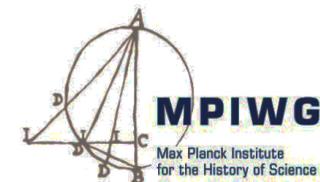


Bruno Touschek

(1921-1978)
un grande scienziato europeo

Giulia Pancheri e Luisa Bonolis

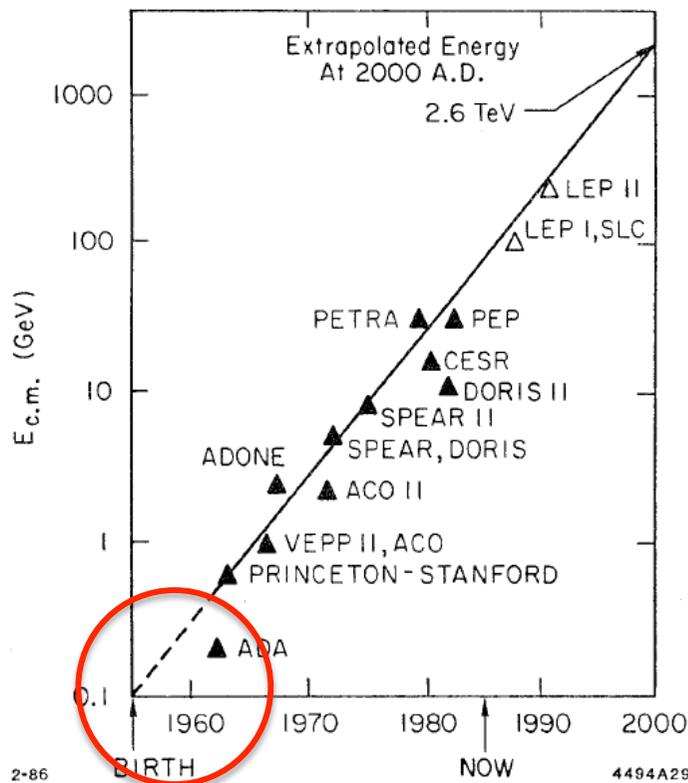


Congresso Società Italiana di Fisica
14 Settembre 2021

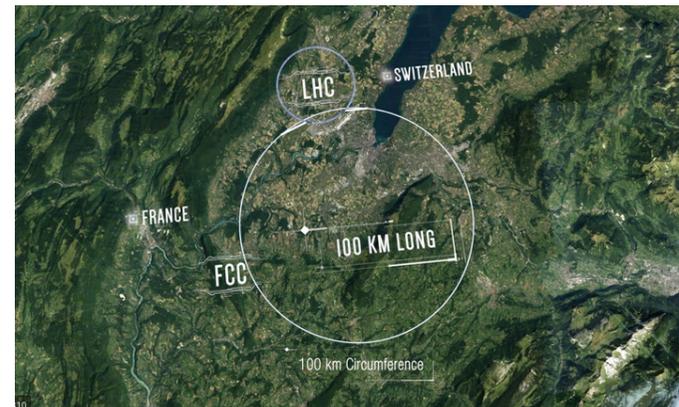
La lunga marcia dei collisionatori di particelle



2012: LHC
 -> 13 TeV
 27 Km
 circonferenza



Collisionatori futuri ≥ 2040 , ~ 80 KM, 100 TeV



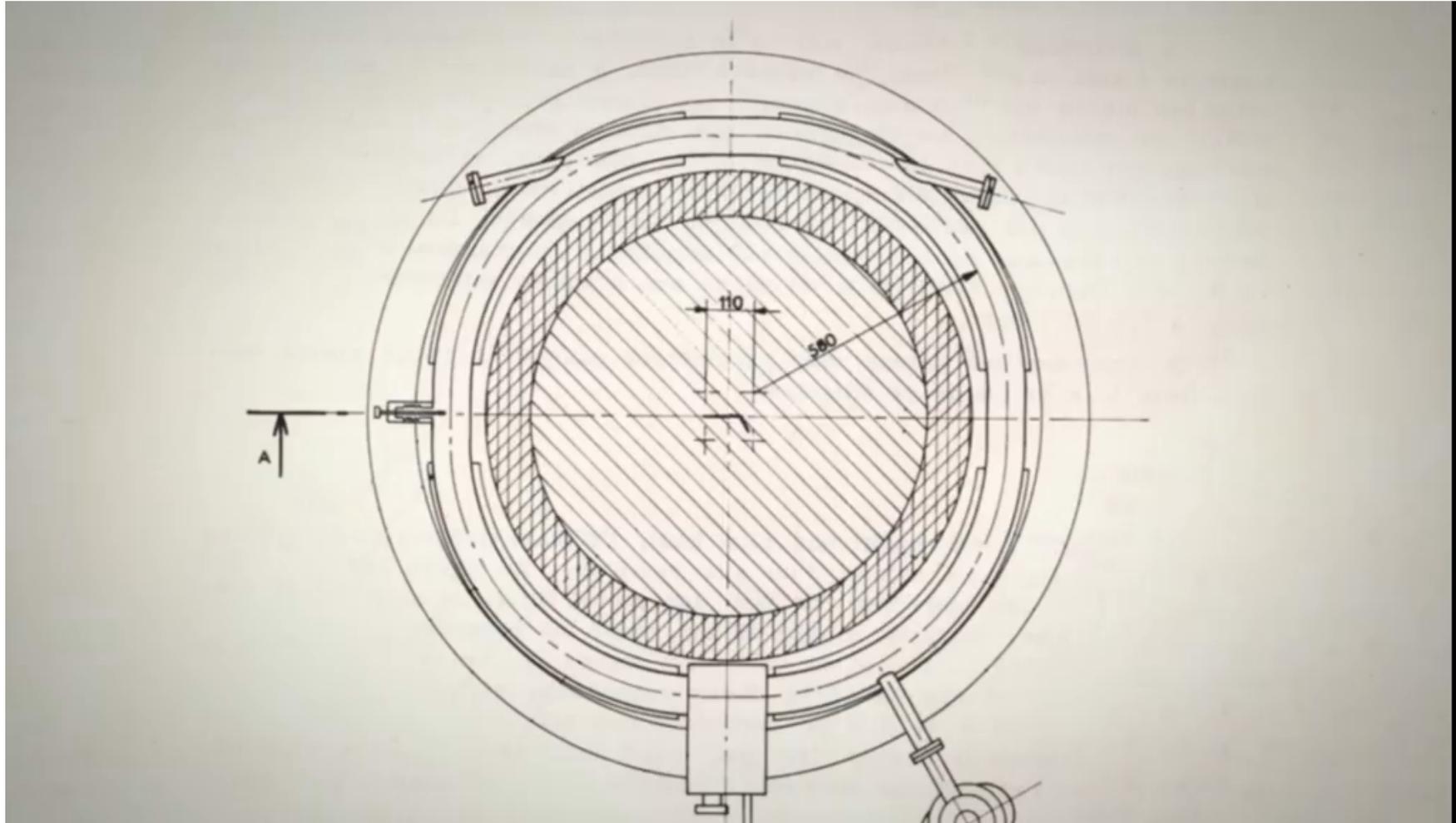
CERN



China

1961: AdA = Anello di Accumulazione
 400 m around, 500 MeV c.m. energy

Bruno Touschek è il padre dei **collisionatori** fra elettroni e positroni: strumento fondamentale per la scoperta e lo studio delle particelle elementari (*see relazione Iarocci*)



La storia dei collisionatori europei di particelle comincia in Europa con Touschek e **AdA**

Austria
Vienna

Norway
Rolf Widerøe

Germany
Munich
Hamburg
Berlin
Göttingen

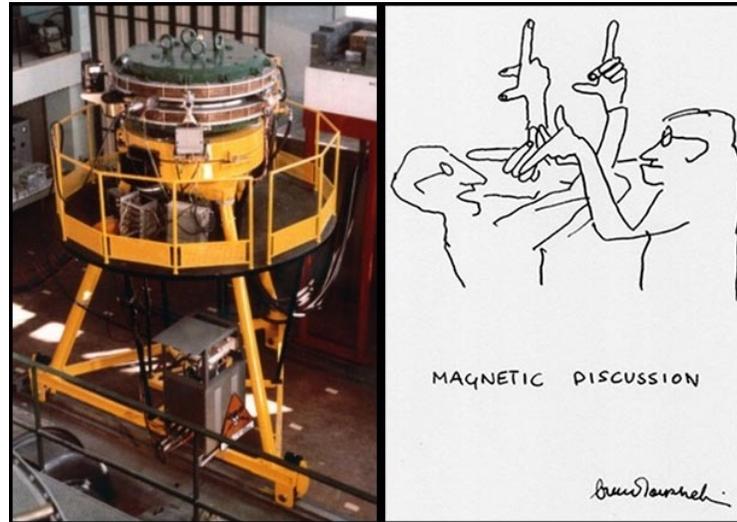
United Kingdom
Glasgow
Edinburgh

Italy
Rome
Frascati

France
Orsay

Geneva
CERN

AdA : Anello di Accumulazione
Storage Ring



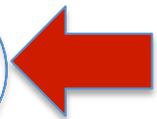
Dopo AdA

ADONE, ACO, SPEAR,
VEPP-2...

LEP, HERA, LHC

Nuovi quark: charm,
[bottom], top

“Le forze”: W-Z,
Gluone, Higgs...



Bruno nacque a Vienna(1921-1978)

- Bruno Touschek's work and life cross Europe in space and time:
 - from Austria to Germany 1921-46
 - to the United Kingdom 1947-52
 - Italy 1953-1977
 - France between 1962-64
 - CERN 1977-78

and ultimately back to Austria



- Through World War II and the reconstruction of European Science
- Up to the beginning of the great particle discoveries of the 1970s

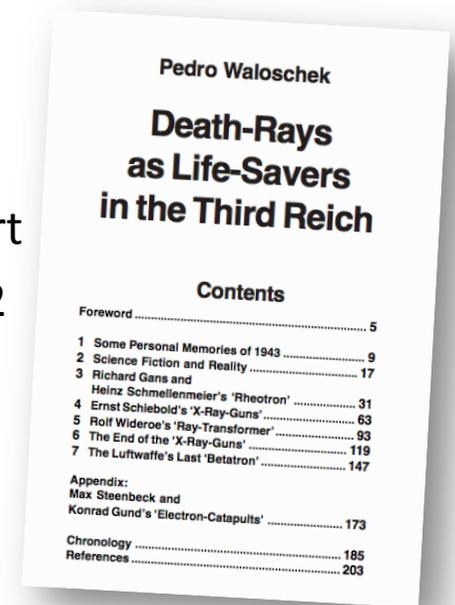
Fonti principali

Archivi :

- Amaldi e Touschek Archivi Sapienza University Rome (*see relazione Cotugno*)
- Deutsches Museum Munich (lettere **BT- Arnold Sommerfeld**)
- University of Glasgow Archives Collection
- Churchill Archives, Cambridge University (lettere **BT-Max Born**)
- Archives of the Max Planck Society (lettere **BT- Werner Heisenberg**)

Bibliografia principale :

- E. Amaldi, The legacy of Bruno Touschek, 1981 CERN Yellow Report
L'eredità di Bruno Touschek, *Quaderni del Giornale di Fisica*, 1982
- R. Widerøe, *The infancy of particle accelerators*, DESY 1994
- L. Bonolis and G. P., Bruno Touschek, father of e+e- colliders, *EPJH* 36 (2011) 1-6
- P. Waloschek, *Death rays as Life-Savers during WWII*, 2012
- A. Sørheim, *Rolf Widerøe: obsessed by a dream*, 2020

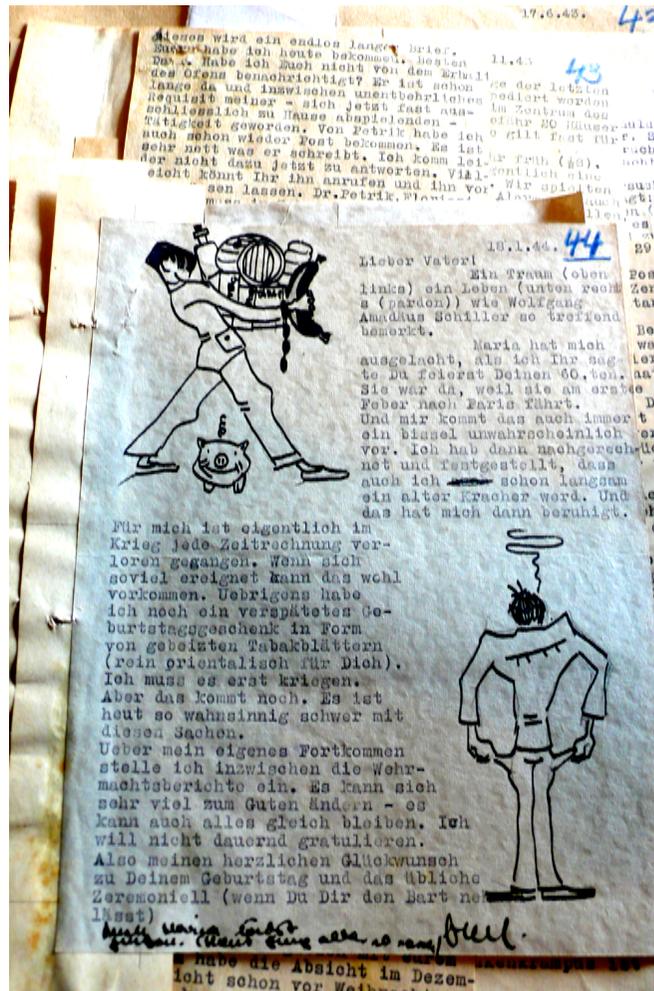


Pedro Waloschek
**Death-Rays
as Life-Savers
in the Third Reich**

Contents

Foreword	5
1 Some Personal Memories of 1943	9
2 Science Fiction and Reality	17
3 Richard Gans and Heinz Schmellenmeier's 'Rheotron'	31
4 Ernst Schiebold's 'X-Ray-Guns'	63
5 Rolf Widerøe's 'Ray-Transformer'	93
6 The End of the 'X-Ray-Guns'	119
7 The Luftwaffe's Last 'Betatron'	147
Appendix: Max Steenbeck and Konrad Gund's 'Electron-Catapults'	173
Chronology	185
References	203

La vita di Tauschek nelle lettere al padre



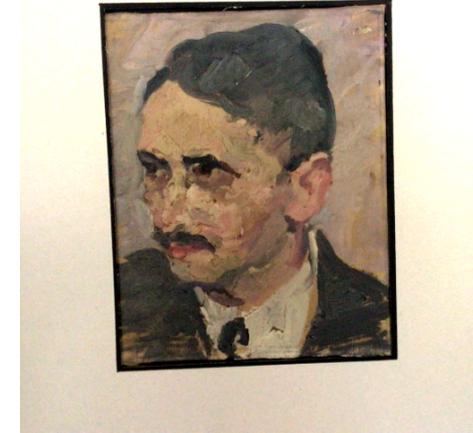
Lettere personali inedite di Bruno Tauschek (BT)

- Nel 2009, piu' di **200 lettere** (in tedesco) scritte da Bruno al padre dal 1939 al 1960 e poi dal 1969 al 1971 furono messe a disposizione di L. Bonolis e G.P. dalla Signora Tauschek, scomparsa alcuni anni fa.
- Le lettere illuminano il periodo della Seconda guerra mondiale e la partecipazione di BT al progetto (segretato) per costruire il betatrone di Widerøe di 15 MeV, finanziato dal **Reichs Luftwaffe Ministerium**, con il patrocinio del Generale Erhard Milch, collaboratore di Hermann Göring

Gi anni della gioventù: Perdite e lutti



- Ebreo da parte di madre
- Austro-ceco dal lato paterno
- Orfano della madre a 9 anni (1930)
- Lo zio materno, medico e dottore, Oskar Weltmann: suicida nel 1934



- Dopo l' Anschluss, BT è dimesso dal Piaristengymnasium 'per motivi politico-razziali' in Dicembre 1938 => *Matura 1939*, liceo cattolico
- Marzo 1939: cerca (senza successo ?) di emigrare in Inghilterra
- December 1941 : espulso come 'mischling' dall'Università di Vienna
- 1942: La nonna materna Josefine Weltmann è arrestata e deportata a Theresienstadt, dove muore nel 1943

1941-1942 : Germania

Austria -> Germania: Febbraio - Novembre 1942

Novembre 1941: Bruno visita Sommerfeld a Monaco, assieme a Paul Urban

Dicembre 1941: Corrispondenza con **Sommerfeld**

Febbraio 1942 : **Touschek** lascia Vienna per Monaco, dove riceve la “benedizione” e i consigli di di Sommerfeld

Marzo 1942: a Hamburg lavora in una piccola società di componenti elettronici e frequenta le lezioni di **Wilhelm Lenz e Paul Harteck (Uranverein) all'Università di Amburgo**

Novembre 1942: BT si trasferisce a **Berlino**, segue lezioni di von Laue e Heisenberg, lavora a Løwe-Opta, che ha contratti con i militari



Arnold Sommerfeld

1941-1943 : il contributo di Rolf Widerøe



Widerøe nel 1920
(1902-1996)



Donal Kerst, 1948

- 1924->28: Rolf Widerøe propone principio del betatrone
- Luglio 1941: **Kerst and Serber** annunciano la costruzione del primo betatrone - 6 MeV
- Settembre 1942 : **W** sottopone ad **Archiv für Elektrotechnik** la sua proposta per costruire un betatrone 15 MeV
- Touschek è referee per l'articolo di Widerøe -> **corrispondenza**

1943: inizia un viaggio da cui piu' tardi emergerà l'idea di AdA

Touschek a Berlino : referee per *Archiv für Elektrotechnik*

Nel 1943 **Rolf Widerøe** viene da Oslo in Germania per realizzare il sogno di costruire un betatrone

Settembre 1943: **RW** discute con **BT** l'idea di **far collisionare** particelle per guadagnare energia disponibile

Novembre 1943: Bruno Touschek entra ufficialmente nel progetto di Widerøe



1944-45: condanna a morte?

- Tuschek poteva visitare la famiglia a Vienna, **Widerøe** spesso andava a Oslo

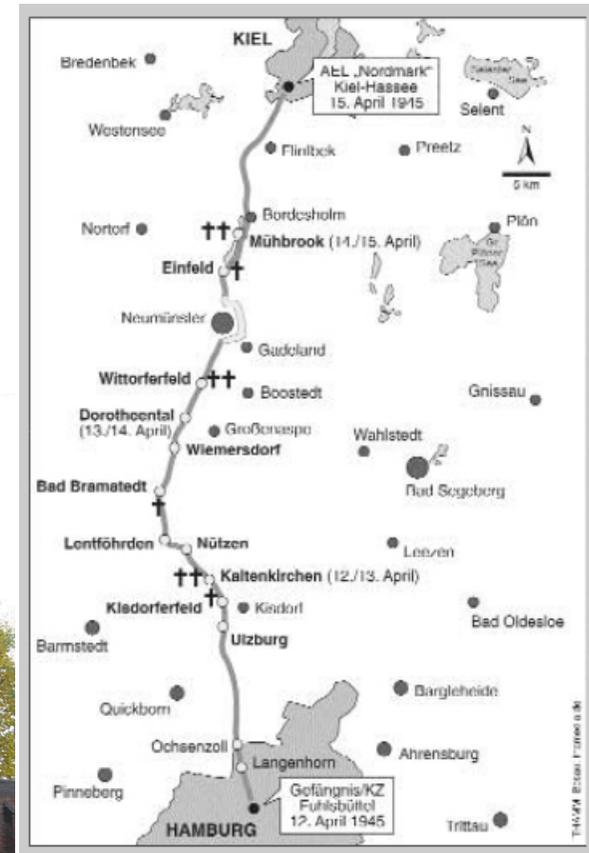
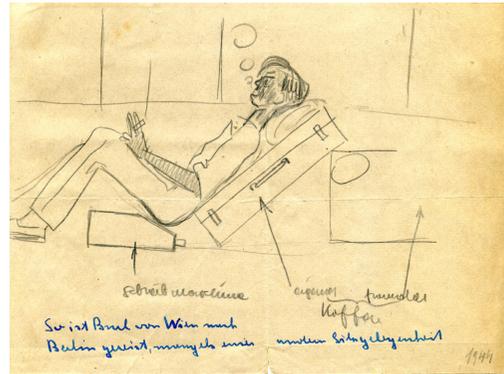
- Il betatrone di **Widerøe**: un progetto importante di interesse militare

- L'Organizzazione Todt (lavori forzati) chiama Tuschek almeno 3 volte nel 1944-45, ma "l'arruolamento" è posposto fino a quando ...

- Finito il lavoro al betatrone il 15 Marzo 1945, BT è arrestato

- April 1945 : marcia forzata (200 prigionieri) verso Kiel
BT cade, è colpito, abbandonato e creduto morto

-> Ospedale e prigione di Altona, liberato il Aprile 30, 1945



U. Fentsahm, 2004
Der "Evakuierungsmarsch"
von Hamburg-Fuhlsbüttel
nach Kiel-Hassee (12.–15.
April 1945).

Göttingen: diventare un fisico

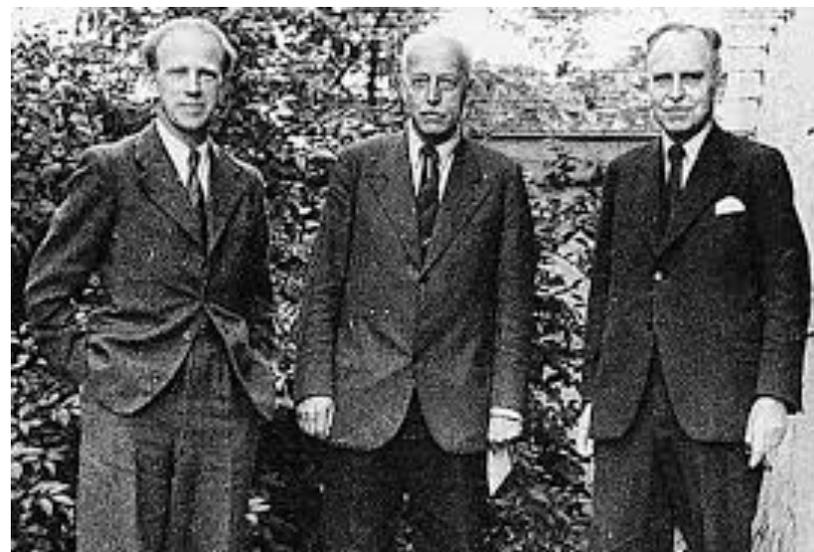
I want to become a physicist

“Ich will Physiker werden.”

Bruno Touschek al padre,
9 Maggio, 1946

- **Università of Göttingen** => Diploma in Fisica sul betatrone, Giugno 1946
- 6-mesi come assistente di Werner Heisenberg

=> Dottorato di ricerca **all'Università di Glasgow**, in progetto la costruzione di un sincrotrone da 300 GeV



Werner Heisenberg, Max von Laue e Otto Hahn, al ritorno dalla segregazione in UK (Farm Hall luglio - gennaio 1946)

LB&GP Arxiv [1910.09075](https://arxiv.org/abs/1910.09075)
on Germany 1946

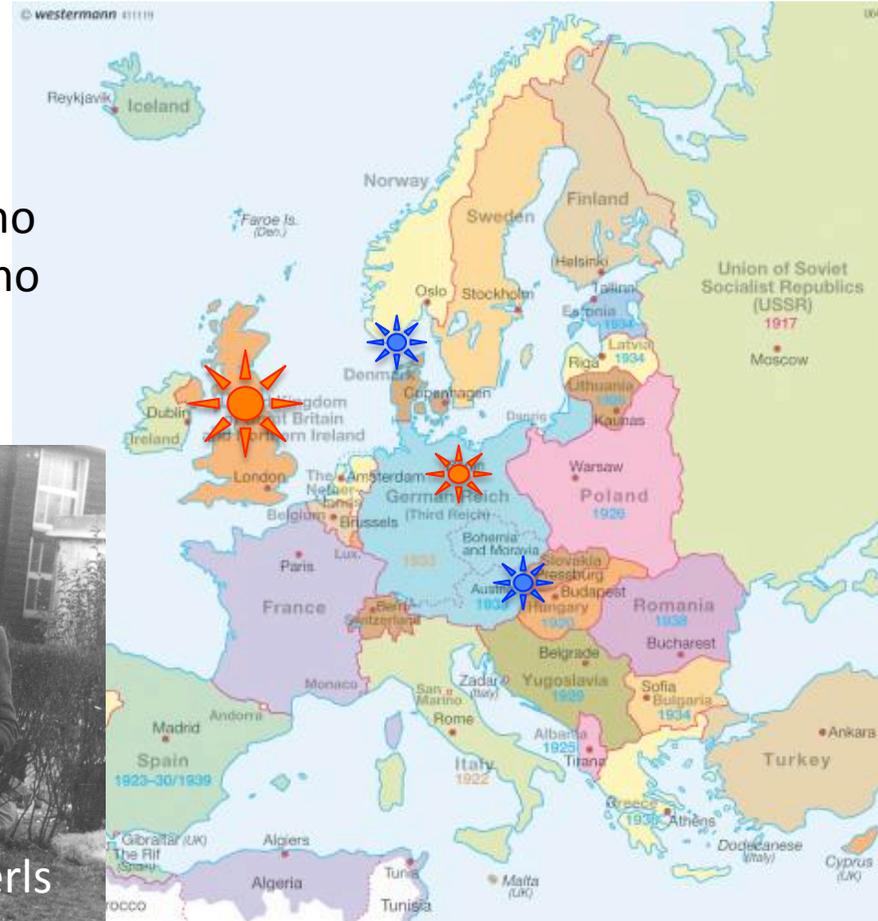
UK : da betatroni e sincrotroni => fisica teorica



PhD, 1949
J.C. Gunn relatore interno
R. Peierls relatore esterno



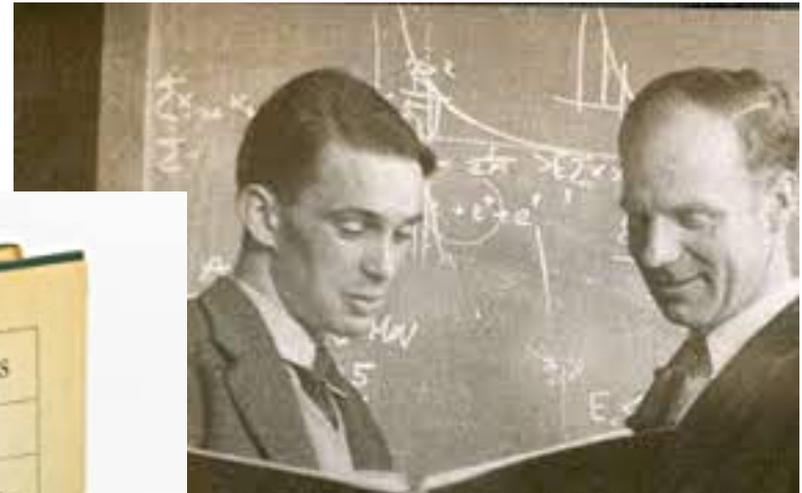
P.M. Dirac, W. Pauli , R. Peierls



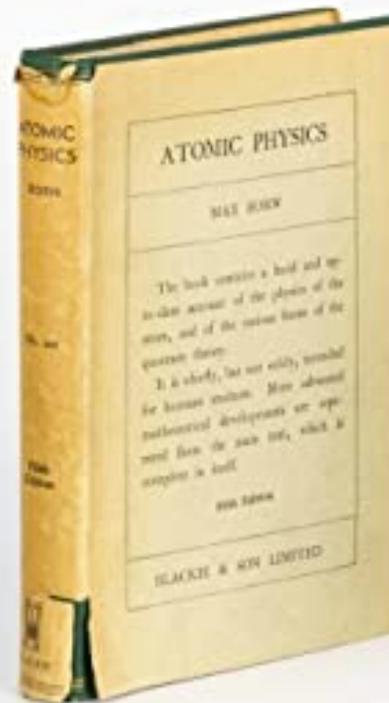
Gli anni a Glasgow 1947-1952

“In January, I worked with M Born in Edinburgh and wrote a chapter and an appendix for him. That was quite entertaining.”

Bruno Touschek, lettera al padre Glasgow, 13 Febbraio , **1950**.



A Glasgow with Samuel Curran



1951 : Lavoro Walter Thirring e teorema di Bloch Nordsieck per la catastrofe infrarossa

1950-52 : Due anni di corrispondenza fra Touschek e Max Born presso **Churchill Archives** in Cambridge

Italia 1953: la rinascita

“The institute is quite excellent. At the moment there are two Nobel Prize winners (Pauli and Blackett) and a candidate and the other people are very interesting as well ...”

BT to father, 30 Dec. 1952

“The area around Rome is a fairy tale, and nothing has changed in the last two thousand years...”

BT to father, 30 April 16th. 1953



+ ... zia materna, Adele, detta Ada che viveva a Roma con villa a Genzano

A Roma la formazione di Touschek in fisica **teorica** si unisce alla fisica degli **acceleratori**

- **Fsica teorica**

- Vienna: Hans Thirring e fisica matematica
- La grande scuola tedesca
 - Arnold Sommerfeld – Munich 1941-42
 - Werner Heisenberg – Berlin and Göttingen 1945-47
 - Max Born – Edinburgh 1947-52
 - Wolfgang Pauli – Rome 1953-1958



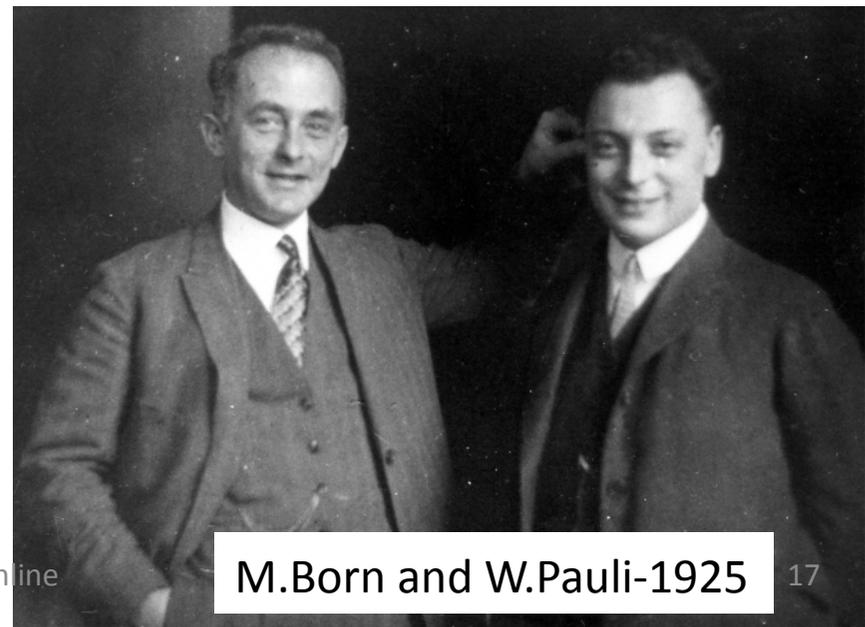
Arnold Sommerfeld



Werner Heisenberg

- **Come costruire un acceleratore *ab initio*** nelle peggiori circostanze (bombardamenti e distruzione **1943-45**) con Rolf Widerøe => costruttore del primo acceleratore lineare e proponente del principio del betatrone (tesi di PhD 1928)

- **Istituto di Fisica di Roma:** Amaldi, il CERN, e le nuove generazioni di studenti e professori



M.Born and W.Pauli-1925

In Italia, c'era in progetto un laboratorio per costruire un elettrosincrotrone

- 1953: INFN decide di costruire un acceleratore -> elettrosincrotrone sotto la direzione di Giorgio Salvini
- 1954: si decide che la sede sarà a Frascati, vicino a Roma
- 1957: I Laboratori Nazionali di Frascati sono operativi e vi si iniziano ad assemblare le parti del sincrotrone già preparate a Pisa
- Aprile 1959: il sincrotrone entra in funzione

Il sogno di Enrico Fermi:
un laboratorio nazionale con
grandi infrastrutture



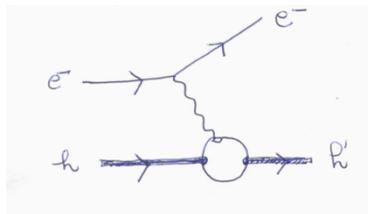
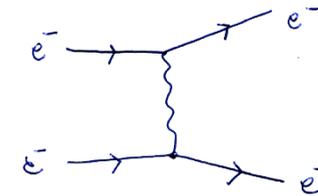
1958-1960 e la proposta di AdA

Dicembre 1958 : Wolfgang Pauli muore e Bruno sente di aver perso il suo interlocutore principale in fisica teorica

Maggio 1959: muore la zia materna Ada, il sincrotrone inizia a funzionare

Luglio 1959: BT e Gatto alla Conferenza di Kiev

- Panofsky presenta progetto per collisioni elettrone-elettrone
- Hofstadter presenta gli esperimenti fattore-di-forma nucleare



Phys. Rev. Lett. March 1960

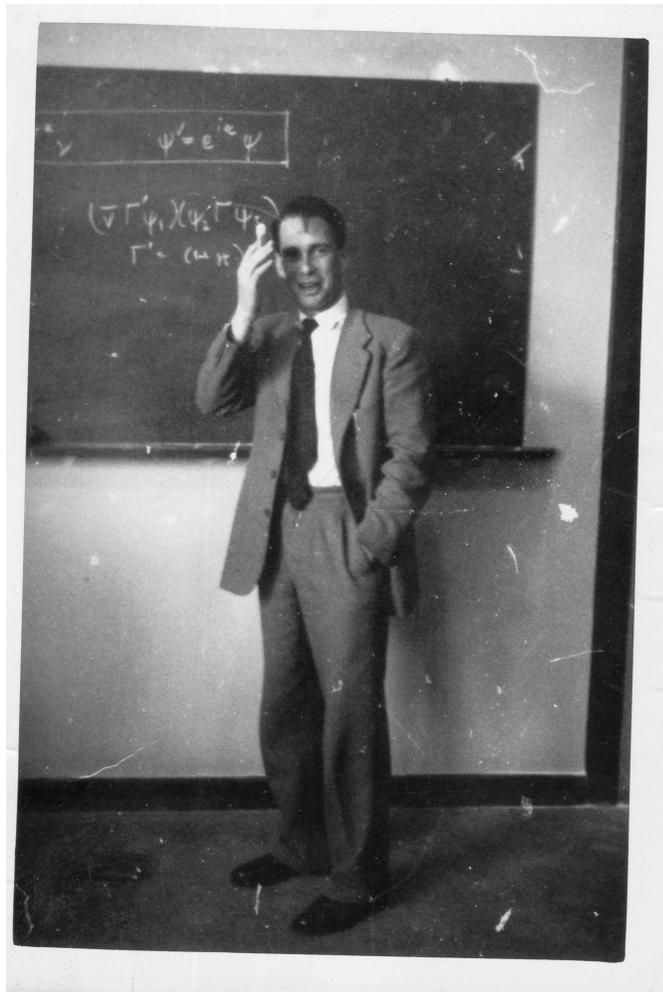
Cabibbo e Gatto, PRL, Marzo 1960

Ottobre 1959:

- Seminario di Panofsky
Roma e Frascati =>
Touschek **lancia** **idea di fare** collisioni elettrone-positrone per scoprire nuova fisica

17 Febbraio 1960 Bruno propone ai Laboratori di Frascati di fare un "esperimento" con elettroni e positroni
=> Inizia il progetto =>
=> approvazione Marzo 1960

E Bruno comincio' a calcolare



18.2.60.

State of affairs. Discussed plan with
 G. Proposed use of γ -beam also
 for electrons.
 Typical possibility:

γ = γ -beam, T = target, M₁ = separating magnet, St. = Storage magnet, C = Acc. circuit.

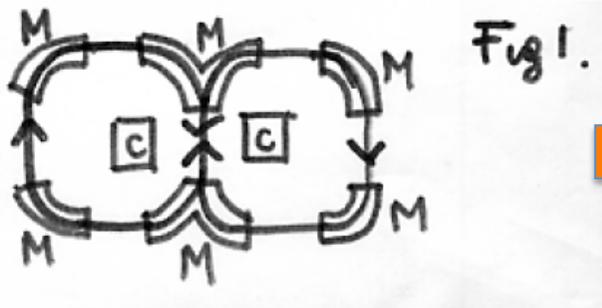
Basic formula

$$q = N^2 (v\tau)^2 \frac{\sigma}{q} \cdot \frac{c}{\pi R}$$

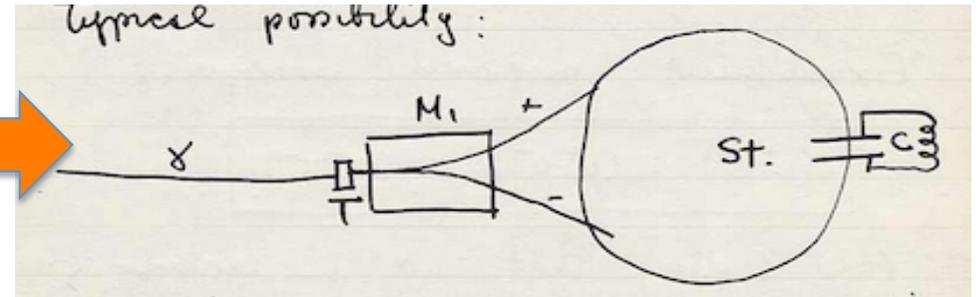
N = number of particles accepted per pulse
 v = repetition rate of the Synch (v = 20)

AdA : la sintesi perfetta

1. Frontiera in fisica degli **acceleratori**

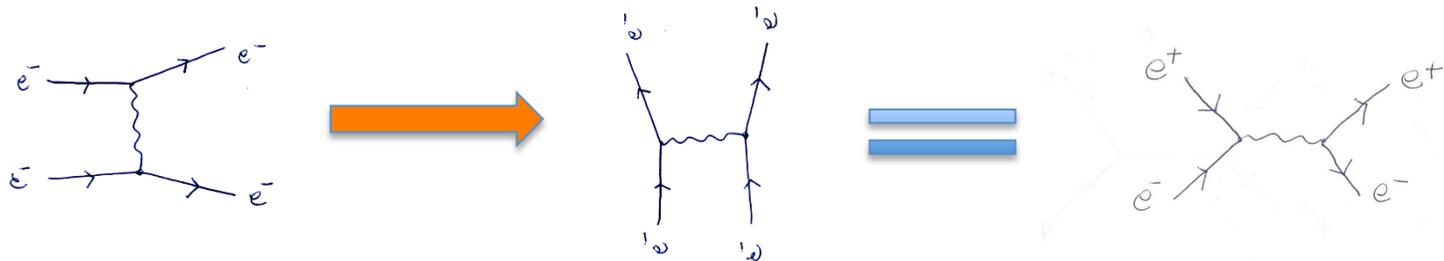


O'Neill 1956



Tauscek 1960

2. nuove idee in fisica **delle particelle** teorica e sperimentale:
QED, simmetrie, teorema CPT, anti-particelle create in laboratorio



3. **Nuove Tecnologie** grazie ai **sincrotroni** (Frascati) e agli **acceleratori lineari** (Orsay)

AdA e il contributo della Francia



J Haïssinki and P Marin

A Orsay, **l'acceleratore lineare** (1956->59)
forniva un fascio di elettroni ottimale
-> fotoni piu' intensi-> fasci di elettroni e positroni
In AdA piu' intensi

[Thèse d'État J Haïssinski -1965]



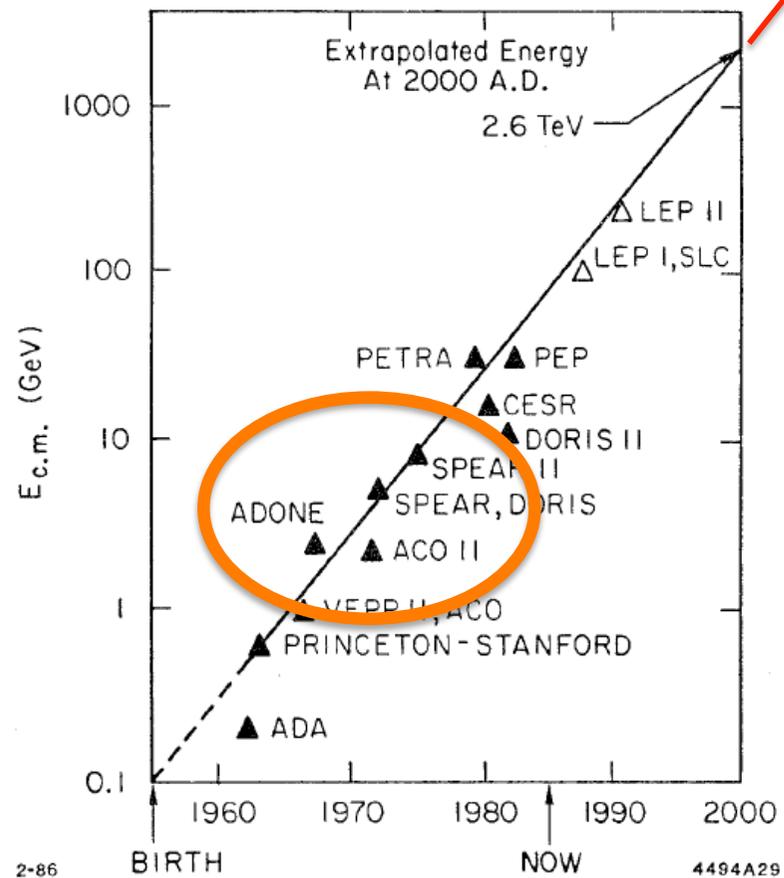
E così' AdA ando' a Orsay: nel 1964
collisioni furono confermate dal processo



[Tesi di laurea Altarelli e Buccella -1963]

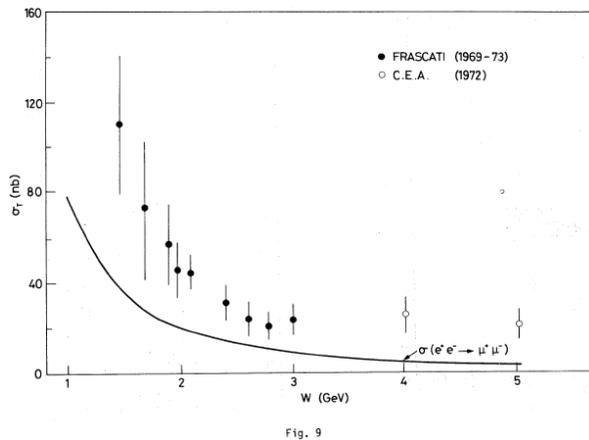
La strada dei collisionatori di particelle

- Febbraio 1960 BT propose di costruire un collisionatore elettroni-positroni
AdA = Anello di Accumulazione
- November 1960 BT propone **ADONE**, piu' grande e piu' bello di AdA
- 1963 si scopre ad Orsay l'**effetto Touschek**: OK per le macchine future
- 1964 si **prova** che le collisioni in AdA si possono effettivamente osservare
- ADONE inizia a funzionare nel 1969 e si scopre la produzione **multiadronica**
- nuove generazioni di collisionatori entrano in funzione, in Francia, USA, URSS o sono progettati
- 1974 la competizione dagli Usa vince la gara per le **nuove scoperte**, J/Psi con charm (Glashow, Iliopoulos, Maiani 1970)
- 1976 si progetta il LEP di Ginevra



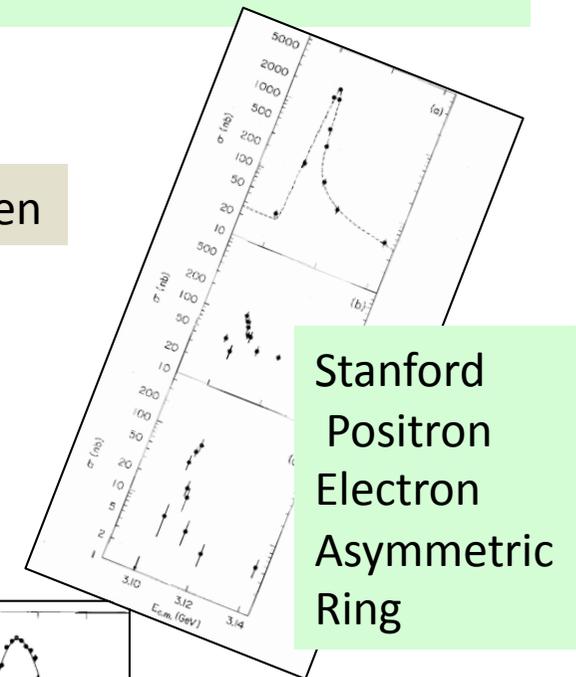
2012 LHC e Higgs

Nuovi stati della materia appaiono dopo il 1969 attraverso le collisioni fra elettroni e positroni: ADONE, CEA, SPEAR

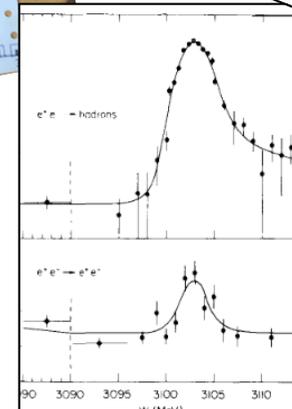


Produzione inaspettata di stati multi-adronici
Frascati **ADONE** 1969

SIF 2021 - online



J/Psi



ADONE

Novembre 1974: appare un nuovo quark: il **charm**, predetto da Glashow, Iliopoulos e Maiani

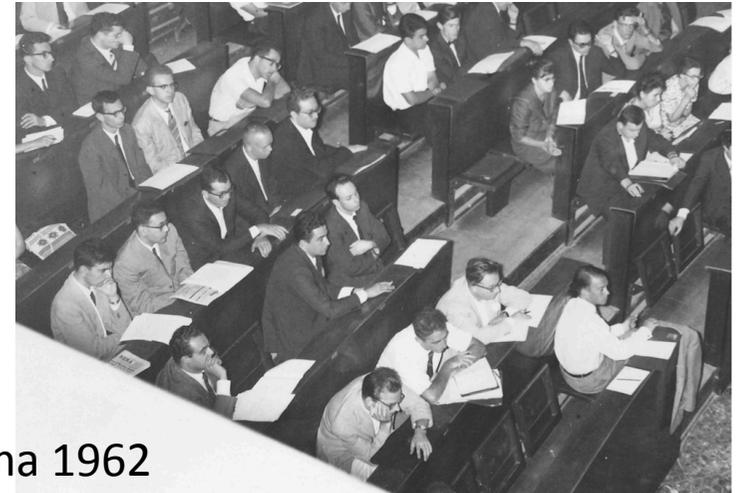
Bruno Touschek e la SIF



Padova-Venezia 1957

Bruno partecipò a quasi tutti i congressi SIF e diverse Scuole di Varenna

- Cagliari 1953
- Padova-Venezia 1957
- Varenna 1958-59
- Bologna 1962
- Varenna 1969



Bologna 1962

SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA
SCUOLA INTERNAZIONALE DI FISICA "E. FERMI"
IX CORSO - VARENNA SUL LAGO DI COMO - VILLA MONASTERO - 18 - 30 Agosto 1958



Varenna 1958

Bruno Touschek, director of the course "Fisica dei Pioni", indicated by the circle in the first row.
SIF 2021 - online

Bruno Touschek e l'INFN

Essendo cittadino austriaco,
Touschek non poteva, fino al
1969, diventare professore in
Italia

- 1953: **INFN**, Presidente Amaldi,
assume BT – grado R2, sez.
Roma, -> R1 (1963)
- 1959: **INFN**, Amaldi, Bernardini,
Salvini chiedono a BT di creare un
Gruppo Teorico/ Scuola a Frascati
- Marzo 1960: **INFN**, Presidente G.
Bernardini, approva la
costruzione di AdA a LNF



Touschek e la fisica teorica fra Roma e Frascati

1957 : Cabibbo, Calogero, Guidoni (BT tesi)

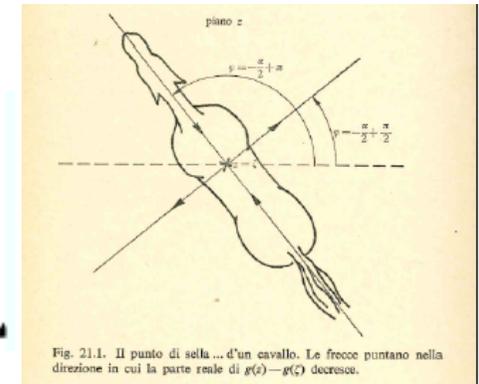
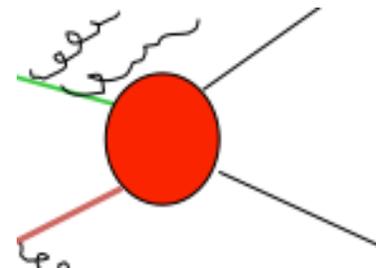
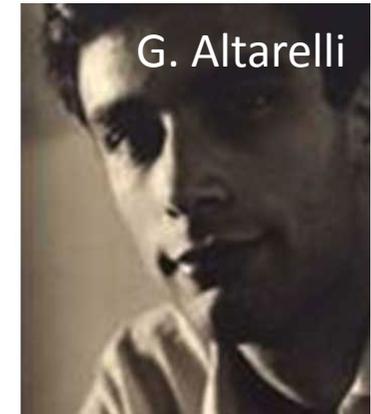
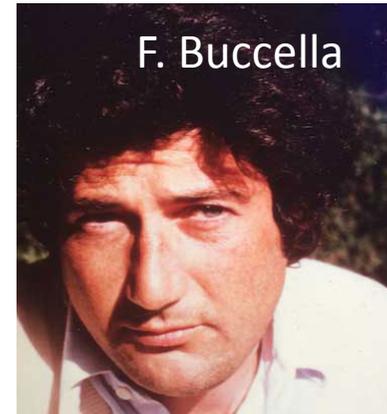
1959-> Roma : Gatto e Cabibbo, Calogero e Brown -> PRL su $e+e^-$ + la *Bibbia* (1961)

1963: AdA -> Altarelli, Buccella
(tesi con Gatto) $e+e^- \rightarrow e+e^- \gamma$

1963: ADONE -> Putzolu, Gallavotti (tesi con Touschek)

1964: ADONE -> P. Divecchia, M.Greco, G.P., G. Rossi, ...-> risommazione, meccanica statistica, legacy a DAPHNE *see Maiani (a seguire)*

1953 -> formazione e ispirazione studenti e colleghi (*see Maiani*)



Il punto di sella, BT&G.Rossi,
Meccanica Statistica, 1970

La vita di Touschek drammatica e complessa attraversa l'Europa nello spazio e nel tempo.

1921: nasce a **Vienna**, espulso dall'Università causa dell'origine ebraica di parte materna

1942: **Arnold Sommerfeld**, studi di fisica **Germania**, I

1946: **Göttingen**, Diploma, assistente di
Werner Heisenberg

1949: **Glasgow**, PhD, **Max Born**, Edimburgo

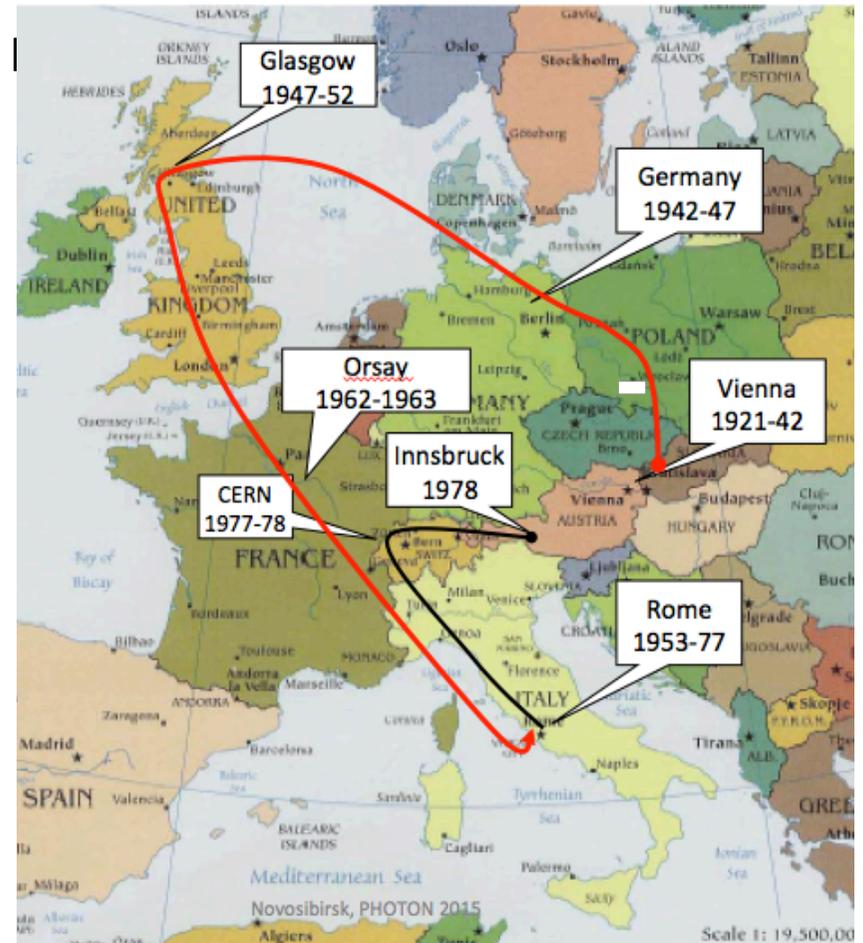
1953-> **Roma**, importanti lavori teorici,
Wolfgang Pauli teorema CPT

1960 -> **AdA e ADONE**, costruzione e proposta

1962-64: **Orsay**, effetto Touschek
osservazione collisioni elettroni-positroni

1964-69: **ADONE**, gruppo teorico, risommazione

1953-77: Università di Roma: formazione di studenti e ispirazione per colleghi, lezioni di
meccanica statistica



Thanks to

....

Antonella Cotugno

Biblioteca La Sapienza

Adele La Rana

LNf library Staff

....