estratto da : **L'EQUILIBRIO UNIVERSALE**

dalla meccanica celeste alla fisica nucleare

– materializzazione dell'energia e annichilazione della materia, generazione di coppie elettrone-positrone

La materializzazione dell'energia e il processo inverso di annichilazione della materia sono argomenti direttamente collegati all'effetto Compton, del quale rappresentano due casi estremi.

Secondo l'interpretazione letterale, per materializzazione dell'energia si deve intendere la **conversione di energia di qualsiasi tipo in materia**.

Per non allontanarci dal tema, dando ai termini energia e materia il significato preso dal **linguaggio corrente**, diciamo che queste operazioni si realizzano tutti i giorni nei laboratori di fisica nucleare e in qualsiasi punto dell'universo in cui si verifichi la transizione di una massa all'interno di uno spazio rotante da una distanza R_1 a R_2 dalla massa centrale generatrice.

Normalmente però, quando si parla di **materializzazione**, questo fatto viene trascurato e ci si riferisce alla **formazione di coppie di particelle**, **elettrone-positrone** o più in generale **particella e antiparticella**, partendo da fotoni di opportuna energia.

Questo accade perchè non è ben chiaro il significato fisico che si deve dare ai termini che si utilizzano nei discorsi e il linguaggio comune non può essere di grande aiuto, anzi, in alcuni casi, conduce fuori strada.

Anche se possiamo sembrare ripetitivi, per una migliore comprensione degli argomenti che sono stati indicati, richiamiamo ancora alcuni punti che sono stati analizzati durante l'esposizione della teoria generale.

Abbiamo visto che " **la materia è il frutto dell'interazione tra punti diversi dello spazio fisico in moto relativo tra loro** ".

Condizione necessaria per l'esistenza della materia, **intesa come sistema costituito da almeno due punti interagenti**, è che ciascuno di essi possa " **rivelare** " la presenza dell'altro.

Questa condizione, analiticamente, si traduce nel fatto che ciascun punto sia capace di esercitare su tutti i punti dello spazio circostante un'accelerazione

2027

radiale che li obbliga ad acquisire una condizione di equilibrio stazionario.

Il punto " materiale " considerato esiste dunque se esercita sullo spazio fisico un'azione attiva, che si manifesta attraverso lo spazio rotante K^2 , che viene così generato. **La materia si identifica dunque con lo spazio rotante**, del quale presenta tutte le caratteristiche (gravità e inerzia).

Con questa concezione della materia diventa facile capire come la necessità di identificarla con qualcosa di " **palpabile** ", che possa cadere sotto i nostri sensi, sia piuttosto un nostro limite, dovuto proprio all'abitudine di sondare la realtà attraverso i nostri sensi.
Per liberarcene dobbiamo pensare di indagare l'universo senza il loro aiuto.

Abbiamo detto che la quantità di materia Q esiste in un punto O dello spazio, se una quantità di materia arbitraria (anche $m \to 0$), posta alla distanza R , può rivelare la sua presenza.

Imponendo questa condizione, abbiamo visto che tutta la materia, qualunque sia il suo livello di aggregazione (anche $m \to 0$, dunque **puro spazio fisico**), **esiste perchè è attiva sullo spazio**, **imponendo ad ogni punto la legge universale** :

$$V^2 \cdot R = K^2$$

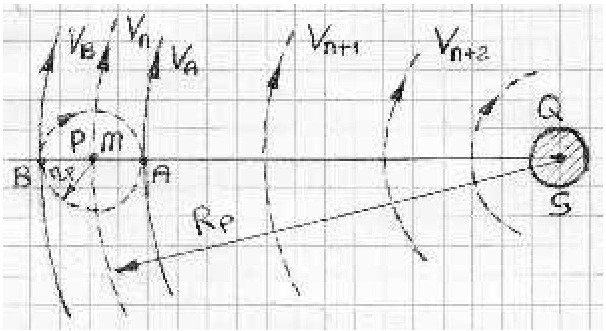
Scrivendo l'equazione del moto del generico punto P ed imponendo i principi di conservazione dell'energia e del momento angolare specifici (**riferiti cioè alla massa unitaria**), abbiamo dimostrato che essi **vengono verificati solo dai valori del raggio che soddisfano la relazione** :

$$R_n = \frac{R_1}{n^2} \quad \text{con} \quad n = \mathbf{0, 1, 2, 3, ecc.......}$$

In qualsiasi spazio rotante si ha quindi una quantizzazione delle orbite stabili e questa è una legge che **ha valore universale**.

Tutte le masse in equilibrio nello spazio rotante si concentrano quindi in corrispondenza di tali orbite.

2028



Imponendo ancora la condizione di minima dissipazione di energia, e dunque di massima stabilità del sistema, abbiamo visto che una sfera planetaria m , in orbita sulla falda di raggio R_p, tende a raggiungere questa condizione con un moto rotorivoluente sincrono, ossia con una velocità di rotazione uguale a quella di rivoluzione (minimo valore della velocità di scorrimento rispetto allo spazio fisico).
Il raggio della sfera di spazio che soddisfa questa condizione è stato ricavato e vale :

$$r_p = \left(\frac{K_p^2}{K_s^2} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot R_p$$

dove K_p^2 e K_s^2 rappresentano gli spazi rotanti associati alla massa planetaria e solare. Per esempio, per la Terra si ricava :

$$r_{PT} = \left(\frac{K_p^2}{K_s^2} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot R_T = \left(\frac{398754 \ \frac{K_m^3}{sec^2}}{132.725 \cdot 10^{-9} \ \frac{K_m^3}{sec^2}} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot 149.6 \cdot 10^6 K_m$$

$= 2.1586 \cdot 10^6 K_m$

Generalmente la massa planetaria ha un raggio $r \ll r_P$.

L'azione stabilizzatrice che viene prodotta dalla condizione tendenziale che è stata ricavata risulta dunque molto scarsa in prossimità della superficie della massa m e quindi, sempre per avere minimo scorrimento, essa rotorivoluisce

2029

con **un nucleo di raggio** r_0 al quale lo spazio rotante planetario K_p^2 impone una velocità di rotazione uguale a quella di rivoluzione, imposta dallo spazio rotante centrale K_s^2, ossia tale che :

$$\left(\frac{K_p^2}{r_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{K_s^2}{R_p}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{da cui :} \quad r_0 = \frac{K_p^2}{K_s^2} \cdot R_p$$

Per esempio, la Terra presenta un nucleo interno di raggio $r_0 = 449{,}5\, K_m$ in rotazione con velocità periferica pari a $V_T = 29{,}876\, \frac{K_m}{sec}$.

In generale, in uno spazio rotante l'orbita stabile osservabile di raggio minimo è nota per definizione, i quanto si conosce il tipo di segnale che si utilizza per l'osservazione e quindi anche "**la sua velocità di propagazione rispetto al mezzo**", che coincide con il valore massimo raggiungibile da qualsiasi punto **per essere ancora osservabile**.

Nel nostro caso i rilievi vengono realizzati generalmente con segnali luminosi oppure con onde elettromagnetiche, che si muovono con una velocità uguale a $C_l = 299792458\, \frac{m}{sec}$.

Dall'equazione fondamentale : $V^2 \cdot R = K^2$

si ricava così il raggio dell'orbita sulla quale la velocità di equilibrio raggiunge

il valore massimo : $R_{n_s} = \dfrac{K^2}{C_l^2}$

che rappresenta il raggio dell'orbita circolare minima **osservabile associata al numero quantico massimo** n_s .

Per poter utilizzare più agevolmente le relazioni che abbiamo ricavato e per uniformarci alla simbologia corrente, conviene modificare il numero quantico come segue:

$$R = \frac{R_1}{n^2} \cdot \frac{n_s^2}{n_s^2} = \frac{R_1}{n_s^2} \cdot \frac{n_s^2}{n^2}$$

posto :

2030

$$R_{ns} = \frac{R_1}{n_s^2} \quad e \quad p = \frac{n_s}{n}$$

si ottiene quindi :

$$R = R_{ns} \cdot p^2 \quad ; \quad V_n = \frac{V_{n_s}}{p}$$

Nel caso particolare in cui sia le masse che generano lo spazio rotante che quelle planetarie risultano tutte uguali tra loro, come generalmente accade nei sistemi atomici e subatomici (ma non si può escludere che possa accadere anche in altri casi), abbiamo visto che **le orbite che consentono l'equilibrio sono solo quelle che corrispondono ai valori interi del rapporto p e la massa in equilibrio sul livello p può assumere il valore massimo** :

$$m_P = \left(2 \cdot p^2\right) \cdot m_{1P}$$

dove m_{1P} **è la massa unitaria in orbita** capace di soddisfare l'equilibrio del momento angolare.

Essendo l'energia della singola massa presente sul livello p data da :

$$E_{1P} = \frac{1}{2} \cdot m_{1P} \cdot V_P^2$$

solo in questo caso, "con m_1 costante", la quantizzazione del raggio delle orbite e della velocità orbitale produce una **quantizzazione dell'energia** .

E' questa l'origine della meccanica quantistica, che ha valore assolutamente universale e affatto legata alla costante di Planck, che, come vedremo in altro capitolo, è conseguenza e non origine della quantizzazione delle orbite.

In definitiva la sfera solare centrale, che genera lo spazio rotante, trasferisce allo spazio circostante l'energia necessaria per formare con esso un sistema legato stabile.

Lo spazio rotante così formato è in perfetto equilibrio dinamico con la massa centrale generatrice e si oppone a qualsiasi perturbazione esterna tendente a modificarlo.

2031

Questa tendenza a conservare l'equilibrio raggiunto è definita "**inerzia dello spazio rotante**".
La reazione dello spazio tendente a ripristinare l'equilibrio sarà uguale e contraria all'azione esterna che tende a perturbarlo.

Essa sarà dunque proporzionale al volume di spazio perturbato e all'entità della perturbazione indotta.

Il volume associato a ciascun livello dello spazio rotante è proporzionale alla lunghezza dell'orbita

$$L_P = 2 \cdot \pi \cdot R_P = 2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot p^2 = \pi \cdot R_1 \cdot \left(2 \cdot p^2\right)$$

essendo $\left(2 \cdot p^2\right)$ il numero delle masse elementari che saturano il livello, lo

spazio occupato da ogni particella sarà : $L_1 = \pi \cdot R_1$

indipendente dal livello considerato.
Lo spazio occupato da una particella ha sempre lo stesso valore, qualunque sia il livello considerato.

Per quanto riguarda l'entità della perturbazione, se il volume considerato è in equilibrio sul livello p_1 e lo spostiamo sul p_2 , la perturbazione indotta dovrà essere proporzionale alla variazione dell'energia associata.

Se abbiamo il livello p saturo, il numero di " **particelle elementari** " in orbita sarà $n_P = \left(2 \cdot p^2\right)$ e quindi " **l'energia di legame** " che la massa centrale trasferisce a tutto lo spazio rotante associato a questo livello sarà :

$$E_P = E_{1P} \cdot n_P = \frac{1}{2} \cdot m_{1P} \cdot V_P^2 \cdot \left(2 \cdot p^2\right) =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot m_{1P} \cdot \frac{K_{SZ}^2}{R_{ZP}} \cdot \left(2 \cdot p^2\right) = \frac{1}{2} \cdot m_{1P} \cdot \frac{K_{SZ}^2}{R_{Z1} \cdot p^2} \cdot \left(2 \cdot p^2\right) =$$

$$= m_{1P} \cdot \frac{K_{SZ}^2}{R_{Z1}}$$

2032

Se la massa solare centrale, che genera lo spazio rotante K_{SZ}^2, è formata da un numero Z di masse m_{1S} uguali tra loro, sarà : $K_{SZ}^2 = Z \cdot K_{S1}^2$

e quindi, sostituendo si ottiene :

$$E_P = m_{1P} \cdot \frac{K_{S1}^2}{R_{Z1}} \cdot Z$$

dove con K_{S1}^2 abbiamo indicato lo spazio rotante generato dalla massa m_{1S}.

Essendo, in condizione di equilibrio : $r_p = \left(\frac{K_p^2}{K_s^2} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot R_p$

Indicando con R_{11} il raggio della prima orbita dello spazio rotante generato dalla massa solare unitaria m_{1S}, ponendo $R_{11} = r_p$ per la prima orbita dello spazio rotante K_{SZ}^2 , si avrà :

$$R_{Z1} = \left(\frac{K_{SZ}^2}{K_{S1}^2} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot R_{11} = \left(\frac{Z \cdot K_{S1}^2}{K_{S1}^2} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot R_{11}$$

si ottengono quindi le relazioni fondamentali :

$$R_{Z1} = R_{11} \cdot Z^{\frac{1}{3}} \quad ; \quad V_{Z1} = V_{11} \cdot Z^{\frac{1}{3}}$$

$$K_{SZ}^2 = V_{Z1}^2 \cdot R_{Z1} = V_{11}^2 \cdot R_{11} \cdot Z = K_{11}^2 \cdot Z$$

sostituendo nell’espressione dell’energia, abbiamo :

$$E_P = m_{1P} \cdot \frac{K_{SZ}^2}{R_{Z1}} = m_{1P} \cdot \frac{Z \cdot K_{S1}^2}{R_{11} \cdot Z^{\frac{1}{3}}} = m_{1P} \cdot \frac{K_{S1}^2}{R_{11}} \cdot Z^{\frac{2}{3}}$$

2033

e quindi, in definitiva :

$$E_P = \left(m_{1P} \cdot \frac{K_{S1}^2}{R_{11}} \right) \cdot Z^{\frac{2}{3}}$$

Questa relazione è di straordinaria importanza per tutta la **teoria degli spazi rotanti** ed in particolare per la teoria della struttura dell'atomo e del nucleo atomico.

Essendo tale energia indipendente dal livello considerato, la indicheremo con $E_0(Z)$, omettendo l'indice **p**, e la chiameremo "**energia per strato**".

La quantità in parentesi è una **costante caratteristica** della struttura materia che vale :

– per l'atomo : $m_{1P} = m_e = 9.1093897 \cdot 10^{-31}\, K_g$

$$R_{11} = R_{11e} = 5.29177249 \cdot 10^{-11}\, m$$

$$K_{S1}^2 = K_{11}^2 = K_p^2 = V_{11e}^2 \cdot R_{11e} = 253.2638995\, \frac{m^3}{sec^2}$$

L'energia che il nucleo atomico spende per generare una falda (**livello**) **dello spazio rotante**, **nel quale orbitano gli elettroni in equilibrio**, **vale**:

$$E_{0e} = \left(m_{1P} \cdot \frac{K_{S1}^2}{R_{11}} \right) \cdot Z^{\frac{2}{3}} = 27.21139612\, eV \cdot Z^{\frac{2}{3}}$$

indipendente dal livello considerato.

Per esempio, l'energia spesa per generare la porzione di spazio rotante **che potrà essere occupato** da una singola particella (elettrone) risulta :

$$E_{1Pe} = \frac{E_{0e}}{2 \cdot p^2} = \frac{27.21139612\, eV}{2 \cdot p^2} \cdot Z^{\frac{2}{3}}$$

e quindi : $$E_{1Pe} = 13.60569808\, eV \cdot \frac{Z^{\frac{2}{3}}}{p^2}$$

2034

per $Z = \mathbf{1}$ e $p = \mathbf{1}$ si ottiene l'energia di legame dell'unico elettrone presente sul primo livello dell'atomo di idrogeno.

– per lo spazio rotante nucleare, con la teoria generale abbiamo ricavato :

$$m_{1P} = \frac{3}{4} \cdot m_p = \frac{3}{4} \cdot 1.6726231 \cdot 10^{-27}\, K_g$$

$$R_{11} = R_{11p} = 57.63978486 \cdot 10^{-15}\, m$$

$$K^2_{S1} = K^2_{11} = K^2_n = \frac{K^2_p}{2} = 126.6319498\, \frac{m^3}{sec^2}$$

L'energia che il nucleo dei neutroni attivi centrali spende per generare una falda (livello) dello spazio rotante, nel quale orbitano in equilibrio i protoni polarizzati e i deutoni, vale:

$$E_{0P} = \left(m_{1P} \cdot \frac{K^2_{S1}}{R_{11}} \right) \cdot Z^{\frac{2}{3}} = \frac{3}{4} \cdot m_p \cdot \frac{K^2_p}{2 \cdot R_{11P}} \cdot Z^{\frac{2}{3}}$$

eseguendo i calcoli, si ha :

$$E_{0P} = 17.20163444\, MeV \cdot Z^{\frac{2}{3}}$$

$$E_{1PP} = \frac{E_{0P}}{2 \cdot p^2} = \frac{17.20163444\, MeV}{2 \cdot p^2} \cdot Z^{\frac{2}{3}}$$

e quindi :
$$E_{1PP} = 8.60081722\, MeV \cdot \frac{Z^{\frac{2}{3}}}{p^2}$$

per $Z = \mathbf{1}$ e $p = \mathbf{1}$ si ottiene il risultato noto per altra via.

Considerando la relazione :

$$\sum_1^{P_s} \left(2 \cdot p^2 \right) = \frac{P_s \cdot \left(P_s + 1 \right) \cdot \left(2 \cdot P_s + 1 \right)}{3} = N$$

2035

possiamo calcolare il livello di confine $\mathbf{P_s}$ e quindi li numero di falde spaziali attivate complessivamente dalla sfera centrale.

Consideriamo, per esempio, l'isotopo dello stagno Sn^{120}_{50}.
L'energia spesa per ogni livello risulta :

$$E_0(50) = 17.20163444\,\text{MeV} \cdot Z^{\frac{2}{3}} = 233.46\,\text{MeV}$$

Le **70** masse elementari in orbita nello spazio rotante nucleare occupano un numero di livelli uguale a **3** **saturi** più **22** unità di massa in orbita sul quarto livello, che si saturerebbe con **32** unità di massa.

Complessivamente lo spazio rotante generato è formato da quattro livelli per i quali i **50** neutroni attivi spendono l'energia :

$$E_{SR}(50\,;\,70) = E_0(50) \cdot 4 = 233.46\,\text{MeV} = 933.84\,\text{MeV}$$

A questa energia è associata una massa inerziale :

$$m_{SR}(50\,;\,70) = \frac{E_{SR}(50\,;\,70)}{C_l^2} = \frac{933.84\,\text{MeV}}{C_l^2} = 1.66472 \cdot 10^{-27}\,K_g$$

Questa massa, inizialmente presente nei **50** neutroni centrali, **non scompare**, **ma rimane presente**, **diluita in tutto lo spazio rotante generato**.

A ciascun volume di spazio unitario: $L_1 = \pi \cdot R_1 = \pi \cdot R_{11} \cdot Z^{\frac{1}{3}}$
viene fornita un'energia :

$$E_{1PSR}(50) = \frac{E_0(50)}{2 \cdot p^2} = \frac{233.46\,\text{MeV}}{2 \cdot p^2} = \frac{116.73\,\text{MeV}}{p^2}$$

dipendente dal livello occupato.

Per esempio, il volume $L_1(50)$, che occupa il primo livello, è legato al centro dello spazio rotante con un'energia :

2036

$$E_{11SR}(50) = \frac{E_P(50)}{2 \cdot 1^2} = \frac{233.46\,\text{MeV}}{2} = 116.73\,\text{MeV}$$

lo stesso volume, che occupa il quarto livello, è invece legato da un'energia :

$$E_{14SR}(50) = \frac{E_P(50)}{2 \cdot 4^2} = \frac{233.46\,\text{MeV}}{32} = 7.2956\,\text{MeV}$$

Ad ogni elemento di spazio è quindi associata una massa, dipendente dalla

posizione occupata, che si ricava dalla : $E_{1SR} = \dfrac{E_0}{2 \cdot p^2} = m_{1SR} \cdot C_l^2$

e si ottiene : $$m_{1SR} = \frac{E_0}{2 \cdot p^2} \cdot \frac{1}{C_l^2}$$

Lo spazio rotante nucleare si deve dunque pensare formato da un numero N_a di neutroni attivi centrali aventi una massa complessiva

$$m_{Na} = m_n \cdot N_a - \Delta m_N = m_n \cdot N_a - m_{SR}$$

più la massa m_{SR} data da :

$$m_{SR} = \Delta m_N = \sum_1^{P_S} m_{1SR} \cdot \left(2 \cdot p_i^2\right) = \frac{E_0}{C_l^2} \cdot p_s$$

distribuita in equilibrio nello spazio fisico circostante.

Complessivamente lo spazio rotante con i livelli ancora vuoti presenta dunque un **difetto di massa uguale a zero**, essendo la massa totale uguale ancora a $m_{Na} = m_n \cdot N_a$.

Per una migliore comprensione di quello che abbiamo esposto, consideriamo per esempio il nucleo atomico Cd_{48}^{118}, che si presenta con la configurazione seguente dei livelli nucleari.

2037

$\frac{E_c(\text{MeV})}{E_s(\text{MeV})}$	Sa	$\frac{m_c}{m_s}$	n	1	2	3	4	5	6	7	$\frac{E_p(\text{eV})}{p\ \text{-}T_{1/2}}$
$\frac{1001.40}{1001.6}$	Cd^{118}_{48}	$\frac{117.90710}{117.90691}$	48n	2+0	8+0	14+2	1+15	0+5	1+0	0+0	$\frac{523.0K}{\beta^-\ 50.3m}$

Esso si presenta quindi formato da un nucleo centrale di **48** neutroni attivi, **26** protoni e **22** deutoni distribuiti sulle orbite come è indicato nello schema, che " **danno origine** " a una massa teorica di **117. 90710** amu.

Quando, durante il normale processo di evoluzione, il protone presente sulla sesta orbita " **cade sulla quinta** ", il nucleo diventa diverso, ma le particelle componenti sono ancora quelle precedentemente indicate, **con le stesse posizioni**, eccetto l'ultimo protone, che è migrato sul quinto livello.

Apparentemente **il nucleo è ancora quello di prima** e tuttavia il passaggio del protone dal sesto al quinto livello provoca l'emissione di una energia pari

a : $$E_{P6/5} = E_0(48) \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 5^2} - \frac{1}{2 \cdot 6^2} \right) = \mathbf{1.3922}\ \text{MeV}$$

accompagnata da una riduzione della massa, **provata sperimentalmente** :

$$\Delta m = \frac{E_{P6/5}}{E_{(1\ \text{amu})}} = \mathbf{0.0014946}\ \text{amu}$$

Si tratta di una chiara trasformazione di materia in energia, **che non dipende dalla configurazione iniziale del nucleo**, che è rimasta praticamente invariata, ma solo dalla posizione del protone che si è spostato.

Per studiare quello che può essere accaduto, possiamo dunque prescindere dalla distribuzione **di tutte le altre particelle sulle orbite** e considerare solo il rapporto che esiste tra lo **spazio rotante centrale**, generato da **48** neutroni attivi ed il protone che si muove su un'orbita.

Dato che le caratteristiche dello spazio rotante vengono **definite solo dai 48 neutroni attivi centrali**, lo spostamento del protone orbitale non ha prodotto su di esso nessuna modifica.
Dunque tutte le sue caratteristiche sono rimaste invariate.

Essendo il trasferimento del protone dal sesto al quinto livello **l'unico evento**

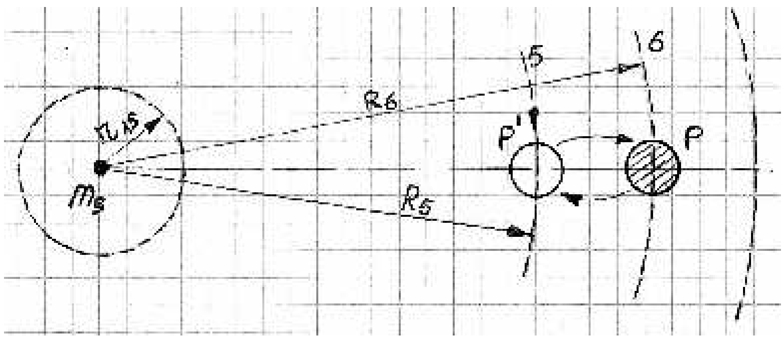
2038

che differenzia il nucleo finale da quello iniziale, si dovrà associare al nucleo una massa dipendente dalla posizione delle particelle sulle orbite e quindi si deve concludere che :

La massa delle particelle in orbita in uno spazio rotante è definita dal livello occupato. **Quindi il difetto di massa che viene rilevato dopo la transizione** $\Delta m = 0.0014946$ amu **non è diluito su tutto il nucleo**, **ma solo sul protone che si è spostato**.

Il protone è però una "particella elemetare" e come tale è immutabile e non può aver perso massa(**del resto**, **il discorso può essere ripetuto identicamente per una transizione di elettroni**).

Nel nucleo atomico, e più in generale nell'atomo, gli unici aggregati che hanno possibilità di perdere massa sono i neutroni, **che non sono delle particelle elementari**, come talvolta si sostiene.



In definitiva, con riferimento alla figura, la domanda che ci poniamo, a questo punto, è : Per quale ragione un nucleo formato da particelle **immutabili** deve presentare una massa diversa dalla somma delle masse delle particelle che lo costituiscono? E nel caso specifico, per quale ragione lo stesso protone, se passa dalla posizione 6 alla 5 deve presentare una massa diversa? E se non è il protone che ha cambiato il valore della massa, "**quale parte del nucleo ha variato la sua massa**"?

Ancora più inquietante risulta il passaggio inverso. Supponiamo infatti di aver dato comunque una risposta alle domande che abbiamo posto e di avere ora il nucleo con il protone sul livello **5** , con un difetto di massa uguale a Δm , dunque con una struttura in qualche maniera modificata.

2038a

Se forniamo al protone l’energia $E_{P6/5} = \mathbf{1.3922}$ MeV, esso si trasferisce dal livello **5** al **6**, riacquistando la posizione e la struttura iniziale. La domanda che ci poniamo è : che cosa ha riacquistato il protone? e in che modo lo ha fatto? E come può perdere e riacquistare qualcosa una particella elementare, che, per definizione, è immutabile?

Si potrebbe obiettare che il protone è una particella elementare di confine e quindi, in certe condizioni potrebbe essere divisibile. Noi sappiamo però che il discorso si applica identicamente ai livelli elettronici e l’elettrone ha stabilità assoluta.

Le teorie correnti non danno alcuna risposta e utilizzano la relazione:

$$E \longleftrightarrow m \cdot C_l^2$$

come una reale trasformazione che si realizza nei due versi.
In realtà, secondo la nostra concezione di materia, la relazione si dovrebbe scrivere nella forma :

$$(m + \Delta m) - E \rightarrow m$$

$$m + E \rightarrow (m + \Delta m)$$

Secondo queste relazioni, fornendo oppure sottraendo energia alla particella elementare è possibile variare la sua massa di una quantità proporzionale al valore dell’energia fornita, secondo la relazione :

$$\Delta E = \Delta m \cdot C_l^2$$

E’ chiaro che ci si deve chiedere sotto che forma si manifesta l’incremento di massa Δm.
L’espressione analitica che normalmente si usa per descrivere il valore della massa inerziale in funzione dell’energia che viene fornita è quella della massa relativistica :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{C_l^2}}}$$

Secondo tale relazione, la massa m di un corpo non è una quantità costante, ma, al contrario, è dipendente dal sistema di riferimento in cui viene misurata

2038b

e **s'interpreta come il valore della massa inerziale** m che viene avvertita quando s'impone un'accelerazione a una particella di massa a riposo uguale a m_0 già in moto con la velocità V.

L'espressione in realtà fornisce solo una " **massa equivalente** ", che è utile per descrivere il fatto che, per imporre la stessa accelerazione alla particella, si deve spendere un'energia che aumenta con la velocità.

Se differenziamo l'espressione dell'energia cinetica, abbiamo :

$$dE = \frac{1}{2} \cdot V^2 \cdot dm + m \cdot V \cdot dV$$

Se la massa inerziale viene pensata come una caratteristica fisica intrinseca della materia, dunque indipendente dall'osservatore, sarà $dm = 0$ e quindi la relazione ci dice che, se forniamo alla massa m l'energia dE , essa viene trasformata integralmente in energia cinetica e si manifesta con un aumento dV della sua velocità.

Se la velocità dei segnali utilizzati per l'osservazione è finita, abbiamo visto però che la velocità del segnale costituisce un limite per la massima velocità che sarà possibile osservare con quel segnale e quindi, nel nostro caso, si ha un incremento della velocità sempre minore e per $V \rightarrow C_I$ si ha $\Delta V \rightarrow 0$.

Per verificare il principio di conservazione dell'energia, in queste condizioni, si dovrà ammettere che, fornendo energia, essa dovrà essere immagazzinata sotto un'altra forma, precisamente **con un aumento della massa** Δm come suggerisce il primo termine.

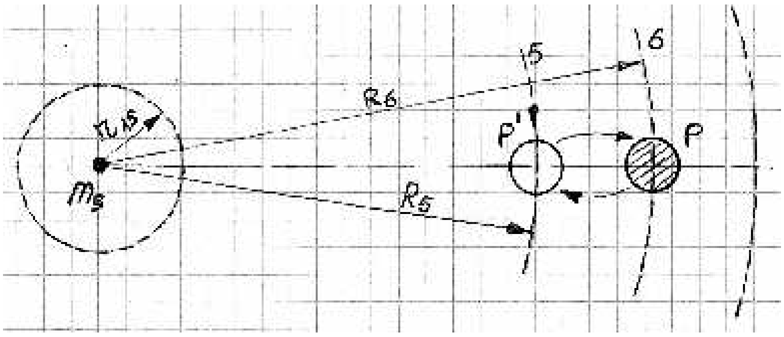
E' chiaro che la struttura intima della particella non subisce alcuna variazione con la velocità.
Quello che cambia è solo la misura della massa, che mette in evidenza il fatto che, per produrre una data accelerazione, la forza che si deve applicare aumenta con la velocità V della particella.

Se l'aumento della massa inerziale non si verifica sulla struttura fisica intrinseca della materia, ma dipende dalle condizioni di moto rispetto al mezzo e rende conto dell'energia che allontana la materia dalla sua condizione di equilibrio con il mezzo stesso, il valore della massa m_0

2038c

che si associa alla condizione $V = 0$, **deve avere lo stesso significato dell'incremento e quindi** " non può essere una caratteristica intrinseca della materia ".

Ritornando quindi al nostro problema, la massa che associamo a un protone o a qualsiasi altro corpo che occupa un certo volume dello spazio fisico, non rappresenta una sua caratteristica, ma l'inerzia che lo spazio fisico occupato **oppone ad un'azione che tende a spostarlo**.



Con riferimento alla figura, **quando spostiamo un protone dal sesto al quinto livello**, **non dobbiamo pensare allo spostamento in uno spazio vuoto**, **ma al protone che rimuove il volume di spazio** P', **obbligandolo a trasferirsi sul livello 6** , **occupando il volume** $P = P'$**.**

Durante il processo di trasferimento "**si realizzano contemporaneamente**" due operazioni: il trasferimento del protone dal livello 6 al 5 e lo spostamento del volume di spazio rotante dal quinto al sesto livello.

Con la prima operazione il protone si sposta dalla condizione di equilibrio sul livello 6 a quella di equilibrio sul quinto, **su un livello di energia minore**, per cui, dovendo verificare il principio di conservazione dell'energia, nello spazio viene emessa la differenza come perturbazione sinusoidale.

Il volume di spazio fisico, che si è spostato dal quinto al sesto livello, si trova in equilibrio con una massa inerziale associata di valore miniore e questo si traduce in una riduzione della massa inerziale del nucleo.

Si noti come durante il processo si ha emissione di energia per verificare il principio di conservazione dell'energia, ma messun adattamento si ha per la massa, **che non deve soddisfare alcun principio di conservazione**.

E' importante sottolineare che, **contrariamente a quello che normalmente**

2038d

viene ritenuto, **non si realizza una vera e propria trasformazione della massa in energia o viceversa**, ma due trasferimenti simultanei realizzati da **soggetti diversi e distinti**.

il trasferimento del protone produce l'emissione di energia, **mentre un uguale volume di spazio fisico compie la transizione inversa**, **che dà origine alla riduzione della massa inerziale associata al nucleo**.

Abbiamo visto che tutti i nuclei atomici **irradiano** regolarmente energia nello spazio, diminuendo la propria massa.
Questo processo è però tanto lento da risultare impercettibile e nessuna delle teorie correnti lo prende in considerazione.
Si tratta però di un continuo processo di trasformazione di " **materia** " **in energia**.

Quando l'irraggiamento si riduce a zero, il nucleo raggiunge la condizione di equilibrio **con tutte le particelle costituenti in moto su orbite circolari**.

A questo punto, per precise ragioni teoriche, " **si verifica uno scorrimento spontaneo delle particelle orbitanti dalla periferia verso il centro** " con una improvvisa emissione di energia, accompagnata da una riduzione della massa del nucleo.

Si tratta ancora di una trasformazione di materia in energia, che si manifesta però improvvisamente, con livelli di energia emessa decisamente superiori a quelli associati alla emissione continua e per **questa ragione il processo è ampiamente noto in tutti i centri di fisica nucleare**.
Se consideriamo una particella in quiete ad una distanza $R \longrightarrow \infty$ dal centro dello spazio rotante, seguendo la normale evoluzione, essa cadrà sul nucleo centrale, percorrendo una traiettroria a spirale.
In queste condizioni la sua massa m_0 viene indicata come massa di riposo.

Se si desidera fermare la particella in equilibrio sull'orbita p, sarà necessario fornire un valore di energia uguale a quella associata all'orbita, che si ottiene sommando la potenziale e la cinetica :

$$E_p = -m_0 \cdot \frac{K_s^2}{R} + \frac{1}{2} \cdot m_0 \cdot V_{eq}^2 = -\frac{1}{2} \cdot m_0 \cdot V_{eq}^2$$

2038e

coincidente numericamente con l’energia di legame.
Quando la particella si trova in equilibrio sull’orbita, la sua energia risulta :

$$E = E_0 + E_p = m_0 \cdot C_l^2 - \frac{1}{2} \cdot m_0 \cdot V_{eq}^2 = m_0 \cdot C_l^2 \cdot \left(1 - \frac{V_{eq}^2}{2 \cdot C_l^2} \right)$$

Se ora consideriamo una particella che abbia questo valore come energia di massa, possiamo dire che la particella in orbita **è quivalente ad una ferma** avente una massa tale che si abbia :

$$E = m_{eq} \cdot C_l^2$$

e quindi **la massa della particella equivalente** risulta :

$$m_{eq} = m_0 \cdot \left(1 - \frac{V_{eq}^2}{2 \cdot C_l^2} \right)$$

La relazione mette in evidenza che una particella in orbita, benchè non abbia subito nessun cambiamento nella struttura fisica, si comporta come se la sua massa fosse cambiata e precisamente manifesta una massa che diminuisce con l’aumentare della velocità di equilibrio orbitale.

Di questo fatto si ha conferma, confrontando il valore della massa atomica di quasi **4000** nuclei, ricavata sperimentalmente, con quella che si ottiene con la **somma di tutte le masse equivalenti** delle particelle presenti sulle orbite, riportata nella **tavola periodica** dei nuclei atomici, nei paragrafi fino a P. **217**.

Nonostante la relazione descriva molto bene i risultati sperimentali, bisogna sempre tenere presente che **si tratta di una particella equivalente** e quindi anche di **una massa equivalente** che ha significato solo per il risultato che fornisce.

Non è infatti possibile rilevare il valore della massa di una singola particella in orbita, mentre si rileva facilmente il valore della massa inerziale dell’intero atomo, con il significato corrente di massa gravitazionale.

In parole semplici, "**possiamo pesare un atomo**" e ricavare la massa come per qualsiasi altro oggetto, ma **non possiamo pesare le singole particelle costituenti** per poter dire che la somma delle loro masse è uguale a quella dell’atomo.

2038f

La massa delle particelle in orbita è possibile ricavarla " solo come massa equivalente ", capace di soddisfare il bilancio energetico.

Del resto, se anche avessimo la possibilità di rilevare direttamente la massa di ogni singola particella, "troveremmo sempre lo stesso valore m_0, associato alla particella non legata", in quanto **il difetto di massa è prodotto dallo spazio rotante e non dalle particelle in orbita**.

L'equazione di Einstein $E = m \cdot C_l^2$ è stata e viene tuttora interpretata come **equivalenza tra massa ed energia**, nel senso che è possibile descrivere la materia indifferentemente attraverso **la massa oppure l'energia**.

In parole diverse, le due grandezze fisiche, "**entrambe misurabili**", secondo questa interpretazione, sarebbero solo due modi alternativi, **assolutamente equivalenti**, per indicare **la materia**, che non è una grandezza misurabile e dunque **non definibile in termini fisicamente inequivocabili**.

Questa interpretazione non è però corretta, in quanto **massa e energia** sono due grandezze di natura completamente diversa, che descrivono due diversi comportamenti della materia non alternativi, ma presenti sempre entrambi.

L'interpretazione che viene data della formula di Einstein come, **equivalenza tra massa ed energia**, è assolutamente fuorviante.
Le due grandezze, se riferite alla stessa quantità di materia, non sono affatto trasformabili una nell'altra e quando questo, **apparentemente**, si verifica, ciò accade sempre in presenza di uno spazio rotante opportuno.

In realtà le due grandezze convivono nell'organizzazione della materia in un rapporto preciso, **che è indicato proprio dalla formula di Einstein**, ma si deve tenere presente che i due membri dell'espressione sono riferiti a entità fisiche diverse.

Rimane però il fatto che con l'energia descriviamo le condizioni di moto della materia e con la massa la sua inerzia nel variare queste condizioni.

Non esiste però materia che non abbia entrambe queste caratteristiche; non esiste massa senza energia e nemmeno energia senza massa.
Sotto diverse forme, in maniera spesso poco chiare, esse vengono associate anche al fotone.

2038g

Secondo la nostra interpretazione, la formula mette in relazione due quantità associate a due entità diverse, che si spostano simultaneamente. Durante lo spostamento una varia la sua massa e l'altra l'energia.
L'esperienza dimostra che le due variazioni, benchè legate a entità diverse, sono in relazione tra loro come è stato indicato da Einstein.

Essendo concetti che servono per descrivere caratteristiche **molto diverse fra loro**, che coesistono nella materia, parlare di una trasformazione di una caratteristica nell'altra **non ha nessun significato fisico**, **mentre ha senso parlare di una loro proporzionalità** all'interno di una trasformazione di un sistema legato isolato.

Per esemplificare quanto abbiamo visto, consideriamo due esempi numerici.
Considerando il generico livello p di un nucleo formato da Z unità attive, la massa della particella in orbita risulta :

$$m_{ZP} = m_0 \cdot \left(1 - \frac{V_{eq}^2}{2 \cdot C_l^2} \right) = m_0 \cdot \left(1 - \frac{K_Z^2}{R_{ZP}} \cdot \frac{1}{2 \cdot C_l^2} \right) =$$

$$= m_0 \cdot \left(1 - \frac{K_1^2 \cdot Z}{R_{11} \cdot Z^{\frac{1}{3}} \cdot p^2} \cdot \frac{1}{2 \cdot C_l^2} \right)$$

e quindi :

$$m_{ZP} = m_0 \cdot \left(1 - \frac{K_1^2 \cdot Z^{\frac{2}{3}}}{2 \cdot R_{11} \cdot C_l^2 \cdot p^2} \right)$$

il difetto di massa associato risulta :

$$\Delta m_{ZP} = -m_0 \cdot \frac{K_1^2 \cdot Z^{\frac{2}{3}}}{2 \cdot R_{11} \cdot C_l^2 \cdot p^2}$$

2038h

– per la fascia elettronica dell'atomo il difetto di massa risulta :

$$\Delta m_{ZPe} = - m_{0e} \cdot \frac{K_p^2 \cdot Z^{\frac{2}{3}}}{2 \cdot R_{11e} \cdot C_l^2 \cdot p^2}$$

posto : $\Delta m_{ZPe1} = m_{0e} \cdot \dfrac{K_p^2}{2 \cdot R_{11e} \cdot C_l^2} = 2.425437038 \cdot 10^{-35} K_g$

si ottiene : $$\Delta m_{ZPe} = - \Delta m_{ZPe1} \cdot \frac{Z^{\frac{2}{3}}}{p^2}$$

Per $Z = 1$ e $p = 1$ si ottiene il difetto di massa associato all'elettrone sulla prima orbita dell'atomo di idrogeno : $\Delta m_{ZPe} = 2.425437038 \cdot 10^{-35} K_g$

e l'energia di legame associata : $\Delta E_{ZPe} = 13.60569806\, eV$

per un elettrone sul secondo livello dell'atomo di uranio si ottiene invece :

$$\Delta m_{92e2} = - m_{0e} \cdot \frac{K_p^2 \cdot 92^{\frac{2}{3}}}{2 \cdot R_{11e} \cdot C_l^2 \cdot 2^2} = 12.35725184 \cdot 10^{-35} K_g$$

$\Delta E_{92e2} = 69.319069\, eV$

– Nel nucleo atomico il neutrone attivo genera lo spazio rotante $K_n^2 = \dfrac{K_p^2}{2}$

la massa del protone polarizzato vale $m_{0p}^* = \dfrac{3}{4} \cdot m_{0P}$

il raggio dell'orbita fondamentale vale:

$$R_{11P} = 2 \cdot r_{pe} = 2 \cdot \left(\frac{m_{0e}}{m_{0P}} \cdot R_{11e} \right)$$

2038i

Si ha quindi :

$$\Delta m_{ZPP} = -m_{0P} \cdot \frac{3 \cdot K_p^2 \cdot Z^{\frac{2}{3}}}{16 \cdot R_{11P} \cdot C_l^2 \cdot p^2}$$

che si può anche scrivere :

$$\Delta m_{ZPP} = -\frac{3}{8} \cdot \frac{m_{0P}^2}{m_{0e}^2} \cdot \Delta m_{ZPe1} \cdot \frac{Z^{\frac{2}{3}}}{p^2}$$

posto :

$$\Delta m_{ZPP1} = \frac{3}{8} \cdot \frac{m_{0P}^2}{m_{0e}^2} \cdot \Delta m_{ZPe1} = 3.066471202 \cdot 10^{-29}\, K_g$$

si ha : $$\Delta m_{ZPP} = -\Delta m_{ZPP1} \cdot \frac{Z^{\frac{2}{3}}}{p^2}$$

Per un protone in orbita sul secondo livello del nucleo atomico dello stagno si ottiene :

$$\Delta m_{50P3} = -\Delta m_{ZPP1} \cdot \frac{Z^{\frac{2}{3}}}{p^2} = -1.040460429 \cdot 10^{-28}\, K_g$$

$$\Delta E_{50P2} = 58.36552428\, \text{MeV}$$

Secondo la relazione $$m_{eq} = m_0 \cdot \left(1 - \frac{V_{eq}^2}{2 \cdot C_l^2}\right)$$

la particella manifesta una massa inerziale che diminuisce man mano che si avvicina al centro dello spazio rotante centrale ed i risultati che si ottengono sono perfettamente coincidenti con quelli sperimentali.

2038I

L'espressione risulta tuttavia in disaccordo con le previsioni della teoria della relatività, secondo la quale ad una particella in moto **si dovrebbe associare una massa inerziale maggiore di quella di riposo**.

Questa previsione porta quindi al seguente " **paradosso nucleare** " (valido comunque per qualsiasi sistema legato).
Un nucleo atomico $A(Z\ ;\ N)$ prima della sintesi, dunque con tutte le particelle indipendenti, ferme a una distanza infinita tra loro, si presenta con una massa inerziale data dalla somma :

$$m(Z\ ;\ N)_{\mathbf{i}} = Z \cdot m_{\mathbf{0P}} + N \cdot m_{\mathbf{0n}}$$

dove con $m_{\mathbf{0}}$ abbiamo indicato le masse a riposo di protone e neutrone.

Dopo la sintesi, **qualunque sia la configurazione assunta dall'insieme di tutte le particelle**, certamente la loro velocità dovrà essere diversa da zero e, per la verità, **alcune di esse raggiungono valori prossimi alla velocità della luce**.

Secondo l'espressione relativistica della massa, tutte le particelle dovrebbero presentare una **massa maggiore** di quella di riposo e quindi la loro somma dovrebbe fornire una massa nucleare $m(Z\ ;\ N)_{\mathbf{f}} > m(Z\ ;\ N)_{\mathbf{i}}$.

Ebbene, **l'osservazione di quasi 4000 nuclei atomici**, **come del resto di qualsiasi sistema legato**, **fornisce il risultato esattamente opposto**.

I calcoli che sono stati eseguiti indicano anche che i risultati sperimentali sono verificati considerando il difetto di massa prodotto dallo spazio rotante e tutte **le particelle in orbita con una massa uguale a quella di riposo**.

Questo vuol dire che **l'espressione della massa relativistica non produce alcun effetto sulle particelle orbitanti nel nucleo**.

Questo risultato si giustifica perfettamente se si considera la massa inerziale non come una caratteristica scalare, **associata alla materia**, **ma come espressione della reazione dello spazio rotante alla perturbazione del suo equilibrio imponendo variazioni di velocità alla materia in esso presente**.

2038m

Secondo questa interpretazione (che, come abbiamo visto, porta a risultati in accordo con l'esperimento), è chiaro che **la velocità della materia che può perturbare l'equilibrio dello spazio rotante** è solo la componente relativa allo spazio stesso.

Dunque per massa inerziale si deve intendere sempre il valore rilevato dall'agente che provoca la perturbazione, **quindi nella direzione della forza applicata**.

Nel nostro caso le particelle sulle orbite si muovono con una velocità uguale a quella di equilibrio dello spazio rotante e quindi sono in perfetto equilibrio con **velocità relativa rispetto allo spazio rotante uguale a zero**.
La massa non subisce quindi nessuna variazione.

Dunque nell'ambito della teoria degli spazi rotanti, **il paradosso scompare**, senza particolari artifici, **se la massa inerziale viene associata allo spazio rotante**, **organizzato nello spazio fisico**, con le caratteristiche che abbiamo indicato.

I processi che abbiamo visto, con spostamenti all'interno del nucleo, danno origine a emissione o assorbimento di energia, ma non di materia suttoforma di particelle elementari.

Il discorso è però assolutamente analogo anche per il protone che si trova a una distanza infinita dal centro dello spazio rotante nucleare, con un salto di energia molto più evidente.

Consideriamo inizialmente uno spazio rotante nucleare $K_s^2(Z)$ generato da Z neutroni attivi che formano un **nucleo compatto** centrale, avente un raggio approssimativo :

$$r_Z = \left(\frac{6}{\pi}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot r_{0n} \cdot Z^{\frac{1}{3}} \simeq 1.7481 \cdot 10^{-15}\mathrm{m} \cdot Z^{\frac{1}{3}}$$

lo spazio rotante nucleare generato vale : $K_s^2(Z) = \dfrac{K_p^2}{2} \cdot Z$

ed è una costante caratteristica del nucleo.

2038n

Sappiamo che lo spazio circostante è organizzato nel rispetto della relazione

$$V^2(R) \cdot R = K_s^2(Z)$$

Per quanto, **lo spazio geometrico vari con continuità**, **lo spazio rotante che si organizza al suo interno ammette soluzioni reali solo per valori del raggio dati da** :

$$R(Z) = R_{11P} \cdot Z^{\frac{1}{3}} \cdot p^2$$

Teniamo presente che parliamo dell'organizzazione dello spazio rotante puro, senza alcuna particella in orbita.

Prendendo come riferimento il volume che occupa lo spazio rotante generato dal protone, abbiamo dimostrato che il nucleo centrale trasferisce allo spazio fisico circostante un'energia concentrata sull'orbita e di valore **indipendente dall**'**orbita considerata**, che abbiamo indicato con $E_0(Z)$.

Abbiamo così ricavato il valore dell'energia che il nucleo centrale trasferisce a un volume di **spazio rotante puro** uguale a quello del protone, posto sulla

orbita p. Numericamente risulta : $$E_{1P} = \frac{E_0(Z)}{2 \cdot p^2}$$

Dato che questa situazione rappresenta per lo spazio rotante una ben definita condizione di equilibrio stazionario e l'energia E_{1P} è associata a quel volume di spazio per il solo fatto che esiste in quella posizione, **si può associare a quel volume la massa inerziale m_1 e indicare la E_{1P} come energia associata**, **data da** : $E_{1P} = m_1 \cdot C_l^2$.

Nella teoria generale abbiamo visto che lo spazio rotante non è infinitamente esteso, ma limitato da un confine che viene definito da un numero di particelle orbitannti uguale al numero di neutroni attivi centrali.

Del resto, uno spazio rotante con raggio d'azione **infinito** richiederebbe una energia infinita, che **nessun nucleo di dimensioni finite può trasferire**.

2038o

Considerando quindi la relazione :

$$\sum_{1}^{P_s}\left(2 \cdot p^2\right) = \frac{P_s \cdot \left(P_s + 1\right) \cdot \left(2 \cdot P_s + 1\right)}{3} = N$$

possiamo calcolare il livello di confine P_s.

Facendo variare p da **1** a P_s, e sommando, possiamo calcolare l'energia di massa (e dunque la massa) che che i neutroni centrali attivi trasferiscono a tutto lo spazio fisico circostante per renderlo attivo. Si ha quindi :

$$E_{K_s^2}(Z) = E_0(Z) \cdot P_s$$

Nel nostro esempio numerico, con $Z = 48$ si ricava $P_s = 4$ e quindi l'energia che il nucleo centrale spende per generare lo spazio rotante vale :

$$E_{K_s^2}(48) = E_0(48) \cdot P_s = 911.24 \, \text{MeV}$$

E' chiaro che questo valore di energia **si sottrae all'energia di massa del nucleo compatto centrale** che presenterà quindi un difetto di massa :

$$\Delta m = \frac{E_{K_s^2}(48)}{C_l^2} = 0.978256 \, \text{amu}$$

Se a questo punto un protone, inizialmente fuori dal confine, si trasferisce sul livello p, dobbiamo tener conto del fatto che andrà ad occupare un posto dal quale **dovrà spostare un ugual volume di spazio rotante**, che a sua volta andrà ad occupare il posto lasciato vuoto fuori dal confine.

Nel bilancio, sia di massa che di energia, si dovrà considerare **uno scambio di particelle e non solo il trasferimento del protone**.
La massa del nuovo sistema sarà quindi :

$$m(Z)_f = Z \cdot m_{0n} + m_{0P} - \frac{E_0(Z)}{2 \cdot p^2} \cdot \frac{1}{C_l^2}$$

in perfetto accordo con i risultati sperimentali.

A questo punto notiamo che il volume di spazio rotante espulso dal nucleo, in sostituzione del protone, si sposta ad una distanza dal centro $R \rightarrow \infty$ dove

2038p

la velocità di equilibrio è uguale a zero con massa associata nulla.
Il difetto di massa generato dallo spostamento coincide quindi con la massa associata al livello di partenza :

$$\Delta m_1 = \frac{E_{1P}}{C_l^2} = \frac{E_0(Z)}{C_l^2} \cdot \frac{1}{2 \cdot p^2}$$

Essendo in uno spazio conservativo, restituendo allo spazio rotante l'energia emessa è possibile realizzare il processo inverso.

Se, per esempio, viene fornita all'atomo un valore di l'energia $\Delta E = E_{1P}$ e supponiamo che venga assorbita tutta da una sola particella in equilibrio sul livello p, il valore finale della sua enegia cinetica diventa $E = 2 \cdot E_{1P}$.

Corrispondente a una velocità orbitale : $V = \sqrt{2} \cdot V_P = V_f$

dove con V_f abbiamo indicato la velocità di fuga dall'orbita.

La particella in queste condizioni raggiunge la velocità di fuga e abbandona l'atomo andando ad occupare un ugual volume di spazio fisico alla distanza teorica dal centro $R \rightarrow \infty$.

Lo spazio fisico spostato dalla particella, **che a questa distanza presenta una massa inerziale uguale a zero**, **compiendo lo stesso percorso nel verso opposto**, **si trasferisce sul livello** "p" **dell'atomo dove occupa lo spazio vuoto lasciato dalla particella**.

In questa posizione la massa inerziale associata vale $\Delta m_1 = \dfrac{E_{1P}}{C_l^2}$, che equivale all'energia che è stata fornita dall'esterno per espellere la particella.

Indicando con $m(Z\,;N)_i$ la massa iniziale dell'atomo, quella finale risulta:

$$m(Z\,;N)_f = m(Z\,;N)_i - m_{0P} + \frac{E_{1P}}{C_l^2}$$

il valore finale della massa del sistema globale sarà :

2038q

$$m_f = m(Z\,;N)_f + m_{0P} = m(Z\,;N)_i + \frac{E_{1P}}{C_l^2}$$

con un aumento equivalente all'energia ΔE fornita per espellere la particella. Si noti che non c'è stata alcuna trasformazione di energia in massa, ma solo lo spostamento di un volume di spazio fisico all'esterno dell'atomo.

Riprendendo ora l'equazione fondamentale degli spazi rotanti $V^2 \cdot R = K^2$ vediamo che l'orbita minima osservabile è quella sulla quale la velocità dello spazio rotante è uguale a quella della luce, e vale : $r_1 = \dfrac{K^2}{C_l^2}$

Se su quest'orbita potesse trovarsi una particella in equilibrio, la sua massa equivalente sarebbe :

$$m_{eq} = m_0 \cdot \left(1 - \frac{V_{eq}^2}{2 \cdot C_l^2} \right) = \frac{m_0}{2}$$

La velocità di fuga da quest'orbita vale però $V_f = \sqrt{2} \cdot C_l$, non raggiungibile, e quindi l'orbita stessa costituisce il confine immutabile della materia che si trova ad una distanza dal centro $R \le r_1$.

In altre parole, la materia che si concentra entro il raggio r_1 dà origine a una particella elementare che gode, per definizione, di stabilità assoluta.

La prima orbita realmente raggiungibile è quindi quella che presenta velocità di fuga uguale al valore massimo C_l, e quindi si ha :

$$V_{max} = \frac{C_l}{\sqrt{2}} \quad ; \quad R_{min} = \frac{K^2}{V_{max}^2} = 2 \cdot r_1$$

Anche se l'orbita è raggiungibile, **non è sede di equilibrio stabile e quindi si tratta in realtà di un'orbita vuota**.
Questo vuol dire che, se una particella raggiunge quest'orbita, entro un tempo molto breve viene nuovamente espulsa.

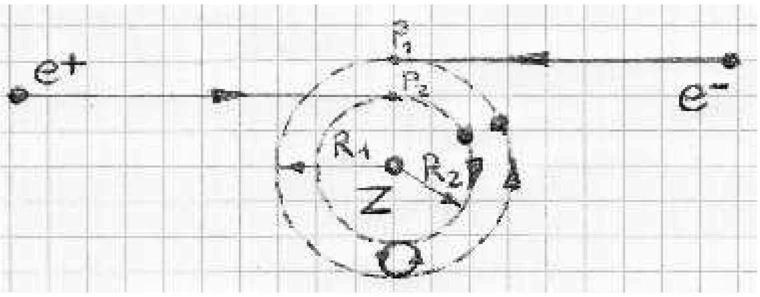
2038r

Essendo però la velocità di fuga uguale a quella della luce, l'espulsione potrà avvenire solo sottoforma di radiazione elettromagnetica (fotone).

Il processo di trasmutazione dovrà verificarsi sempre nel rispetto dei **principi di conservazione** e questo rende **praticamente impossibile** che si possa verificare nelle semplici condizioni che abbiamo indicato.

Dato che lo spazio rotante centrale non interviene nella trasformazione le sue condizioni di equilibrio non cambiano e quindi i valori delle grandezze che si conservano dovranno avere gli stessi valori in ingresso e in uscita.
Non è quindi possibile che le caratteristiche di un solo elettrone entrante nello spazio rotante possano essere " equivalenti " a quelle di un fotone in uscita.

Per realizzare il processo è quindi necessario inviare sull'orbita un positrone (elettrone positivo) ed un elettrone come in figura, in modo che abbiano una buona probabilità di interagire.



Se lo spazio fisico considerato è molto lontano dal centro dello spazio rotante centrale ($R_1 \to \infty$), le due particelle hanno un incontro ravvicinato una volta sola quando passano nei punti P_1 e P_2.

Se durante questo passaggio l'interazione non è sufficiente, le due particelle, dopo aver subito una deviazione più o meno pronunciata, continuano la loro corsa, andando incontro ad altre interazioni e **non si verifica il processo di** annichilazione atteso.

Per poter "**forzare**" il processo, è necessario che ciascuna particella, avente durante il contatto una velocità necessariamente minore di quella della luce, venga imprigionata nello spazio rotante dell'altra.

Questo si verifica certamente se alla distanza tra le particelle $d = R_1 - R_2$,

2038s

nello spazio rotante elettronico, è associata una velocità di fuga $V_f \geq C_l$.
Si dovrà dunque avere :

$$d \leq \frac{K_e^2}{V_{max}^2} = \frac{K_e^2 \cdot \mathbf{2}}{C_l^2} = \frac{K_p^2 \cdot \mathbf{2}}{C_l^2} \cdot \frac{m_{0e}}{m_{0p}} = \mathbf{3.069397043 \cdot 10^{-18}}\ \mathrm{m}$$

A questa distanza le due particelle non hanno possibilità di allontanarsi senza violare il limite della velocità della luce e quindi " **sono obbligati** " a formare un sistema legato instabile, " **il positronio** ", che in un tempo di **125** psec si annichila, liberando un fotone che si allontana.

Naturalmente, il processo si può verificare solo se esistono tutte le condizioni per soddisfare i principi di conservazione.
Nella realtà, se non si è in prossimità del centro di uno spazio rotante, queste condizioni non esistono e di fatto il processo di annichilazione non si verifica.

Se abbiamo invece :

$$R_1 \leq R_{min} = \mathbf{2} \cdot r_1 = \mathbf{2} \cdot \frac{K_Z^2}{C_l^2} = \mathbf{2} \cdot \frac{K_p^2}{C_l^2} \cdot Z$$

e con i valori numerici $R_1 \leq \mathbf{5.63588184 \cdot 10^{-15}}\ \mathrm{m} \cdot Z$

le due particelle, non potendo sfuggire senza superare la velocità della luce, entrano entrambe in orbita **non stabile** nello spazio rotante centrale K_Z^2 , su due orbite diverse, incrociandosi una volta ad ogni giro.

Ricordando ora che la sfera planetaria dell'elettrone vale

$$r_{pe} = R_{11e} \cdot \frac{m_{0e}}{m_{0p}} = \mathbf{28.81989243 \cdot 10^{-15}}\ \mathrm{m}$$

possiamo dire che ad ogni incontro si ha un piccolo accostamento tra i due elettroni, che terminano così la loro corsa con l'annichilazione, che in questo caso ha una elevata probabilità di verificarsi. Per verificare la conservazione del momento angolare, generalmente vengono emessi due fotoni e non uno.

Abbiamo già visto il processo di materializzazione dell'energia che si realizza in qualsiasi spazio rotante con le transizioni di materia da un livello a un altro più esterno.

2038t

Vediamo ora il processo di materializzazione dell'energia al quale in genere si fa riferimento quando se ne parla, ovvero alla trasformazione di energia in coppie di particella e antiparticella.

Abbiamo visto che, se forniamo energia a un atomo, quando il valore fornito porta la velocità orbitale di un elettrone in orbita a superare il valore di fuga $V_f = \sqrt{2} \cdot V_{eq}$, l'elettrone viene espulso dall'atomo ed il suo posto sull'orbita viene occupato da un ugual volume di spazio fisico proveniente dal punto che la particella espulsa è andata ad occupare nello spazio esterno.

La sostituzione sull'orbita dell'elettrone con un uguale volume di spazio fisico in equilibrio composta un aumento della massa inerziale dell'atomo, secondo il calcolo che abbiamo già visto.

Man mano che il valore dell'energia fornito aumenta, gli elettroni che vengono interessati dal processo si spostano verso i livelli più interni, con un aumento progressivo della massa atomica.

Per avere un'idea dei livelli di energia necessari per produrre l'emissione di elettroni secondo questo processo, detto **effetto fotoelettronico**, calcoliamo il valore minimo dell'energia richiesta per espellere, per esempio, un elettrone dal secondo livello ($p = 2$) dell'atomo di polonio.
L'energia associata ad ogni livello vale :

$$E_0(84) = 27.21139612\,\text{eV} \cdot Z^{\frac{2}{3}} = 521.919689\,\text{eV}$$

L'energia di legame di ciascuno degli 8 elettroni presenti sul secondo livello

sarà : $$E_{1P_s2}(84) = \frac{E_0(84)}{2 \cdot p^2} = 65.23996113\,\text{eV}$$

Per valori del numero quantico $p < 1$ non si hanno nello spazio rotante orbite stabili, ma è comunque possibile il moto di particelle **su orbite spiraliforme** non stabili fino ad una distanza dal centro data da :

$$R_1 = 5.63588184 \cdot 10^{-15}\,\text{m} \cdot Z$$

Per valori minori di R_1 nessuna particella " materiale " può allontanarsi dallo atomo senza superare la velocità della luce (**si tenga presente che stiamo**

2038u

parlando dello spazio rotante protonico).
D'altra parte, abbiamo ricavato per i protoni in orbita nella **parte penetrabile dello spazio rotante neutronico** (**parte periferica del nucleo atomico in cui non sono presenti i neutroni attivi**) **il raggio delle orbite stabili** :

$$R_{ZP} = \mathbf{57.63978486 \cdot 10^{-15}}\,\mathrm{m} \cdot Z^{\frac{1}{3}} \cdot p^2$$

che, nel nostro esempio, per il livello di confine con $p_s = \mathbf{6}$, risulta :

$$R_{Z6}(84) = \mathbf{57.63978486 \cdot 10^{-15}}\,\mathrm{m} \cdot \mathbf{84}^{\frac{1}{3}} \cdot \mathbf{6^2} = \mathbf{9087.643463 \cdot 10^{-15}}\,\mathrm{m}$$

con $\quad R_1 = \mathbf{5.63588184 \cdot 10^{-15}}\,\mathrm{m} \cdot \mathbf{84} = \mathbf{473.4140746 \cdot 10^{-15}}\,\mathrm{m}$

nello spazio tra R_{ZP} ed R_1 non vi sono elettroni in orbita nello spazio rotante generato dai protoni nucleari, ma troviamo protoni e deutoni in orbita stabile nello spazio rotante nucleare generato dai neurtoni attivi centrali che formano il nucleo atomico compatto di raggio :

$$r_Z(84) = \left(\frac{\mathbf{6}}{\pi}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot r_{0n} \cdot Z^{\frac{1}{3}} = \mathbf{7.655886 \cdot 10^{-15}}\,\mathrm{m}$$

Se il fotone che viene inviato sull'atomo riesce a penetrare fino ai livelli interni, associati a valori del raggio orbitale $R_{ZP} < R_1$, essendo la concentrazione dei protoni in orbita relativamente elevata (**2** $\cdot$ p^2), esiste una probabilità non trascurabile di intercettare un protone e, con energia sufficiente, provocare la trasmutazione in neutrone con emissione di un positrone, secondo lo schema noto :

$$p + E_f \rightarrow n + e^{+} + \overline{\nu}$$

Essendo la velocità di fuga dall'orbita uguale a quella della luce, **nessuna di queste particelle può abbandonare l'orbita** e quindi saranno costrette a restare in equilibrio, magari su un'orbita molto eccentrica (dipende dal valore dell'energia del fotone).

Il neutrone nel nucleo atomico è però stabile solo se è legato ad un protone e quindi, favorito anche dall'azione polarizzatrice dello spazio rotante centrale, più o meno rapidamente (e comunque in un tempo minore di circa **13** min) si scinde con emissione di energia, un protone ed un elettrone, secondo:

2038v

$$n \rightarrow p + e^{-} + \nu + E_n$$

A questo punto sulla stessa orbita, o comunque su orbite vicine, abbiamo le coppie di particelle e antiparticelle :

$$\left(e^{+} + e^{-}\right) \text{ e } \left(\nu + \overline{\nu}\right)$$

che si annichilano producendo coppie di fotoni aventi energia di 0.501 MeV, i quali si allontanano in direzioni simmetriche con la velocità della luce.

E'da notare che il protone intercettato inizialmente dal fotone incidente è stato rigenerato alla fine del processo.

Il nucleo non ha subito dunque alcun cambiamento ed ha avuto solo la funzione di "prestare" lo spazio rotante per rendere possibili le "reazioni in volo".

Senza spazio rotante il processo non è realizzabile.

E' comunque da rilevare che la materializzazione intermedia non è rilevabile e quindi il processo si riduce ad una divisione del fotone iniziale.

Se il protone intercettato dal fotone iniziale è in moto su un'orbita sempre più piccola della fondamentale (associata a $p = 1$), ma con $R_{ZP} > R_1$, la velocità di fuga dall'orbita è minore della velocità della luce e quindi le particelle, che si formano comunque con le modalità che abbiamo indicato, **si allontanano dall'orbita subito dopo essere state generate**.

Secondo la sequenza che abbiamo esposto, le antiparticelle e^{+} e $\overline{\nu}$ nella fuga dovrebbero anticipare leggermente le particelle e^{-} e ν.

Questo però non può verificarsi perchè, dovendo il sistema verificare in ogni momento i principi di conservazione, le prime verranno trattenute in orbita fino al momento in cui si rendono disponibili anche le seconde.

Risulta evidente, dall'analisi fatta, che la materializzazione di una sola particella, secondo una delle reazioni viste, nello spazio fisico puro, in assenza dello spazio rotante centrale, è estremamente improbabile, in quanto risulta difficile sodisfare i principi di conservazione.

I processi che abbiamo descritto rappresentano il risultato dell'interazione di

2038w

una particella o di un fotone con gli strati interni del nucleo atomico e quindi in definitiva si presentano **come caso limite di effetto Compton**, realizzato su orbite che presentano una velocità di fuga uguale a quella della luce.
L'energia associata all'equilibrio di una particella su tale orbita non dipende dal nucleo considerato. Si ha infatti :

$$R_{min} = \frac{K^2 (Z) \cdot 2}{C_l^2} \quad ; \quad E_p = -\frac{K^2 (Z)}{R_{min}} \cdot m = -\frac{1}{2} \cdot m \cdot C_l^2$$

L'energia totale **associata allo spazio rotante** in equilibrio sull'orbita risulta sempre $E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot C_l^2$ per qualsiasi valore di Z.

Per la realizzazione del processo non è importante la scelta del nucleo, ma è necessaria la sua presenza.

E' chiaro che, dovendo la massa generatrice m_s fornire energia allo spazio rotante generato, dovrà necessariamente essere sempre $m_s >> m$.
Per esempio, non sarà mai possibile materializzare un protone nello spazio rotante dell'elettrone, mentre è possibile il contrario.

2038x