

– Decadimento del protone e sintesi del neutrone

Il problema del decadimento del protone si riduce sostanzialmente a stabilire **se esso è oppure no una particella elementare**.

Dato però che le teorie correnti, anche le più accreditate, non forniscono una definizione precisa di particella elementare e danno il **significato preso dal linguaggio comune**, intendendola genericamente come materia indivisibile senza ulteriori precisazioni, per poter dare una risposta è necessario chiarire prima, **in maniera inequivocabile**, che cosa si deve intendere per particella elementare, abbandonando la comune idea di costituente fondamentale della materia, scientificamente di nessuna utilità.

Trattando la teoria generale degli spazi rotanti, abbiamo visto che la materia manifesta la sua esistenza attraverso due caratteristiche di comportamento :

– Posta in un punto P_0 , **attiva lo spazio circostante**, rendendolo capace di esercitare un'azione centripeta su altra materia, creando un equilibrio definito dalla legge fondamentale :

$$V^2 \cdot R = K^2 = \text{costante}$$

– Quando è in equilibrio con uno spazio rotante, **il tentativo di modificare la sua velocità con un'azione esterna crea una perturbazione alla quale "lo spazio rotante" reagisce con un'azione contraria per ripristinare la condizione di equilibrio**.

La tendenza a conservare l'equilibrio viene indicata come inerzia.

Sia "la gravità che l'inerzia" hanno dunque origine nello spazio rotante e non nella materia.

Si tratta comunque di due caratteristiche assolutamente indipendenti.

La gravità è proporzionale allo spazio rotante K^2 generato dalla materia, mentre l'inerzia è proporzionale al volume di spazio fisico occupato e dunque perturbato con il movimento.

Dire quindi **quantità di materia** per indicare qualcosa che ha caratteristiche fisiche ben definite non è corretto.

Bisogna precisare a quale delle due caratteristiche si fa riferimento.

Proprio per l'indipendenza delle due caratteristiche, è infatti possibile avere **quantità di materia** che sono **uguali nell'azione attiva**, perchè generano lo

stesso spazio rotante K^2 , ma sono **diverse nell'azione passiva**, in quanto occupano un diverso volume di spazio fisico e quindi presentano una diversa massa inerziale m . Naturalmente, è possibile anche il caso contrario.

E' dunque pensabile l'esistenza nell'universo di materia che manifesta una grande inerzia con una piccola gravità oppure una grande gravità con una piccola inerzia.

Ebbene, per le ragioni che sono state viste nella teoria generale, **l'universo è fatto esclusivamente di materia nelle condizioni estreme:**

La materia ordinaria, che presenta **un'inerzia molto elevata e uno spazio rotante quasi nullo.**

Le particelle elementari, che presentano invece **uno spazio rotante molto elevato e inerzia quasi nulla.**

Si tratta naturalmente della stessa materia, **assoggettata alle stesse leggi fisiche**, la sola differenza è nel volume occupato e questo dà origine a effetti macroscopici tanto diversi da far apparire due mondi completamente diversi.

Ritornando al nostro problema, vogliamo occuparci delle particelle elementari per dare una **definizione inequivocabile, utilizzabile scientificamente.**

Per conservare il significato preso dal linguaggio comune, assumiamo che la particella elementare debba essere **materia avente tutte le caratteristiche immutabili con qualsiasi mezzo esterno a nostra disposizione.**

In maniera del tutto equivalente possiamo dire che la materia in esame è una particella elementare se **non abbiamo alcuna possibilità di interagire** con essa qualunque sia il mezzo e l'energia utilizzata. Essa deve quindi risultare irraggiungibile (si consideri che interagire con lo spazio rotante generato non equivale a interagire con la materia centrale generatrice).

Si noti che la definizione è indipendente dalle dimensioni, per cui è possibile avere anche particelle elementari di dimensioni galattiche.

A questo punto osserviamo che **il mezzo più penetrante che abbiamo per interagire e osservare la materia è la radiazione elettromagnetica, che si propaga nello spazio con la velocità della luce** e questo impone che la velocità della luce C_1 sia anche il nostro limite di velocità **osservabile.**

Tenendo conto di questo limite, se abbiamo una " **quantità di materia Q** "

che genera uno spazio rotante : $K^2 = V^2 \cdot R$

avrà come prima orbita circolare osservabile quella di raggio minimo :

$$r_{\min} = \frac{K^2}{C_1^2}$$

Indicando con R_1 il valore del raggio dell'orbita fondamentale, a tale orbita è associato il valore minimo del numero quantico principale :

$$p_{\min} = \left(\frac{r_{\min}}{R_1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

A questo punto ricordiamo che, trattando la teoria generale degli spazi rotanti, abbiamo visto che per le orbite associate a numeri quantici sufficientemente piccoli, **la distanza del perielio dal centro dello spazio rotante, dunque la minima che una particella in moto sull'orbita con energia in eccesso può raggiungere, non dipende dall'eccentricità dell'orbita e vale metà del raggio dell'orbita circolare minima.**

Questo significa che in una prova di scattering con energia sufficientemente elevata e **orbita aperta** (iperbolica), **per quanto possa essere elevato il valore dell'energia del proiettile, la minima distanza raggiunta è uguale sempre al valore :**

$$r_0 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{K^2}{C_1^2} \right)$$

E' chiaro, a questo punto, che una qualsiasi quantità di materia **compressa entro il raggio r_0 sarà irraggiungibile dall'esterno** e dunque ad essa non sarà possibile aggiungere altra materia.

D'altra parte, essendo la velocità di fuga dall'orbita data da $V_f = \sqrt{2} \cdot V_{eq}$, **nulla potrà uscire dalla superficie di raggio r_0 senza violare il limite della velocità della luce.**

La quantità di materia confinata entro il raggio r_0 risulta così **assolutamente immutabile e quindi tali saranno tutte le sue caratteristiche fisiche**. Possiamo quindi dare la seguente definizione sintetica .

Data una quantità di materia che genera lo spazio rotante K^2 , diremo che essa è una particella elementare e quindi indivisibile, se risulta confinata entro il raggio r_0 .

Prendiamo ora in considerazione il protone e verifichiamo se, in base ai dati sperimentali, risulta o meno divisibile.

Lo spazio rotante generato è uguale a :

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

il raggio della prima orbita vale dunque :

$$r_{1p} = r_{min} = \frac{K_p^2}{C_1^2} = \frac{253.2638995 \frac{m^3}{sec^2}}{\left(299792458 \frac{m}{sec}\right)^2} = 2.81794092 \cdot 10^{-15} m$$

associato al numero quantico :

$$p_{min} = \left(\frac{r_{1p}}{R_{11e}} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{2.81794092 \cdot 10^{-15} m}{5.29177249 \cdot 10^{-11} m} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{137.0359896}$$

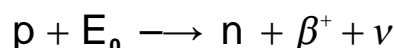
Per essere considerato una particella elementare, **il protone deve risultare confinato entro il raggio :**

$$r_0 = \frac{1}{2} \cdot r_{1p} = 1.40897046 \cdot 10^{-15} m$$

Dato che le prove di scattering confermano questa condizione, **definiamo il protone una particella elementare**.

Dunque esso, **per definizione**, non potrà essere diviso, con qualsiasi mezzo a nostra disposizione, **senza violare il limite della velocità della luce**.

Con questa definizione viene bocciata la reazione di decadimento proposta per giustificare l'emissione β^+ da parte del nucleo :



1719d

Secondo tale relazione, **il valore di energia che si deve fornire al protone** deve essere tale da consentire l'incremento della massa che si verifica con i prodotti finali indicati.

Le più immediate osservazioni che possiamo fare sono le seguenti.

– La reazione **è stata ipotizzata** per giustificare l'emissione β^+ da parte dei nuclei atomici, ma **mai verificata direttamente**.

– **Non è mai stato osservato il decadimento di un protone libero.**

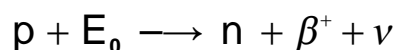
– I metodi per fornire energia al protone sono sostanzialmente due : urto con altre particelle oppure accelerazione con campi elettrici.

Per quanto elevata possa essere l'energia fornita con questi mezzi, **non si è mai verificato un solo evento di decadimento.**

– Esiste infine la possibilità di far interagire il protone con un fotone. In questo caso però, secondo le teorie note, si produce l'**effetto Compton** con scarso trasferimento di energia.

Secondo le teorie correnti, il decadimento del protone si dimostra dunque solo un'ipotesi.

Dato però che il processo di decadimento β^+ è provato sperimentalmente, si deve cercare una spiegazione **che non preveda la scissione del protone anche se sperimentalmente si osserva realmente la reazione citata :**



A questo punto osserviamo che, **se la massa inerziale di un aggregato è proporzionale al volume di spazio rotante perturbato, per aumentarla, come richiede la trasmutazione indicata, l'assorbimento dell'energia E_0 dovrà produrre un aumento del volume occupato dall'aggregato.**

Negli spazi rotanti questo si realizza attraverso **il trasferimento** delle masse in moto sulle orbite da quelle interne a quelle più esterne, con trasformazione in energia potenziale dell'energia E_0 **assorbita** .

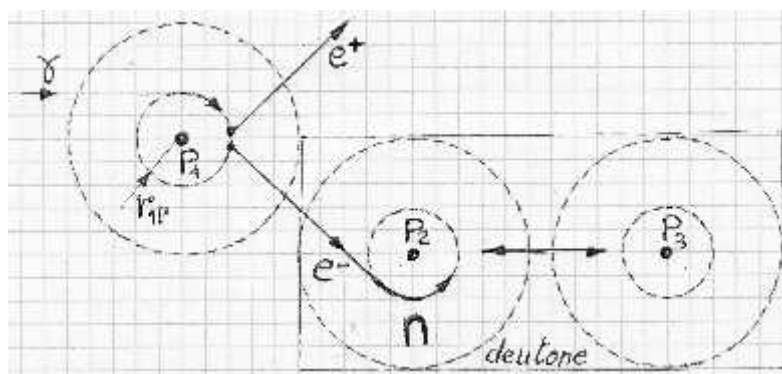
Nel caso del protone questo meccanismo non è realizzabile, in quanto non si hanno masse in orbita che possano assorbire l'energia E_0 per spostarsi.

Il primo problema da risolvere è dunque quello di capire come il protone può assorbire energia **senza trasformarla in energia cinetica**.

Trattando la **deviazione della luce e l'effetto Compton** (P.29.2 e P.29.3), abbiamo visto che **un fotone può essere assorbito "solo da uno spazio rotante sulla sua prima orbita accessibile"**, sulla quale si ha **velocità di equilibrio uguale a quella della luce**.

Su tutte le altre orbite esso subisce solo una deviazione.

Consideriamo quindi il nucleo atomico del quale in figura sono schematizzati diversi protoni orbitali.



Se un fotone γ di energia E_0 incide sull'orbita minima del protone P_1 , dato che la sua velocità coincide con quella di equilibrio associata all'orbita, **viene da esso assorbito e si ferma sull'orbita, cedendo la sua energia allo spazio fisico locale**.

Il protone è però una particella elementare e come tale "non consente" alcuna perturbazione del suo spazio rotante sulla prima orbita per cui elimina la perturbazione indotta sull'orbita dal fotone incidente.

Per farlo ha a disposizione due soluzioni :

riemettere **due fotoni in direzioni opposte** (per verificare la conservazione della quantità di moto) di energia uguale a metà del fotone incidente, oppure **generare un equilibrio con una coppia "particella e antiparticella"**, che insieme non cambiano lo spazio rotante del protone.

Naturalmente, la seconda soluzione è subordinata al valore dell'energia resa disponibile dal fotone incidente.

Ricordando che lo spazio rotante nel quale una massa si muove in equilibrio

non rileva effetti relativistici, la coppia di elettroni β^+ e β^- in moto sull'orbita r_{1p} , hanno complessivamente un'energia di legame :

$$E_{2eq} = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot C_1^2 = 0.5109991 \text{ MeV}$$

con un difetto di massa della coppia uguale alla massa di un intero elettrone.

Per creare la coppia in equilibrio sull'orbita, il fotone incidente spende quindi solo l'energia per generare due "semielettroni" , ossia :

$$E_{\gamma 1} = 2 \cdot (m_e \cdot C_1^2) - E_{2eq} = 0.5109991 \text{ MeV}$$

Se il fotone dispone ancora di un'energia

$$E_{\gamma 2} = E_0 - E_{\gamma 1} \geq 0.5109991 \text{ MeV} ,$$

la cede alle due particelle che raggiungono la velocità di fuga e si allontanano dall'orbita in direzioni opposte con l'energia eccedente equamente distribuita

$$\Delta E_1 = \Delta E_2 = \frac{1}{2} \cdot (E_{\gamma 2} - 0.5109991 \text{ MeV})$$

A questo punto osserviamo che, **se il protone P_1 è libero**, sia per i principi di conservazione che per la geometria del sistema, **la probabilità che le due particelle create possano ancora interagire tra loro o con il protone è praticamente uguale a zero** e quindi **si allontanano** mettendo in evidenza all'esterno **la loro creazione, mentre il protone rimane "inalterato" al suo posto.**

La descrizione che abbiamo fatto del processo mette in evidenza che il ruolo del protone è **solo quello di mettere a disposizione l'organizzazione del suo spazio rotante che**, come abbiamo visto trattando la teoria generale, è la sede naturale dell'inerzia manifestata dalla materia.

Ricordiamo infatti che lo spazio rotante è organizzato in modo da presentare **"una naturale tendenza a conservare l'equilibrio raggiunto"** e, **quando esso viene perturbato da materia (o altro) che si muove con un eccesso di energia rispetto al valore di equilibrio, tende**

a ripristinarlo, trasferendo alla materia una massa inerziale che agisce in modo da opporsi al moto che ha generato la perturbazione.

L'esigenza di creare una coppia di particelle materiali nasce dunque proprio dalla **necessità di conservare invariato lo spazio rotante del protone.**

Se invece il protone non si trova nello spazio libero, ma in orbita in un nucleo atomico con altri protoni, esiste una probabilità non trascurabile che possano verificarsi altre interazioni.

L'elettrone positivo, non potendosi legare ai protoni, **esce dal nucleo come particella β^+ .**

Per l'elettrone negativo si presentano invece diverse possibilità, **in rapporto al valore dell'energia ancora disponibile.**

Bisogna tener conto del fatto che nel nucleo i protoni si trovano fra loro a una distanza $d \ll R_{11e}$ e quindi l'elettrone che si avvicina a un protone non può trovare nessuna posizione di equilibrio e quindi **rappresenta per lo spazio rotante del protone una perturbazione, che tende ad essere eliminata con un'azione centrifuga.**

L'elettrone in queste condizioni viene quindi respinto dal protone ed esce dal nucleo andando ad occupare il posto che, nella fascia degli elettroni, è stato lasciato libero da quello che si è annichilito con l'elettrone positivo.

Se però l'elettrone negativo ha un forte eccesso di energia, **tale da fornirgli una velocità V_{β^-} prossima a quella della luce, diventa possibile trovare un equilibrio metastabile sull'orbita di raggio :**

$$R_{\beta^-} = \frac{K_p^2}{V_{\beta^-}^2}$$

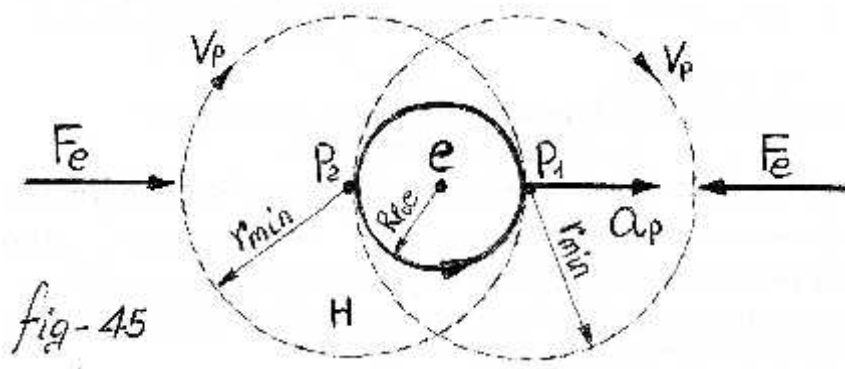
prossima a quella minima di raggio r_{1p} .

Il sistema instabile così formato, è però neutro e quindi non è più in grado di restare in equilibrio sull'orbita nucleare e quindi si allontana .

L'esperienza dimostra che il valore minimo dell'eccesso di energia richiesto per realizzare questo equilibrio metastabile vale $\Delta E = 0.78229103 \text{ MeV}$.

L'aggregato che si è formato è quello che viene indicato come **neutrone** ed

ha elevata probabilità di fondersi con uno dei protoni presenti nel nucleo, in quanto, con l'aggiunta di un **protone diametralmente opposto al primo**, viene annullata la spinta verso l'esterno che agisce sull'elettrone e si forma così una **struttura simmetrica stabile**, come viene schematizzata in figura.



L'aggregato che viene così sintetizzato è noto come deutone e **può essere sintetizzato anche con la fusione diretta di due atomi di idrogeno**. In questo caso la sintesi si realizza senza l'intervento del neutrone e l'energia di legame risulta $E_\gamma = 1.44222056$ MeV.

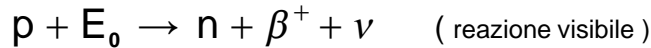
L'elettrone in questo aggregato occupa una posizione di equilibrio stabile e quindi durante la sintesi viene liberata sia l'energia di legame dei due protoni che quella di eccitazione dell'elettrone ΔE .

Il deutone così formato si presenta assolutamente stabile e **si comporta in orbita in maniera del tutto analoga al protone**.

Sulle orbite nucleari è avvenuta la sostituzione di due protoni con un deutone e quindi si ha nel centro un neutrone attivo in eccesso rispetto alla condizione di equilibrio, che prevede un numero di neutroni centrali uguale a quello delle particelle (protoni o deutoni) in moto sulle orbite.

Un neutrone si sposta quindi dal centro su un'orbita dove viene sintetizzato un altro deutone che ripristina l'equilibrio formando il nucleo $A(Z-1; N+1)$.

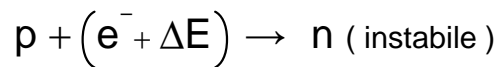
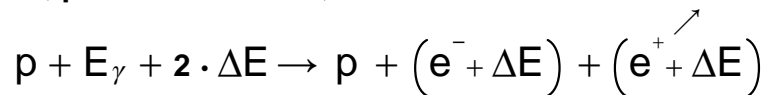
Di tutto il processo "l'unico evento che viene osservato dall'esterno è la "trasformazione di un protone in neutrone", con la emissione di un elettrone positivo e viene, per questa ragione, sintetizzato con la reazione di trasmutazione :



che viene letta come una **scissione del protone**.

In realtà il protone, come particella elementare, è **indivisibile**, e nel processo **ha solo "prestato" lo spazio rotante** per rendere possibile la formazione delle particelle materiali.

La reazione, **più correttamente**, andrebbe scritta nella forma :



e quindi complessivamente :



Se il neutrone non si fonde con un protone, subisce **una fissione** spontanea con liberazione del surplus di energia ΔE .

Nella sintesi del deuterio con la fusione di due atomi di idrogeno, ricordando

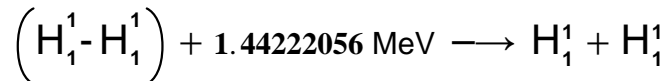
i valori delle masse : $m_{H_1^2} = 2.014101778$; $m_{H_1^1} = 1.007825032$

si ricava l'energia emessa $E_\gamma = 1.44222056 \text{ MeV}$, che, in valore assoluto, è uguale all'energia di legame dell'aggregato $(H_1^1 - H_1^1)$.

La struttura del deutone libero, fuori dal nucleo atomico, per come l'abbiamo realizzata, si presenta assolutamente simmetrica con un elettrone al centro e due protoni in moto sulla stessa orbita in posizioni diametralmente opposte .

In questa struttura non è dunque distinguibile nessuna particella o aggregato **che possa essere assimilato al neutrone**, anche perchè, quando si perde la simmetria si perde anche la stabilità, mentre il deutone si presenta stabile.

Se, a questo punto, iniziamo a **fornire energia** all'aggregato $(H_1^1 - H_1^1)$ per produrre la fissione, ci aspettiamo che, giungendo al valore di energia E_γ , si debba produrre la separazione dei componenti, rigenerando i due atomi di idrogeno iniziali secondo la relazione :



invece non accade assolutamente nulla.

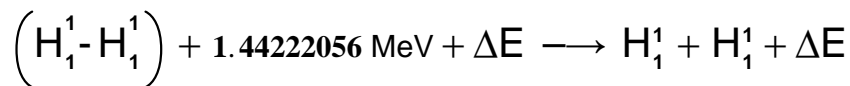
Per poter realizzare la divisione del deuterio, benchè la sua energia di legame sia uguale a 1.44222056 MeV, è necessario fornire un valore di energia maggiore, pari a :

$$E_D = 2.22452 \text{ MeV}$$

Si deve cioè fornire un surplus di energia :

$$\Delta E = E_D - E_\gamma = 0.7822991 \text{ MeV}$$

Se aggiungiamo questa energia alla reazione di scissione teorica, si ha :



A questo punto osserviamo che nella reazione di fusione siamo partiti da una condizione di simmetria, con due atomi di idrogeno, ed abbiamo ottenuto un atomo di deuterio, che si presenta come un aggregato affatto simmetrico.

Esso è infatti formato da un nucleo centrale compatto e un elettrone in orbita alla distanza R_{11e} .

Se forniamo energia dall'esterno a questo sistema, **la probabilità che essa si distribuisca in ogni istante equamente in modo da rigenerare il sistema simmetrico iniziale è praticamente uguale a zero.**

Avremo certamente, in qualche istante, uno dei due protoni centrali che riceve una quantità di energia maggiore dell'altro e quindi si sposta su un'orbita ad una maggiore distanza dall'elettrone centrale.

Questa situazione comporta una immediata **rottura della simmetria iniziale** del nucleo, in quanto il protone che si è spostato verso l'esterno ha tendenza a **legarsi spontaneamente** all'elettrone periferico, rigenerando un atomo di idrogeno, mentre il secondo protone si trova e rimane ad una distanza molto piccola dall'elettrone, in una situazione che non consente nessuna condizione di equilibrio e dunque con una **naturale** tendenza a spostarsi verso l'esterno per raggiungere la prima orbita stabile di raggio R_{11e} .

L'elettrone si trova dunque in uno stato di eccitazione con energia sufficiente per giungere sull'orbita fondamentale del protone, che rappresenta la prima orbita stabile.

In queste condizioni, l'energia assorbita dal protone viene utilizzata tutta per allontanarsi dal nucleo centrale, mentre quella che viene assorbita dal nucleo, essendo esso un aggregato, verrà immagazzinata in parte come energia di eccitazione dell'elettrone E_{ecce} e in parte per allontanarsi dal protone.

E' chiaro che l'energia E_{ecce} assorbita dall'elettrone viene sottratta a quella destinata a distanziare i due frammenti fra loro.

Per fornire loro il valore E_{γ} , necessario per raggiungere la velocità di fuga che li porta fino alla distanza $R \rightarrow \infty$, si dovrà quindi fornire l'energia :

$$E_D = E_{\gamma} + E_{\text{ecce}}$$

In accordo con quanto abbiamo visto nell' Art. 39, trattando la teoria generale della fissione, **immediatamente dopo la fissione**, i due frammenti (in questo caso uno solo, in quanto l'altro è una particella elementare) liberano l'energia fornita in eccesso rispetto al valore necessario per raggiungere la velocità di fuga. Nel nostro caso l'energia liberata sarà :

$$E_{\text{ecce}} = E_D - E_{\gamma}$$

Dopo l'emissione dell'energia di eccitazione, l'elettrone, libero, si trasferisce sull'orbita fondamentale del protone e rigenera il secondo atomo di idrogeno.

Se si considera il "ciclo completo di fusione e successiva fissione", si vede che non è corretto assumere come energia di legame del deutone il valore $E_D = 2.22457 \text{ MeV}$.

Nel nucleo del deuterio non esiste nessun neutrone. Esso è formato da due atomi di idrogeno legati da un'energia $E_{\gamma} = 1.44222056 \text{ MeV}$, come si ricava dal difetto di massa.

Se però la sintesi viene realizzata con la fusione di un neutrone con un atomo di idrogeno, proprio perchè si deve formare un nucleo stabile, **" il neutrone, per potersi fondere stabilmente con l'atomo di idrogeno, deve liberarsi dell'energia di eccitazione $\Delta E = 0.7822991 \text{ MeV}$, trasformandosi in una**

coppia $(e^- + p)$ richiesta per la formazione del nucleo.

L'energia E_D che viene liberata dalla sintesi **representerebbe** l'energia di legame totale **solo se ΔE fosse l'energia di legame del neutrone, in tal caso l'energia di legame risulterebbe dal calcolo $E_D = \Delta E + E_\gamma$.**

ΔE non è però un'energia di legame (negativa), ma di eccitazione (positiva) **e quindi si libera in seguito alla fissione del neutrone e non durante la sua sintesi.**

Questo vuol dire che la sintesi del deutone realizzata con il neutrone, richiede due fasi.

Nella prima si ha la fissione del neutrone, con liberazione dell'energia ΔE e la formazione della coppia $(e^- + p)$.

Nella seconda, **prima che la coppia si separi, si aggrga con un protone per formare il deutone**, liberando l'energia di legame E_γ .

Complessivamente l'energia liberata è ancora E_D , ma il nucleo nei due casi è molto diverso. Nel primo caso immaginiamo che nel nucleo sia presente un neutrone, nel secondo due protoni e un elettrone, mentre **il neutrone viene creato durante la scissione del nucleo**, fornendo il surplus di energia ΔE .

Il neutrone non può esistere quindi come aggregato libero.

Esso si forma con la scissione del deutone come una coppia $(e^- + p)$ eccitata, dunque instabile, e si diseccita spontaneamente o durante la sintesi del deutone.