

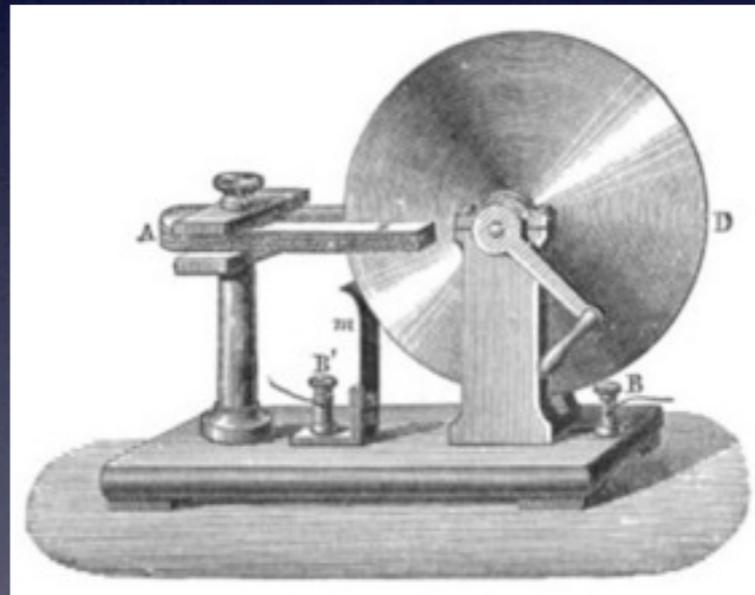
ma: serve a qualcosa?

ma: serve a qualcosa?



Michael Faraday (1791-1867):
a proposito dei suoi studi sull'induzione elettromagnetica,
rispose al Primo Ministro Sir Robert Peel:

***“I know not, but I wager that one day
your government will tax it.”***

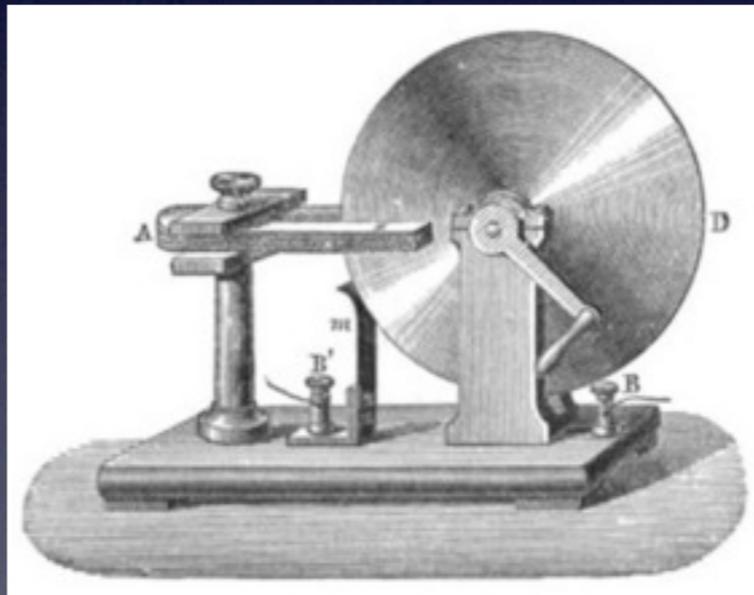


ma: serve a qualcosa?



Michael Faraday (1791-1867):
a proposito dei suoi studi sull'induzione elettromagnetica,
rispose al Primo Ministro Sir Robert Peel:

***“I know not, but I wager that one day
your government will tax it.”***



Parafrasando, Dirac e Anderson avrebbero potuto dire, sull'anti-materia:
***“Non lo so, ma scommetto che un giorno
sarà oggetto di contrattazione tra i vostri amministratori pubblici...”***

dalla stampa locale, recentemente:

dalla stampa locale, recentemente:

**Il taglio del nastro
a Medicina nucleare:
«Manca solo la Pet»**

dalla stampa locale, recentemente:

**Il taglio del nastro
a Medicina nucleare:
«Manca solo la Pet»**

**Una Pet per l'ospedale
Dalla giunta regionale
ok all'ordine del giorno**

dalla stampa locale, recentemente:

**Il taglio del nastro
a Medicina nucleare:
«Manca solo la Pet»**

**Una Pet per l'ospedale
Dalla giunta regionale
ok all'ordine del giorno**

Pet = ?

dalla stampa locale, recentemente:

**Il taglio del nastro
a Medicina nucleare:
«Manca solo la Pet»**

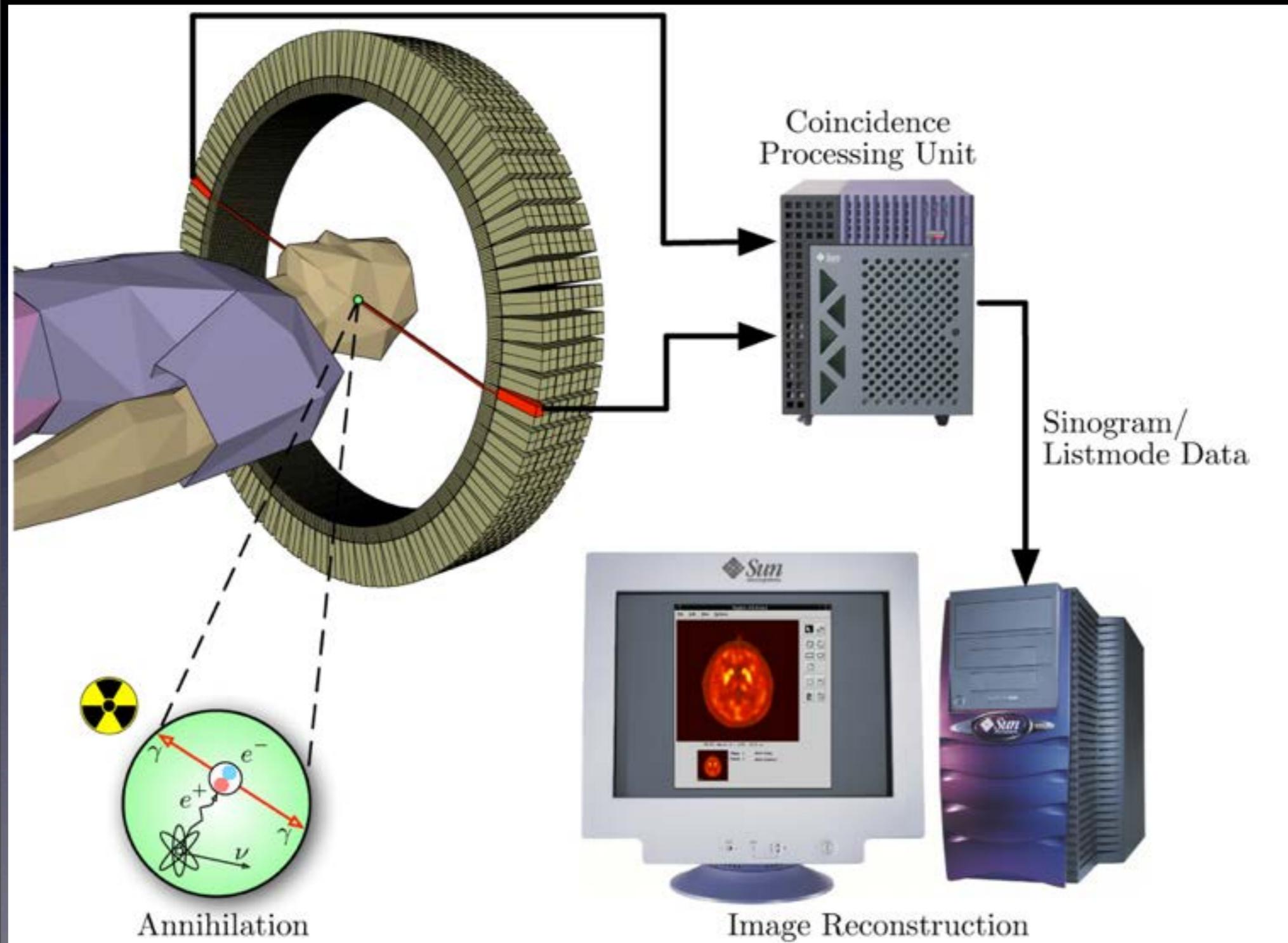
**Una Pet per l'ospedale
Dalla giunta regionale
ok all'ordine del giorno**

Pet = ?

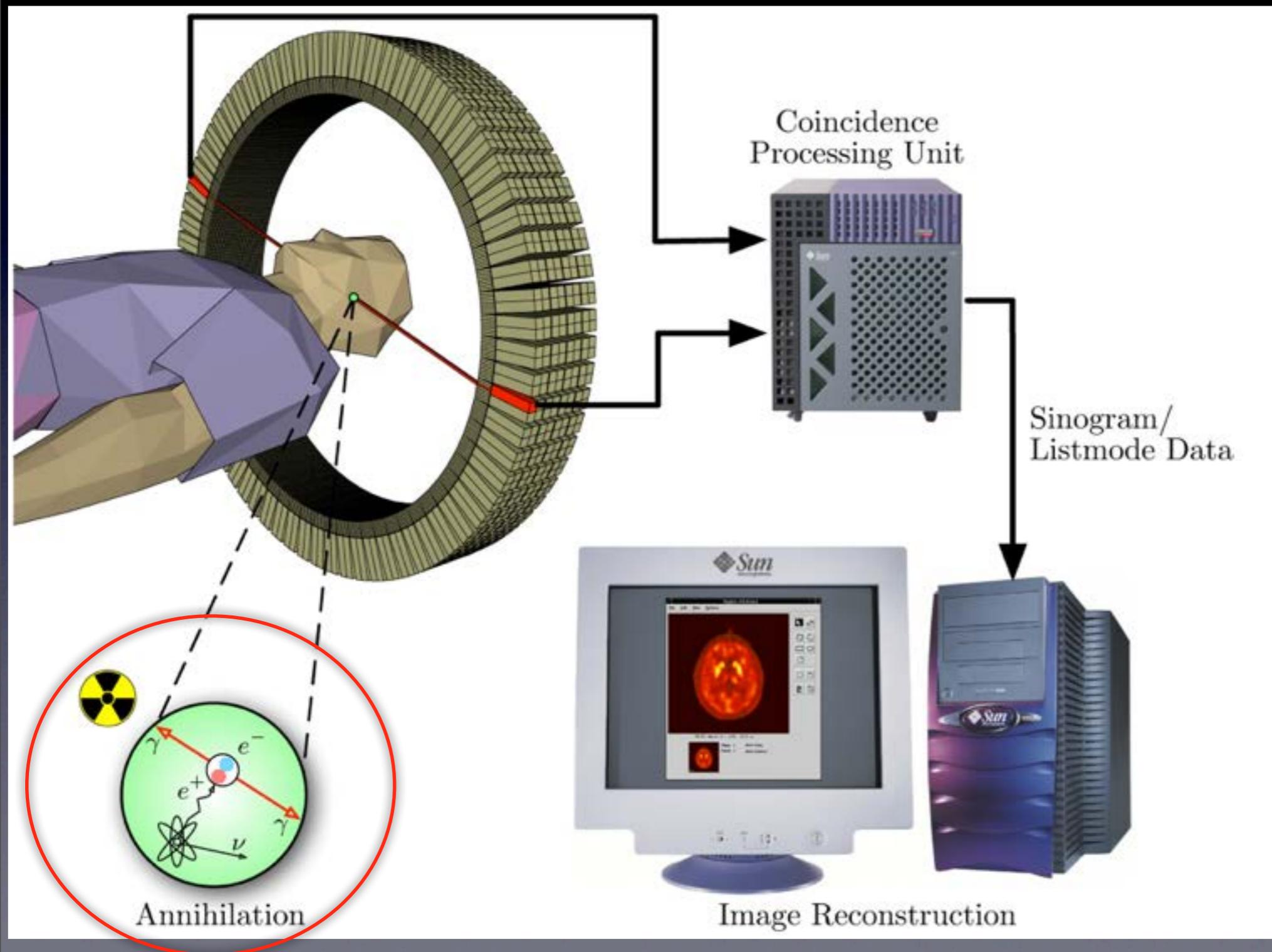
Positron
emission
tomography

Tomografia ad Emissione di Positroni

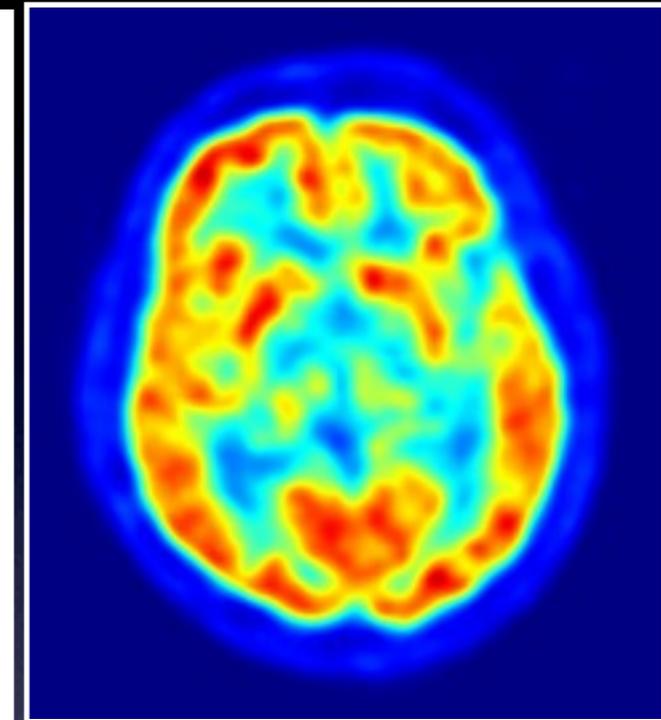
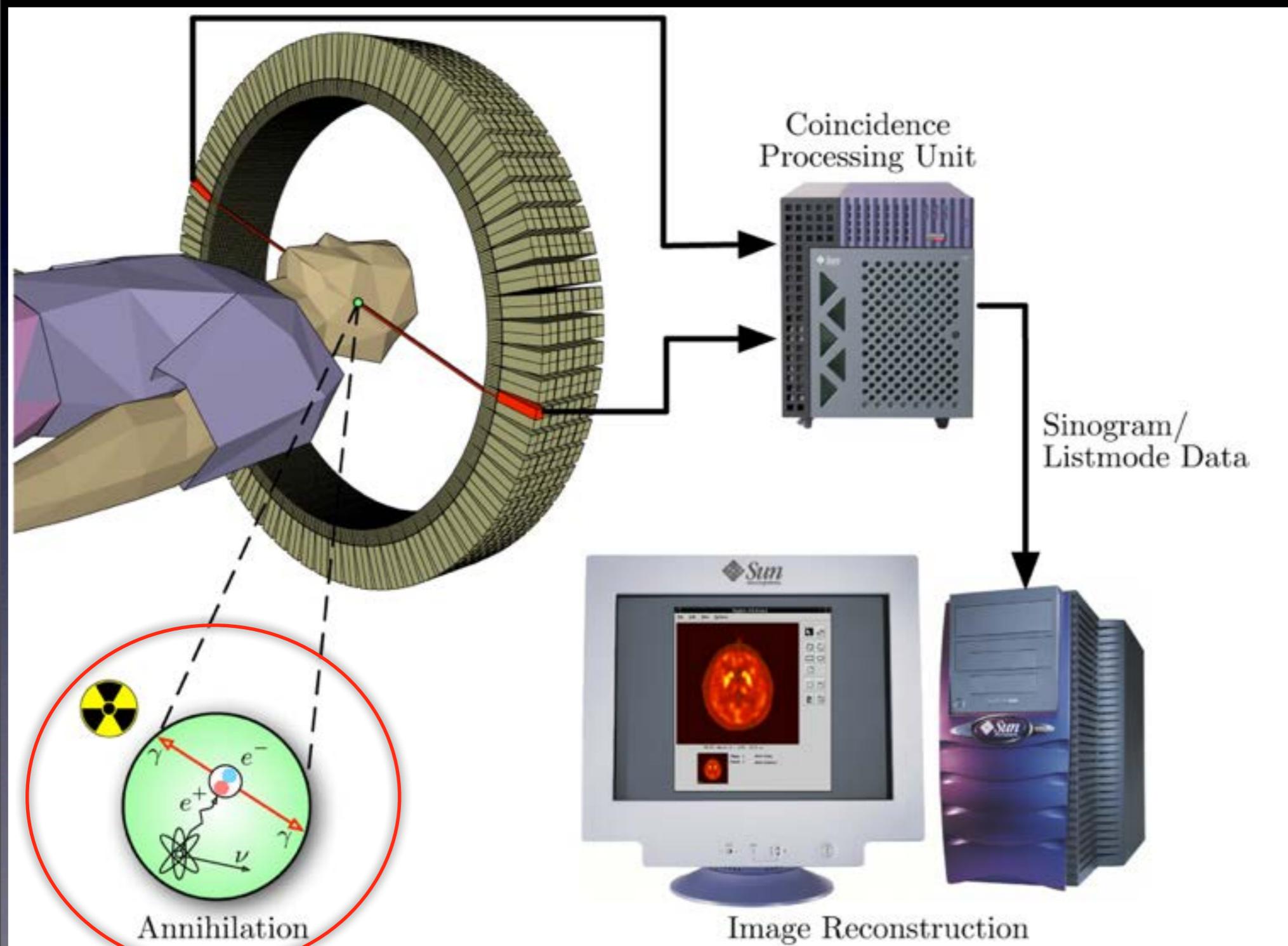
Tomografia ad Emissione di Positroni



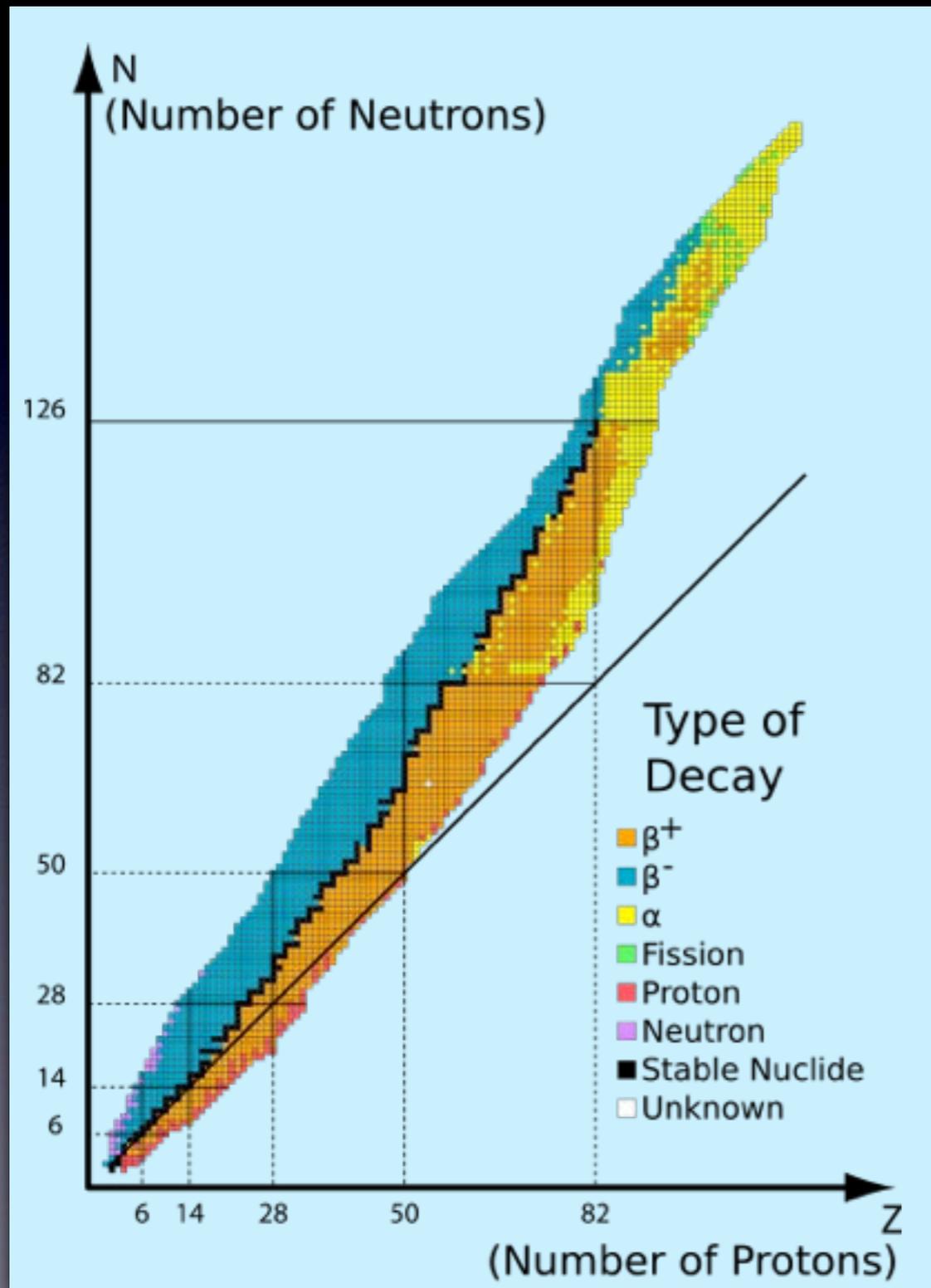
Tomografia ad Emissione di Positroni



Tomografia ad Emissione di Positroni



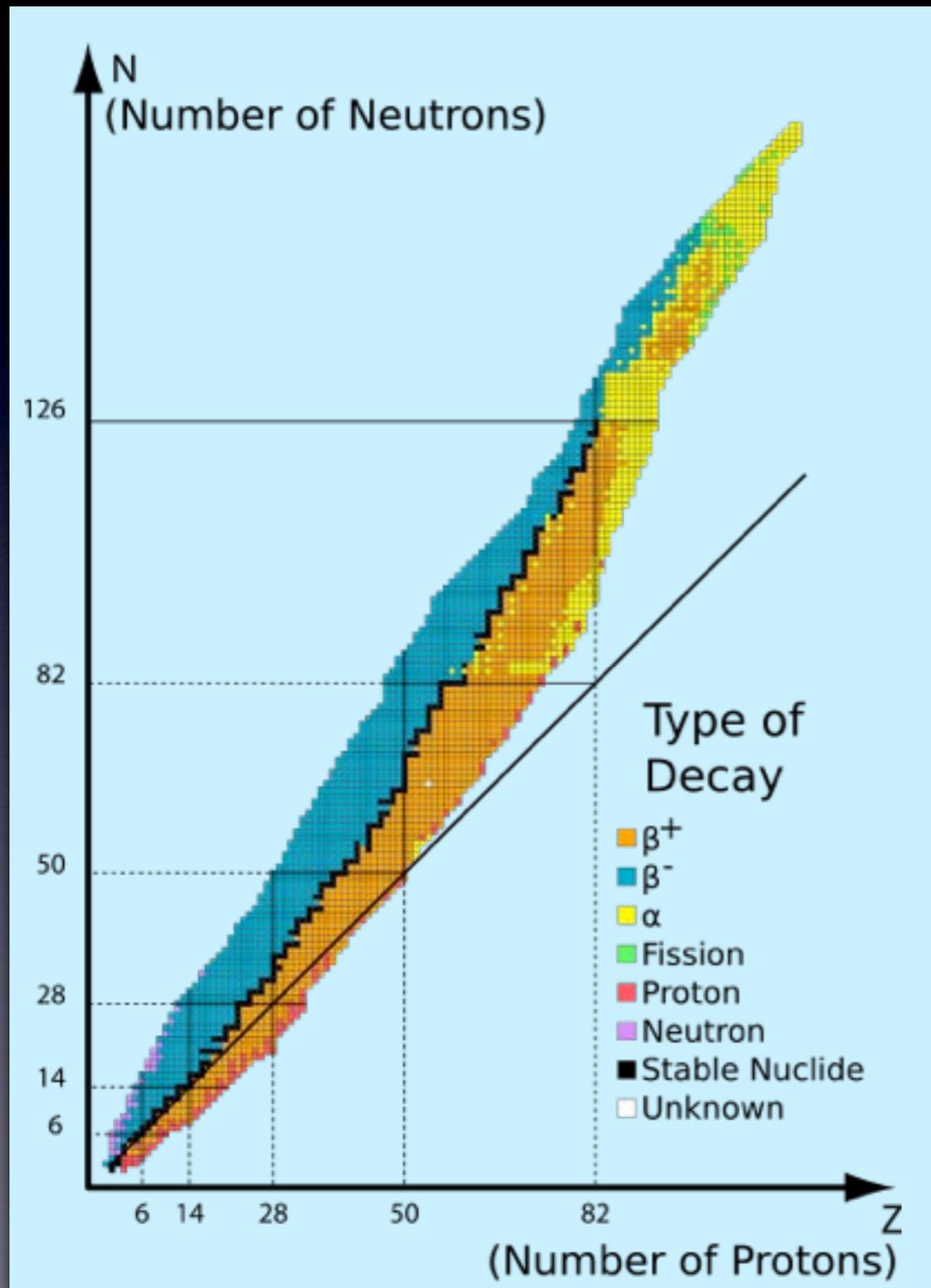
positroni da sorgenti radioattive



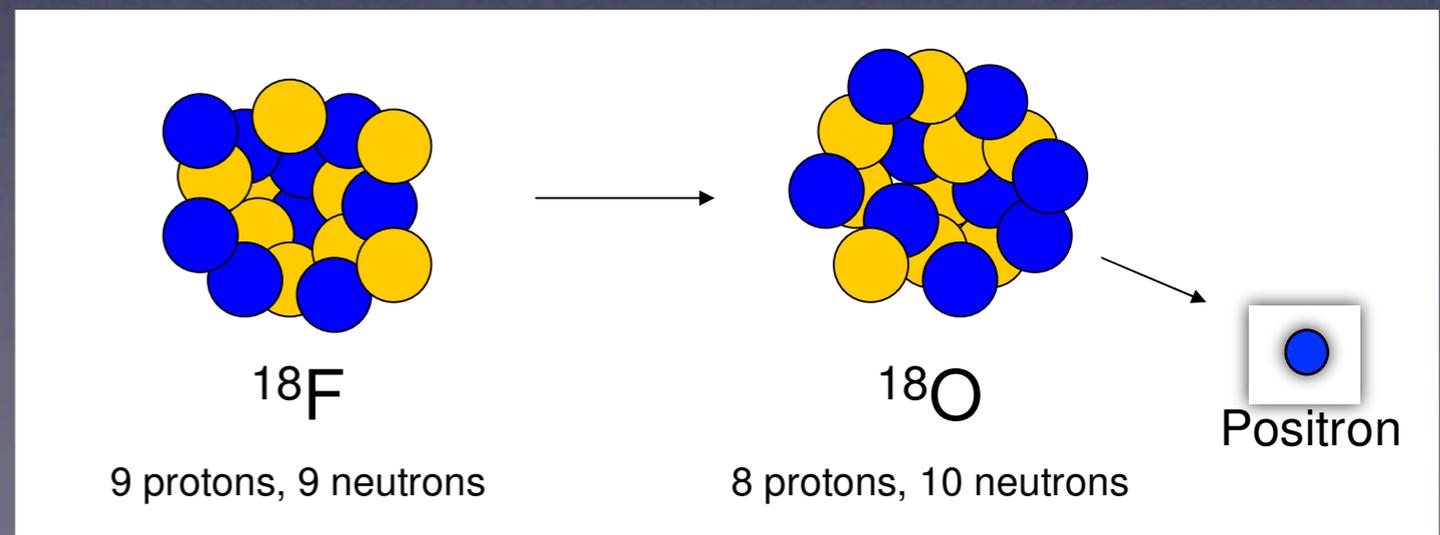
Decadimenti “beta+”
da nuclei radioattivi
sotto la linea di stabilità:
un protone di troppo nel nucleo,
si trasforma in neutrone,
emettendo un positrone



positroni da sorgenti radioattive



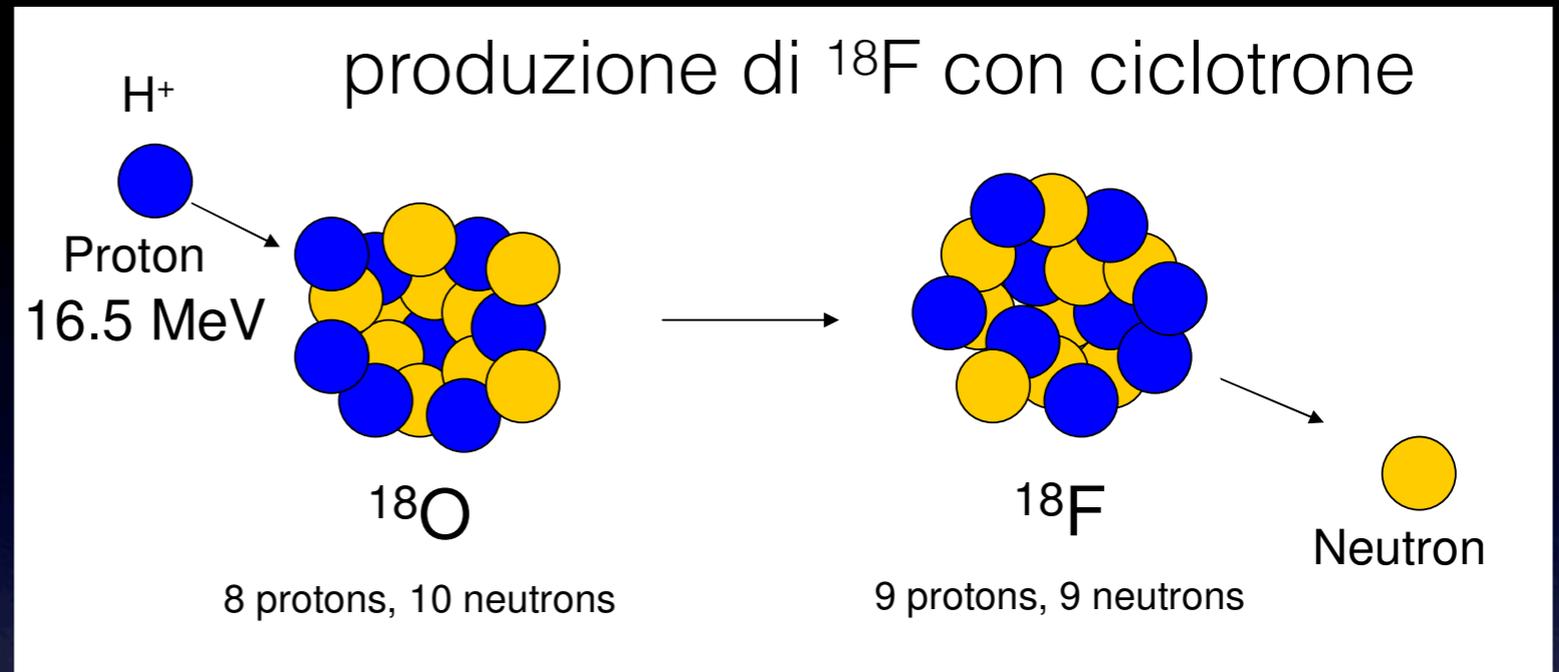
Decadimenti “beta+”
da nuclei radioattivi
sotto la linea di stabilità:
un protone di troppo nel nucleo,
si trasforma in neutrone,
emettendo un positrone



ciclotroni e radioisotopi medicali

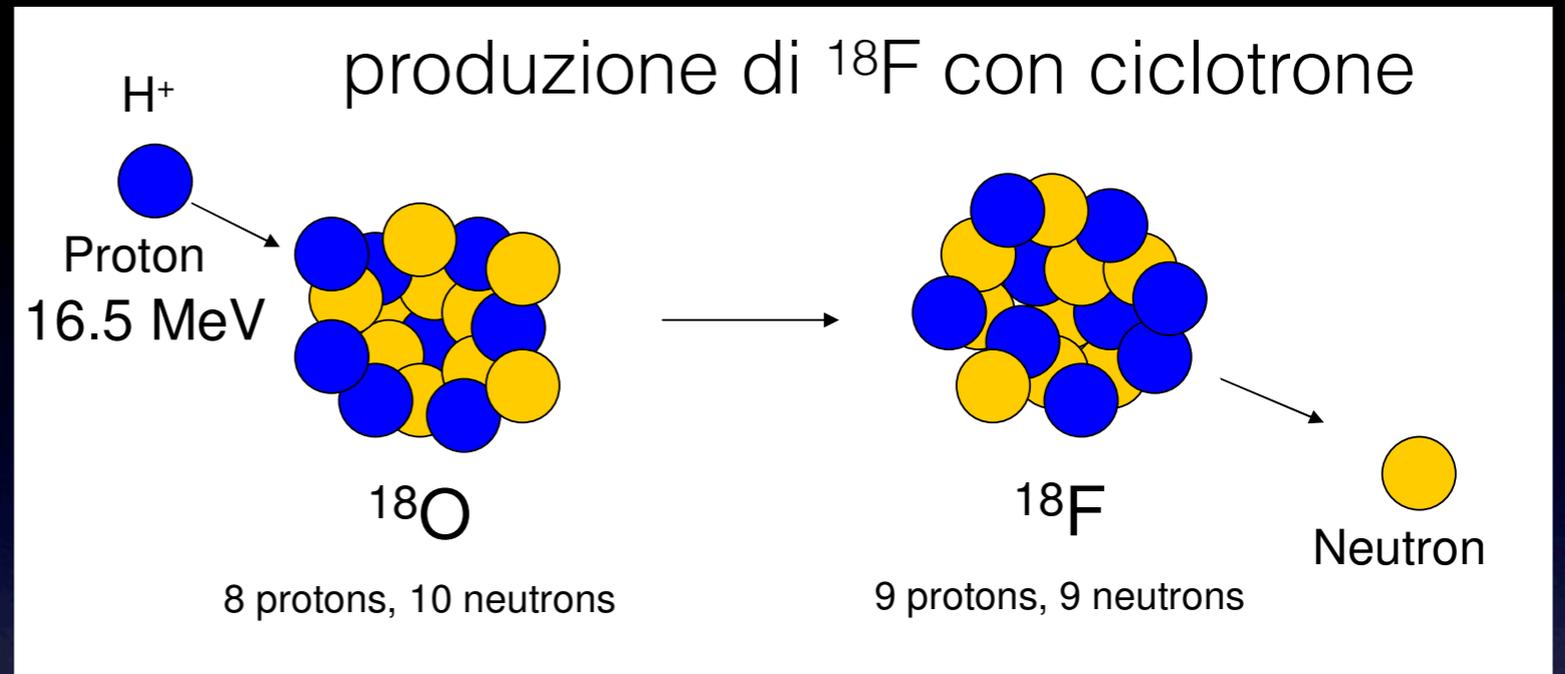
FD-glucosio

ciclotroni e radioisotopi medicali



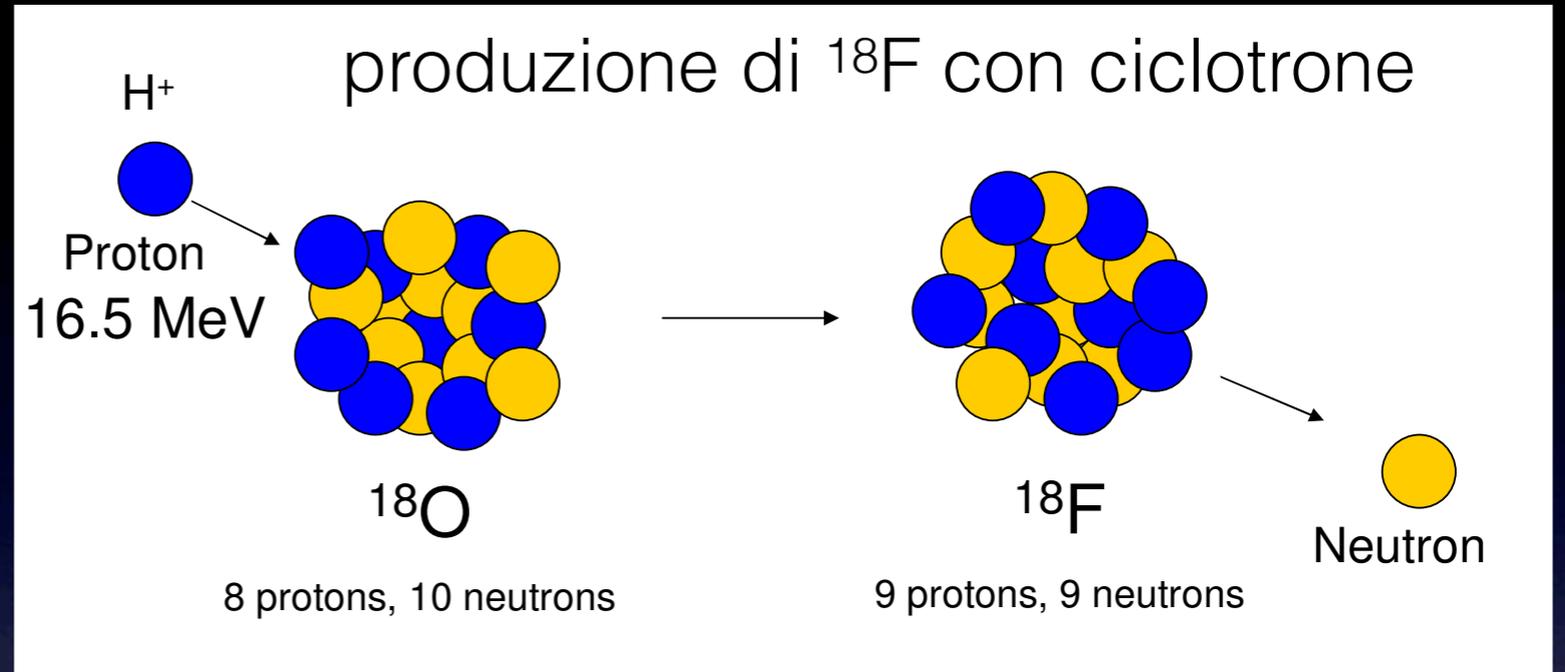
FD-glucosio

ciclotroni e radioisotopi medicali

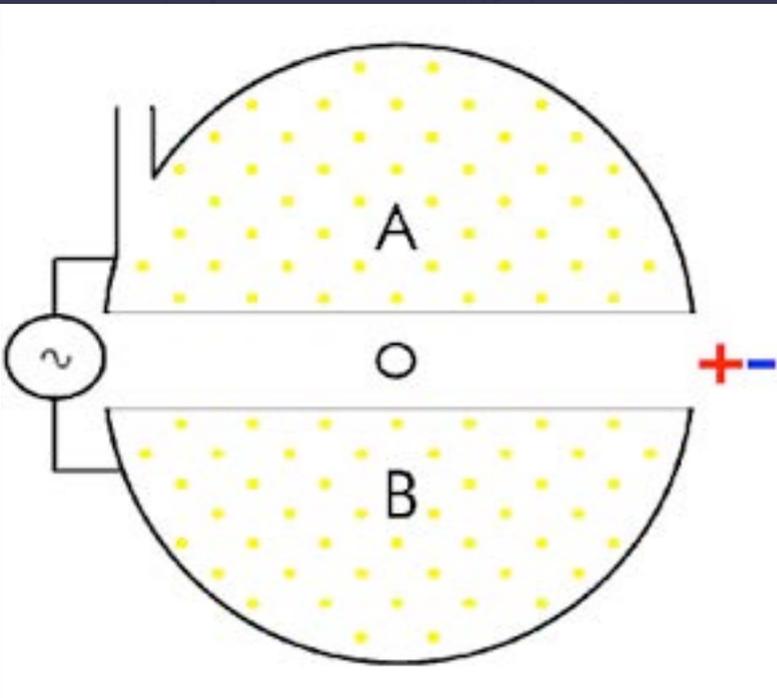


FD-glucosio

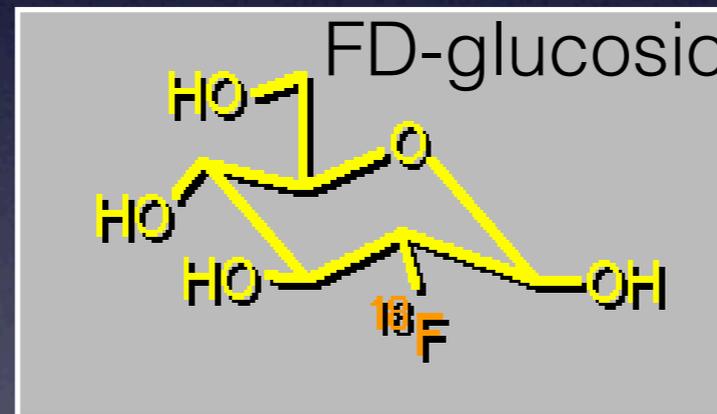
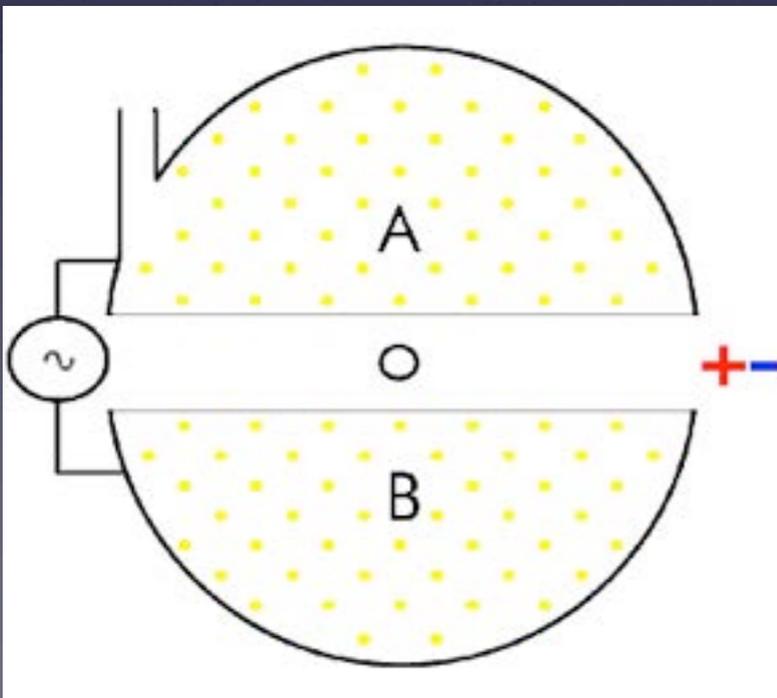
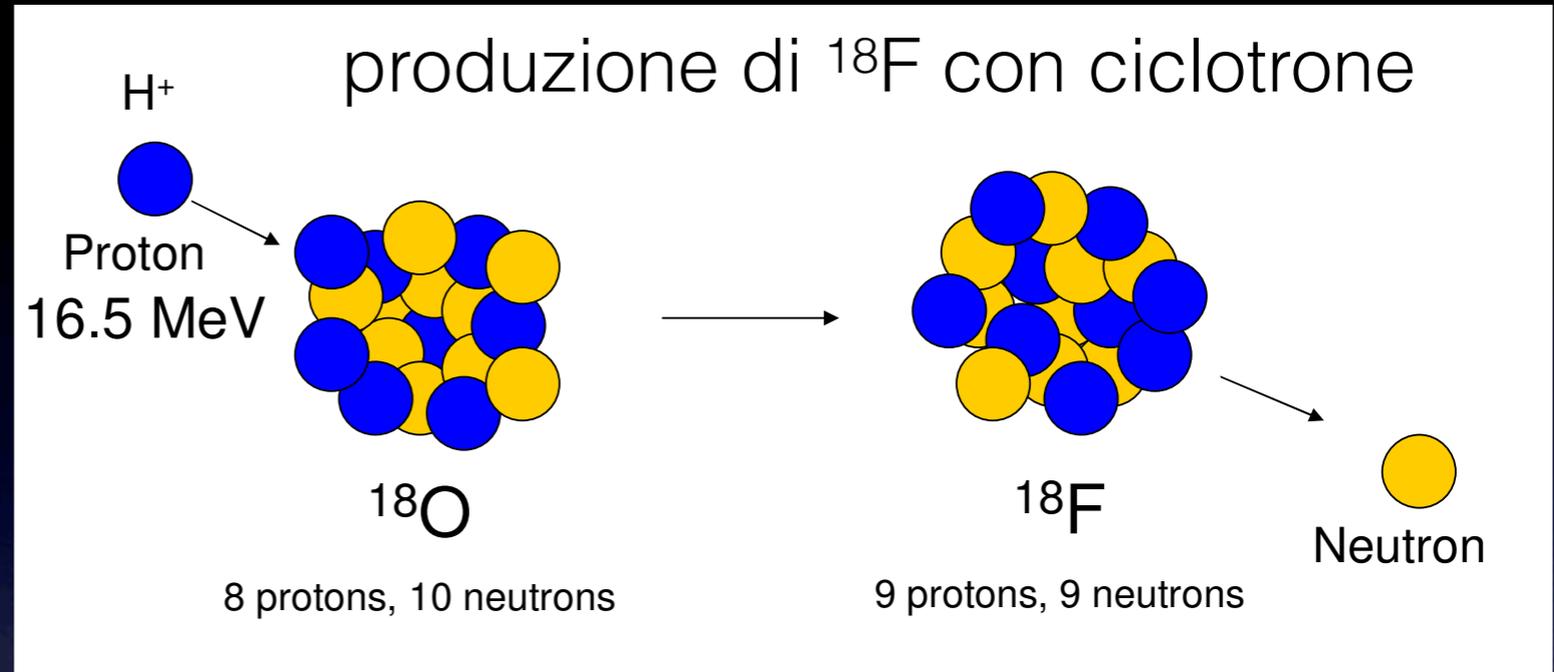
ciclotroni e radioisotopi medicali



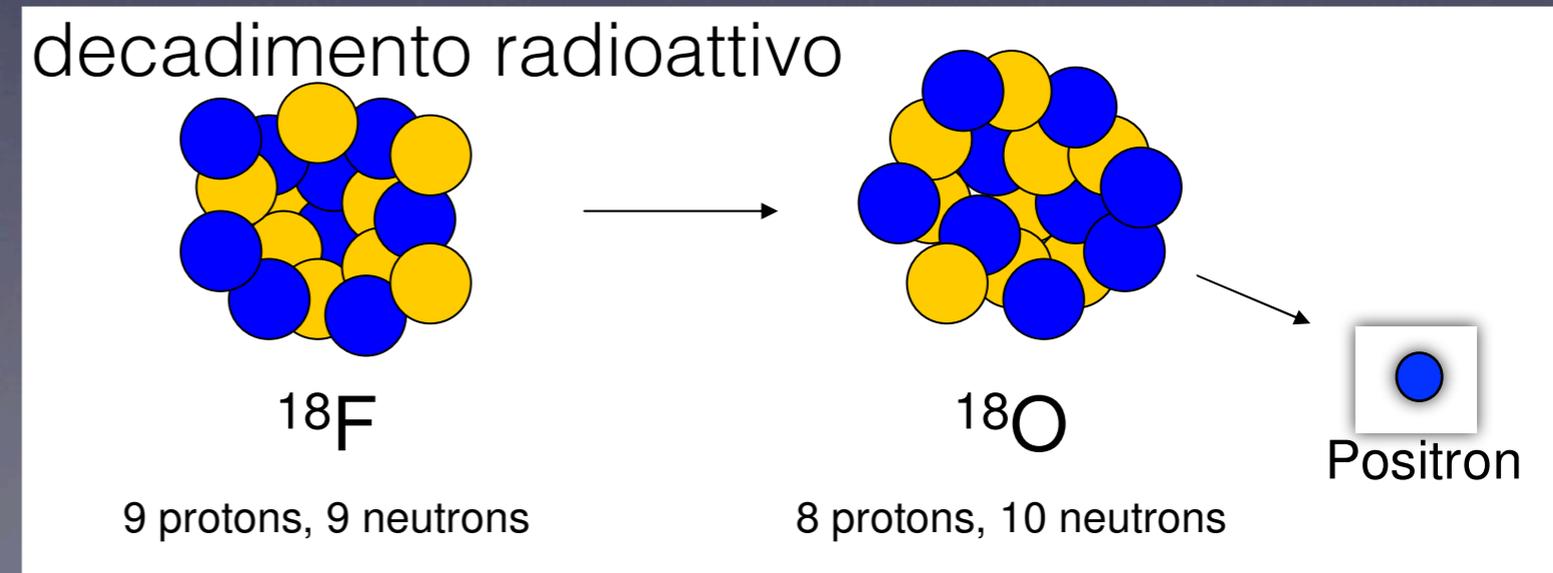
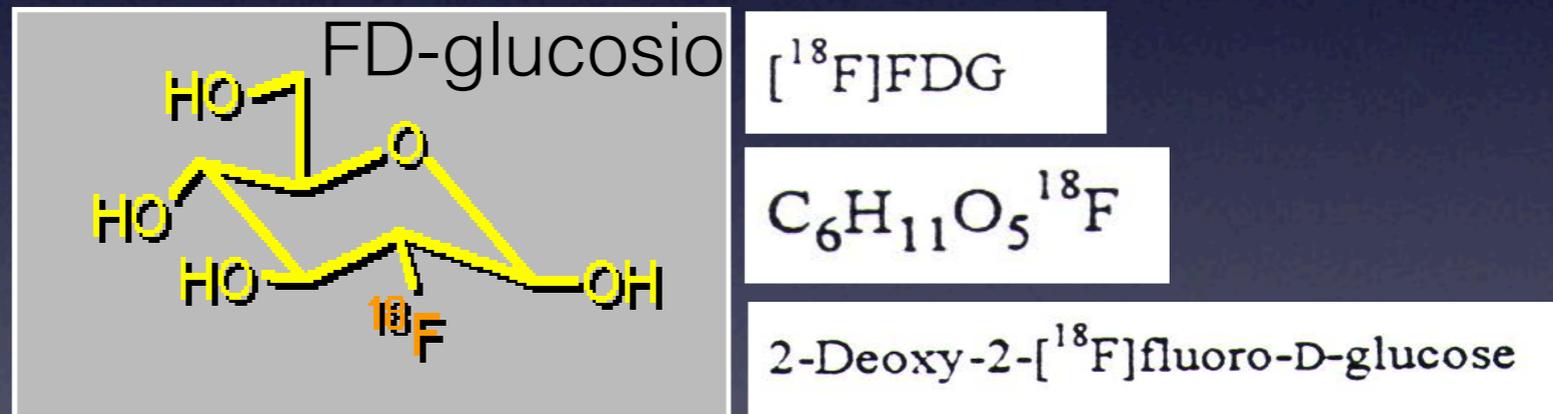
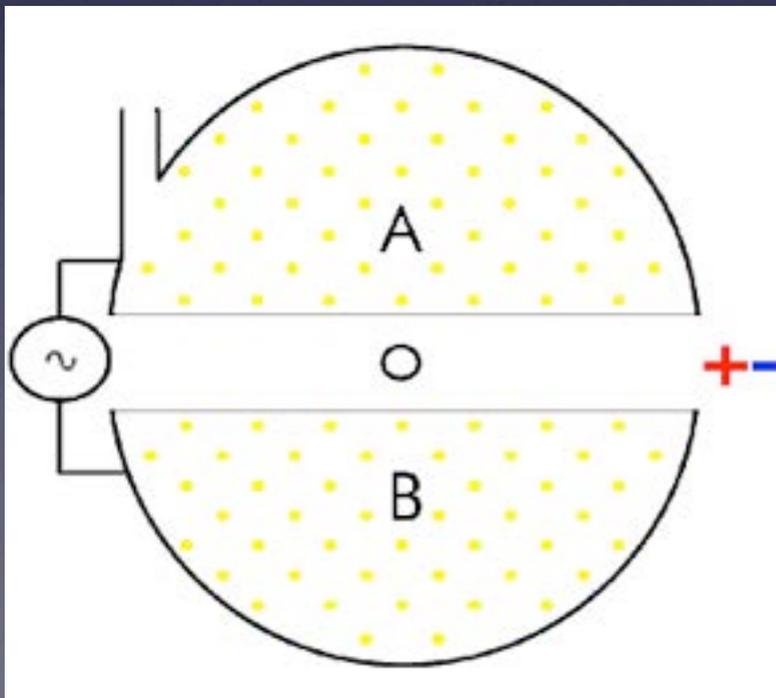
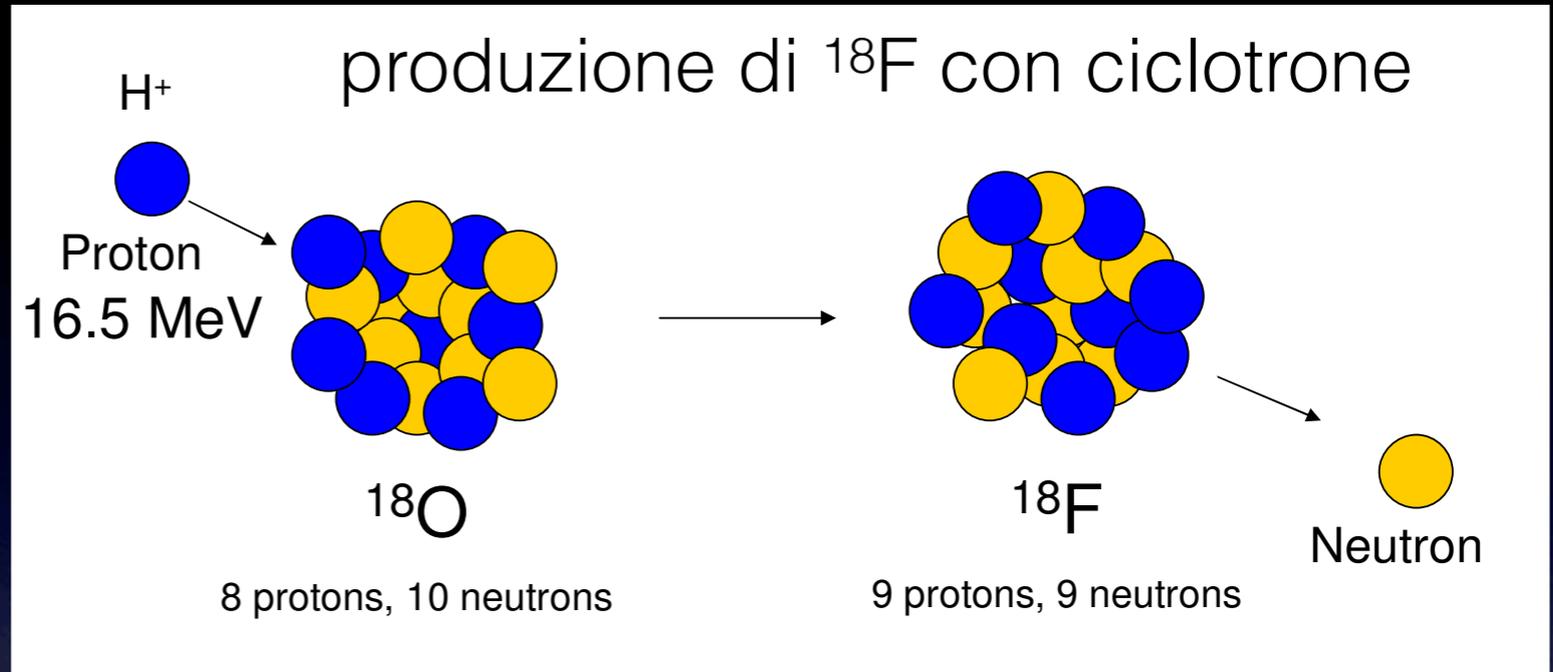
FD-glucosio



ciclotroni e radioisotopi medicali



ciclotroni e radioisotopi medicali



OK, sappiamo molte cose sull'anti-materia,
ma sorgono nuovi interrogativi, ad esempio:

OK, sappiamo molte cose sull'anti-materia, ma sorgono nuovi interrogativi, ad esempio:

- la forza di gravità agisce allo stesso modo su materia e anti-materia?

OK, sappiamo molte cose sull'anti-materia, ma sorgono nuovi interrogativi, ad esempio:

- la forza di gravità agisce allo stesso modo su materia e anti-materia?
- gli anti-atomi hanno la stessa “chimica” degli atomi?

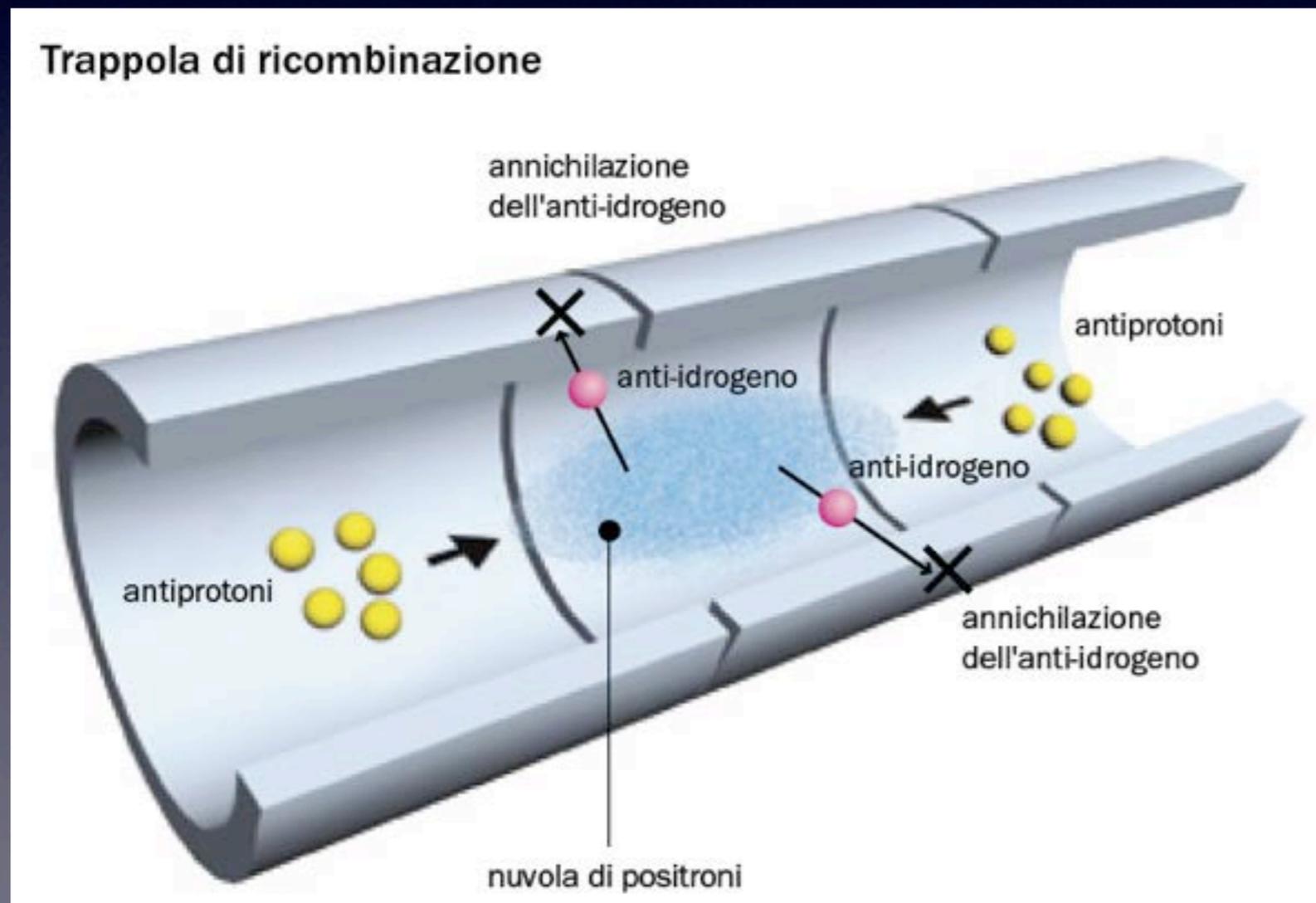
OK, sappiamo molte cose sull'anti-materia, ma sorgono nuovi interrogativi, ad esempio:

- la forza di gravità agisce allo stesso modo su materia e anti-materia?
- gli anti-atomi hanno la stessa “chimica” degli atomi?
- attorno a noi vediamo quasi solo materia: dov'è andata a finire l'anti-materia ???

anti-atomi di anti-idrogeno

Esperimento ATHENA al CERN

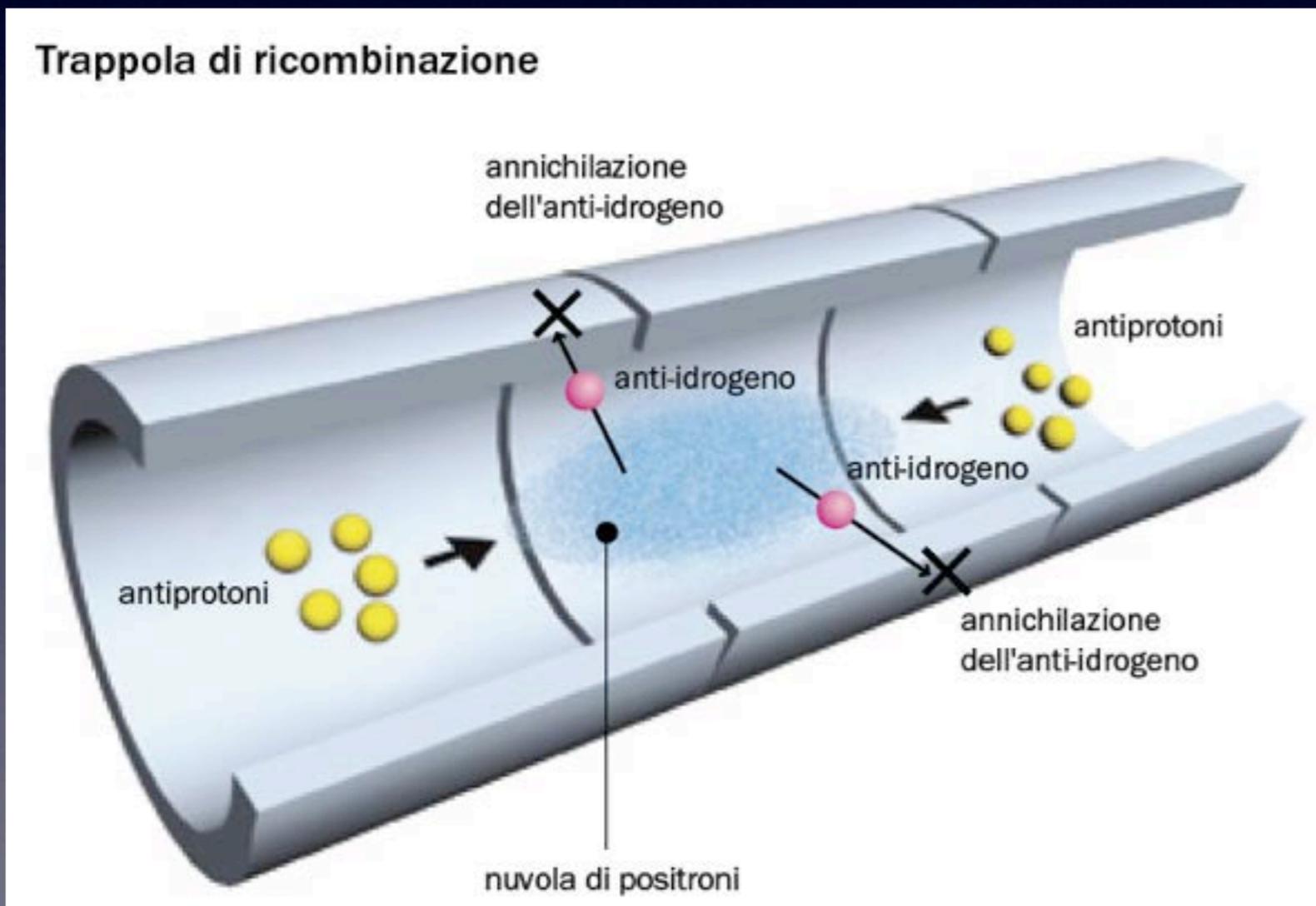
prossime sfide:



anti-atomi di anti-idrogeno

Esperimento ATHENA al CERN

prossime sfide:

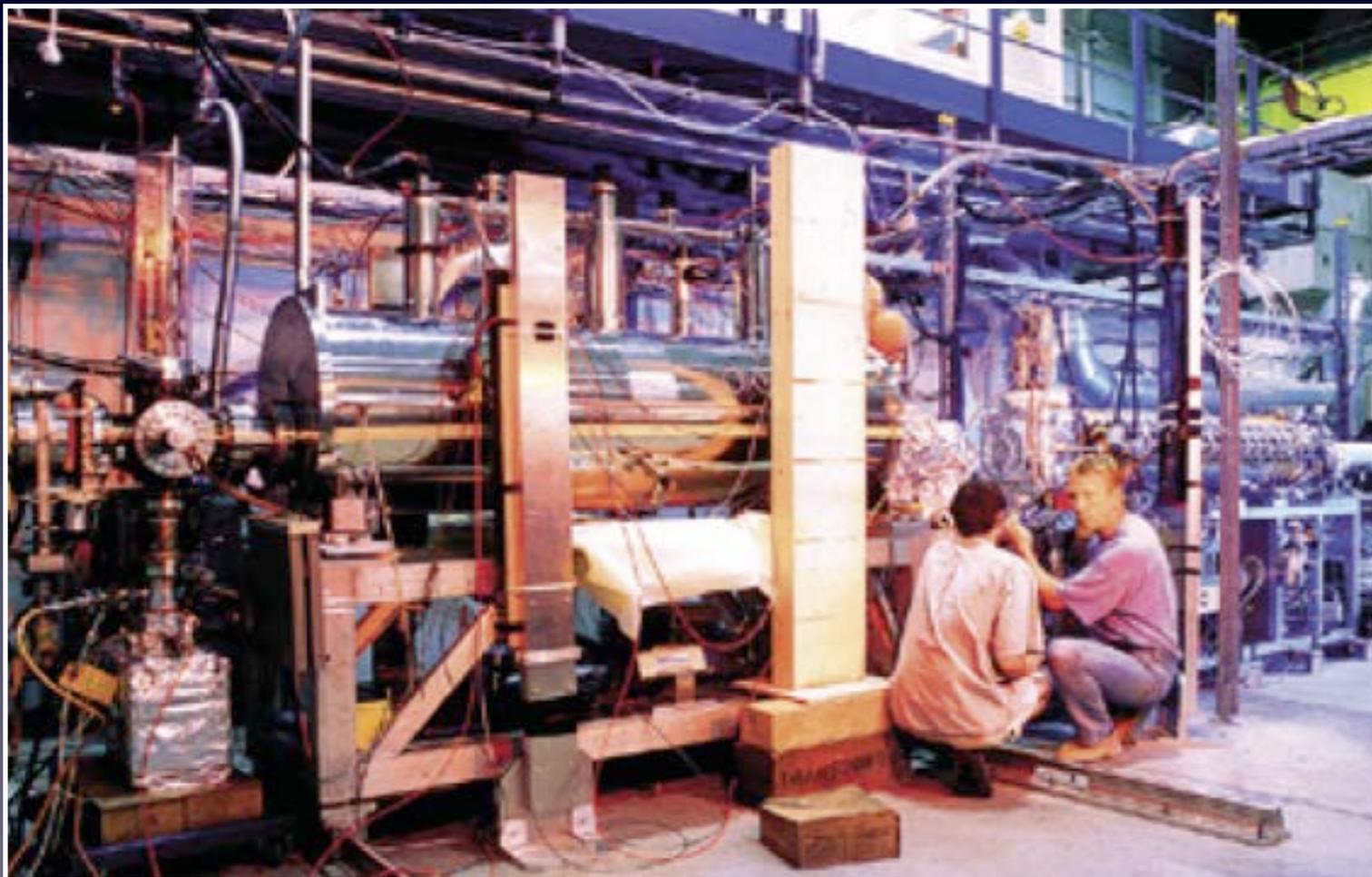


- intrappolamento di atomi neutri abbastanza a lungo per:
- misure di gravità
- studi spettroscopici di assorbimento ed emissione di radiazione elettromagnetica

anti-atomi di idrogeno

Esperimento ATHENA al CERN

prossime sfide:



- intrappolamento di atomi neutri abbastanza a lungo per:
- misure di gravità
- studi spettroscopici di assorbimento ed emissione di radiazione elettromagnetica

Antimateria primaria nei raggi cosmici?

anti-particelle provenienti da distanti anti-galassie ?



Antimateria primaria nei raggi cosmici?

anti-particelle provenienti da distanti anti-galassie ?



all'esterno dell'atmosfera dovremmo osservare flussi anomali di:

- anti-particelle
- raggi gamma, da annichilazioni alle frontiere tra zone dominate rispettivamente da materia e anti-materia

Antimateria primaria nei raggi cosmici?

missioni spaziali, importanti contributi da Trieste (UniTS e INFN)

Antimateria primaria nei raggi cosmici?

missioni spaziali, importanti contributi da Trieste (UniTS e INFN)

PAMELA
15-06-2006



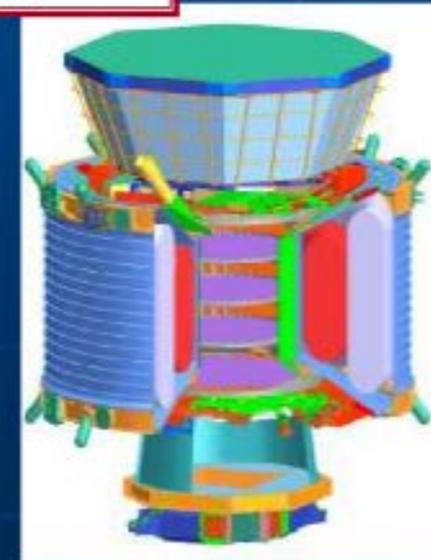
AGILE
23-04-2007



Fermi/GLAST
11-6-2008



AMS-02
02-2011



Spiegazioni alternative?

Spiegazioni alternative?

- L'antimateria può essere sparita dal nostro universo a causa di una imperfetta specularità rispetto alla materia, sopravvissuta in piccola parte

Spiegazioni alternative?

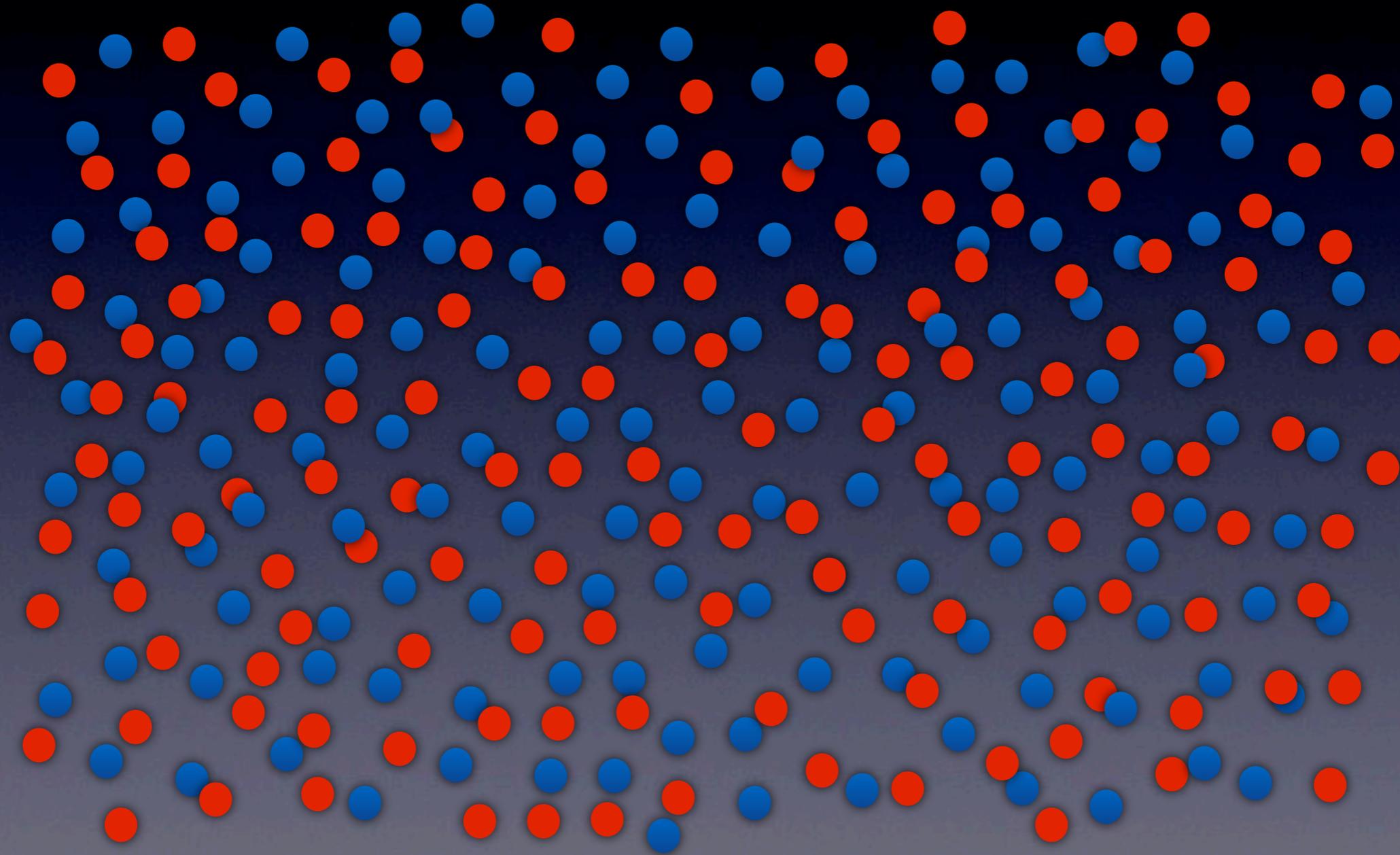
- L'antimateria può essere sparita dal nostro universo a causa di una imperfetta specularità rispetto alla materia, sopravvissuta in piccola parte
- un indizio: la radiazione cosmica di fondo (circa 10 miliardi di fotoni per ogni protone o neutrone)

Spiegazioni alternative?

- L'antimateria può essere sparita dal nostro universo a causa di una imperfetta specularità rispetto alla materia, sopravvissuta in piccola parte
- un indizio: la radiazione cosmica di fondo (circa 10 miliardi di fotoni per ogni protone o neutrone)
- in questo caso la spiegazione va ricercata nelle interazioni delle particelle elementari!

universo primordiale

materia: 10 000 000 001 - antimateria 10 000 000 000



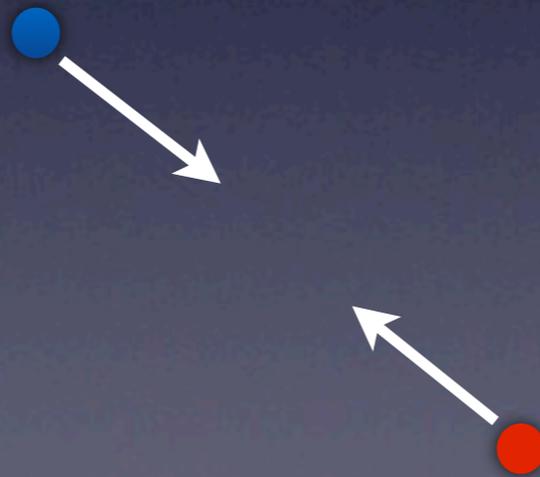
universo primordiale

materia: 10 000 000 001 - antimateria 10 000 000 000

universo primordiale

materia: 10 000 000 001 - antimateria 10 000 000 000

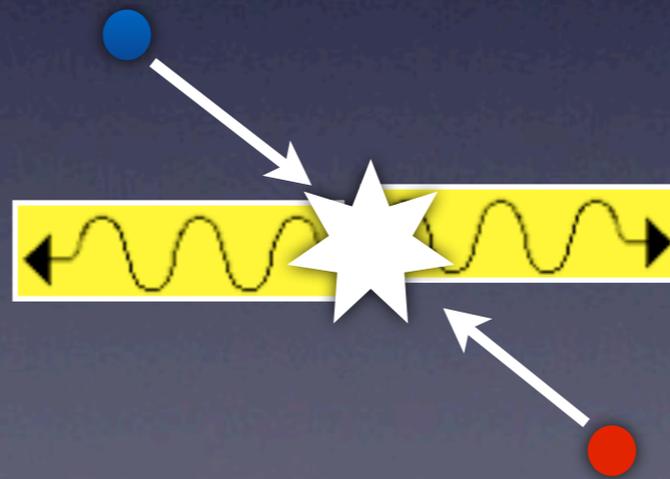
“matrimonio” a coppie particella-antiparticella
e annichilazione in fotoni



universo primordiale

materia: 10 000 000 001 - antimateria 10 000 000 000

“matrimonio” a coppie particella-antiparticella
e annichilazione in fotoni

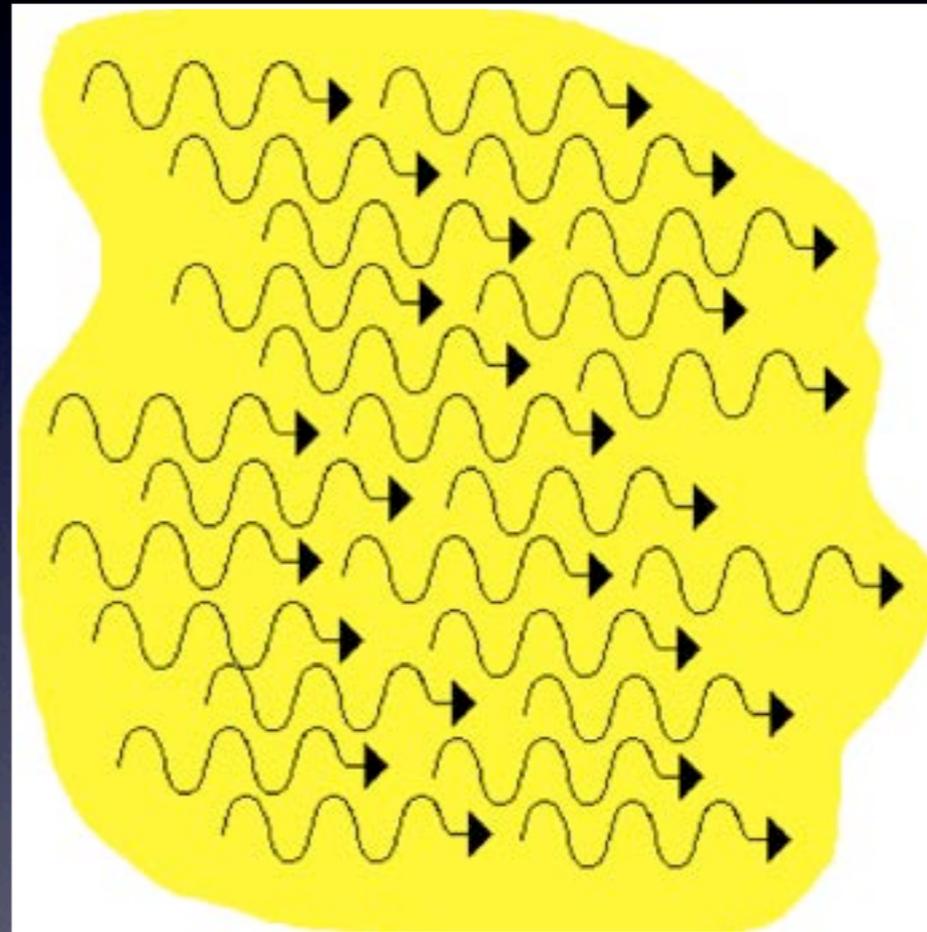


universo attuale

materia: 1 (noi) + fotoni (fondo cosmico)



universo
attuale

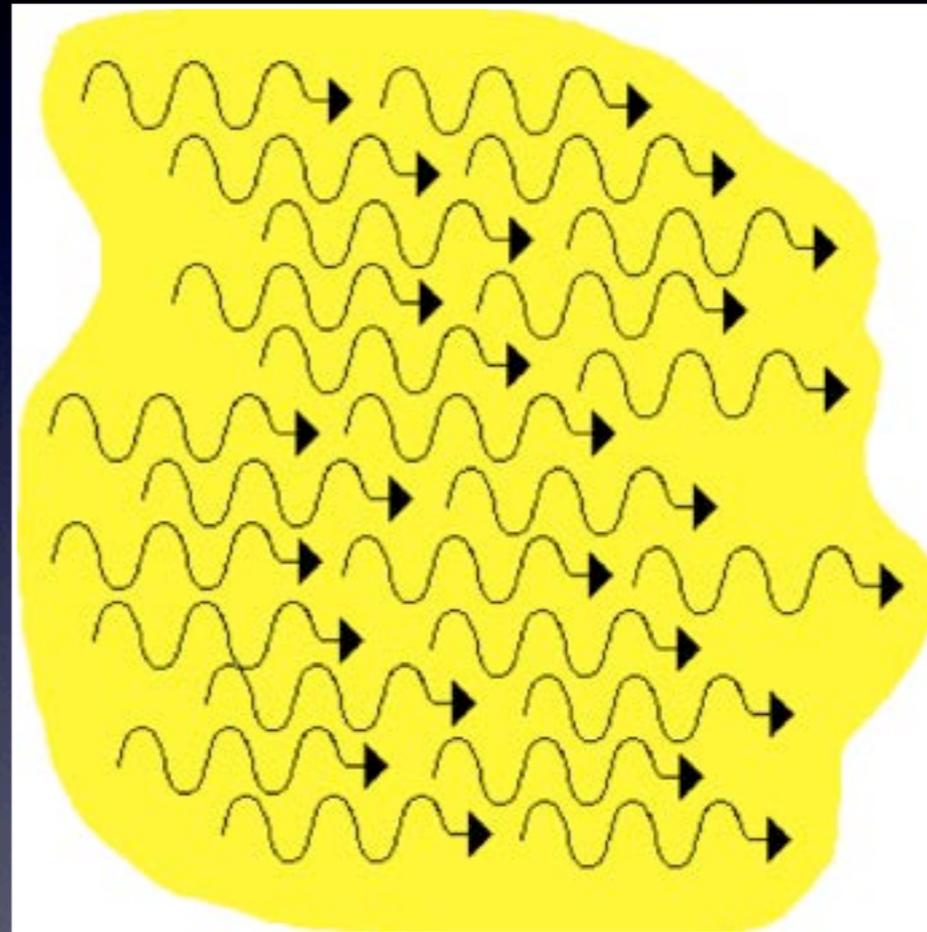


universo attuale

materia: 1 (noi) + fotoni (fondo cosmico)



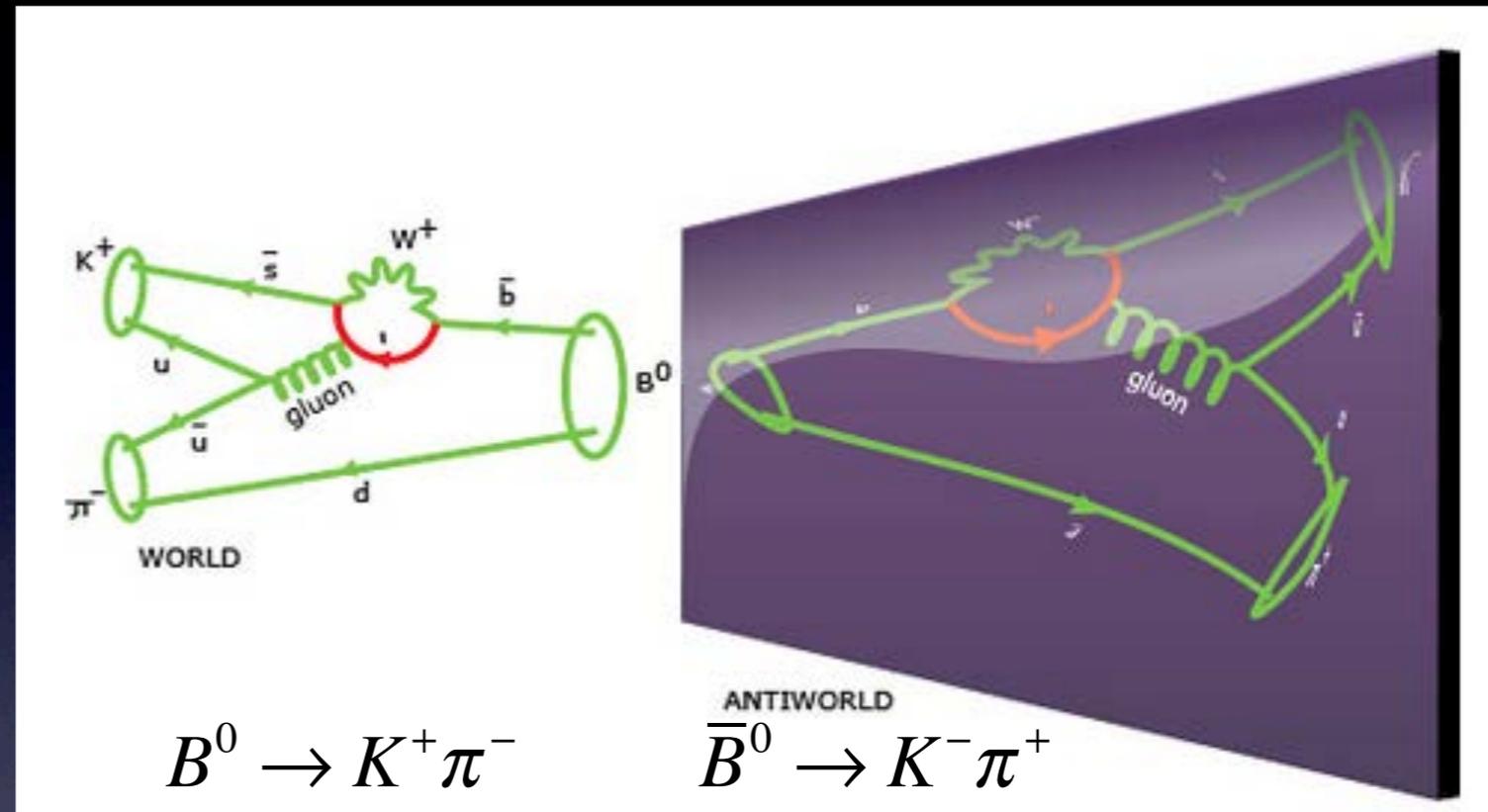
universo
attuale



qual'è l'origine di questa piccola ma importante asimmetria
materia-antimateria, di circa 1 parte per 10 000 000 000 ??

materia e anti-materia

- Piccole asimmetrie nei decadimenti dei “mesoni B”, previste teoricamente (Nobel 2008 a Kobayashi e Maskawa)
- Osservate dagli esperimenti BaBar a SLAC in California, Belle a KEK in Giappone

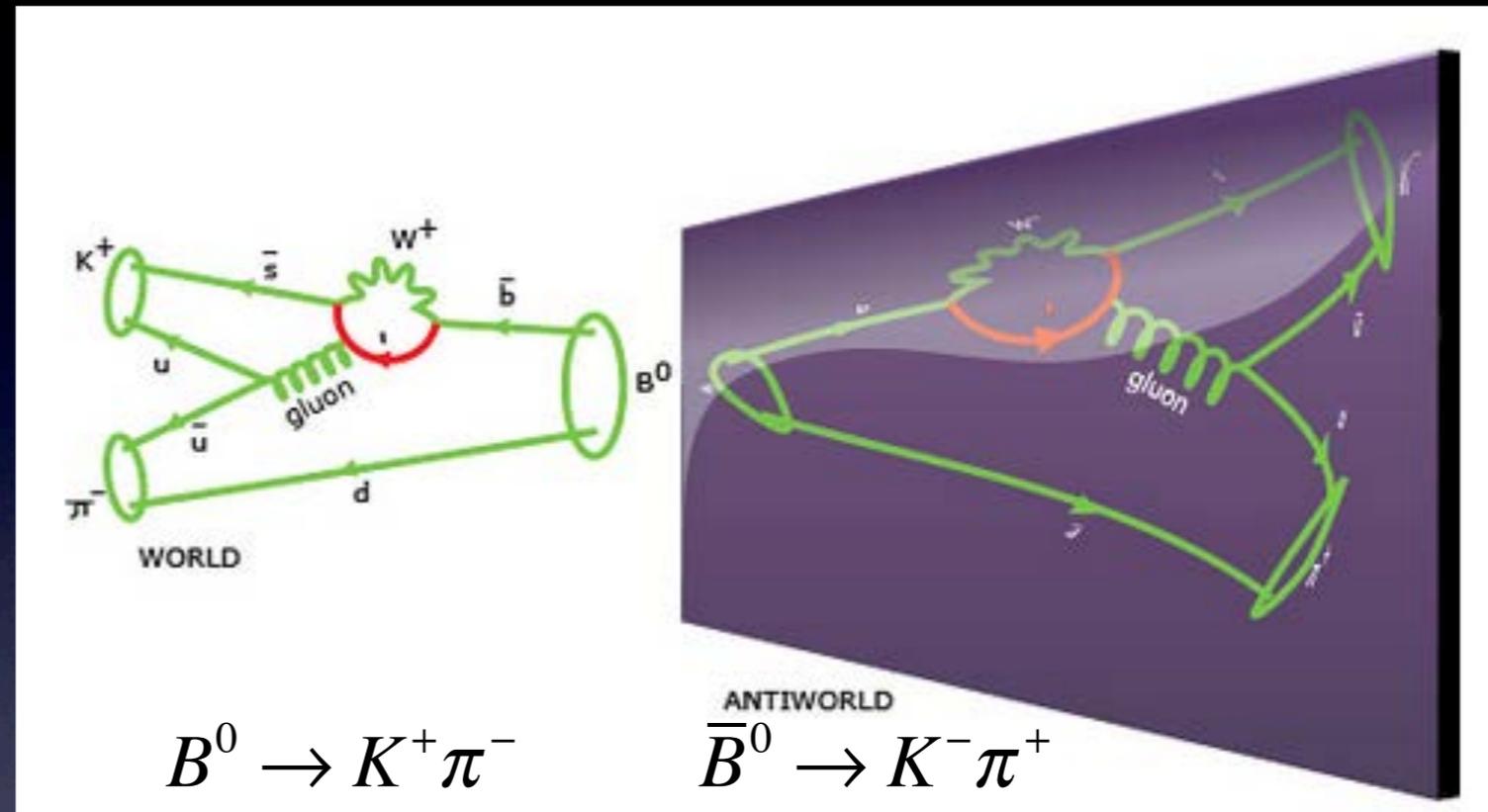


“mondo”

“anti-mondo”

materia e anti-materia

- Piccole asimmetrie nei decadimenti dei “mesoni B”, previste teoricamente (Nobel 2008 a Kobayashi e Maskawa)
- Osservate dagli esperimenti BaBar a SLAC in California, Belle a KEK in Giappone



“mondo”

“anti-mondo”

L’“anti-mondo” a livello microscopico sembra proprio essere una copia speculare, ma deformata, del nostro “mondo”.

Ma: le differenze di comportamento osservate spiegano solo parzialmente l’asimmetria tra materia e antimateria... la caccia è ancora aperta!

prossimi esperimenti



SuperKEKB



Belle II

ISSN 1674-1137 中国物理 C

Chinese Physics C

Volume 38 Number 9 September 2014

A Series Journal of the Chinese Physical Society, distributed by IOP Publishing

Online: <http://iopscience.iop.org/cpc> <http://cpc.ihep.ac.cn>

Review of Particle Physics

Standard Model

Quarks	Bosons	Leptons

Unknowns

Particle Data Group

prossimi esperimenti



SuperKEKB



Belle II

Su questi temi la ricerca continua, all'LHC del CERN di Ginevra, e nell'esperimento Belle II in preparazione a KEK in Giappone

ISSN 1674-1137 中国物理 C

Chinese Physics C

Volume 38 Number 9 September 2014

A Series Journal of the Chinese Physical Society, distributed by IOP Publishing

Online: <http://iopscience.iop.org/cpc> <http://cpc.ihep.ac.cn>

Review of Particle Physics

Standard Model		
Quarks	Bosons	Leptons
u up	γ photon	ν_e electron neutrino
d down	g gluon	e electron
c charm	W W boson	ν_μ muon neutrino
s strange	Z Z boson	μ muon
t top	H Higgs boson	ν_τ tau neutrino
b bottom		τ tau

Unknowns

Dark Matter, Extra Dimensions, Supersymmetry, Dark Energy, Unknown, Neutrino Mysteries, Inflation, Dynamical EW Symmetry Breaking, W & Z Bosons, CP Violation, Grand Unified Theories, Cosmic Rays, Composite-ness

Particle Data Group

prossimi esperimenti



SuperKEKB



Belle II

Su questi temi la ricerca continua, all'LHC del CERN di Ginevra, e nell'esperimento Belle II in preparazione a KEK in Giappone

ISSN 1674-1137 中国物理 C

Chinese Physics C

Volume 38 Number 9 September 2014

A Series Journal of the Chinese Physical Society, distributed by IOP Publishing

Online: <http://iopscience.iop.org/cpc> <http://cpc.ihep.ac.cn>

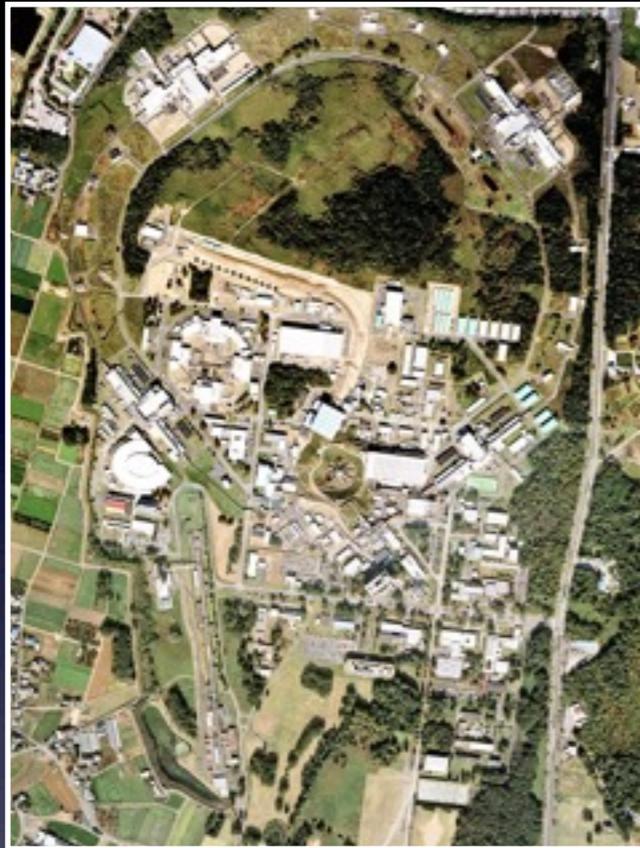
Review of Particle Physics

Standard Model		
Quarks	Bosons	Leptons
u up	γ photon	ν_e electron neutrino
d down	g gluon	e electron
c charm	W W boson	ν_μ muon neutrino
s strange	Z Z boson	μ muon
t top	H Higgs boson	ν_τ tau neutrino
b bottom		τ tau

Unknowns

Particle Data Group

prossimi esperimenti



SuperKEKB



Belle II

Su questi temi la ricerca continua, all'LHC del CERN di Ginevra, e nell'esperimento Belle II in preparazione a KEK in Giappone

Incognite...

ISSN 1674-1137 中国物理 C

Chinese Physics C

Volume 38 Number 9 September 2014

A Series Journal of the Chinese Physical Society, distributed by IOP Publishing

Online: <http://iopscience.iop.org/cpc> <http://cpc.ihep.ac.cn>

Review of Particle Physics

Standard Model		
Quarks	Bosons	Leptons
u up	γ photon	ν_e electron neutrino
d down	g gluon	e electron
c charm	W W boson	ν_μ muon neutrino
s strange	Z Z boson	μ muon
t top	H Higgs boson	ν_τ tau neutrino
b bottom		τ tau

Unknowns

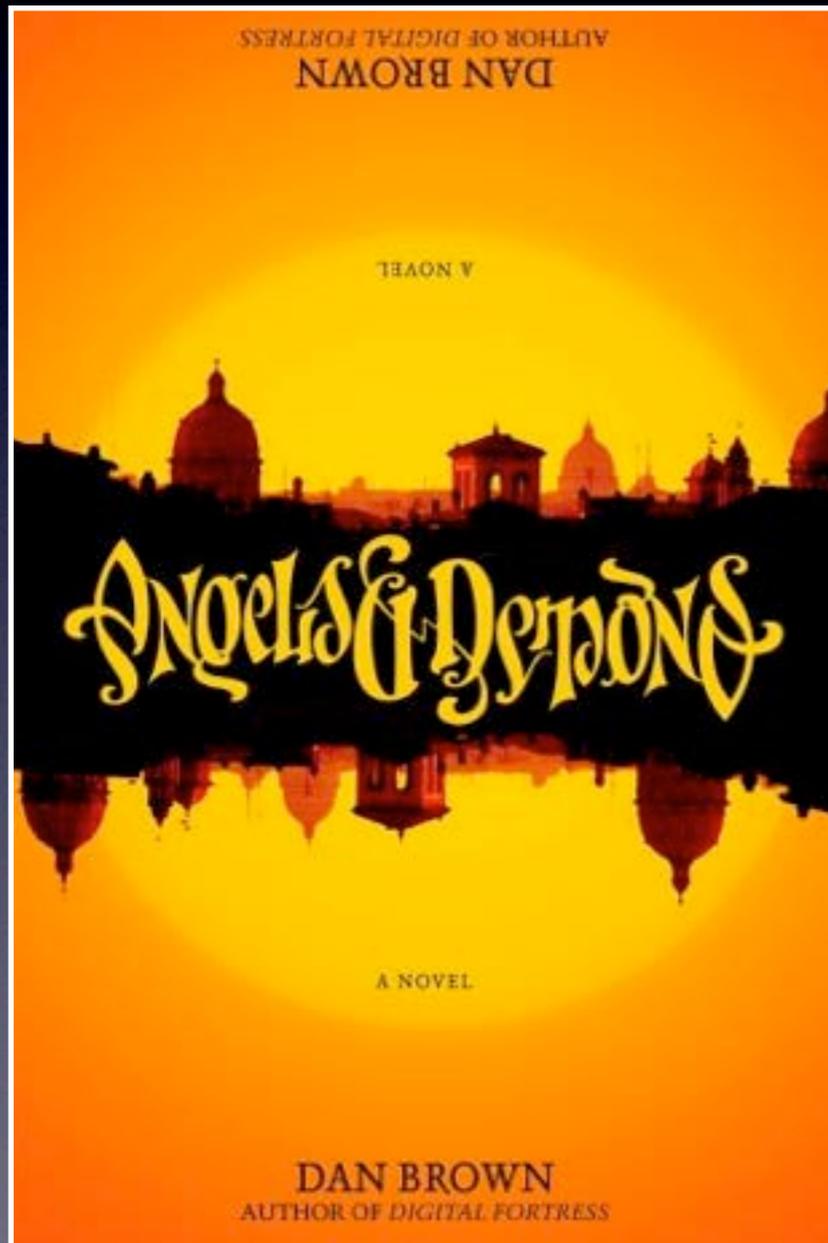
Dark Matter, Extra Dimensions, Supersymmetry, Dark Energy, Unknown, Neutrino Mysteries, Inflation, Dynamical EW Symmetry Breaking, W & Z Bosons, CP Violation, Grand Unified Theories, Composite-ness, Cosmic Rays

Particle Data Group

Conclusioni

- sull'antimateria, sulla materia e sulle interazioni fondamentali sappiamo già molto
- ma restano molte cose importanti da capire: ad esempio, perchè è sopravvissuta un po' di materia (abbastanza da costituire il nostro universo!)
- l'antimateria ha applicazioni pratiche!
- quanto ai timori di Dan Brown...

“Angels and Demons” di Dan Brown



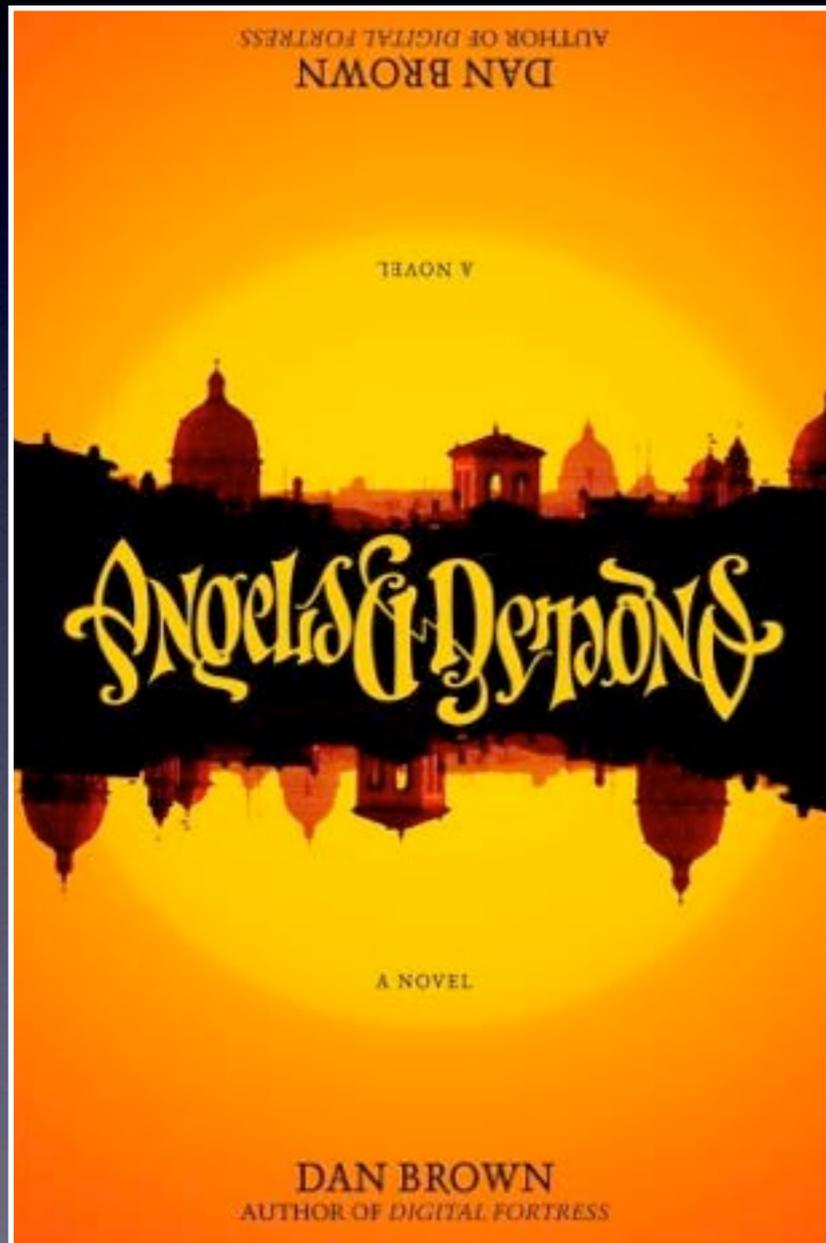
Un grammo di antimateria?
non è così facile...!

Un grammo di antiprotoni:
 $\sim 6 \times 10^{23}$ antiprotoni

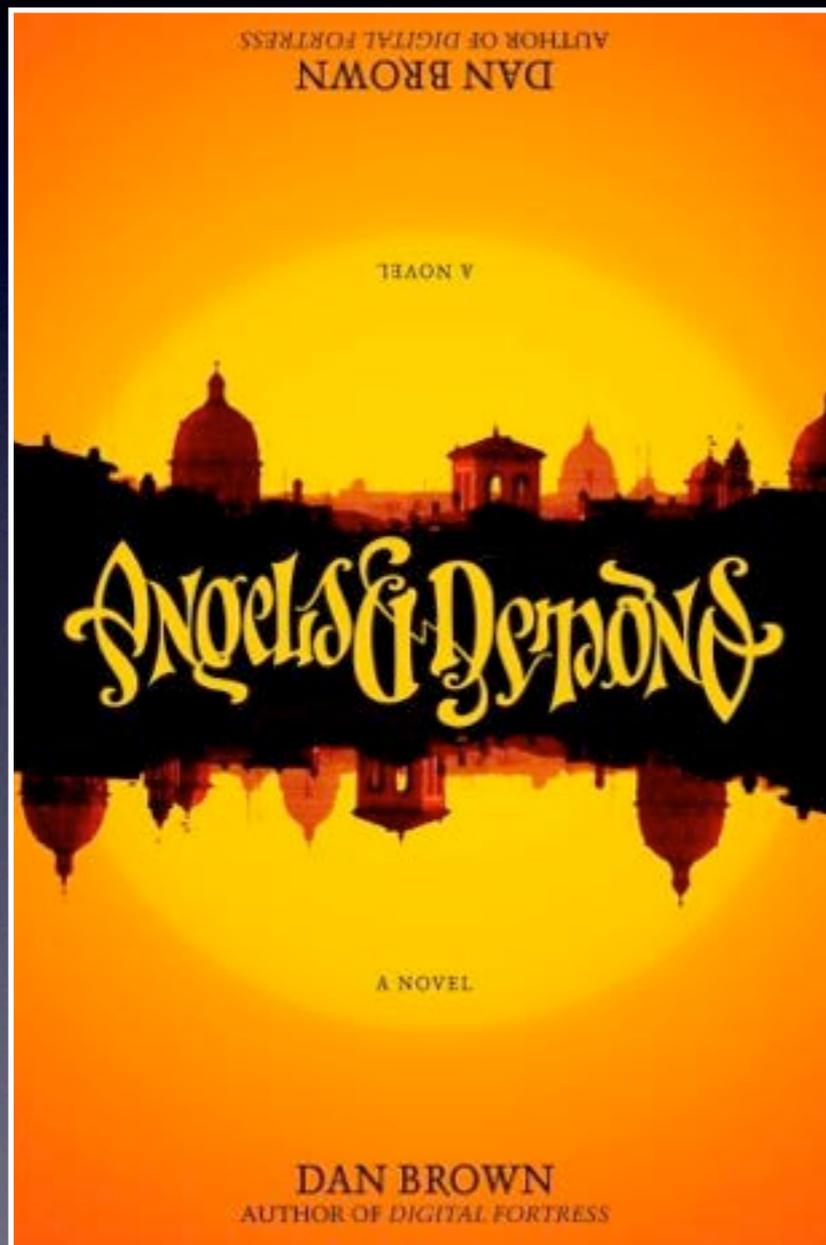
Un grammo di positroni:
 $\sim 10^{27}$ positroni

Produzione record a Fermilab:
 $\sim 10^{15} \bar{p} / \text{anno} \approx 1.7 \times 10^{-9} \text{ grammi} / \text{anno}$

“Angels and Demons” di Dan Brown



“Angels and Demons” di Dan Brown



Tutti gli antiprotoni prodotti fin qui
terrebbero accesa una lampadina
di pochi watt solo per pochi minuti...

Per accumulare 1 grammo
di antiprotoni a Fermilab:
1.000.000.000 di anni!
(e: dove li mettiamo?)

Per immagazzinare energia
e costruire bombe:
inefficiente e impraticabile...
... *don't worry!*