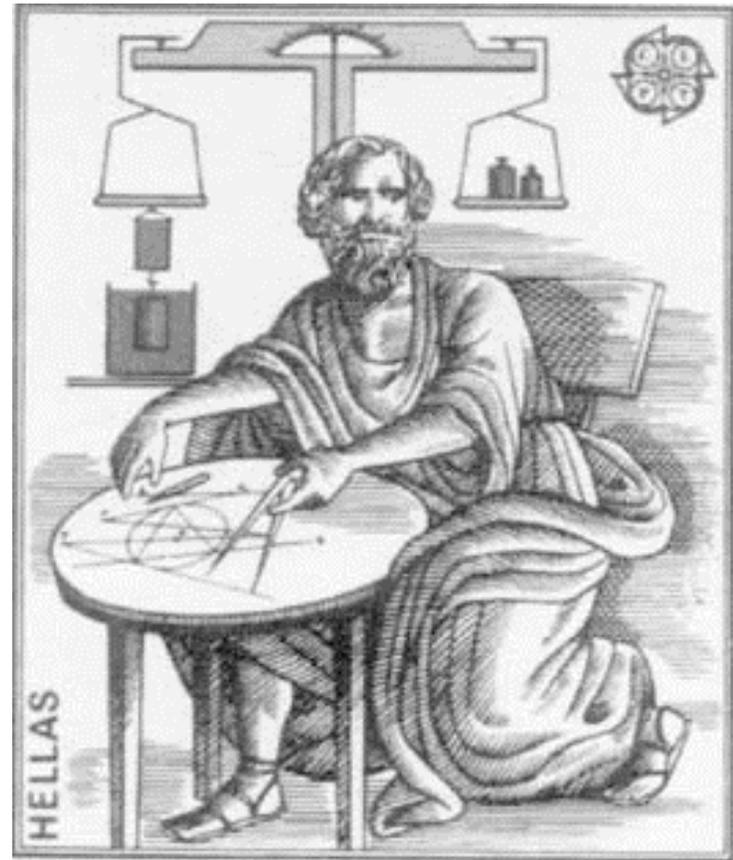


Il teatro greco di Siracusa

ARCHIMEDE E LA SPINTA IDROSTATICA

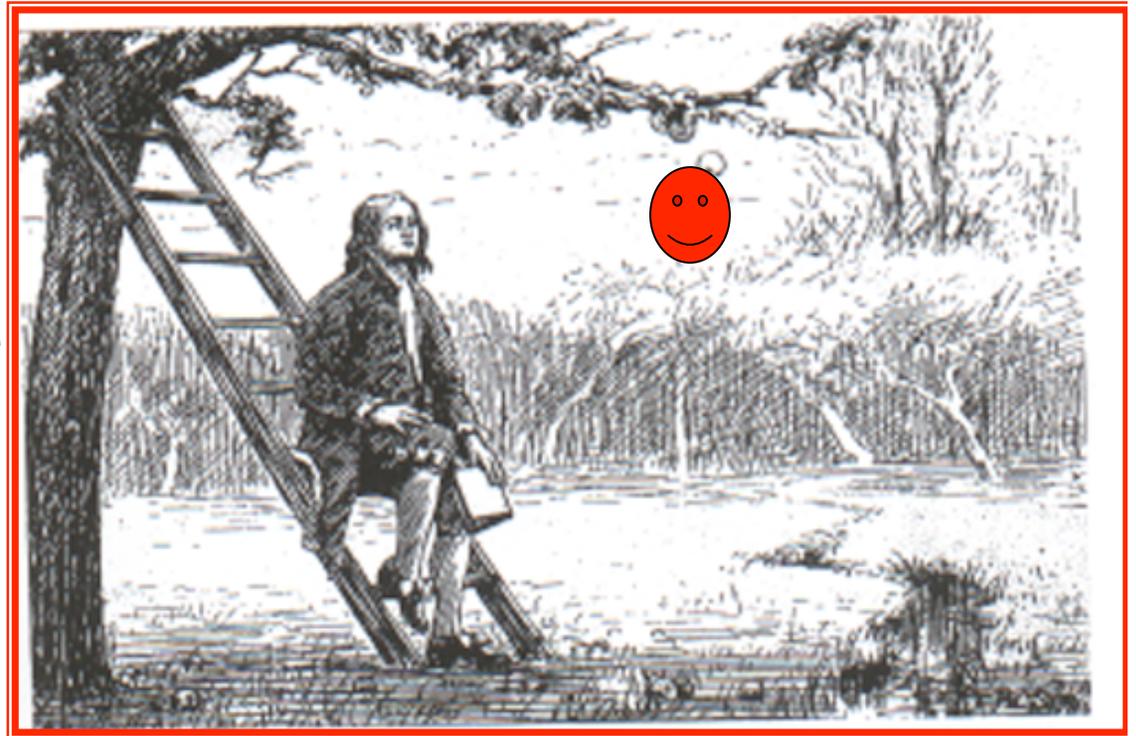
- Archimede era alle Terme, a Siracusa, ed osservando l'acqua spostata dal suo corpo mentre si immergeva, comprese come risolvere il problema che il re gli aveva posto
- Salto' fuori dalla vasca tutto nudo esclamando

ΕΥΡΕΚΑ ΕΥΡΕΚΑ



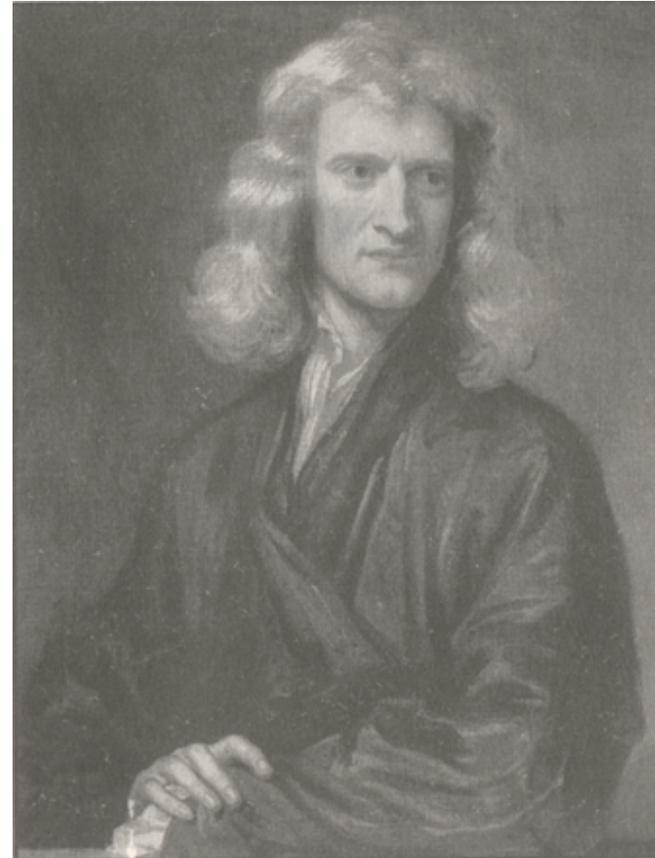
- Nel 1665 Newton aveva appena preso la sua laurea (breve e senza distinzione..) a Cambridge, quando scoppio' la peste a Londra
- L'Universita' di Cambridge chiuse e mando' tutti a casa, per evitare il diffondersi del contagio
- Newton torno' nella fattoria della madre nel Lincolnshire dove passo' quasi due anni solitario studiando e ragionando
- Quando, alla fine di questi due anni, Newton torno' a Cambridge la sua mente aveva gia' risolto alcuni dei piu' grandi problemi di scienza e di matematica mai posti all'umanita'

NEWTON E LA DOMANDA PER ECCELLENZA : PERCHE' CADONO LE MELE?



ISAAC NEWTON

- In realta' la storia della mela e' una leggenda alimentata da Newton stesso che, avanti negli anni, e passeggiando con un amico in un frutteto vicino a Cambridge, ricordo' di aver raggiunto certe conclusioni tanti anni prima proprio in un simile frutteto



ALESSANDRO VOLTA E L'INVENZIONE DELLA PILA

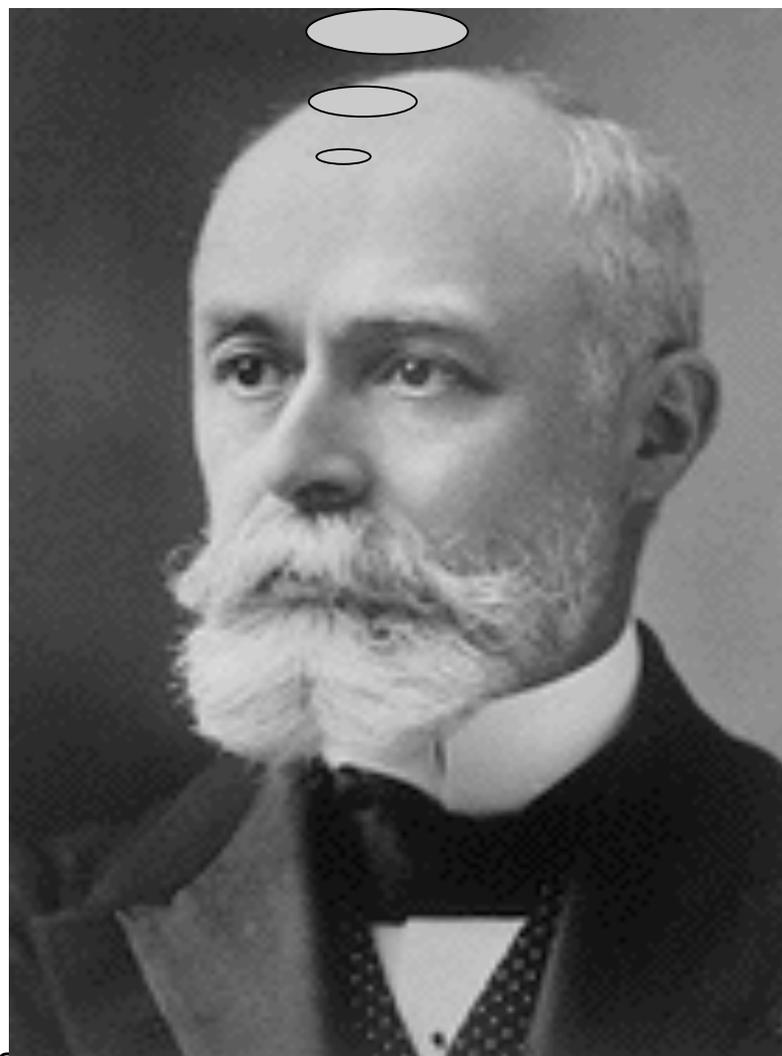
- L'idea nacque da Luigi Galvani, uno studioso di anatomia, che stava dissensionando una rana quando la gamba della rana si mosse. Galvani penso' fosse dovuto a qualche fenomeno di elettricita' esterna, un lampo, per esempio.
- Volta cerco' di ripetere l'esperimento, in un giorno senza lampi o temporali.
- Continuando a sperimentare Volta comprese che la causa del movimento poteva venire dal fatto che c'erano due metalli differenti che toccavano la zampa della rana. E dopo molti anni di ricerche capi' che il tessuto acquoso della zampa era un conduttore di elettricita' fra i due diversi tipi di metallo
- Dopo altri anni pote' produrre il primo flusso continuo di corrente elettrica.
- E nel 1800 invento' la Pila di Volta



HENRY BECQUEREL
E LA SCOPERTA DELLA
RADIOATTIVITA' NATURALE

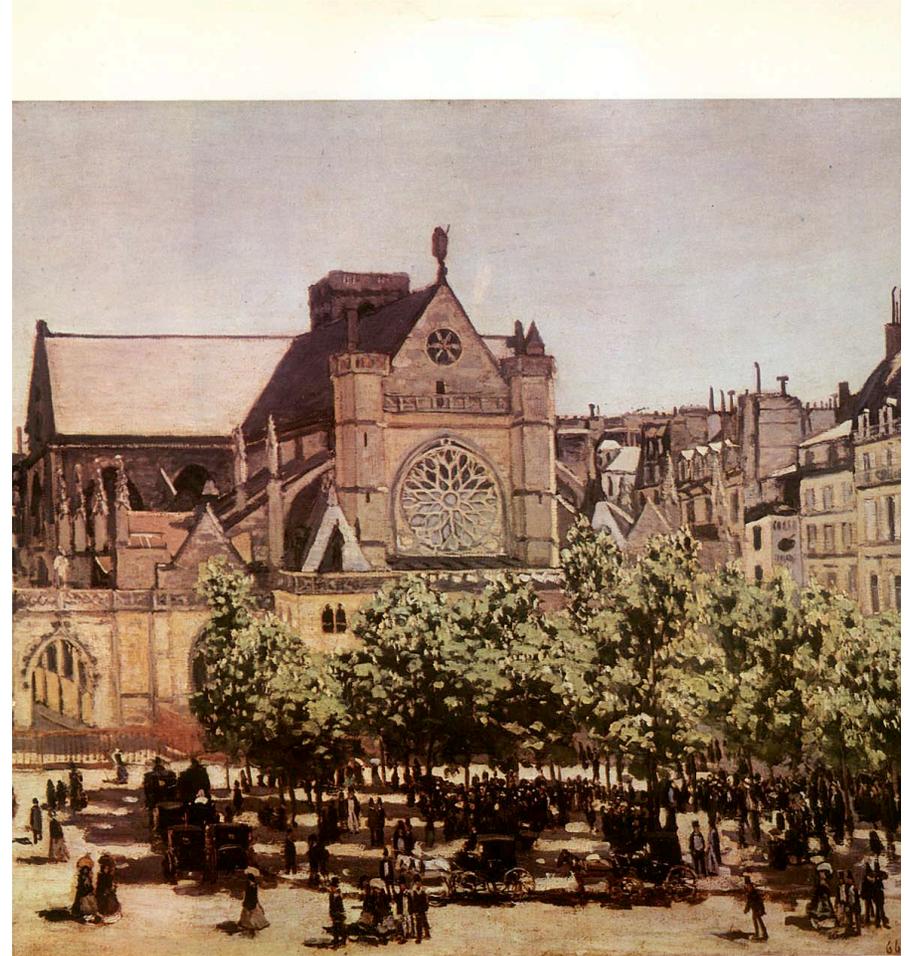
Perche' questo minerale
irraggia anche quando piove?

- All'inizio del 1896, il fisico francese Henri Becquerel era venuto a conoscenza dei risultati di Roentgen sui raggi X
- Per estenderne le ricerche, penso' di utilizzare dei minerali di uranio che suo padre, un famoso studioso di chimica e mineralogia, aveva raccolto in una vastissima collezione



PARIGI, GENNAIO 1896

- Becquerel era convinto che la fluorescenza fosse dovuta a irraggiamento esterno, dovuto ad esempio ai raggi del sole
- Mise dunque i suoi sali di uranio su una lastra fotografica avvolta in una carta scura, mise il tutto sul davanzale della finestra e osservò che, dopo un paio d'ore di esposizione alla luce del sole, la lastra era impressionata
- Ripeté un paio di volte il tutto, e sempre compariva una macchia scura sulla lastra fotografica



SE L'INVERNO 1896 A PARIGI
NON FOSSE STATO COSI'
PIOVOSO...

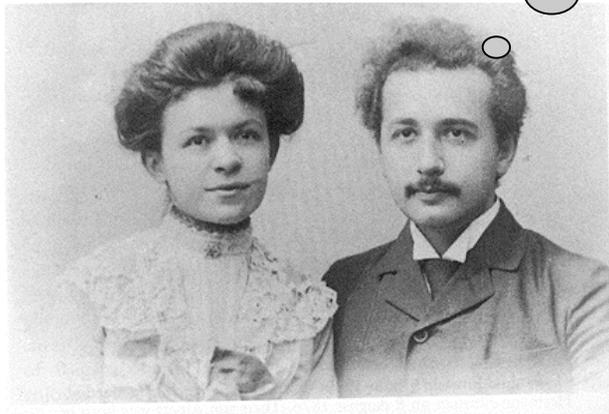
- Il 26 e il 27 febbraio piovve a dirotto e Becquerel, avvilito, mise il suo pacchetto, sali di uranio e lastra fotografica, in un cassetto della scrivania
- Il 1 marzo torno' a splendere il sole, anche se intermittente e Becquerel tiro' fuori il suo pacchetto per esporlo di nuovo ma....
- La lastra era tutta scura, come se i sali fossero stati esposti al sole per giorni e giorni!!!



L'INERZIA DI UN CORPO DIPENDE DALLA SUA ENERGIA? OVVERO
L'EQUIVALENZA FRA MASSA ED ENERGIA



Esame di maturita', 1896



Con la prima moglie Mileva, 1903



A Berlino, 1922

$$E=mc^2$$

Ci dice

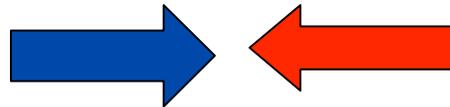
- ★ Perché è così interessante fare collisioni materia-antimateria

SCONTRI MATERIA- ANTIMATERIA

- Antimateria = materia con numeri quantici opposti
- Elettroni = materia, carica positiva
- Positroni = antimateria, carica negativa

■ **Materia** + **antimateria** = vuoto quantistico

elettroni



positroni

CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA

Energia dell'elettrone compresa la massa +
energia del positrone compresa la massa =

Energia disponibile
per

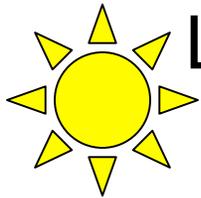
ESTARRE DAL **VUOTO** NUOVE PARTICELLE

COSA E' IL VUOTO QUANTISTICO?

- Uno stato in cui tutti i numeri quantici sono ZERO
 - ◆ Carica zero
 - ◆ Momento angolare zero
 - ◆ Etc
- Nel vuoto esistono in modo virtuale particelle e antiparticelle in ugual numero, note e ignote, massive e non (la massa NON e' un numero quantico)

1960: LA DOMANDA DI TOUSCHEK

Su quali frequenze vibra il vuoto quantistico?



La grande intuizione di Touschek fu di far scontrare la materia, elettroni, con l'antimateria, cioè positroni e il suo genio nel poi costruire una macchina acceleratrice capace di produrre il vuoto quantistico

2008

- Ad ognuna delle domande e' seguita una grande scoperta anche se chi faceva le domande raramente ne immaginava le conseguenze

- La domanda di oggi e'

Da dove vengono le masse delle particelle?

- I fisici delle particelle elementari stanno cercando la risposta con una grande macchina il Large Hadron Collider di Ginevra che fa scontrare fra di loro protoni di altissima energia

A LHC I PROTONI SI ROMPONO

- Proton contro protone
- Ma il protone rotto, libera i suoi costituenti e sono questi che si scontreranno e cercheranno di estrarre dal vuoto quantistico nuove particelle mai viste prima.

... LHC...

- LHC quando entrera' in funzione sara' la piu' potente e piu' grande macchina mai acceleratrice costruita dall'uomo
- LHC ha richiesto uno sforzo economico e di potenziale umano mai visto prima nella ricerca fondamentale
- Fara' scontrare frontalmente protoni di altissima energia
- Le origini di LHC si possono far risalire ad una piccola macchina costruita a Frascati nel 1960 su un'idea di Bruno Touschek

CHI ERA BRUNO TOUSCHEK E COSA HA FATTO?

- BT era un grande fisico di origine austriaca che, dopo un percorso attraverso la guerra e attraverso l'Europa, arrivò in Italia nel 1953 e lì diede inizio a un filone di fisica che ancora continua
- Si tratta delle macchine che accelerano materia contro antimateria



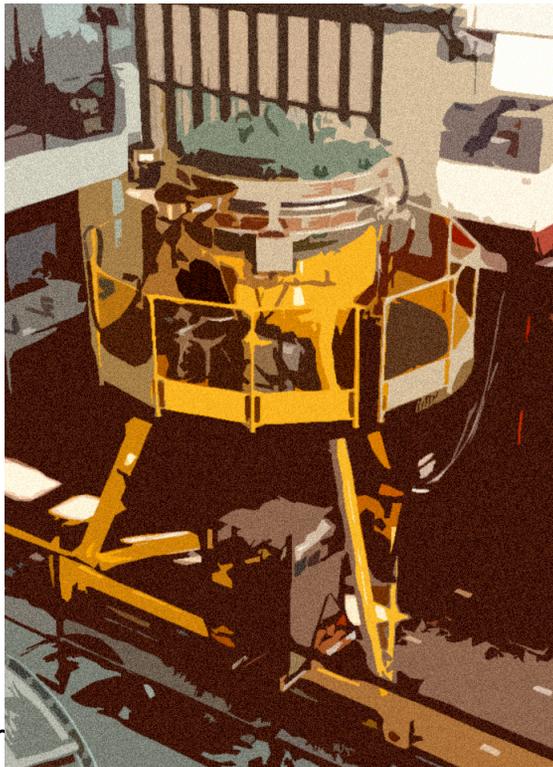
Bruno Touschek utilizzò la sua conoscenza della fisica teorica e l'esperienza fatta in Germania durante la guerra per concepire, proporre e costruire il primo collisionatore fra la materia e l'anti-materia

February 21, 2008

AdA
Liceo Piermarin Vermigli di Zurigo

LA LUNGA STRADA DELLE COLLISIONI MATERIA-ANTIMATERIA DAL 1960 AL 2000

- Il primo acceleratore a elettroni contro positroni: AdA a Frascati ~5 metri di circonferenza



Febr

Il piu' grande : il LEP di Ginevra di 27 Km dove funzionera' LHC



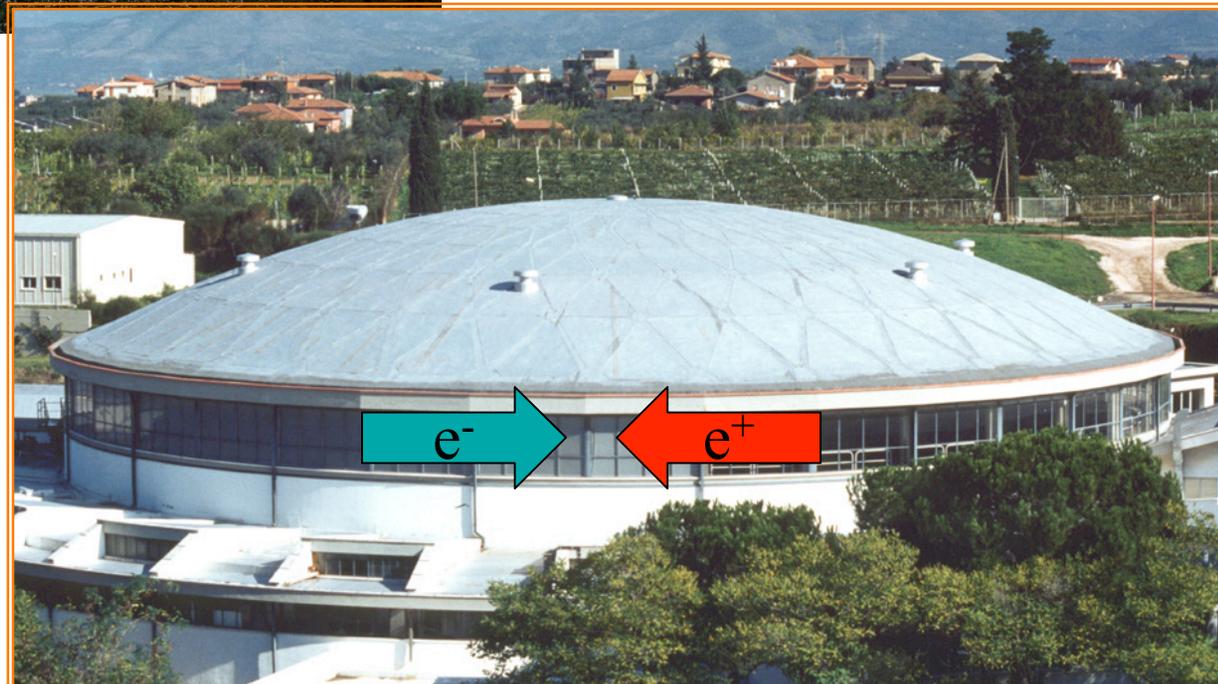
Liceo Piermarin Vermigli di Zurigo

38



Ada adesso a Frascati

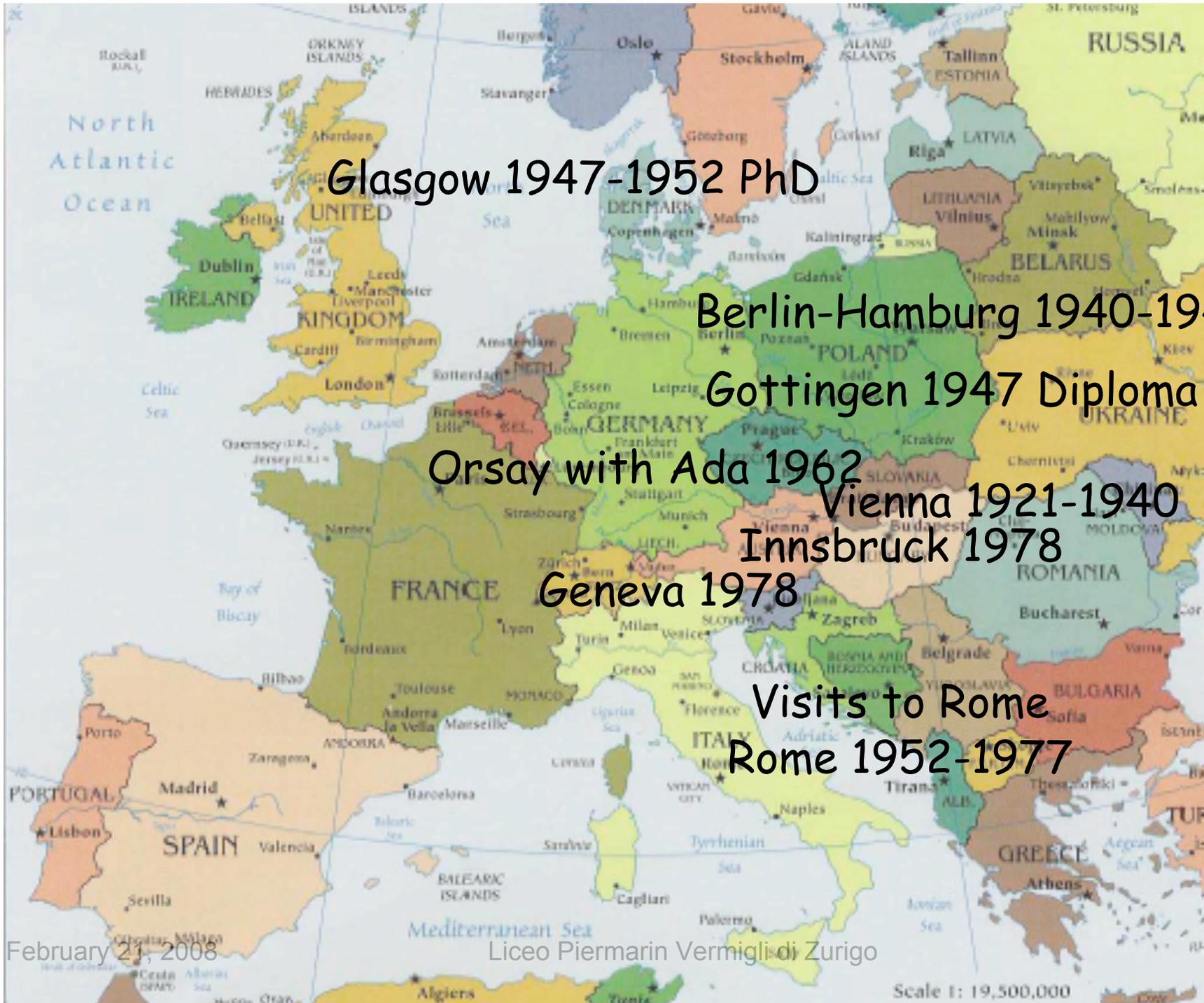
Ora a Frascati
C'e' DAFNE



February 21, 2008

LA VITA DI BRUNO TOUSCHEK

- In Austria prima della guerra
- In Germania durante la guerra
- A Glasgow dopo la guerra
- A Roma dal 1953 al 1977
- L'ultimo anno a Ginevra



Glasgow 1947-1952 PhD

Berlin-Hamburg 1940-1945

Gottingen 1947 Diploma

Orsay with Ada 1962

Vienna 1921-1940

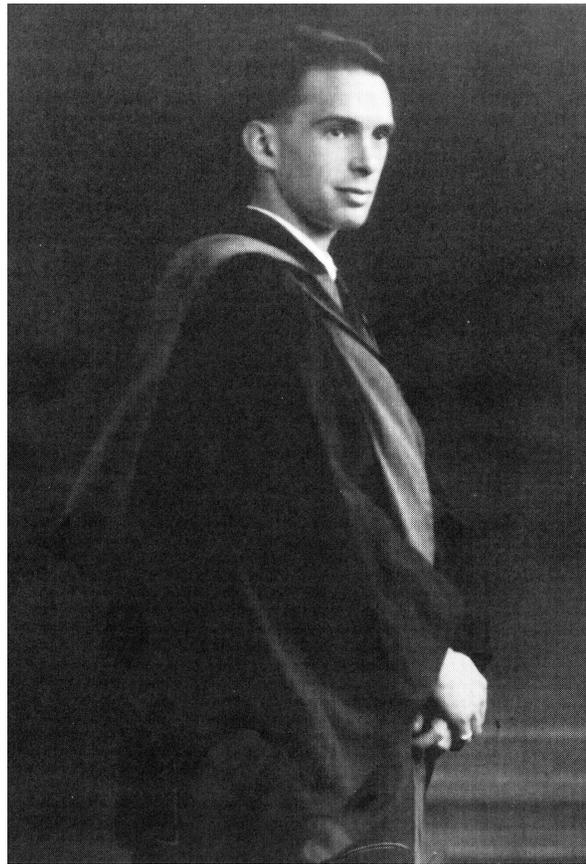
Innsbruck 1978

Geneva 1978

Visits to Rome

Rome 1952-1977

A GLASGOW NEL 1951



February 21, 2008

Liceo Piermarin Vermigli di Zurigo

42

AL TUSCOLO (FRASCATI) NEL 1953



February 21, 2008

Liceo Piermarin Vermigli di Zurigo

43

A CATANIA NEL 1964



February 21, 2008

Liceo Piermarin Vermigli di Zurigo

44



XLVIII

CONGRESSO NAZIONALE DI FISICA

February

45

A FRASCATI NEL 1967



February 21, 2008

Liceo Piermarin Vermigli di Zurigo

46



February 21

A PROPOSITO DEL FILM

- Bruno Touschek moriva a Innsbruck, in Austria il 25 maggio 1978
- 25 anni dopo, nel 2003, Carlo Bernardini, suo amico e collaboratore, ora professore emerito, all'Università di Roma La Sapienza, ed io, collaboratrice di Bruno Touschek nel 1966-67 a Frascati decidemmo di fare qualcosa per ricordare la vita e le opere di Touschek
- Luisa Bonolis, che si era laureata con Bernardini, penso' ad un film su Touschek con interviste a chi l'aveva conosciuto e, insieme ad un regista di film scientifici della RAI TV fu realizzato il film che vedrete, inizialmente in italiano, ora esistente anche in una versione inglese.