

CAMERA A NEBBIA

**UN ESEMPIO «STORICO» E UN UTILIZZO
DI CAMERA A NEBBIA «HOME MADE»
PER LA VISUALIZZAZIONE
DI RADIAZIONE ALFA, BETA
E DI RAGGI COSMICI**

Cos'è una camera a nebbia?

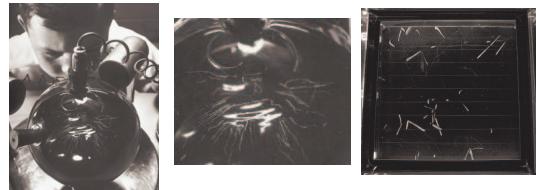
Una camera a nebbia è un rivelatore di particelle.

Le particelle elementari sono i costituenti ultimi della materia.

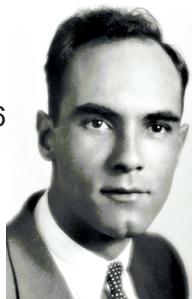
Esse non sono proprio come dei mattoni cementati insieme, ma danno luogo a interazioni reciproche. Queste particelle sono dotate di energia e quantità di moto e perciò – sotto certe condizioni – molte di esse possono essere "viste" dai rivelatori. In realtà sappiamo che non si possono vedere direttamente, il loro passaggio attraverso il rivelatore è dedotto dagli effetti che esso causa come, ad esempio, la ionizzazione nel caso di particelle caricate.

Immaginiamo di osservare la scia di condensazione lasciata da un aereo che non riusciamo a scorgere in cielo: allo stesso modo riusciremo a rivelare la particella con una camera a nebbia

http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=UIDYH5Q6NGY



Carl David Anderson
Nobel Prize in Physics 1936
"for his discovery of the
positron"



Esistenza dell' antimateria

Paul A.M. Dirac

Theory of electrons and positrons, 1928

Nobel Lecture, December 12th, 1933

$$\frac{W^2}{c^2} - p_r^2 - m^2 c^2 = 0$$

W=energia cinetica associata a una particella relativistica in movimento.
 $p^2=(pl c)^2 + (mc^2)^2$

$$\text{Meccanica quantistica: } \left[\frac{W^2}{c^2} - p_r^2 - m^2 c^2 \right] \Psi = 0$$

$$m^2 = (m)(m) = (-m)(-m)$$

Dirac si chiese: cos'è $(-m)$ → teoria dell' antimateria

$$(i\gamma \cdot \vec{v} - m)\psi = 0$$



Ma torniamo all'esperimento di Anderson

SPECIAL ARTICLES

THE APPARENT EXISTENCE OF FASCI DEFLECTABLE POSITIVE

In the field between two lead plates there were found with an associated mass 1.25 times that of the lead plate, two tracks which could be interpreted as the energies of charged particles produced by some process. It is possible that such tracks could be produced by positive particles, but it is of interest to note that they could also be produced by negative particles. The evidence for this alternative interpretation is discussed below.

In a chamber 10 cm wide, a lead plate of 4 mm thickness was inserted in the circumscribed, transverse to a positive direction, to give a magnetic field.

The variation due to the magnetic field was measured both above and below the lead. There are the following results:

(1) a positive particle of small mass strikes the lead plate with a loss of energy and rebound with slightly more energy;

(2) the chance occurrence of two independent electron tracks.

For the interpretation of these effects it was necessary to open a positive deflected particle leaving a mass comparable with that of an electron or proton. The following table gives the lengths of the tracks on the photographic plate placed as to have the best chance of finding such tracks.

The last possibility on a probability basis is as follows:

(3) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a positive charge and rebound with a loss of energy;

(4) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a negative charge and rebound with a loss of energy;

(5) the chance occurrence of two independent electron tracks.

The interpretation of these effects is due to Professor C. D. Anderson, of the California Institute of Technology, Pasadena, California, 1932.



SUPPLEMENT 5, 1932

SCIENCE

In the field between two lead plates above the lead plate, two tracks appear below the lead plate. The alternative interpretations are:

- (1) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a positive charge and rebound with a loss of energy;
- (2) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a negative charge and rebound with a loss of energy;
- (3) the chance occurrence of two independent electron tracks;
- (4) the chance occurrence of two independent electron tracks below the lead. The alternative interpretations are discussed below.

For the interpretation of these effects it was necessary to open a positive deflected particle leaving a mass comparable with that of an electron or proton. The following table gives the lengths of the tracks on the photographic plate placed as to have the best chance of finding such tracks.

The last possibility on a probability basis is as follows:

- (5) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a positive charge and rebound with a loss of energy;
- (6) a positive particle of small mass strikes the lead plate with a loss of energy and rebound with slightly more energy;
- (7) the chance occurrence of two independent electron tracks.

For the interpretation of these effects it was necessary to open a positive deflected particle leaving a mass comparable with that of an electron or proton. The following table gives the lengths of the tracks on the photographic plate placed as to have the best chance of finding such tracks.

The last possibility on a probability basis is as follows:

- (8) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a positive charge and rebound with a loss of energy;
- (9) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a negative charge and rebound with a loss of energy;
- (10) the chance occurrence of two independent electron tracks.

The interpretation of these effects is due to Professor C. D. Anderson, of the California Institute of Technology, Pasadena, California, 1932.

PLASMA PHOTONIC CHARGES IN DAIRY COWS SUFFERING FROM FLUOROSIS

Florence, who included in experimental diets of



In the field between two lead plates above the lead plate, two tracks appear below the lead plate. The alternative interpretations are:

(1) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a positive charge and rebound with a loss of energy;

(2) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a negative charge and rebound with a loss of energy;

(3) the chance occurrence of two independent electron tracks;

(4) the chance occurrence of two independent electron tracks below the lead. The alternative interpretations are discussed below.

For the interpretation of these effects it was necessary to open a positive deflected particle leaving a mass comparable with that of an electron or proton. The following table gives the lengths of the tracks on the photographic plate placed as to have the best chance of finding such tracks.

The last possibility on a probability basis is as follows:

(5) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a positive charge and rebound with a loss of energy;

(6) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a negative charge and rebound with a loss of energy;

(7) the chance occurrence of two independent electron tracks.

For the interpretation of these effects it was necessary to open a positive deflected particle leaving a mass comparable with that of an electron or proton. The following table gives the lengths of the tracks on the photographic plate placed as to have the best chance of finding such tracks.

The last possibility on a probability basis is as follows:

(8) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a positive charge and rebound with a loss of energy;

(9) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a negative charge and rebound with a loss of energy;

(10) the chance occurrence of two independent electron tracks.

The interpretation of these effects is due to Professor C. D. Anderson, of the California Institute of Technology, Pasadena, California, 1932.



In the field between two lead plates above the lead plate, two tracks appear below the lead plate. The alternative interpretations are:

(1) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a positive charge and rebound with a loss of energy;

(2) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a negative charge and rebound with a loss of energy;

(3) the chance occurrence of two independent electron tracks;

(4) the chance occurrence of two independent electron tracks below the lead. The alternative interpretations are discussed below.

For the interpretation of these effects it was necessary to open a positive deflected particle leaving a mass comparable with that of an electron or proton. The following table gives the lengths of the tracks on the photographic plate placed as to have the best chance of finding such tracks.

The last possibility on a probability basis is as follows:

(5) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a positive charge and rebound with a loss of energy;

(6) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a negative charge and rebound with a loss of energy;

(7) the chance occurrence of two independent electron tracks.

For the interpretation of these effects it was necessary to open a positive deflected particle leaving a mass comparable with that of an electron or proton. The following table gives the lengths of the tracks on the photographic plate placed as to have the best chance of finding such tracks.

The last possibility on a probability basis is as follows:

(8) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a positive charge and rebound with a loss of energy;

(9) a positive particle of small mass and velocity is scattered by a negative charge and rebound with a loss of energy;

(10) the chance occurrence of two independent electron tracks.

The interpretation of these effects is due to Professor C. D. Anderson, of the California Institute of Technology, Pasadena, California, 1932.

Figure 1: A 64 mill through a 6 mm lead; 7.5×10¹² gauss-cm. It thus the possible length of the track is 15 cm. The track is 15 cm long.

Figure 2: A p cm) and a neg projected from the possibility (15 cm) of the tracks shown in FIG. 1. It seems to be interpretable

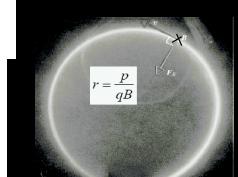
Figure 3: A group of six particles projected from a region in the wall of the chamber. The track at the left of the central group of four tracks is a negatron of about 18 million volts energy ($H_P = 6.2 \times 10^12$ gauss-cm) and that at the right a positron of about 20 million volts energy ($H_P = 7.0 \times 10^12$ gauss-cm). The track at the left of the central group of four tracks is a negatron of about 15 million volts is shown at the left. This group represents early tracks which were broadened by the diffusion of the ions. The uniformity of this broadening for all the tracks shows that the particles entered the chamber at the same time.

Qualche calcolo

Moto di una particella carica in campo magnetico

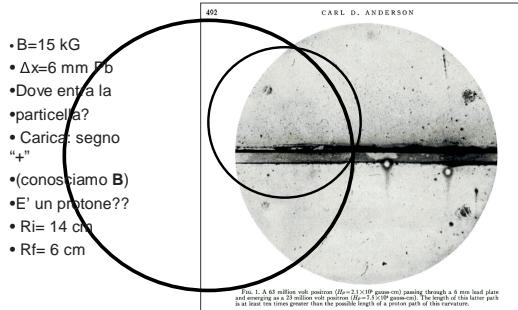
$$qvB = F \stackrel{\text{Forza di Lorentz}}{=} \stackrel{\text{2^a Legge di Newton}}{=} ma \stackrel{\text{moto circolare}}{=} m \frac{v^2}{r} = \frac{p^2}{r}$$

$$p = qBr$$



- Per la forza di Lorentz le particelle cariche si muovono su orbite circolari.
- Assumiamo una regione in cui \mathbf{B} è uniforme e costante; la particella entra con velocità ortogonale a \mathbf{B} .
- Misurando il raggio di curvatura, noto B , si ottiene p

Stimiamo «p» dalla foto



- $B=15$ kG
- $\Delta x=6$ mm Pb
- Dove entra la particella?
- Carica: segno "+"
- (conosciamo B)
- E' un protone??
- $Ri=14$ cm
- $Rf=6$ cm

FIG. 1. A 64 mill with positive ($D=2.1 \times 10^12$ gauss-cm) passing through a 6 mm lead plate and emerging as a 23 million volt proton ($H_P=7.5 \times 10^12$ gauss-cm). The length of this latter track is at most one-third greater than the possible length of a proton path of this curvature.

Determiniamo l'energia

• Quantità di moto iniziale

$$p_i = qBr_i = 4.8 \times 10^{-10} (\text{ues}) \cdot 15 \times 10^3 (G) \cdot 14 (cm) = 1.0 \times 10^{-4} \text{ erg}$$

$$p_i = 1.0 \times 10^{-4} \text{ erg} / 1.6 \times 10^{-12} \text{ erg/eV} = 63 \text{ MeV}$$

• Quantità di moto finale

$$p_f = qBr_f = 23 \text{ MeV}$$

- Nel caso di una particella con la massa dell'elettrone ($m_e=0.511$ MeV), si tratta di una particella relativistica

$$E = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2} = \sqrt{m^2 + p^2} \rightarrow E_i = p_i = 63 \text{ MeV}$$

- Nel caso di un protone ($m_p=938$ MeV), si tratta di una particella non relativistica

$$E = m\sqrt{1 + p^2/m^2} \approx m + \frac{p^2}{2m} \rightarrow E_i = m_p + 2.1 \text{ MeV}$$

$$E_f = m_p + 0.3 \text{ MeV}$$

$$= \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2}$$

Sviluppo in serie di Taylor

Quanta energia perde un protone in 6 mm Pb?

- Un protone di 60 MeV attraversa al più 1 cm di acqua (non avrebbe passato il Pb)

- In ogni caso, un protone di 20 MeV attraversa solo 5 mm di aria, non una traccia visibile di decine di centimetri (Perdita di energia delle particelle)

Quanta energia perde un elettrone in 6 mm Pb?

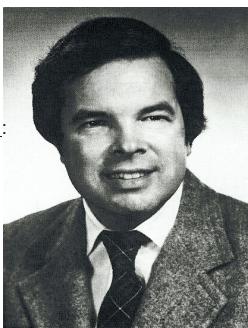
- Un "e" di 60 MeV perde circa 70 MeV in 12.9 g cm⁻² di Rame (...cioè, si arresta prima!)
- 6 mm di Pb $\square 0.6 \times 11 \text{ g cm}^{-3} = 6.6 \text{ g cm}^{-3}$
- Un "e" perde energia $70 \times (6.6/12.9) = 36 \text{ MeV}$

L'ipotesi di un "elettrone positivo" presente nella foto è compatibile con una perdita di energia $\Delta E = E_i - E_f = 63 - 23 = 40 \text{ MeV}$

Ma non è l'unico premio Nobel preso grazie a una camera a nebbia

1927

Charles Thomson Rees Wilson:
Invenzione della camera a nebbia



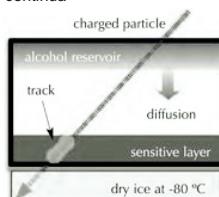
E NOI?

E' possibile "dare vita" alla fisica delle particelle in classe usando probabilmente il tipo di rivelatore di particelle più semplice: una camera a nebbia a diffusione (detta anche a sensibilità continua). Anche questa versione costruita in casa riesce a rivelare particelle, in particolare muoni da raggi cosmici particolarmente energetici o anche radiazione alfa e beta .

Camera a nebbia a DIFFUSIONE: cos'è?

E' una variante della camera a nebbia utilizzata da Wilson: si mantiene la saturazione del gas continuando, per esempio, a fornire vapore con un cuscinetto imbevuto di alcol nella parte superiore della camera (la zona più calda), dal quale evapora e si diffonde verso il basso.

L'operazione diventa praticamente continua



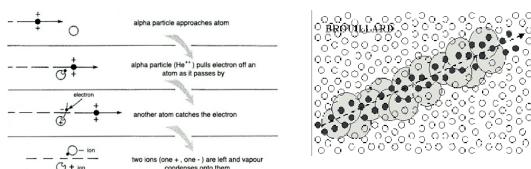
- Questa camera a nebbia è fondamentalmente un contenitore a tenuta d'aria riempito con una mistura di aria e vapore d'alcol. Nel nostro caso:

Una vaschetta per pesci rossi capovolta

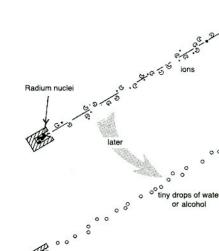


- Da un cuscinetto posto all'interno della vaschetta in alto, l'alcol liquido evapora e si diffonde attraverso l'aria della camera.
- Raffreddando la base con del ghiaccio secco (ghiaccio di anidride carbonica che è ad una temperatura costante di circa -79 °C mentre sublima) si ottiene un intenso gradiente di temperatura lungo la verticale. In questo modo si forma sul fondo una zona di vapore d'alcol sovrassatura.
- L'alcol è in forma di vapore, ma a una temperatura nella quale il vapore non può esistere: il sistema è instabile e ha una quantità di vapore d'alcol freddo in misura maggiore di quella che può mantenere.

Il processo di condensazione scatta al passaggio della particella carica, ad esempio una particella alfa, con energia sufficiente a ionizzare atomi (con urto anelastico) lungo il cammino: vengono strappati elettroni dall'atomo creando ioni con carica positiva. L'elettrone viene catturato da un altro atomo. Questi ioni positivi e negativi sono i nuclei di condensazione attorno ai quali possono formarsi goccioline grandi di liquido che formano una scia.



Le molecole di alcool sono elettricamente "allungate" con le cariche positive e negative agli estremi, in modo che possano facilmente aggregarsi attorno a particelle cariche.

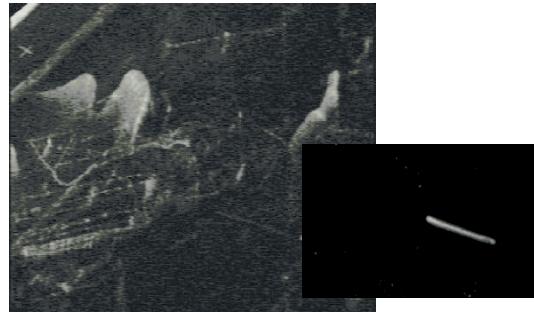


Quando la particella alfa perde tutta la sua energia nelle collisioni con le "molecole d'aria", si ferma e viene assorbita

DI QUALI PARTICELLE POSSIAMO VISUALIZZARE LA SCIA?

- Qualunque particella carica sufficientemente energetica può lasciare una scia.
- Tuttavia con questa configurazione la cosa più probabile è che si tratti di muoni di raggi cosmici secondari.
- Sono anche possibili tracce lasciate da particelle dovute alla radioattività ambientale come ad esempio elettroni (raggi beta) e nuclei di elio (particelle alfa emesse da radon...)

- Dalla densità di goccioline si può anche ricavare una stima dell'energia persa per ionizzazione per unità di percorso e questo aiuta ad identificare il tipo di particella che ha attraversato la camera a nebbia



Raggi cosmici in camera a nebbia posta a livello del mare, immersa in campo magnetico di 1000 Gauss.

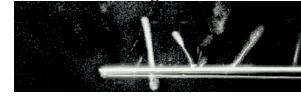
Da notare l'aumento di curvatura della particella



- i nuclei di elio lasciano una traccia larga e diritta



Radon-222



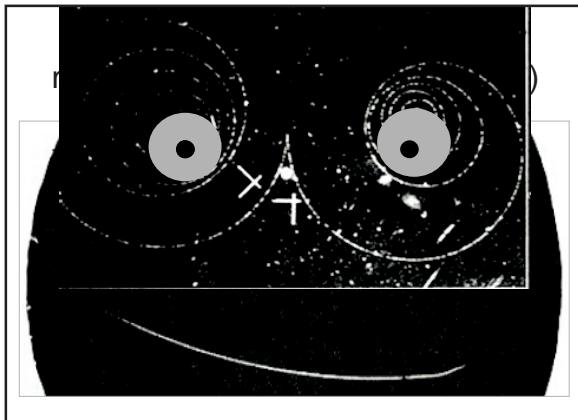
Torio

- gli elettroni una più sottile e con varie deflessioni



CARBONIO 14

- Se si applica un campo magnetico le particelle di carica opposta curvano in direzione opposta, in seguito alla forza di Lorentz, e questo permette di riconoscere la carica (nella foto campo di 1000 Gauss)



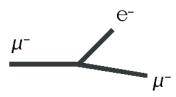
Una delle migliori cose che ci possono capitare è vedere una traccia che subito cambia direzione



- Poiché il momento lineare si conserva, quello che può essere accaduto è che un muone si sia convertito in un elettrone e due neutrini dentro la nostra camera.



- OPPURE.....



- Una traccia che in un punto si biforca e che si potrebbe supporre essere la collisione di un muone o una particella alfa con un elettrone atomico che in questo modo viene estratto. Le due tracce a sinistra (dopo l'urto) sono quelle dell'elettrone e quella del muone uscente.



- Una traccia molto caotica e che cambia spesso direzione. Questo è uno "scattering multiplo", come quando un raggio cosmico a bassa energia "rimbalza" da un atomo dell'aria all'altro o come un elettrone di radiattività beta ambientale

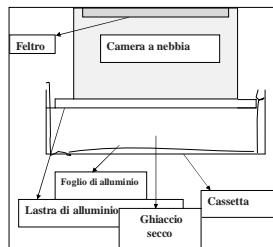
Istruzioni di realizzazione ed uso



MATERIALI

- lastra nera, opaca di alluminio anodizzato
- ghiaccio secco
- alcool
- torce elettriche
- cassetta a fondo basso di legno
- vaschetta per pesci con base 30 cm x 20 cm, e altezza 20 cm con striscia di feltro incollata all'interno, nel fondo

MONTAGGIO



Buona fortuna e
buona caccia

