Articolo di ricerca

Neutrone Magnetico

Francesco Ferrara

Docente di fisica presso istituto tecnico statale "M. Orso Corbino", sito in Partinico (PA), ricercatore indipendente

Sito internet: www.proffonlineall.it

Il sottoscritto è autore dei seguenti libri di testo:

1. **Verso la fisica**, edito da Arianna Edizioni: testo destinato al biennio del liceo scientifico, di cui di seguito è riportato il link https://www.amazon.it/s?k=verso+la+fisica&__mk_it_IT=ÅMÅŽÕÑ&ref=nb_sb_noss

2. **Con me stanno buoni**, un libro che presenta un realistico spaccato della scuola di oggi, andando oltre la facciata che la nasconde. https://www.amazon.it/s?k=con+me+stanno+buoni+francesco+ferrara&__mk_it_IT=ÅMÅŽÕÑ&ref=nb_sb_noss

3. **Il danzatore cosmico**, Aracne edizioni, testo di fisica divulgativo https://www.youtube.com/watch?v=gTgkX2K1RFE

1. Introduzione

Il mio nome è Francesco Ferrara, sono un insegnante di fisica, nonché ricercatore indipendente.

Ho sempre manifestato un vivace coinvolgimento nei confronti del sapere, privilegiando un tipo di approccio olistico: i miei interessi spaziano, dalla fisica, all'elettronica, alla medicina, alla filosofia.

La mia attività di ricerca si avvale, per lo più, di fonti non ufficiali, provenienti soprattutto dal mondo della rete, che tendono a promuovere contenuti diversi da quelli ufficialmente accettati. Credo che l'apporto che i ricercatori indipendenti abbiano dato alla scienza, nei settori più disparati, sia degno di nota, poiché tali studiosi sono stati esclusivamente motivati da una sana curiosità, scevra da interessi di tipo economico.

Alla luce delle conoscenze acquisite dalla lettura dei documenti dei ricercatori Vassallo e Celani, ho costruito, attraverso un lavoro di ricerca teorica, un modello per la particella subatomica "*neutrone*".

1.1 Unità naturali

Prima di presentare il nuovo modello per il neutrone, è d'uopo introdurre le unità naturali, un sistema di misura che assume unitarie e adimensionali, la velocità della luce c, la costante di Planck ridotta e la costante $4\pi\varepsilon_0$.

Si ha:

$c = \hbar = 1$ Relazione 1

$4\pi\varepsilon_0 = 1$ Relazione 2

In tale sistema tutte le altre grandezze fisiche hanno come dimensione una potenza positiva, negativa o nulla dell'elettronvolt.

Dichiarazione delle grandezze fisiche del modello e corrispondenza fra unità naturali ed MKSA

Grandezza fisica	**Simbolo**	**Unità nel sistema naturale**	**Unità nel sistema MKSA**
Quantità di moto	P	$1\ e V$	$5.3442883 \times 10^{-28}\ \frac{\text{kg·m}}{\text{s}}$
Massa accettata per il neutrone	m_n	939.56563 MeV	$1.6749286 \times 10^{-31}$ kg
Carica dell'elettrone	e	8.5424546×10^{-2}	$1.60217733 \times 10^{-19}$ C
Potenziale vettore	A	eV	vsm^{-1}
Raggio dell'anello di corrente formato dalla sferetta carica positivamente	R_p	$1/eV$	m
Raggio dell'anello di corrente formato dalla sferetta carica negativamente	R_e	$1/eV$	m
Raggio classico dell'elettrone	r	$1{,}42805577 \cdot\ 10^{-8}\ /eV$	$2{,}817940326 \times 10^{-15}\ m$
Raggio di Bohr $\frac{\hbar^2}{me^2}$	a_0	2.6817268×10^{-4}/eV	$5.29177249 \times 10^{-11}$ m

Tempo impiegato dalla sferetta carica positivamente a compiere un giro completo	T_p	$1/\text{e}V$	s
Pulsazione della sferetta carica positivamente.	ω_p	$\text{e}V$	s^{-1}
Tempo impiegato dalla sferetta carica negativamente, a compiere un giro completo	T_e	$1/\text{e}V$	s
Pulsazione della sferetta carica negativamente.	ω_e	$\text{e}V$	s^{-1}
Corrente dell'anello generato dalla carica negativa	i_e	$\text{e}V$	A
Corrente dell'anello generato dalla carica negativa	i_p	$\text{e}V$	A
Momento magnetico dell'anello di corrente positivo	L_p	$1/\text{e}V$	JT^{-1}
Momento magnetico generato dall'anello di carica negativa	L_e	$1/\text{e}V$	JT^{-1}
Modulo del momento magnetico del neutrone	$\lvert\vec{\mu}_n\rvert$	$8{,}708597036 \cdot 10^{-11}/\text{e}V$	$9{,}6623647(23) \cdot 10^{-27} JT^{-1}$
Area della superfice circolare delimitata dall'anello di corrente, generato dalla sferetta negativa	s_e	$(1/\text{e}V)^2$	m^2
Area della superfice circolare delimitata dall'anello di corrente, generato dalla sferetta positiva	s_p	$(1/\text{e}V)^2$	m^2
Raggio della sferetta carica negativamente	r_e	$1/\text{e}V$	m
Raggio della sferetta carica positivamente	r_p	$1/\text{e}V$	m

Tempo	t	1/ $\text{e}V$	6.5821220 $10^{-16}s$
Area della superfice circolare delimitata dall'anello di corrente, generato dalla sferetta negativa	s_e	(1/ $\text{e}V$)^2	m^2
Lunghezza	L	1/ $\text{e}V$	1.9732705 $\cdot 10^{-7}$m

Magnetone di Bohr	μ_B	8.3585815 10^{-8}/eV	9.2740154 10^{-24} J/T
Costante di gravitazione universale	G	6.70711 $10^{-57}/\text{e}$V^2	6.67259 $10^{-11}\frac{Nm^2}{k_g^2}$
Massa	m	1 $\text{e}V$	$1.7826627 \times 10^{-36}kg$
Frequenza	ν	1 $\text{e}V$	$1.5192669 \times 10^{15}H_z$
Energia	E	1 $\text{e}V$	$1.6021773\times 10^{-19}J$
Conducibilità	σ	1 $\text{e}V$	1.6904124 $\times 10^5$ S/m
Energy 1 electron volt	$\text{e}V$	1 $\text{e}V$	1.60217733 $\times 10^{-19}$ J
Corrente	I	1 $\text{e}V$	2.8494561 mA
Potenziale	ϕ	1 $\text{e}V$	85.424546 mV
Rydberg energy, $\frac{\text{e}^2}{2a_0}$	ERyd	13.605698 $\text{e}V$	2.1798741 $\times 10^{-18}$ J
Hartree energy, $\frac{\text{e}^2}{a_0}$	Eh	27.211396 $\text{e}V$	4.3597482 $\times 10^{-18}$ J
Potenza	P	$1\text{e}V^2$	0.24341350 mW
Campo elettrico	E	$1\text{e}V^2$	432.90844 V/mm
Induzione magnetica	B	1eV^2	1.4440271 mT
Magnetizzazione	M	1eV^2	1.4440271 $\times 10^4$ A/m
Densità di corrente	J	$1\text{e}V^3$	$7.3179379 \times 10^{10}\frac{A}{m^2}$
Massa del protone	m_p	938.27234 M$\text{e}V$	1.6726231 10^{-27} kg

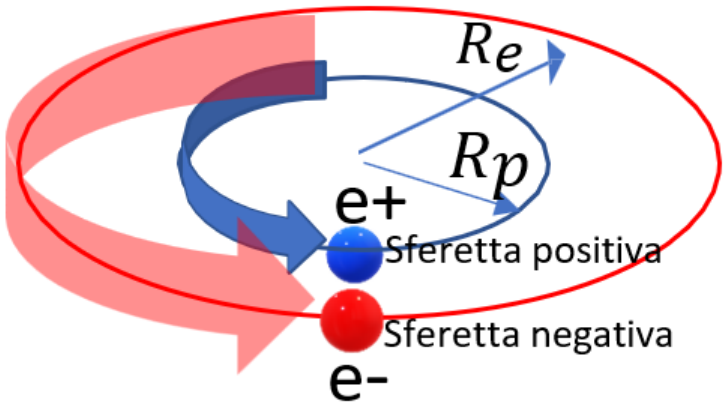
Massa del neutrone	m_n	939.56563 M$\mathscr{e}V$	1.6749286 10^{-27} kg
Permeabilità magnetica nel vuoto	μ_0	4π	$4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{m}$
Costante dielettrica del vuoto	ε_0	$\frac{1}{4\pi}$	8.854187817 $10^{-12} \frac{F}{m}$

2. Presentazione del modello per il neutrone

Il mio obiettivo è trovare un modello che descriva un neutrone, partendo dalle proprietà distintive di questa particella elementare a noi già note e da alcuni presupposti:

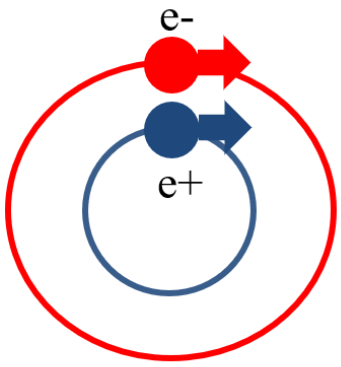
1. Il neutrone ha una massa $m_n \cong 1.6749286 \times 10^{-27}\ kg$
2. Il neutrone ha una carica elettrica complessivamente nulla.
3. Ipotizzo che sia composto da due sferette, prive di massa, il cui raggio è trascurabile rispetto alle dimensioni del modello, aventi cariche uguali in modulo ma di segno opposto, pari alla carica di un elettrone, che descrivono entrambe una traiettoria circolare alla velocità della luce, procedendo nello stesso verso.
4. Indichiamo con R_p, [m] oppure [$\mathscr{e}V^{-1}$], il raggio della traiettoria della prima sferetta, quella con carica positiva.
5. Indichiamo con R_e, [m] oppure [$\mathscr{e}V^{-1}$], il raggio della traiettoria della seconda sferetta, quella con carica negativa.
6. Le due circonferenze, descritte, giacciono sullo stesso piano.
7. I centri delle due circonferenze giacciono sullo stesso piano che contiene le circonferenze stesse.
8. Il raggio di ciascuna delle sferette è pari al raggio classico dell'elettrone

La figura mostra i due anelli di corrente, quello di raggio minore, formato dalla carica positiva e quello di raggio maggiore formato dalla carica negativa.



Calcoleremo i due raggi R_e ed R_p imponendo che:

1. La differenza delle due masse, delle due particelle, di natura puramente elettromagnetica, sia pari alla massa accettata per il neutrone.
2. La differenza, in valore assoluto, fra il momento magnetico della particella negativa e quello della particella positiva, abbia un valore netto uguale al modulo del momento magnetico del neutrone.



3. L'anello formato dalla sferetta di carica positiva

L'anello positivo di corrente è costituito da una sferetta, priva di massa, che ruota alla velocità della luce, lungo una circonferenza avente raggio pari ad R_p.

Una domanda è legittima: come può un modello, composto da una sferetta, priva di massa, possedere una massa?

È semplice dare una risposta, come nel caso del modello di elettrone di Vassallo – Celani, dopo avere introdotto il concetto di potenziale vettore $\vec{A}$.

Allo stesso modo in cui un elemento di carica genera un potenziale scalare, la cui derivata nello spazio permette di calcolare il campo elettrico, generato dalla stessa carica, cosi, un elemento di corrente genera un campo vettoriale, detto "*potenziale vettore*" ed indicato col simbolo "$\vec{A}$", la cui derivata nel tempo rappresenta il campo elettrico generato dallo stesso elemento di corrente

Il prodotto della carica "q", per il potenziale vettore "$\vec{A}$", "*visto*" dalla carica stessa, ha le dimensioni di una quantità di moto. Infatti, una semplice analisi dimensionale ci consente di pervenire a questa conclusione. Il potenziale vettore ha le dimensioni fisiche di un campo elettrico per un tempo, si ha allora: $[qA] = [qEt] = [Ft] = [P]$, un campo elettrico per una carica dà luogo ad una forza, ed infine, una forza per un tempo dà luogo ad una quantità di moto.

L'anello positivo di corrente, costituente una parte del modello del neutrone, possiede, esattamente come il modello dell'elettrone di Vassallo - Celani, una quantità di moto, di natura puramente elettromagnetica.

È quasi spontaneo associare, all'anello positivo di corrente, una massa a riposo m_p , assumendo come postulato, la relazione:

$$q\vec{A} = m_p\vec{c}. \quad \text{Relazione 3}$$

4. Le equazioni di Einstein, di Planck applicate all'anello di corrente "positivo"

Focalizziamo, adesso, la nostra attenzione su due importanti relazioni: una, quella del fisico Planck, padre della meccanica quantistica, che ha risolto l'annoso problema del diagramma di radiazione di un corpo nero, introducendo il concetto di quanto di luce, l'altra, quella di Einstein, che esprime il concetto che massa ed energia siano due manifestazioni della stessa entità.

$$E = h\nu = \hbar\omega_p \quad \text{Relazione 4}$$

$$E = m_p c^2 \qquad \text{Relazione 5}$$

La prima relazione associa l'energia ad una pulsazione angolare, in particolare alla pulsazione angolare di un'onda elettromagnetica. Un'onda elettromagnetica si comporta come un gas di fotoni, la cui energia è direttamente proporzionale alla pulsazione della radiazione stessa.

La seconda relazione lega intimamente energia e massa.

Le relazioni 4 e 5, possono essere applicate all'anello di corrente generato dalla sferetta carica positivamente, che costituisce una parte del nuovo modello di neutrone.

Cosi, applicando al modello le equazioni 4 e 5 e rifacendosi al sistema delle unità naturali si ha:

$$[m_p = \omega_p = \frac{1}{R_p}]_{NU} \quad \text{Relazione 6}$$

La relazione 6 è di notevole eleganza formale e di notevole chiarezza, in quanto conferisce un significato fisico immediato alla massa: nelle unità naturali di misura, quest'ultima rappresenta proprio la pulsazione angolare della sferetta carica rotante e, al tempo stesso, l'inverso del suo raggio di curvatura.

La fisica ha sempre dato una definizione ambigua massa.

Infatti, in base alla seconda legge della dinamica, la massa è definita dal rapporto fra la forza applicata a un corpo e la sua accelerazione. A sua volta, però, la forza è definita come una grandezza fisica che ha attitudine a variare lo stato di quiete o di moto, di un corpo dotato di *massa*. In altre parole, è usato

il concetto di forza per definire il concetto di massa, ma successivamente è usato il concetto di massa per definire quello di forza. Quanto detto costituisce una vera e propria tautologia, che per anni, in quanto insegnante di fisica, mi ha lasciato diverse perplessità.

La massa dell'anello "positivo" di corrente si evince dal modello stesso, non è conferita a priori, "*sic et simpliciter*".

Considerando le equazioni di Planck e di Einstein:

$$E = \hbar\omega_p \text{ Relazione 7}$$

$$E = m_p c^2 \text{ Relazione 8}$$

Uguagliando i secondi membri si ha:

$$m_p = \frac{\hbar}{R_p\, c} \text{ Relazione 9}$$

La relazione 9 esprime la massa a riposo, di natura puramente elettromagnetica, dell'anello positivo di corrente che costituisce una parte del nostro modello del neutrone.

5. Le equazioni di Einstein, di Planck applicate all'anello di corrente "negativo"

L'anello di corrente "*negativo*" è formato da una sferetta, priva di massa, che ruota alla velocità della luce lungo una circonferenza avente raggio R_e .

Anche in questo caso, l'anello "*negativo*" di corrente possiede una massa di natura puramente elettromagnetica, che è possibile esprimere, in funzione del raggio della circonferenza descritta, applicando, ancora una volta, le equazioni di Einstein e di Planck.

Considerando le equazioni di Planck e di Einstein:

$$E = \hbar\omega_e \text{ Relazione 10}$$

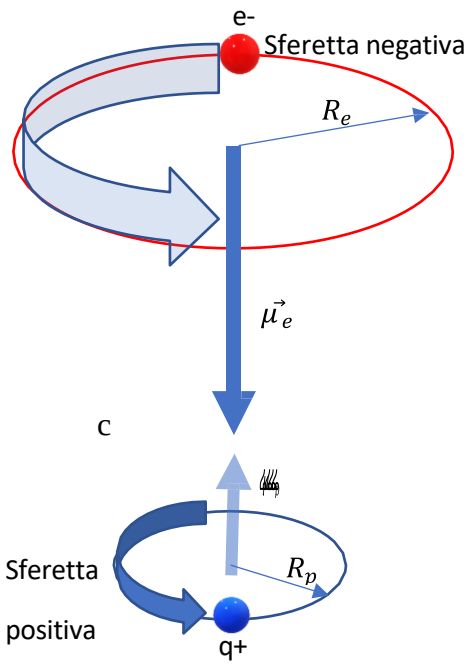
$$E = m_e c^2 \text{ Relazione 11}$$

Uguagliando i secondi membri si ha:

$$m_e = \frac{\hbar}{R_e\, c} \text{ Relazione 12}$$

La relazione 12 esprime la massa a riposo, di natura puramente elettromagnetica, dell'anello "*negativo*" di corrente, che costituisce la seconda parte del nuovo modello di neutrone.

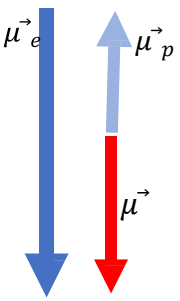
6. Il momento magnetico del modello del neutrone



La sferetta carica negativamente genera un momento magnetico rappresentato dal vettore $\vec{\mu}_e$ in figura. Applicando la regola della mano destra, tale vettore sarebbe diretto verso l'alto, ma, tenendo conto che la carica ha segno negativo, sarà diretto, di fatto, verso il basso.

La sferetta carica positivamente genera un momento magnetico $\vec{\mu}_p$, diretto in verso opposto rispetto a quello generato dalla carica negativa. La differenza, in valore assoluto fra i moduli dei due vettori, che hanno la stessa direzione e verso opposto, darà luogo al momento magnetico complessivo della particella "*neutrone*".

Applicando il metodo punta coda si ha infatti:



$$|\vec{\mu}| = |\vec{\mu}_e - \vec{\mu}_p|$$

7. Imposizione della condizione sulla massa totale

I due anelli di corrente posseggono una massa, di natura puramente elettromagnetica che è possibile esprimere in funzione dei loro raggi.

Una delle equazioni, che ci consente di caratterizzare il modello, si ricava imponendo che, la *differenza* delle due masse elettromagnetiche, dei due anelli di corrente, sia pari alla massa accettata per il neutrone. È importante sottolineare che, la massa totale del sistema composto dai due anelli di corrente, non si ottiene come somma delle masse dei singoli anelli, ma come differenza. D'altra parte, secondo le equazioni di Einstein, la massa e l'energia sono due manifestazioni della stessa cosa. Avvicinando i due anelli, è come se avvicinassi due bobine percorse da correnti che scorrono in verso opposto, l'una rispetto all'altra. La corrente netta del sistema, somma algebrica delle due correnti è minore delle singole correnti, poiché, di fatto, è ottenuta operando la differenza fra i due valori. Questo modello attribuisce, *per la prima volta nella storia della fisica*, una natura pseudo-vettoriale alla massa: per ottenere la massa totale di un sistema, composto da due oggetti dotati di massa, sottraiamo le masse dei due oggetti, invece che sommarle. Questo è notevole!

$$\frac{\hbar}{R_p c} - \frac{\hbar}{R_e c} = m_n \quad \text{Relazione 13}$$

8. Condizione sui momenti magnetici

Calcoliamo la corrente dei due anelli di corrente.

Rispettando la simbologia adottata si ha:

$$i_p = \frac{e}{T_p} = \frac{e\omega_p}{2\pi} = \frac{ec}{2\pi R_p} \quad \text{Relazione 14}$$

Analogamente si ha:

$$i_e = \frac{e}{T_e} = \frac{e\omega_e}{2\pi} = \frac{ec}{2\pi R_e} \quad \text{Relazione 15}$$

Calcoliamo i momenti magnetici in modulo dei due singoli anelli di corrente, pari al prodotto delle rispettive correnti per l'area della superficie delle rispettive spire, determinate dagli anelli ci corrente:

$$\mu_e = i_e \cdot s_e = \frac{ec}{2\pi R_e}\pi R_e^2 = \frac{ecR_e}{2} \quad \text{Relazione 16}$$

$$\mu_p = i_p \cdot s_p = \frac{ec}{2\pi R_p}\pi R_p^2 = \frac{ecR_p}{2} \quad \text{Relazione 17}$$

$$|\vec{\mu}_n| = |\vec{\mu}_e - \vec{\mu}_p| = \frac{ecR_e}{2} - \frac{ecR_p}{2} = \frac{ec}{2}(R_e - R_p) \quad \text{Relazione 18}$$

$$|\vec{\mu}_n| = \frac{ec}{2}\left(R_e - R_p\right)$$ Relazione 19

Mettiamo, adesso, a sistema le relazioni 16 e 19, si ha:

$$\begin{cases} \frac{\hbar}{R_p c} - \frac{\hbar}{R_e c} = m_n \\ |\vec{\mu}_n| = \frac{eC}{2}\left(R_e - R_p\right) \end{cases}$$ Relazione 20

È possibile riscrivere la relazione 20 nel seguente modo:

$$\begin{cases} \frac{\hbar}{R_p c} - \frac{\hbar}{R_e c} = m_n \\ R_e - R_p = \frac{2|\vec{\mu}_t|}{ec} \end{cases}$$ Relazione 21

Si ha ancora:

$$\begin{cases} \frac{\hbar}{R_p c} - \frac{\hbar}{R_e c} = m_n \\ R_p = R_e - \frac{2|\vec{\mu}_t|}{ec} \end{cases}$$ Relazione 22

Sostituiamo nella prima equazione delle 22, al posto di R_p, la quantità $R_e - \frac{2|\vec{\mu}_t|}{ec}$, si ha:

$$\frac{\hbar}{\left(R_e - \frac{2|\vec{\mu}_t|}{ec}\right)c} - \frac{\hbar}{R_e c} = m_n$$ Relazione 23

$$\frac{\hbar e}{eR_e \cdot c - 2|\vec{\mu_t}|} - \frac{\hbar}{Re\, c} = m_n$$

$$\frac{\hbar ecR_e - \hbar ecR_e + 2\hbar|\vec{\mu_t}| - m_n ec^2 R_e^2 + m_n 2cR_e|\vec{\mu_t}|}{ecR_e(ecR_e - 2|\vec{\mu_t}|)} = 0$$

$$2\hbar|\vec{\mu_t}| - m_n ec^2 R_e^2 + 2cm_n\, Re|\vec{\mu_t}| = 0$$

$$R_e^2 - \frac{2|\vec{\mu_t}|}{ec}R_e - \frac{2\hbar|\vec{\mu_t}|}{ec^2 m_n} = 0$$

Sostituendo i valori si ha:

11

$$R_e^2 - 4{,}023297404 \cdot 10^{-16} R_e - 8{,}449706882 \times 10^{-32} = 0$$

$$\Delta = 4{,}998574953 \cdot 10^{-31}$$

$$R_{e1,2} = \frac{4{,}023297404 \cdot 10^{-16} \pm \sqrt{4{,}998574953 \cdot 10^{-31}}}{2}$$

$$R_{e1} = R_e = 5{,}546678742 \cdot 10^{-16}\, m$$

Una delle due radici è negativa non ha, pertanto, significato fisico ed è stata scartata.

$$R_p = R_e - \frac{2|\vec{\mu}_t|}{ec} \cong 5{,}546678742 \cdot 10^{-16} - \frac{2 \cdot 9{,}6623647(23) \cdot 10^{-27}}{1.60217733 \times 10^{-19} \times 2{,}99792458 \cdot 10^{8}}$$
$$\cong 1{,}523381338 \cdot 10^{-16}\, m$$

Si ha in definitiva:

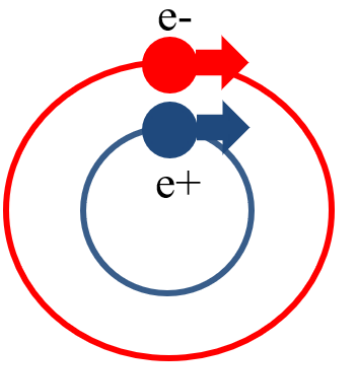
$$\boldsymbol{R_e = 5{,}546678742 \cdot 10^{-16}\, m}$$

$$\boldsymbol{R_p \cong 1{,}523381338 \cdot 10^{-16}\, m}$$

8. Lo spin del neutrone

Calcoliamo, adesso, lo spin del neutrone.

FIGURA 2



A tal proposito è opportuno osservare che la misura dello spin di una particella subatomica, prevede che , la particella stessa sia sottoposta ad un campo magnetico esterno. Nel nostro caso l'azione del campo esterno orienterà i due anelli di corrente, quello positivo e quello negativo, in modo che i due campi "guarderanno verso il NORD del campo magnetico esterno. Nell'istante del calcolo, le due masse, quella rappresentata dalla carica positiva e quella rappresentata dalla carica negativa, si sommano. Lo spin del modello, ovvero il momento della quantità di moto sarà pertanto dato dalla seguente relazione:

$L = R_p m_p c + R_e m_e c = 1{,}523381338 \cdot 10^{-16}\ \text{m} \times 2.309121723 \times 10^{-27} kg \times 299772458 \frac{m}{s} + 5{,}546678742 \times 10^{-16} m \times 6.341944618 \times 10^{-28} kg \times 299292458 \frac{m}{s} = 2.109018894 \times 10^{-34} [kg \frac{m^2}{s}]$

Considerando il rapporto fra il valore dello spin ottenuto e quello accettato per il neutrone si ha:

$$\frac{Momento\ angolare\ del\ modello}{Spin\ accettato} = \frac{2.109018894 \times 10^{-34}}{5.272859085 \times 10^{-35}} 3 = 3.94$$

Si ha quindi:

$Momento.angolare.modello \cong 3.9\ spin.accettato$

Dal modello emerge che il momento angolare totale risulta circa quattro volte maggiore dello spin accettato per il neutrone. A prima vista, questa discrepanza potrebbe far sembrare il modello incongruente. Tuttavia, è importante ricordare che lo spin misurato sperimentalmente corrisponde alla proiezione del momento della quantità di moto lungo la direzione del campo magnetico esterno utilizzato per la misura.

La particella non si allinea mai completamente con il campo esterno, ma forma un angolo θ con esso. Se consideriamo questo angolo circa 75°, il valore della proiezione del momento angolare lungo il campo esterno risulta coerente con lo spin osservato, ovvero circa metà di ħ (h tagliato).

Inoltre, parlando di spin, un modello classico deve necessariamente lasciare spazio alla quantizzazione delle grandezze fisiche: il momento della quantità di moto risultante non è semplicemente la somma vettoriale dei momenti angolari dei due anelli di corrente.

Non è neanche detto che i due anelli, sottoposti a un campo esterno, mantengano moti rigidi e precessioni identiche. Pertanto, se il modello non riesce a predire esattamente il valore numerico dello spin misurato, ciò non ne compromette la validità o la coerenza fisica, ma indica piuttosto la necessità di tener conto delle complessità della quantizzazione e dell'interazione tra i momenti angolari.

Calcolo della proiezione dello spin

Dai calcoli del modello otteniamo un momento angolare totale:

$$L = 2.1 \times 10^{-34}\ \text{kg·m²/s}$$

Il valore accettato per lo spin del neutrone è circa:

$$S = 0.5 \times \hbar \approx 0.527 \times 10^{-34}\ \text{kg·m²/s}$$

$$\text{Dove } \hbar \text{ (h tagliato)} = 1.054571817 \times 10^{-34}\ \text{J·s}$$

Consideriamo che lo spin misurato è la proiezione di L lungo la direzione del campo magnetico esterno, quindi:

$$S = L \times \cos(\theta)$$

Risolvendo per θ:

$\cos(\theta) = S / L = (0.527 \times 10^{-34}) / (2.1 \times 10^{-34}) \approx 0.25$

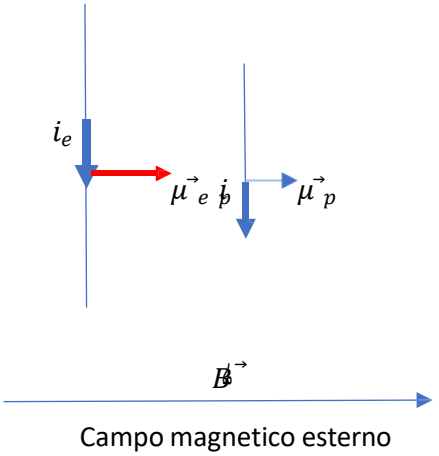
$\theta = \arccos(0.25) \approx 75°$

Quindi, se il momento angolare totale forma un angolo di circa 75° con il campo esterno, la sua proiezione corrisponde allo spin misurato sperimentalmente.

La configurazione, degli anelli di corrente costituenti il neutrone, sarebbe quella mostrata nelle figure uno e due. I due anelli, in modo simile a due spire attraversate da correnti procedenti in verso opposto, l'una rispetto all'altra, avrebbero momenti magnetici opposti (vedi figura 2).

Se considerassimo un campo magnetico esterno applicato, al fine di misurare lo spin, i due anelli di corrente tenderebbero ad allinearsi con tale campo.

FIGURA 2



In tale situazione il momento angolare complessivo diverrebbe pari alla somma dei momenti angolari dei singoli anelli di corrente e sarebbe pari a:

$$L_{tot} = R_e m_e c + R_p m_p c = 2\hbar$$

In realtà i due anelli di corrente, come due giroscopi, non si allineeranno mai col campo esterno, ma compiranno un moto di precessione.

In altre parole, lo spin misurato, sarebbe la proiezione del vettore momento angolare $\vec{L}_{tot}$, lungo la direzione del campo magnetico esterno e sarebbe paria a $\pm\hbar / 2$

9. Forze agenti sul sistema

Il sistema "*neutrone*", in seno all'atomo, è stabile!

Se i due anelli di corrente sono sufficientemente vicini, (ipotizziamo che la loro distanza sia pari ad una lunghezza d'onda di Compton ridotta per il neutrone, 2,100194450997E-16 m), è possibile trattarli come due correnti parallele che procedono in versi opposti l'una rispetto all'altra.

FIGURA 3

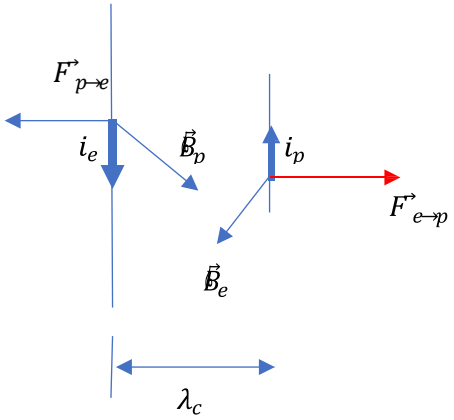
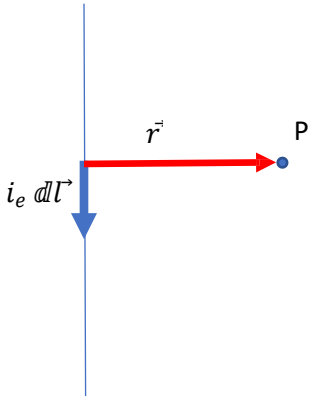


FIGURA 4



Il campo magnetico generato dall'anello della sferetta negativa, ad una distanza r, (vedi figura 3), ha la seguente espressione:

$$\vec{dB_e} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\, \vec{de} \wedge \vec{r}}{|\vec{r}|^3}$$

Poiché l'elemento $\vec{dl}$ ed il vettore $\vec{r}$ sono perpendicolari, (vedi figura 4), è possibile scrivere:

$$dB_e = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i_e\, dl}{r^2}$$

Nel nostro caso si ha:

$$i_e\, dl = \frac{dq}{dt} \cdot dl = |e| \frac{dl}{dt} = |e|c$$

Assumendo che r sia proprio la distanza fra i due anelli di corrente, si ha:

$$B_e = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{|e|c}{r^2}$$ Relazione 24

Il campo magnetico B_e, generato dall'anello "elettrone", interagisce con la carica in movimento dell'anello protone, determinando su quest'ultimo una forza magnetica

$$F_{e\to p} = B_e c|e|$$ Relazione 25

Sostituendo la relazione 24 nella relazione 25 si ha:

$$F_{e\to p} = B_e\, c|e| = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{e^2c^2}{r^2}$$ Relazione 26

I due anelli di corrente si respingeranno con una forza di natura magnetica, pari:

$$F_{e\to p} = F_{p\to e} = F_M = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{e^2c^2}{r^2}$$ Relazione 27

Poiché i due anelli di corrente sono costituiti da cariche di segno opposto, essi si attrarranno con una forza Coulombiana la cui espressione sarà la seguente:

$$F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r^2}$$ Relazione 28

Supponiamo che la forza magnetica con cui i due anelli di corrente si respingono e quella elettrica, con cui si attraggono, siano uguali, imponiamo l'uguaglianza delle due forze e costatiamo a quali conclusioni tale ipotesi ci conduca.

$$F_M = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{e^2c^2}{r^2} = F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r^2}$$ Relazione 29

Semplificando, con semplici passaggi si ottiene:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}$$ Relazione 30

La relazione 30 è una nota relazione che lega la velocità della luce alla costante dielettrica del vuoto ed alla costante di permeabilità magnetica del vuoto.

L'aver supposto che le due forze, elettrica e magnetica, abbiano lo stesso modulo, conduce ad una verità matematica già consolidata nella teoria della propagazione delle onde elettromagnetiche.

È possibile concludere che i due anelli di corrente sono soggetti a due forze, una di natura Coulombiana che tenderebbe ad attrarli, l'altra di natura elettromagnetica che tenderebbe a respingerli: tali forze sono uguali, nell'ipotesi che la distanza fra i due anelli sia confrontabile lunghezza d'onda di Compton per il neutrone. In tale situazione, i due anelli possono essere trattati come fili paralleli percorsi da correnti, che scorrono in verso opposto l'una rispetto all'altra. Cosi la struttura del neutrone, fin tanto ché la distanza fra i due anelli è dell'ordine della lunghezza d'onda di Compton, si mantiene stabile. Se i due anelli dovessero allontanarsi, o avvicinarsi, l'ipotesi di considerarli come due correnti parallele che scorrono in verso opposto, non sarebbe più valida.

Vorrei far notare che, uguagliando la forza elettrica a quella magnetica, il raggio r, distanza fra i due anelli di corrente, si semplifica: questo ***non*** vuol dire che l'uguaglianza delle due forze sia indipendente dal raggio. Se allontanassi si due anelli oltre un certo limite, non potrei più trattarli col modello di correnti parallele. Evidentemente esisterebbe un range di distanze, confrontabile con la lunghezza d'onda di Compton del neutrone, in cui l'approssimazione di correnti parallele è valida. Se la distanza fra i due anelli fosse compresa in quel range, il sistema "*neutrone"* composto dai due anelli sarebbe stabile, altrimenti non lo sarebbe più.

10. Il neutrone fuori dal nucleo

È ben noto che il neutrone, ad di fuori dal nucleo atomico, è una particella instabile. I dati sperimentali confermano che essa abbia una vita di circa un quarto d'ora e dopo decada in un protone un elettrone ed un antineutrino.

Il modello degli anelli di corrente che costituiscono le particelle elementari, permette di formulare delle ipotesi diverse circa il decadimento del neutrone.

Il presupposto di base è che il vuoto stesso possegga dell'energia, altrimenti nota come energia di punto zero.

Gli scambi di energia, fra la particella "*neutrone*" ed il vuoto, renderebbero il sistema instabile: l'anello di corrente generato dalla sferetta carica positivamente, dopo un certo tempo, si disaccoppierebbe dall'anello negativo, e si dilaterebbe, passando da un raggio di

$5{,}546678742 \cdot 10^{-16}\, m$ ad un raggio di $0{,}386159267 \times 10^{-12}$m

L'aumento delle sue dimensioni, in termini di raggio, comporterebbe una diminuzione della massa.

Il raggio dell'anello "positivo" di corrente, si porterebbe dal valore di $1{,}523381338 \cdot 10^{-16}$ m al valore di $2{,}103089322439 \times 10^{-16}\, m$

La somma della massa di un elettrone e di quella di un protone è minore rispetto alla massa di un neutrone.

In particolare, si ha:

$massa_{neutrone} - (massa_{protone} + massa_{elettrone}) \cong 1{,}39456103 \times 10^{-30} kg$

Poiché la massa e l'energia sono due manifestazioni della stessa entità, sorge spontanea la domanda: dove sarà profusa l'energia corrispondente alla massa appena calcolata?

Piuttosto che introdurre altre particelle, ottenendo, così, una complicazione del sistema, in accordo col principio del rasoio di Occam, potrebbe essere plausibile come ipotesi, che l'energia in eccesso sia stata, semplicemente, ceduta al vuoto e che quindi abbia contribuito ad aumentare la così detta energia di punto zero.

11. La costante di struttura fine

Il modello di elettrone proposto da Vassallo - Celani presenta, una peculiarità.

Il rapporto, fra il raggio classico R_H dell'atomo d'idrogeno ed il raggio dell'anello di corrente che forma l'elettrone, è uguale al rapporto fra il raggio dell'anello di corrente stesso ed il raggio classico, r, dell'elettrone.

L'inverso di tale rapporto è detto costante di struttura fine.

È plausibile che anche il rapporto fra il raggio r_e , della sferetta negativa che determina l'anello di corrente negativo, nel modello del neutrone ed il raggio R_e dello stesso anello, sia uguale alla costante di struttura fine 1/137.

La sferetta carica negativamente, che determina l'anello di corrente negativo, avrebbe un raggio determinabile a partire dalla seguente condizione:

$$\frac{r_e}{R_e} = \frac{1}{137}$$

Da cui:

$$\mathrm{r_e} = \frac{\mathrm{R_e}}{137} \cong \frac{5{,}546678742 \cdot 10^{-16}}{137} \cong 4{,}048670615 \times 10^{-18}\ \mathrm{m}$$

Similmente il raggio della sferetta positiva sarà:

$$\mathrm{r_p} = \frac{\mathrm{R_p}}{137} \cong \frac{1{,}523381338 \cdot 10^{-16}}{137} \cong 1{,}111957181 \times 10^{-18}\ \mathrm{m}$$

Nella pagina successiva, una tabella mostra i dati delle proprietà distintive dei modelli di elettrone, protone e neutrone in accordo con la propaggine teorica introdotta dai ricercatori Vassallo - Celani

12. I modelli di elettrone, protone e neutrone: peculiarità

	Raggio anello	**Raggio sferetta rotante**	**Massa calcolata dal modello**	**Momento angolare**	**Spin**	**Corrente dell'anello**	**Momento Magnetico**
Elettrone	$0{,}386159267 \times 10^{-12}$m	$2{,}8179403267 \times 10^{-15}$m	$9.1093829 \times 10^{-31}$kg	$\hbar$	$\pm\hbar / 2$	19,79634234 A	$9{,}2740140839\ 10^{-24}\ JT^{-1}$
Protone	$2{,}1030893041\times 10^{-16}m$	$1{,}5351016818\times 10^{-18}m$	$1{,}6726231\times 10^{-27}\ kg$	$\hbar$	$\pm\hbar / 2$	$3{,}6349103353\times 10^{4}A$	
Neutrone: anello di corrente "positivo"	$\mathbf{1{,}523381338 \cdot 10^{-16}\ m}$	$1{,}111957181 \times 10^{-18}$ m	$2{,}309123569\times 10^{-27}\ kg$	$\hbar$		$5{,}01814014\times 10^{4}\ A$	$3{,}65855780\times 10^{-27}\ JT^{-1}$
Neutrone: anello di corrente negativo	$\mathbf{5{,}546678742\times 10^{-16}\ m}$	$4{,}048670615 \times 10^{-18}$ m	$6{,}34194968765710^{-28}\ kg$	$\hbar$		$1{,}37821954\times 10^{4}\ A$	$-1{,}3320922510^{-26}\ JT^{-1}$ -
Neutrone: modello completo, comprensivo di entrambi gli anelli di corrente	NA	NA	$\mathbf{1{,}6749286 \times 10^{-27}\ kg}$	$2\hbar$	$\pm\hbar / 2$	NA	$\mathbf{-9{,}66236472\times 10^{-27}\ JT^{-1}}$

Sommario

Introduzione	pag. 1
Unità naturali	pag. 2
Presentazione del modello per il neutrone	pag. 5
L'anello formato dalla sferetta di carica positiva	pag. 6
Le equazioni di Einstein, di Planck applicate all'anello di corrente "positivo"	pag. 7
Le equazioni di Einstein, di Planck applicate all'anello di corrente "negativo"	pag. 8
Il momento magnetico del modello del neutrone	pag. 9
Imposizione della condizione sulla massa totale	pag. 10
Lo spin del neutrone	pag. 12
Forze agenti sul sistema	pag. 13
Il neutrone fuori dal nucleo	pag. 16
La costante di struttura fine	pag. 16
I modelli di elettrone, protone e neutrone: peculiarità	pag. 18