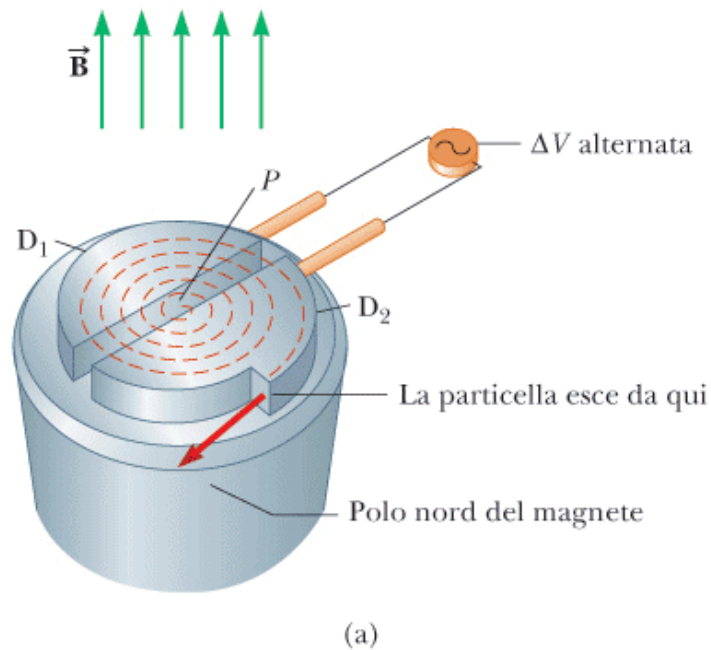


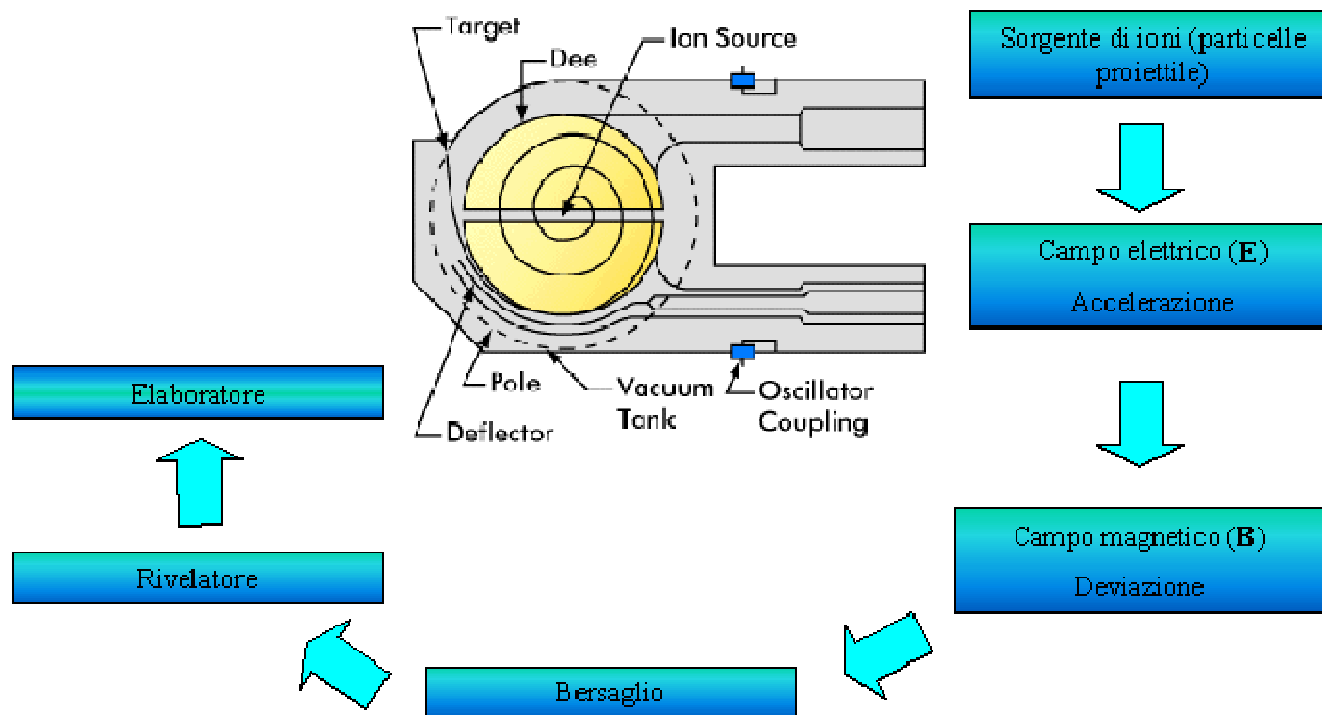
# SCHEMA DI CICLOTRONE



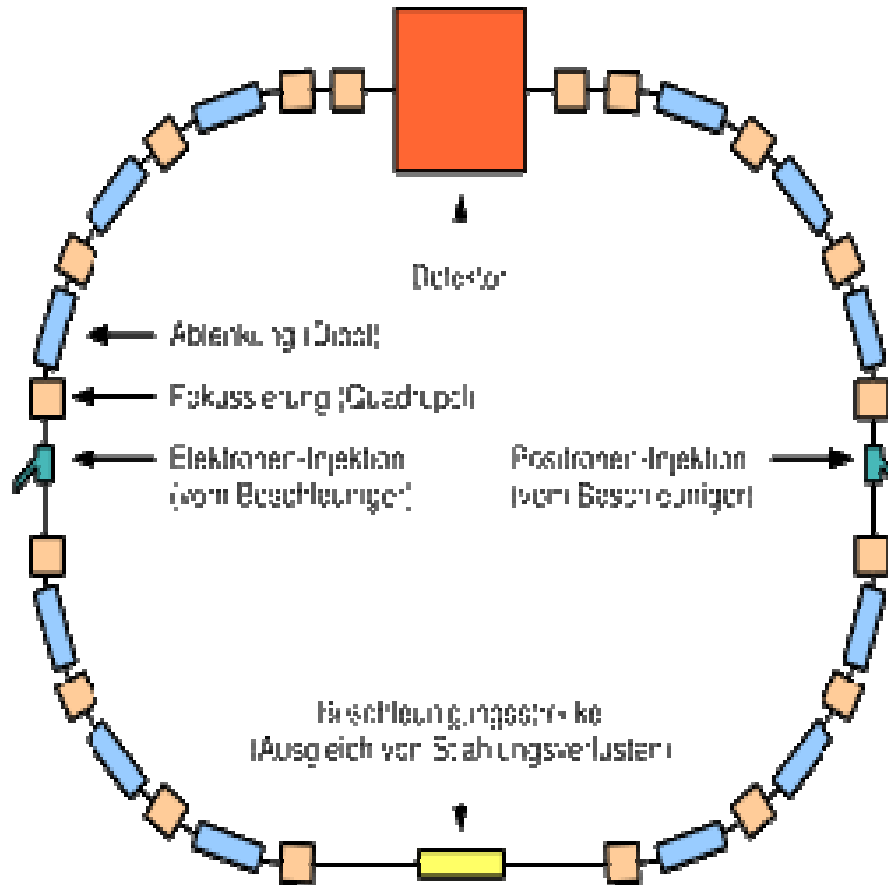
**FIGURA 22.14**

(a) Un ciclotrone è costituito da una sorgente di ioni in  $P$ , due sezioni cave a forma di "D",  $D_1$  e  $D_2$ , attraverso le quali è applicata una differenza di potenziale alternata, e un campo magnetico uniforme. (Il polo sud del magnete non è mostrato). Le curve rosse tratteggiate rappresentano il percorso delle particelle. (b) Il primo ciclotrone fu inventato da E.O. Lawrence e M.S. Livingston nel 1934.

# CICLOTRONE



# SINCROTRONE

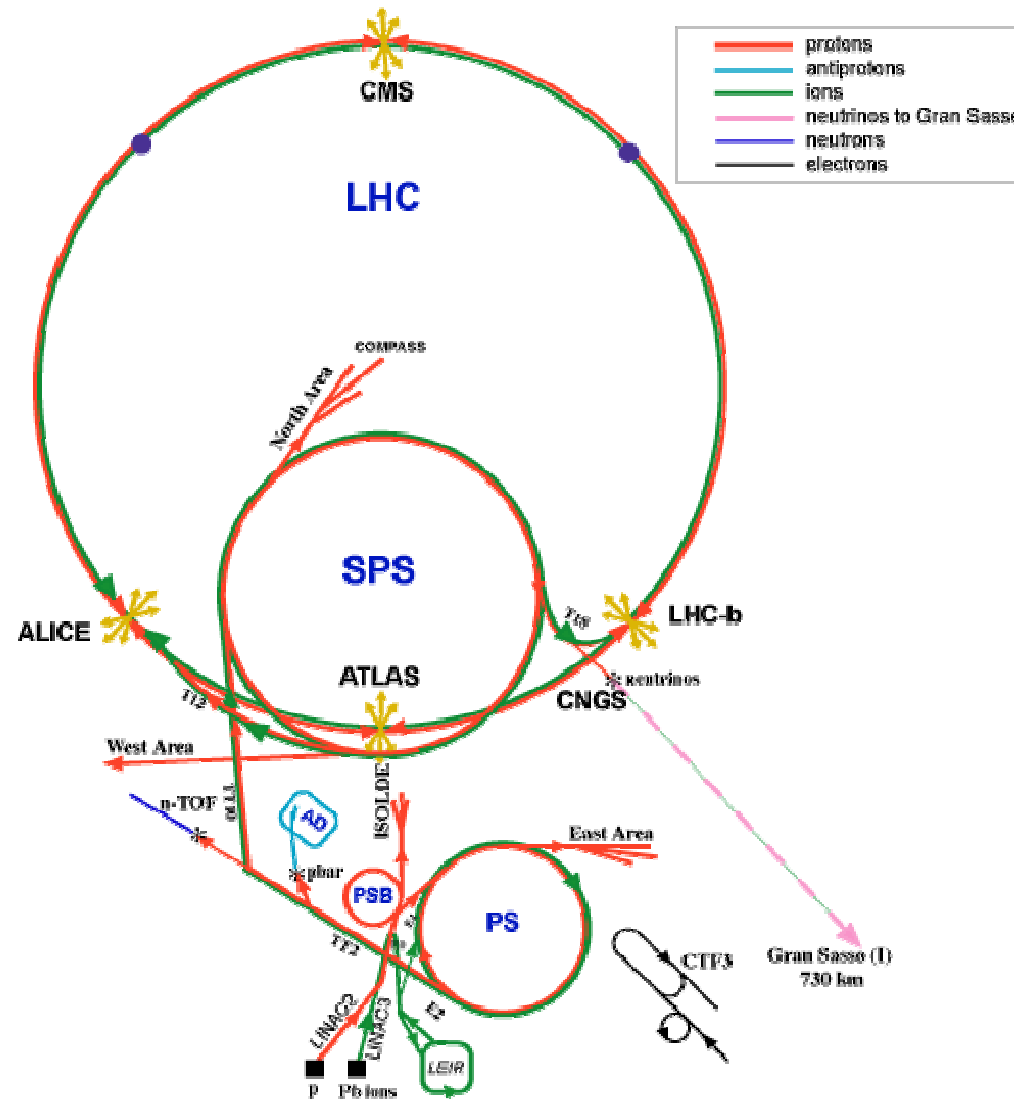


**Campi Magnetici** fanno curvare le particelle e tengono vicine particelle di stessa carica che stanno assieme nei *pacchetti*

**Campi Elettrici** accelerano le particelle cariche nei tratti rettilinei

Grafico dell'anello di accumulazione di un sincrotrone

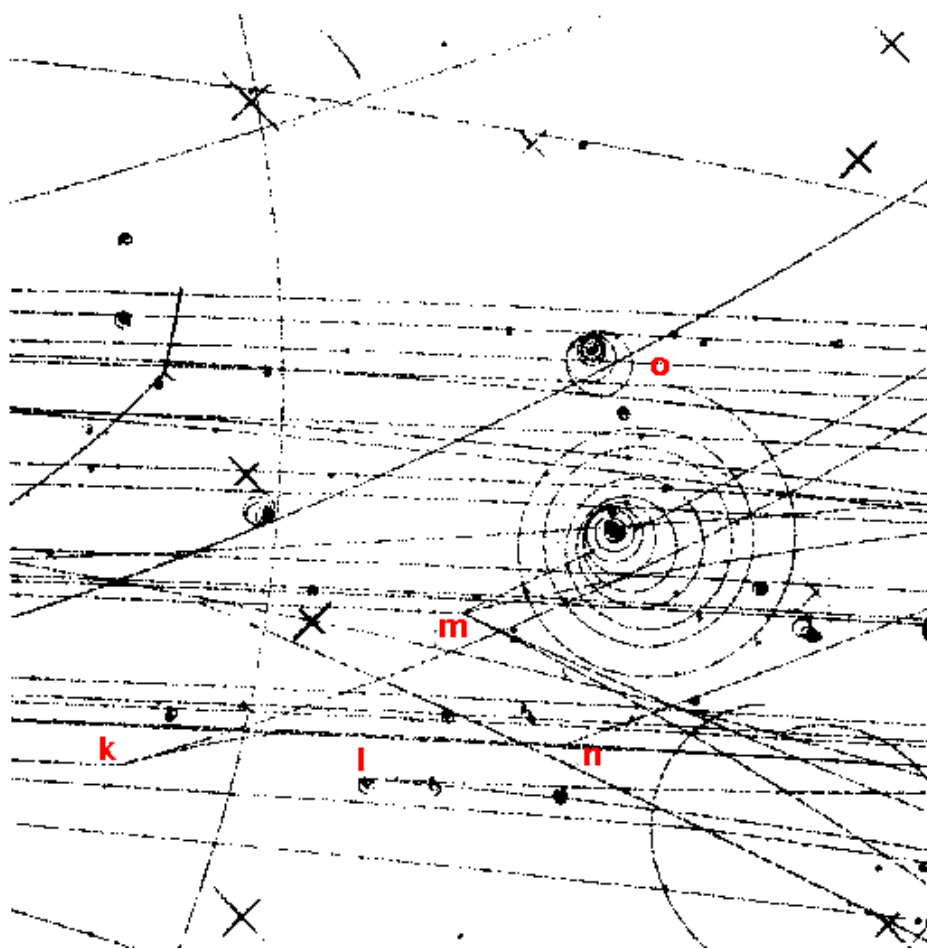
# Sistema acceleratori del Cern



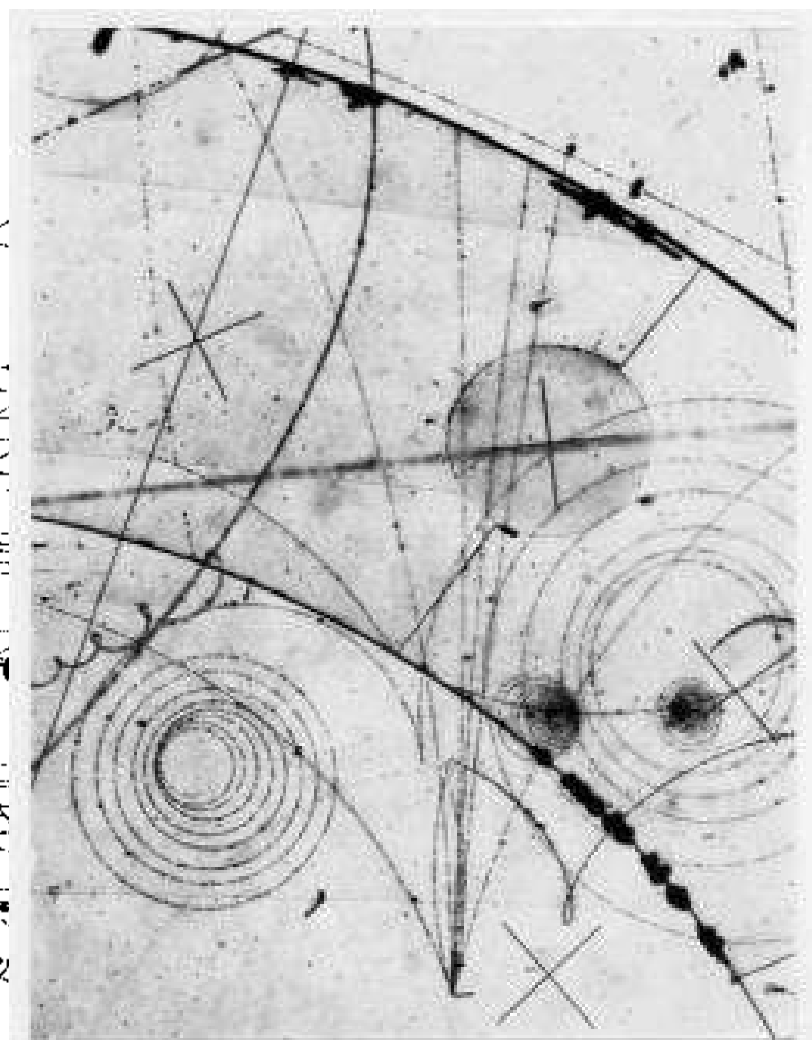
# Large Hadron Collider



# CAMERE A BOLLE

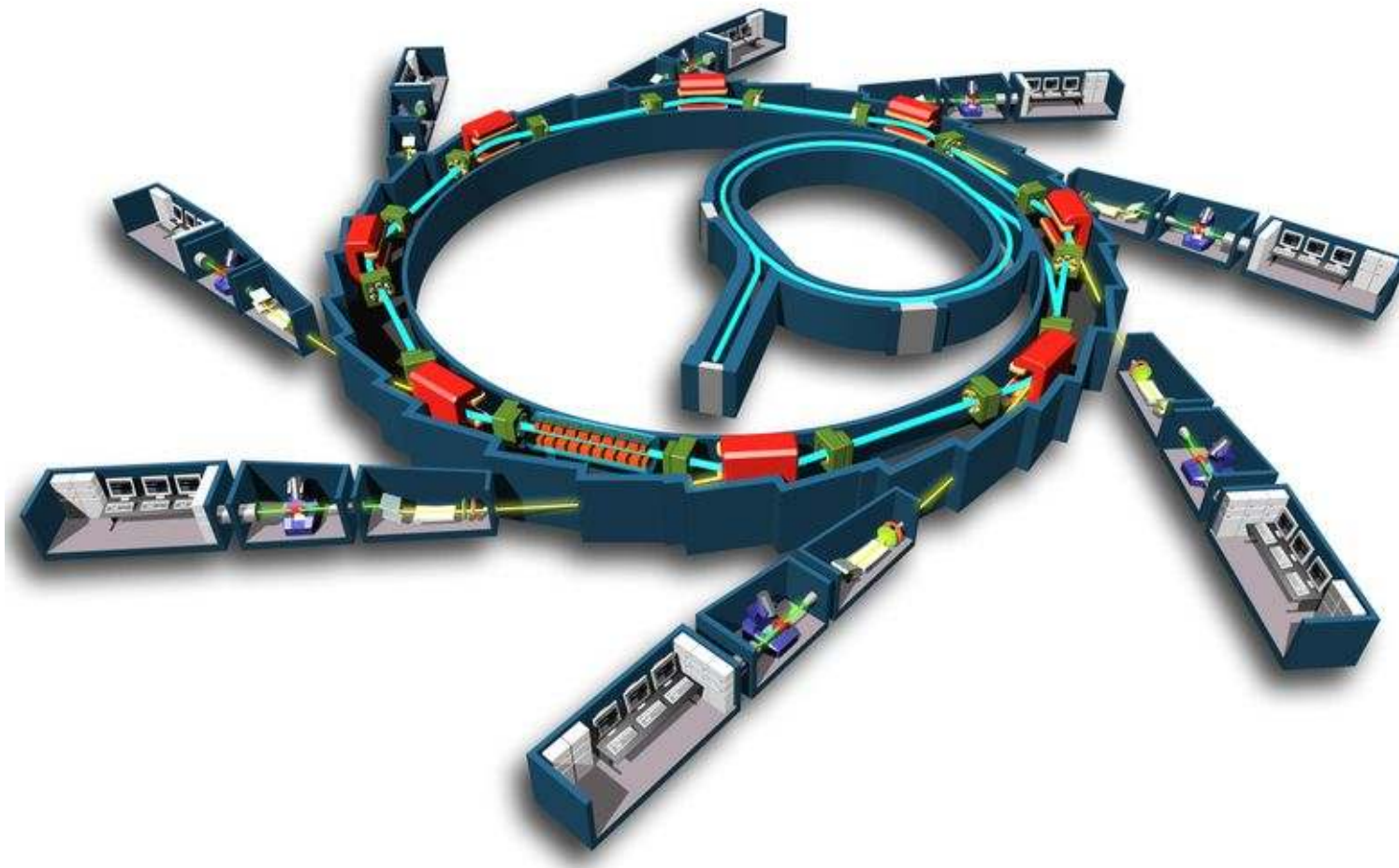


A.Romero



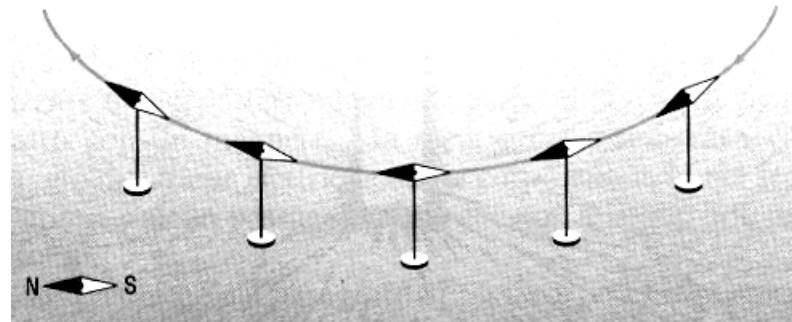
Interazione  $\nu D_2$  in BEBC  
Esperimento WA25

# SINCROTRONE



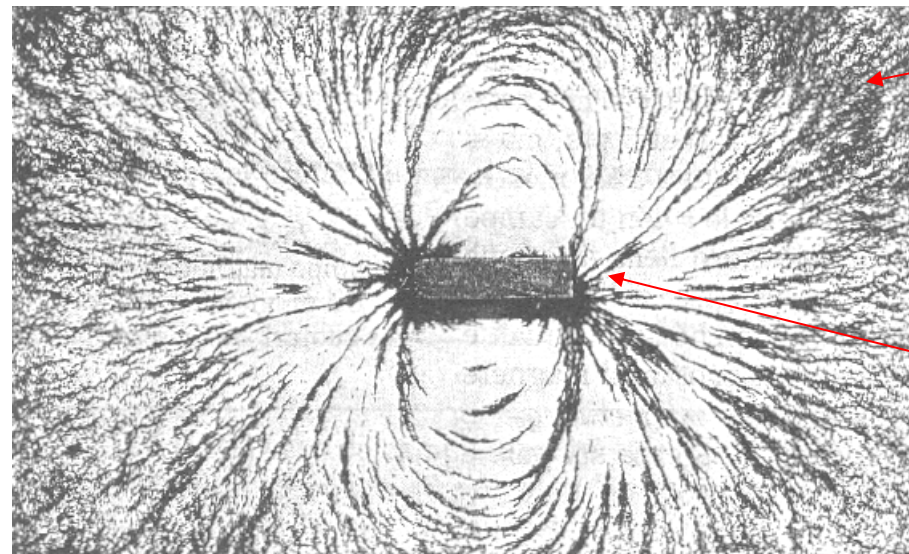
# CAMPO MAGNETICO

**Linee di forza:** identiche al caso elettrico  
Tangenti alla direzione del campo **B**  
**Ma sono sempre linee chiuse**



**Densità linee  $\propto$  Intensità campo**

Magnete a sbarra:



Limatura di Ferro

Zona ad alta intensità di **B**

Orientazione: **escono dal polo N ed entrano nel polo S**

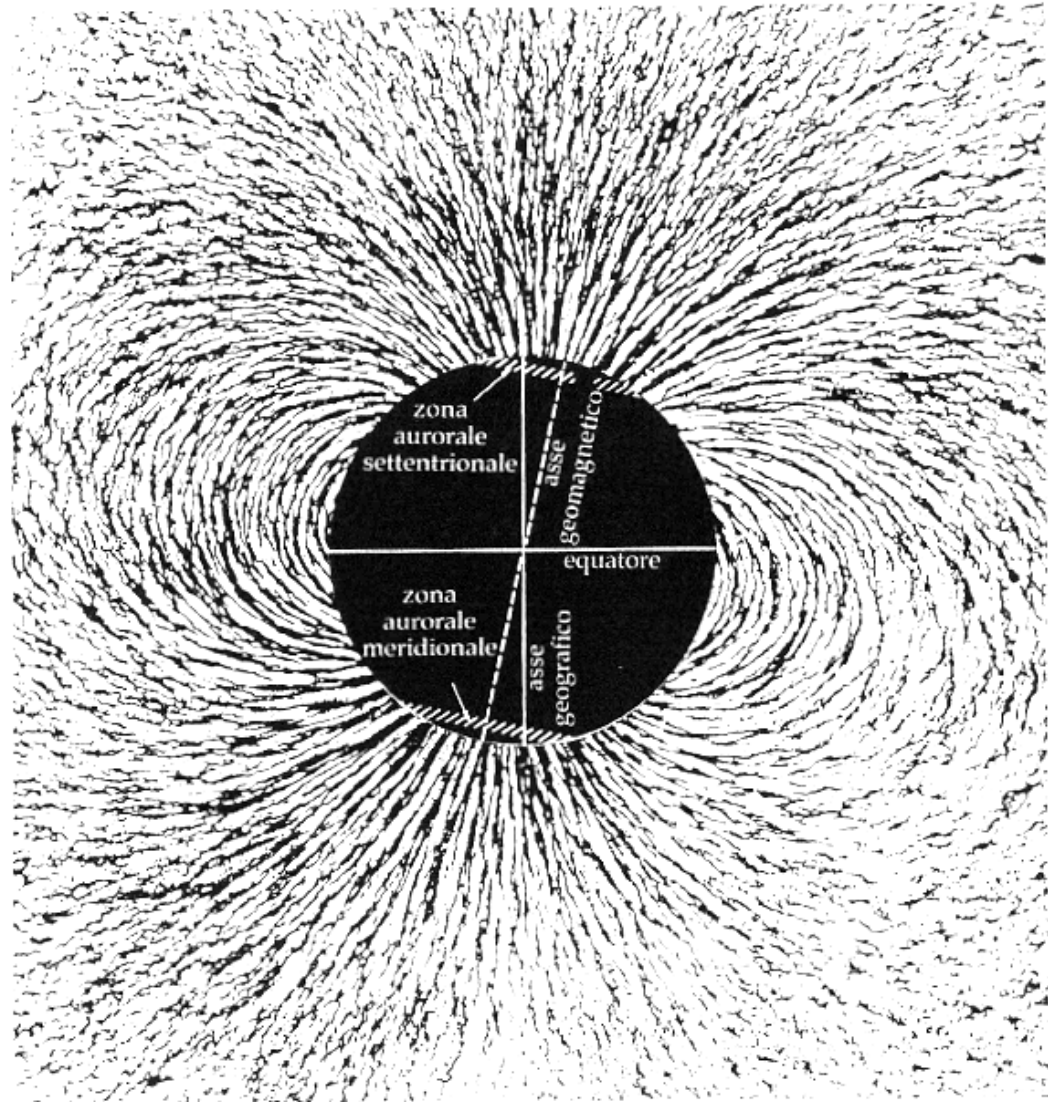


# CAMPO MAGNETICO

Altro esempio di **magnete permanente**:

La Terra

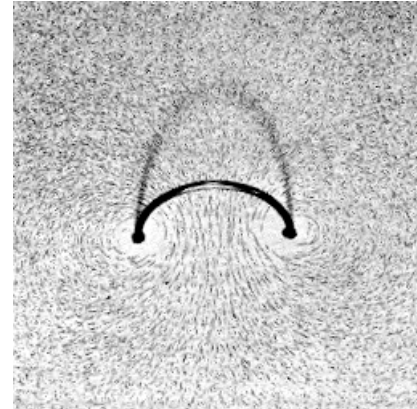
**Intensità  $\approx 1G$**



# CAMPO MAGNETICO

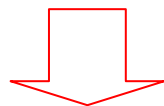
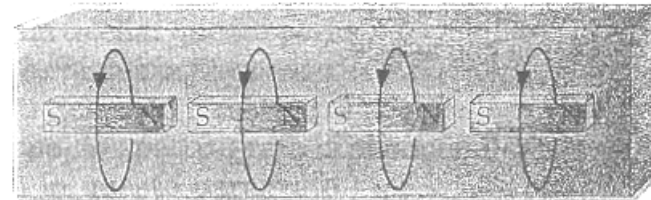
campo **B** generato da una spira percorsa da corrente

Molto simile a quello di un magnete a sbarra

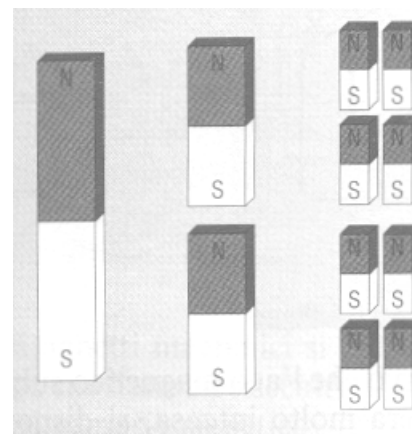


Interpretazione del magnete a sbarra

Correnti elettroniche a livello atomico  
poli N e poli S **interni si elidono** mutuamente:  
**rimangono solo i poli estremi**



**Inseparabilità di polo N e polo S**  
(osservazione sperimentale)



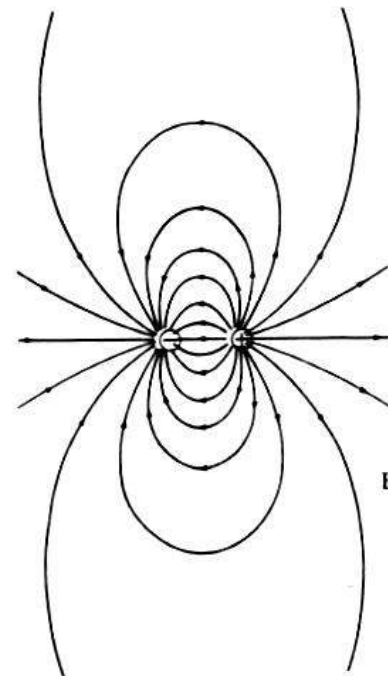
# CAMPO MAGNETICO

No poli magnetici isolati: linee di forza chiuse

Unità fondamentale generatrice del campo **B**

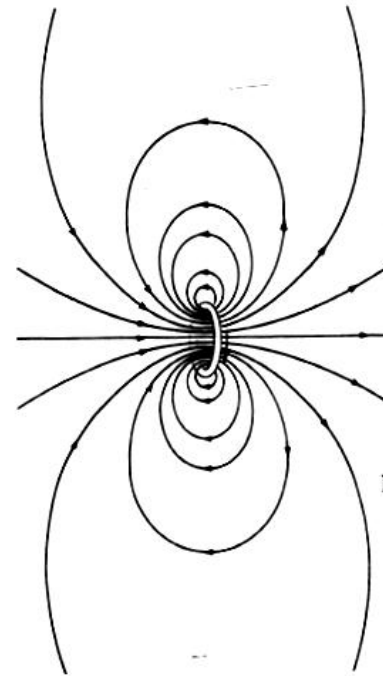
= **Spira** (dipolo magnetico)

Caso  
Elettrico



(a)

Caso  
Magnetico

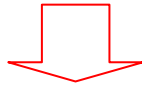


(b)

materiali si dividono in **diamagnetici**, **paramagnetici** e **ferromagnetici** a seconda di come si comportano le loro molecole in presenza di **B** esterno (lo contrastano, lo lasciano invariato o lo aumentano) . Fenomeni complessi da studiare. Dipendono da proprietà molecole, da temperatura, etc. Utilizzo in magneti permanenti

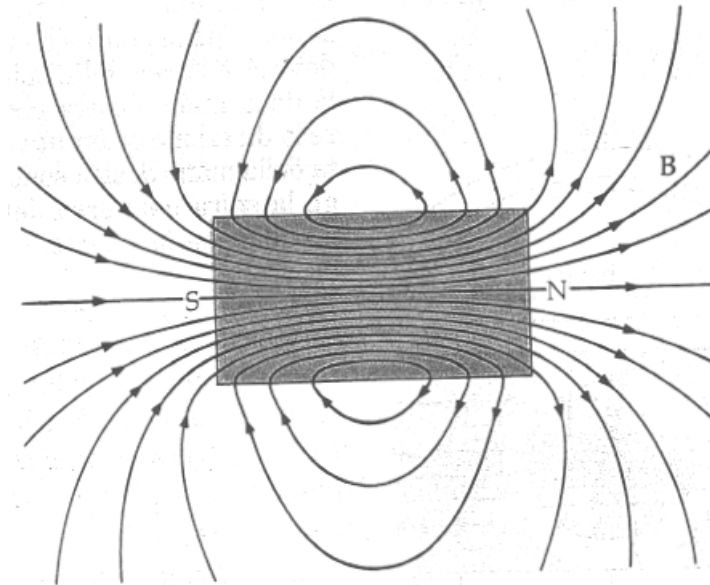
# CAMPO MAGNETICO

Non ci sono punti in cui vengono generate linee di campo  
non ci sono sorgenti di sorgenti **B**



**LINEE DI CAMPO = CURVE CHIUSE (SEMPRE)**

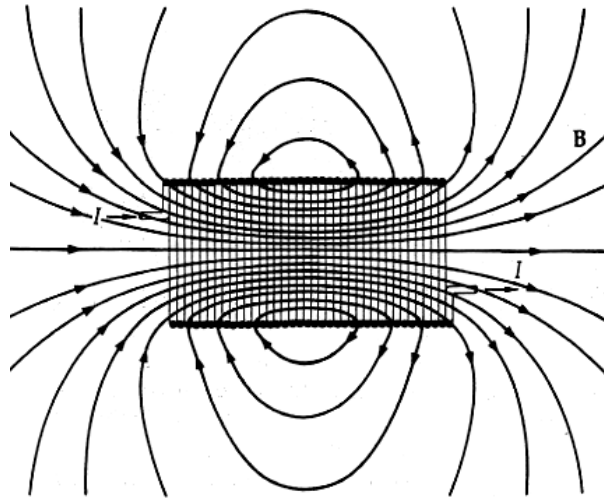
•Esempio del magnete a sbarra:



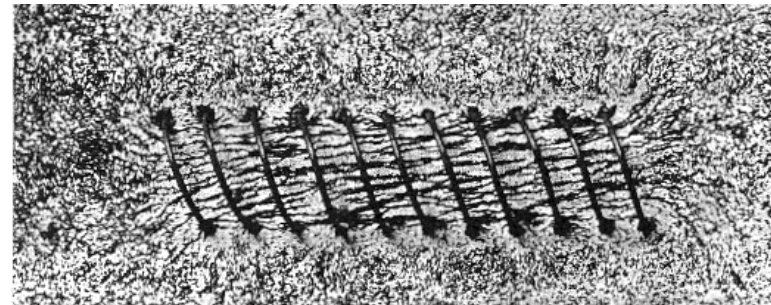
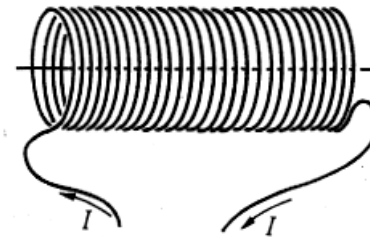
# SORGENTI DI CAMPO MAGNETICO (STATICO)

Solenoide:

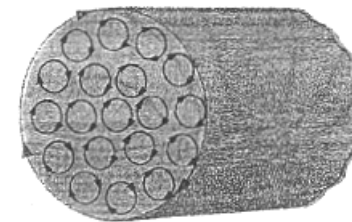
Linee di Forza:



Cos'è:



Identiche ad un magnete a sbarra  
(correnti di ampere)



## Esempio: datazione con radiocarbonio e analisi per mezzo di microscopia ionica



A.Romero

Restauro- Elettricità e  
Magnetismo II

14

## Esempio: datazione con radiocarbonio e analisi per mezzo di microscopia ionica



A cosa serve?  
Una sola macchina per due scopi

**Microscopia ionica:** analisi non distruttiva per la determinazione della **composizione chimica, anche in profondità**, di aree del reperto di dimensione fino al decimo di mm.

**Radiocarbonio:** **metodo distruttivo** (pochi mg) per la datazione di reperti organici fino a 60000 anni.

## Esempio: analisi per mezzo di **microscopia ionica**



A.Romero

Restauro- Elettricità e  
Magnetismo II



16



## Esempio: analisi per mezzo di **microscopia ionica**

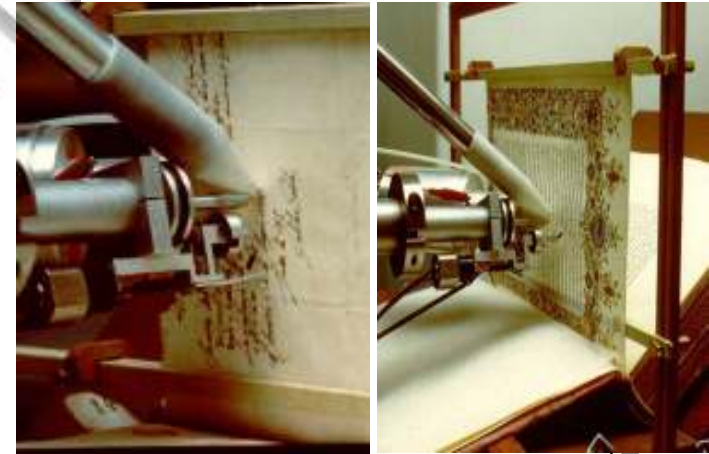


Paste vitree



A.Romero

Dipinti



Manoscritti  
Restauro- Elettricità e  
Magnetismo II

## Esempio: datazione con **radiocarbonio** (o carbonio 14)



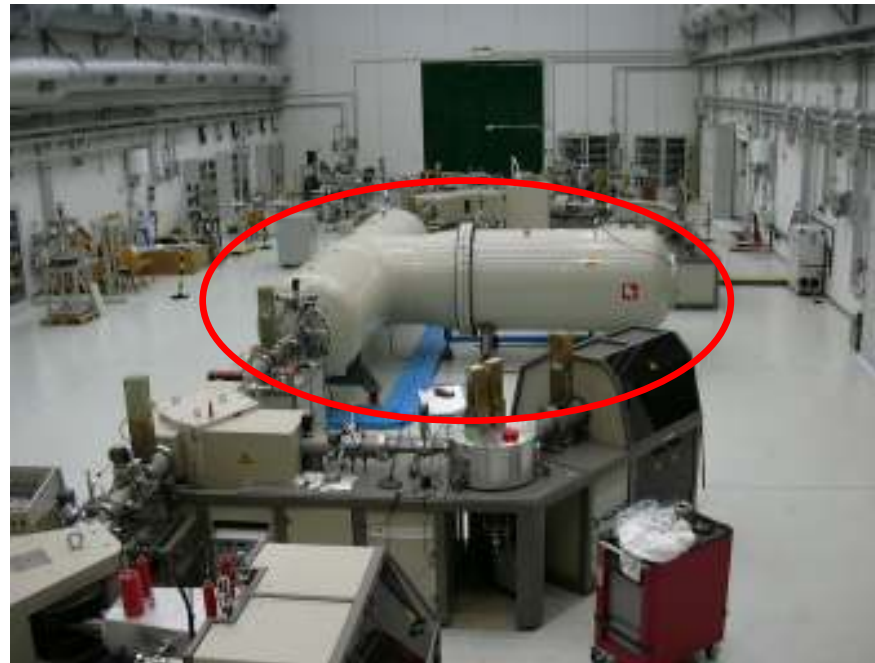
Datazione di reperti organici fino a circa 50000 anni fa.  
(ottenuta per mezzo del **radiocarbonio**).

## Esempio: radiocarbonio e microscopia ionica

In questa strumentazione la forza di Coulomb e quella di Lorentz vengono ampiamente utilizzate (anzi senza di loro non potrebbe funzionare).

Entrambe le analisi ([radiocarbonio](#) e [microscopia ionica](#)) necessitano di un [acceleratore di particelle](#).

Infatti, soltanto le particelle ad alta velocità permettono la datazione o le analisi



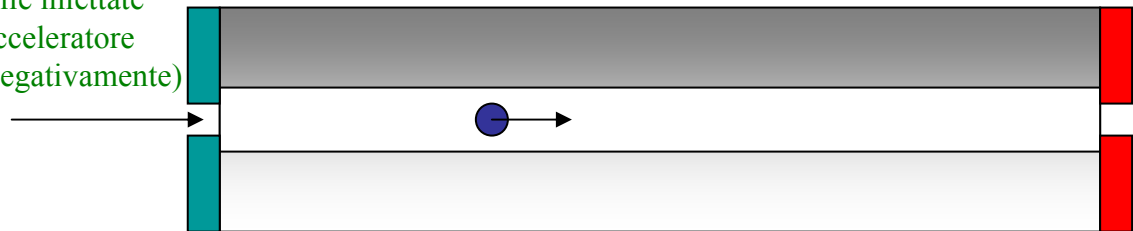
## Esempio: radiocarbonio e microscopia ionica

Per accelerare le particelle (che in questo strumento sono ionizzate e quindi possiedono una carica elettrica) si utilizza un acceleratore che sfrutta la forza di Coulomb.



In prima approssimazione possiamo dire che si tratta di un tubo in cui ad un terminale ci sono delle cariche positive.

Particelle iniettate nell'acceleratore (cariche negativamente)



Terminale a massa

La particella, carica negativamente, è attratta dal terminale positivo (forza coulombiana). L'effetto finale è una accelerazione ( $F=ma$ ).

Terminale positivo



Gli acceleratori utilizzate per queste analisi hanno diversi **milioni di volt** di potenziale elettrico tra il terminale positivo e quello di ingresso.

## Esempio: radiocarbonio e microscopia ionica

Che campo elettrico  $E$  devo avere per fare sì che elettrone che parte da fermo arrivi dopo 1 metro con velocità  $10^6$  m/s ?

$$M_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$$

Accelerazione è costante

Lavoro forza elettrica  $eE \rightarrow$

$$eE \cdot x = \Delta E_K$$

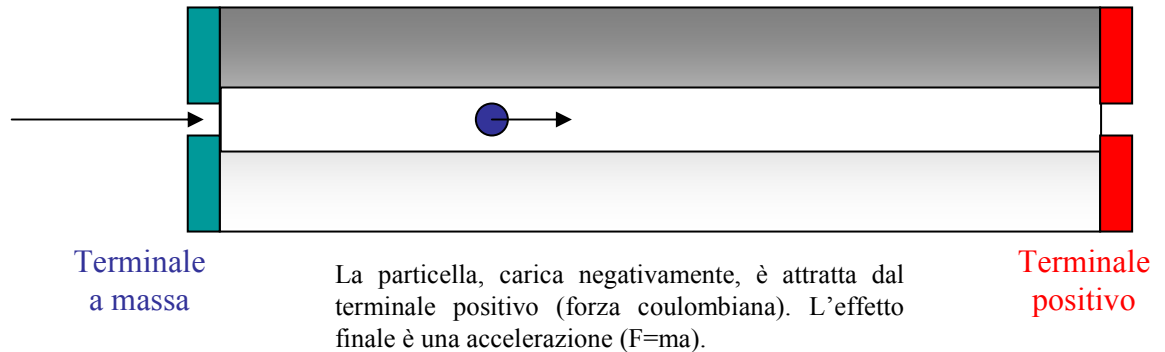
$$eE = ma$$

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = m \cdot a \cdot x$$

Se  $v_0$  è zero

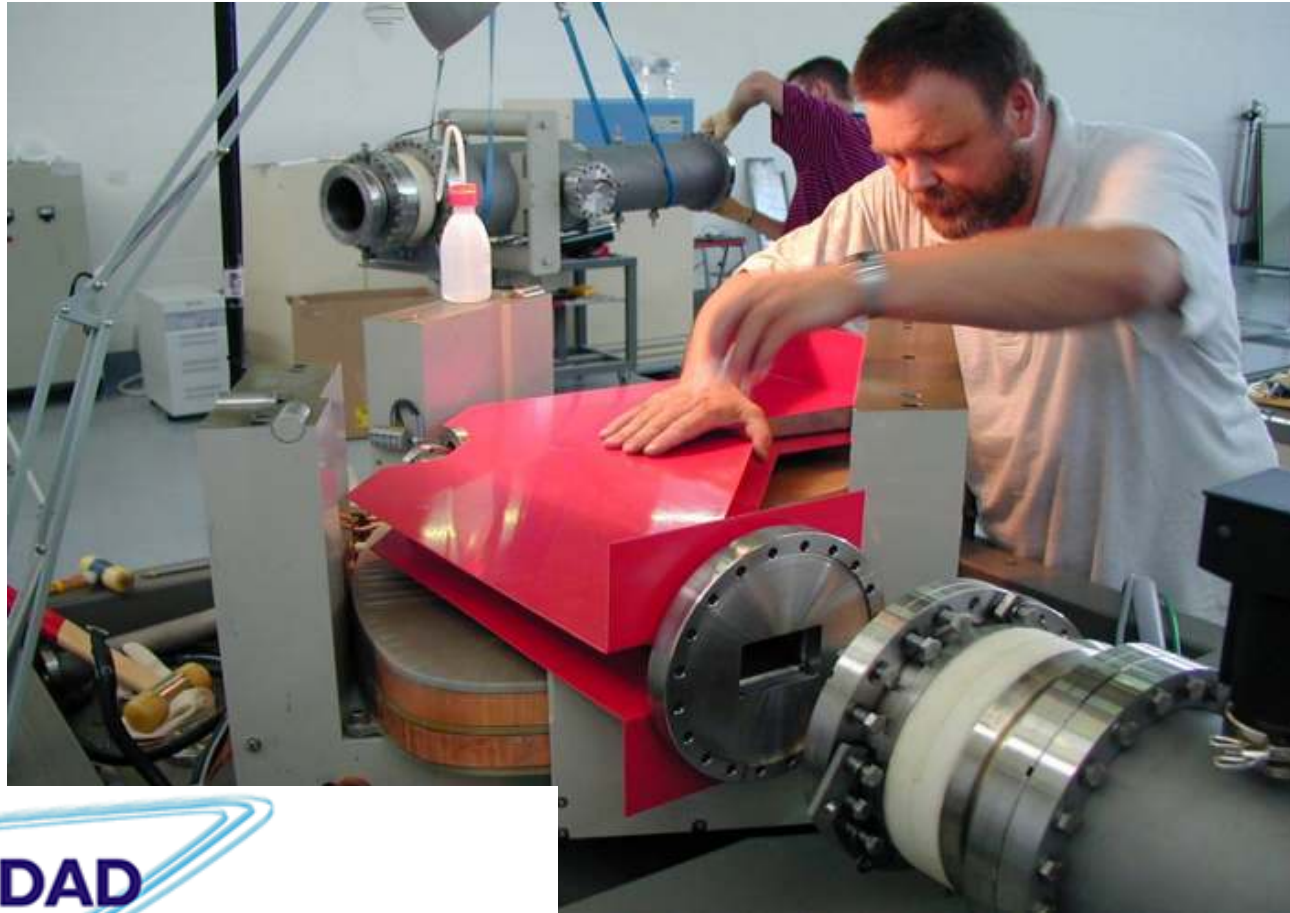
$$v^2 = 2 \cdot a \cdot x \Rightarrow 10^{12} = 2 \cdot a \cdot 1 \Rightarrow a = \frac{10^{12}}{2}$$

$$E = ma/e = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 0,5 \cdot 10^{12}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,8 \cdot 10^{-31+12+19} = 2,8 \text{ N/C}$$



## Esempio: radiocarbonio e microscopia ionica

Per curvare le particelle lungo il tragitto e per misurare il carbonio 14 si sfrutta la forza di Lorentz generata da potenti elettromagneti.



A.Romero

Centro di Datazione e Diagnostica  
Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione

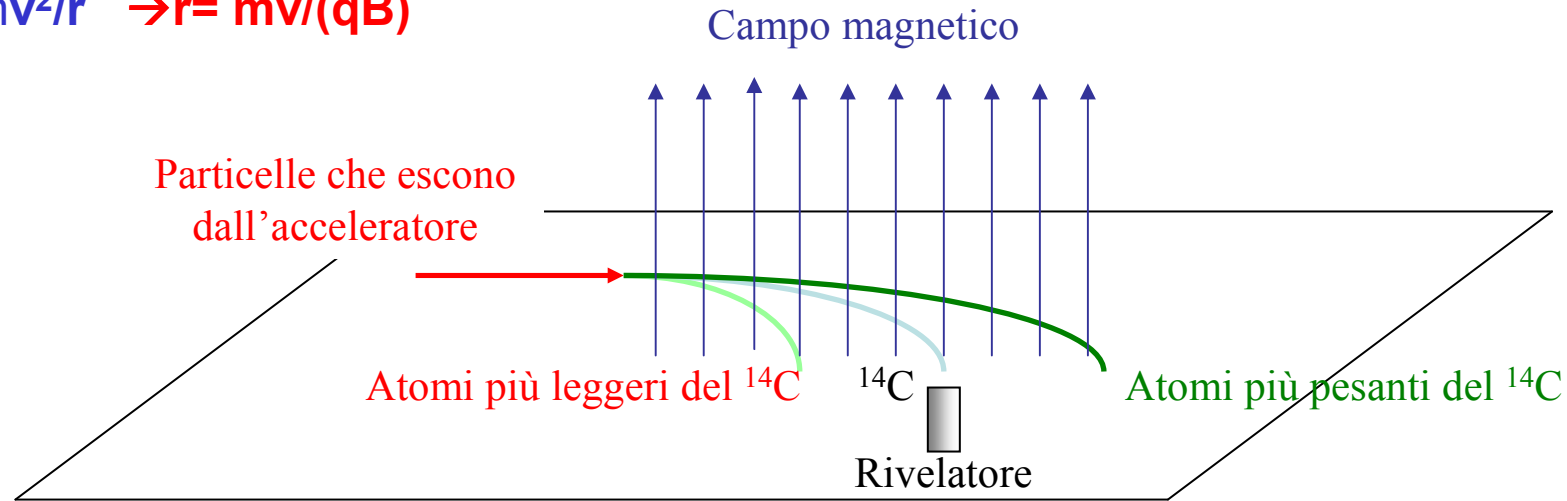
Lecce  
Restauro- Elettricità e  
Magnetismo II

22

## Esempio: datazione con radiocarbonio

dalla forza di Lorentz

$$qvB = mv^2/r \rightarrow r = mv/(qB)$$



Per misurare quanto carbonio 14 è presente nel reperto (procedura alla base del metodo) bisogna separarlo dagli altri atomi.

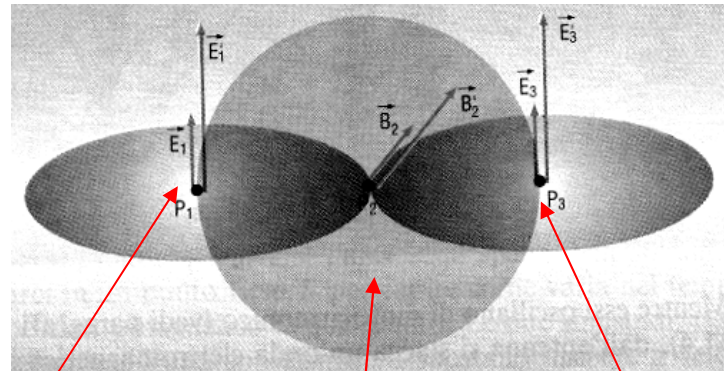
La forza di Lorentz generata dal campo magnetico curva maggiormente gli ioni più leggeri ( $F = ma$ ; la massa è minore e quindi a parità di forza l'accelerazione è maggiore). Ponendo un rivelatore nella posizione opportuna è possibile *contare* quanti atomi finiscono nel rivelatore con la massa del carbonio 14.

Torneremo su queste tecniche (funzionamento, limiti e possibilità) nel corso del prossimo anno.

# ONDE ELETTROMAGNETICHE

Meccanismo di generazione nel vuoto:

**Carica in movimento** da qualche parte  $\Rightarrow$   $E_1$  variabile

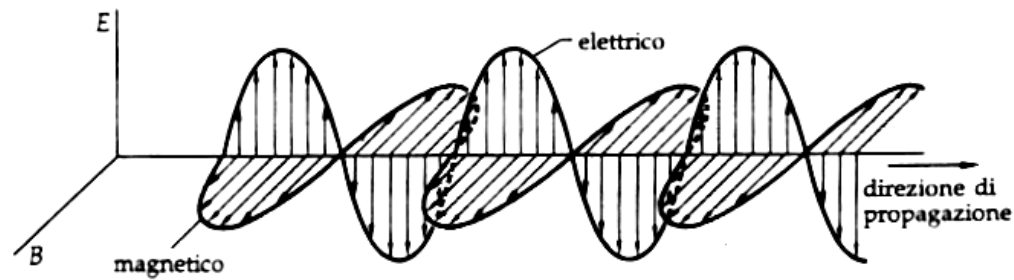


1<sup>a</sup> "spira":  
corrente di  
spostamento

2<sup>a</sup> "spira":  
legge di  
Faraday-Neumann

3<sup>a</sup> "spira":  
Corrente di  
spostamento

Risultato:





# ONDE ELETTROMAGNETICHE

Caratteristiche onde e.m:

Velocità di propagazione  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad c = 299\,792\,457 \text{ m/s}$

Costante Universale

$$\left( \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} \right)$$

- $\mathbf{E}, \mathbf{B}, \mathbf{c} \rightarrow$  terna destrorsa
- Rapporto tra i moduli costante:  $E = c B$
- Onda trasporta energia, in egual misura nel campo  $\mathbf{E}$  nel campo  $\mathbf{B}$ :

# Spettro Elettromagnetico

$$v = \frac{c}{\lambda}$$

