

– **significato fisico delle dimensioni di Planck**

Nei capitoli precedenti abbiamo visto che non abbiamo una teoria capace di descrivere il comportamento della materia a tutti i livelli di aggregazione, per cui si utilizzano diverse teorie, ciascuna in grado di raggiungere un livello di precisione soddisfacente in un preciso intervallo d'indagine.

Per la materia ordinaria bene si adatta la relatività generale, che però fallisce con il microcosmo, per il quale si deve utilizzare la meccanica quantistica. Le due teorie sono tra loro incompatibili e, come è facile capire, nell'intervallo che separa i loro campi d'azione, entrano in conflitto.

La teoria che tenta di superare questo conflitto e i limiti del modello standard, al quale abbiamo accennato, è la **teoria delle stringhe**.

**Secondo questa teoria, i costituenti elementari della materia non sono puntiformi, come prevedeva il modello standard, ma come filamenti con un elevato rapporto tra le due dimensioni e, per questo, indicati come " stringhe ".**

Esse vengono così considerate chiuse su se stesse e vibranti **su frequenze obbligate**, imposte dalla meccanica quantistica.

Non interessa qui esporre la teoria, ma ricordare solo che la dimensione di queste stringhe viene fissata dello stesso ordine di grandezza di quella che si indica come " **lunghezza di Planck** " (  $L_p = 1,6162528 \cdot 10^{-35}$  m ).

Con questa scelta, questo valore diventa " **la lunghezza oltre la quale non ha più significato il concetto di dimensione** ".

Un discorso analogo viene fatto per " **il tempo di Planck** " (  $10^{-43}$  sec ) e per " **la massa di planck** " (  $2,1764411 \cdot 10^{-8}$  Kg ) .

Quando si pensa all'universo che nasce dal big bang, la dimensione minima, che si può immaginare è quella di : "**una particella elementare avente una lunghezza d'onda associata,  $\lambda_{\min}$ , uguale alla più piccola dimensione significativa che conosciamo**", formata quindi da una sola stringa con una lunghezza uguale a quella di Planck.

Si pone dunque :

$$\lambda_{\min} = L_p .$$

Associando questa lunghezza d'onda all'universo neonato, si può ricavare la sua massa dalla espressione :

$$\lambda_{\min} = \frac{h}{m_{\min} \cdot C_1}$$

si ottiene così il valore :

$$m_{\min} = \frac{h}{\lambda_{\min} \cdot C_1} = 2,1764411 \cdot 10^{-8} \text{ Kg}$$

che viene detta " **massa di Planck** ".

Il tempo impiegato dalla luce per percorrere una lunghezza d'onda viene detto " **tempo di Planck** " e risulta :

$$t_p = \frac{\lambda_{\min}}{C_1} = 5,3912427 \cdot 10^{-43} \text{ sec}$$

L'energia di massa associata all'universo neonato risulta :

$$E_u = m_{\min} \cdot C_1^2 = 1,2208934 \cdot 10^{22} \text{ MeV}$$

**Le tre "dimensioni fondamentali" di Planck vengono dunque associate alla sola particella elementare che esce come universo dal big bang.**

Osservando l'universo attuale, vediamo che esso è formato sostanzialmente da idrogeno, che si fonde nelle stelle con trasformazione di massa in energia. La massa dell'universo si presenta dunque in lenta diminuzione.

Il valore della massa dell'universo che osserviamo oggi, è stato calcolato con la teoria degli spazi rotanti e risulta :

$$m_u = 3,3765 \cdot 10^{46} \text{ Kg.}$$

Essa è quindi **creciuta enormemente con l'espansione**, anche se oggi è in diminuzione.

L'evoluzione dell'universo va dunque pensata divisa in due fasi :

Una prima fase di espansione, durante la quale è avvenuta la sintesi di tutti gli

**elettroni e protoni presenti oggi nell'universo**, con l'aumento della massa fino al valore massimo.

Se, a questo punto, l'universo avesse continuato nella sua fase di espansione senza iniziare la fusione dell'idrogeno, **la massa sarebbe rimasta invariata**.

In realtà è iniziata una seconda fase di espansione con una lenta diminuzione della massa. La percentuale di idrogeno presente nell'universo ci dice però che la riduzione realizzata fino ad oggi è modesta, per cui possiamo ritenere, in prima approssimazione, che la massa attuale coincida praticamente con il valore massimo raggiunto.

Se si comprime quindi l'universo fino alla massima dimensione raggiungibile come **particella elementare** (secondo la definizione che abbiamo dato nella teoria degli spazi rotanti), mantenendo costante la massa, ricaviamo il valore del raggio raggiunto dall'universo al termine della prima fase di espansione. Si ricava così :

$$r_{1u} = 2650 \text{ al} = 2,5069 \cdot 10^{16} K_m$$

Secondo la teoria degli spazi rotanti, le particelle elementari soddisfano la condizione :

$$\frac{m}{r_1} = 1,34619898 \cdot 10^{27} \frac{K_g}{m}$$

Per l'universo neonato, **con i valori assunti**, si ricava :

$$\frac{m_{\min}}{\lambda_{\min}} = \frac{2,1764411 \cdot 10^{-8} K_g}{1,6162528 \cdot 10^{-35} m} = 1,346597 \cdot 10^{27} \frac{K_g}{m}$$

Questo risultato ci dice che l'universo **neonato** inizia e termina la prima fase di espansione come particella elementare e quindi **essa viene realizzata a velocità costante**, uguale a quella della luce ed ha una durata di **2650** anni.

**Tutte le teorie**, compresa quella degli spazi rotanti, **ci dicono che l'energia totale associata a una particella elementare, non in moto, è uguale alla sola energia di massa**.

Nell'universo, considerato nella prima fase di espansione, l'energia di massa iniziale è **notevolmente** minore di quella finale, per cui, durante l'evoluzione, **non viene rispettato il principio di conservazione.**

Questo vuol dire che i valori associati a uno dei due estremi considerati non sono corretti.

Dato che i valori finali sono coerenti con l'osservazione, mentre quelli iniziali sono stati assunti arbitrariamente, dobbiamo pensare che questi ultimi non si possano associare all'universo neonato, ossia che l'universo non può essere nato come è stato indicato.

Del resto, tra le teorie correnti e quella degli spazi rotanti risulta qui evidente il contrasto tra le relazioni :

$$m_{\min} \cdot \lambda_{\min} = \frac{h}{C_1} = \text{costante}$$

$$\frac{m}{r_1} = \frac{m_s}{r_{1s}} = \text{costante}$$

L'errore viene commesso nella interpretazione della lunghezza d'onda  $\lambda_{\min}$ , che compare nella sepressione fornita dalle teorie correnti.

Essa viene infatti associata **direttamente** alla particella ed interpretata così come sua dimensione lineare ( raggio se ritenuta sferica ).

Secondo la relazione data, ne deriva che le particelle elementari dovrebbero presentare " **una massa tanto maggiore quanto più piccole risultano le loro dimensioni**", mentre noi abbiamo visto che **la massa è proporzionale al volume di spazio fisico perturbato dal moto.**

Secondo quanto abbiamo visto trattando la **deviazione della luce e l'effetto Compton**, la lunghezza d'onda  $\lambda$  è quella che si associa al fotone che viene emesso, per poter conservare l'impulso nella direzione del moto, **quando la particella viene assorbita.**

Essa non è dunque una caratteristica della particella, benchè sia dipendente dalle sue condizioni di moto iniziali.

Interpretare  $\lambda_{\min}$  come dimensione iniziale dell'universo non ha quindi alcun significato. Secondo il principio delle osservabili, **l'universo nasce con un raggio minimo uguale a 2650 al.**

Vediamo quindi per quali ragioni le **dimensioni di Planck non sono adatte allo scopo.**

Nella teoria degli spazi rotanti abbiamo visto che tutti gli aggregati materiali, interagiscono tra loro, manifestando contemporaneamente sia un ruolo attivo che passivo.

Nel ruolo attivo ciascuno di essi genera lo spazio rotante che viene indicato con  $K^2$  ed è calcolabile utilizzando la condizione di equilibrio di un satellite :

$$K^2 = V_{\text{eq}}^2 \cdot R_{\text{eq}}$$

Nel ruolo passivo il comportamento è assolutamente identico a quello della materia ordinaria, che presenta una massa inerziale alla quale è associato uno spazio rotante estremamente ridotto, che possiamo apprezzare solo se consideriamo masse di valore molto elevato.

Se prendiamo in considerazione il Sole con i suoi pianeti, con la condizione di equilibrio, si ricava :

$$K_s^2 = V_{\text{eq}}^2 \cdot R_{\text{eq}} = 132,725 \cdot 10^{18} \frac{\text{m}^3}{\text{sec}^2}$$

Nota la massa del Sole ;  $m_s = 1,989077 \cdot 10^{30} K_g$

Si ricava così la costante :  $G = 6,67259 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{sec}^2 \cdot K_g}$

**Una massa inerziale  $m$  qualsiasi genera dunque uno spazio rotante dato da :**

$$K^2 = G \cdot m .$$

Per evitare confusione nell'esposizione, benchè in pratica non sia possibile misurarli separatamente, **per lo spazio rotante associato**, utilizziamo due

diverse indicazioni  $K_a^2$  per il ruolo attivo  
 $K_i^2$  per quello passivo

**In qualsiasi spazio rotante, la più piccola orbita di equilibrio che si può immaginare è quella in corrispondenza della quale si ha una velocità di rivoluzione uguale al valore massimo osservabile, che noi abbiamo assunto coincidente con quella della luce,  $C_1 = 299792458 \frac{m}{sec}$ .**

Indicando dunque con  $r_1$  il valore del raggio dell'orbita stabile minima, si ha :

$$r_{1a} = \frac{K_a^2}{C_1^2} \quad ; \quad r_{1i} = \frac{K_i^2}{C_1^2} = \frac{G \cdot m}{C_1^2}$$

E' da notare che questi due valori rappresentano quelli minimi **immaginabili** delle orbite di equilibrio e dunque la materia che genera lo spazio rotante associato deve, necessariamente, essere confinata all'interno.

**$r_{1a}$  e  $r_{1i}$  sono quindi due valori caratteristici associati a qualunque forma di materia, ordinaria o particella elementare.**

Se questi raggi vengono assunti come due dimensioni lineari, caratteristiche della materia, ad essa possiamo **associare uno spazio** con un unico valore che indichiamo come :

$$\text{superficie minima di spazio :} \quad R_{\min}^2 = r_{1a} \cdot r_{1i}$$

Utilizzando la relazione di proporzionalità, che abbiamo ricordato, possiamo trasformare gli spazi rotanti in masse ed utilizzare queste per descrivere la materia. Si avrà quindi :

$$\text{massa associata allo spazio ordinario} = \frac{K_i^2}{G} = \frac{G \cdot m}{G} = m = m_i$$

$$\text{massa associata allo spazio attivo} = \frac{K_a^2}{G} = \frac{r_{1a} \cdot C_1^2}{G} = m_a$$

Anche in questo caso, se consideriamo i due valori come dimensioni lineari, caratteristiche della materia, ad essa possiamo **associare un unico valore** che indichiamo come :

$$\text{superficie minima di massa : } M_{\min}^2 = m_a \cdot m_i$$

Con alcune semplici sostituzioni, si ricava così la relazione :

$$M_{\min} = \frac{R_{\min} \cdot C_1^2}{G} = 1,346936015 \cdot 10^{27} \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \cdot R_{\min}$$

oppure :

$$R_{\min} = 7,42427638 \cdot 10^{-28} \frac{\text{m}}{\text{Kg}} \cdot M_{\min}$$

Applichiamo ora questa relazione **all'atomo di idrogeno**, che rappresenta il più piccolo sistema stabile che conosciamo. Per tutti i componenti si ricava :

$$R_{\min p}^2 = r_{1ap} \cdot r_{1ip} = \frac{K_a^2}{C_1^2} \cdot \frac{G \cdot m}{C_1^2}$$

con i valori numerici noti, si ricava :

– **protone**

$$R_{\min p}^2 = (2,81794092 \cdot 10^{-15} \text{ m}) \cdot (1,241798482 \cdot 10^{-54} \text{ m}) = 3,499314757 \cdot 10^{-69} \text{ m}^2$$

$$R_{\min p} = 5,915500619 \cdot 10^{-35} \text{ m}$$

– **elettrone**

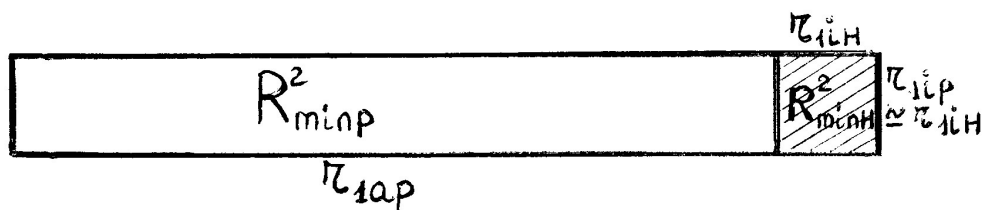
$$R_{\min e}^2 = (1,534698522 \cdot 10^{-18} \text{ m}) \cdot (6,763045603 \cdot 10^{-58} \text{ m}) = 1,037923609 \cdot 10^{-75} \text{ m}^2$$

$$R_{\min e} = 3,221682183 \cdot 10^{-38} \text{ m}$$

– **atomo di idrogeno**

$$R_{\min H}^2 = (1,242474787 \cdot 10^{-54} \text{ m}) \cdot (1,242474787 \cdot 10^{-54} \text{ m}) = 1,543743596 \cdot 10^{-108} \text{ m}^2$$

$$R_{\min H} = 1,242474787 \cdot 10^{-54} \text{ m}$$



Dai risultati ottenuti si vede che lo spazio associato alle particelle elementari presenta un rapporto tra le due dimensioni pari a :

$$\alpha_{ai} = \frac{r_{1a}}{r_{1i}} = 22,69241717 \cdot 10^{38}$$

si ha quindi :

$$r_{1a} = \alpha_{ai} \cdot r_{1i} = 22,69241717 \cdot 10^{38} \cdot r_{1i}$$

Si tratta di un rapporto estremamente elevato, per cui, possiamo dire che ad **una particella elementare si associa uno spazio filiforme**, molto lungo e sottile, che chiamiamo " stringa ".

A questo punto, osserviamo che **il protone e l'elettrone rappresentano le particelle elementari fondamentali, che, interagendo tra loro formano l'atomo di idrogeno, il quale "costituisce l'unità fondamentale", che, per aggregazione secondo diverse modalità, dà origine a tutta la materia ordinaria presente nell'universo.**

Considerando che la dimensione minore dell'atomo di idrogeno coincide ( a meno del rapporto  $m_e / m_p = 1 / 1836,15$  ) con quella del protone, possiamo anche dire che l'interazione dell'elettrone in orbita nello spazio protonico con le caratteristiche orbitali :

$$R_{11e} = 5,29177249 \cdot 10^{-11} \text{ m} ; \quad V_{11e} = 2187691,415 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

rende praticamente invisibile nello spazio esterno lo spazio rotante associato al protone, riducendo la lunghezza della stringa associata ad un solo punto di spazio fisico avente le dimensioni di un quadrato di lato uguale a :

$$r_{1H} = r_{1iH} = r_{1aH} = 1,242474787 \cdot 10^{-54} \text{ m}$$

**Se assumiamo questo valore come " dimensione lineare minima dello spazio fisico separabile nell'universo ", la " particella elementare di spazio fisico associato alla materia ordinaria ", diventa un quadrato di area  $R_{\text{minH}}^2$ .**



Bisogna tenere presente che non si tratta di uno spazio elementare, privo di struttura, ma del risultato, **visto dall'esterno**, della interazione tra le stringhe di protone ed elettrone nello spazio interno all'orbita elettronica.

All'interno di questo spazio minimo possiamo ancora individuare la particella elementare primordiale che, orbitando in equilibrio in uno spazio rotante centrale, riduce la lunghezza della stringa ad esso associata ad un solo punto di dimensioni elementari.

Nella teoria generale abbiamo visto che  $r_1$  rappresenta il valore del raggio entro il quale bisogna comprimere uno spazio rotante, di valore assegnato, per raggiungere la condizione di particella elementare.

Se dunque comprimiamo l'atomo di idrogeno, avente spazio rotante :

$$K_H^2 = G \cdot m_H = 1,116680649 \cdot 10^{-37} \frac{m^3}{sec^2}$$

entro la minima dimensione :

$$R_{minH} = r_{1H} = r_{1iH} = r_{1aH} = 1,242474787 \cdot 10^{-54} m$$

**otteniamo una struttura elementare che ha le seguenti caratteristiche :**

spazio rotante :  $K_0^2 = K_H^2 = 1,116680649 \cdot 10^{-37} \frac{m^3}{sec^2}$

dimensione massima :  $r_{1a0} = r_{1aH} = 1,242474787 \cdot 10^{-54} m$

dimensione minima :  $r_{1i0} = \frac{r_{1a0}}{\alpha_{ai}} = 5,475286205 \cdot 10^{-94} m$

massa inerziale :  $m_0 = \frac{m_H}{\alpha_{ai}} = 7,374860185 \cdot 10^{-67} K_g$

**All'interno di questa struttura troviamo, come sfera planetaria, in moto orbitale, in una posizione analoga a quella dell'elettrone nell' atomo di idrogeno, la particella elementare primordiale che dà origine a tutta la materia presente nell'universo, e l'aggregato elementare che genera lo spazio rotante elementare capace di imprigionarla sull'orbita.**

La massa inerziale di queste due particelle risulta :

$$m_{s0} = m_0 \cdot \left( 1 - \frac{m_e}{m_p} \right) = 7,370843711 \cdot 10^{-67} \text{ Kg}$$

$$m_{p0} = m_{s0} \cdot \frac{m_e}{m_p} = 4,014286768 \cdot 10^{-70} \text{ Kg}$$

Nella teoria generale dell'equilibrio universale, durante lo studio della struttura del nucleo atomico, dunque per una via completamente indipendente, è stata calcolata la **massa inerziale del neutrino**, risultata pari a :

$$M_n = 3,159487 \cdot 10^{-70} \text{ Kg}$$

Finora abbiamo considerato l'atomo di idrogeno nel suo insieme. Studiamo ora l'interazione tra elettrone e protone in dettaglio.

**Innanzitutto osserviamo che si tratta di due interazioni incrociate tra lo spazio rotante di una particella e la massa inerziale dell'altra, che sono indipendenti anche se si verificano simultaneamente.**

Studiamo quindi il sistema **protone – elettrone** , come se si trattasse di una sola particella, tenendo conto però che, in realtà fra le due componenti si ha un rapporto tra le velocità di rivoluzione pari a :

$$p_{ns} = \frac{V_{1p}}{V_{1e}} = \frac{C_1}{V_{11e}} = \frac{299792458 \frac{m}{sec}}{2187691,415 \frac{m}{sec}} = 137,0359896$$

– considerando **protone attivo – elettrone passivo** , si ha :

$$R_{minpe}^2 = p_{ns} \cdot r_{1ap} \cdot r_{1ie} = p_{ns} \cdot \frac{K_p^2}{C_1^2} \cdot \frac{G \cdot m_e}{C_1^2}$$

sostituendo i valori numerici si ottiene :

$$R_{\text{minpe}}^2 = 2,61161311 \cdot 10^{-70} \text{ m}^2$$

– considerando **elettone attivo – protone passivo** , si ricava :

$$R_{\text{minep}}^2 = \rho_{\text{ns}} \cdot r_{1ae} \cdot r_{1ip} = \rho_{\text{ns}} \cdot \frac{K_e^2}{C_1^2} \cdot \frac{G \cdot m_p}{C_1^2}$$

Come ci si deve aspettare, sostituendo i valori numerici, si ottiene :

$$R_{\text{minep}}^2 = R_{\text{minpe}}^2$$

Con qualche semplice passaggio, si ricava la relazione :

$$R_{\text{minpe}}^2 = \left( 2\pi \cdot m_e \cdot V_{11e} \cdot R_{11e} \right) \cdot \frac{G}{2\pi \cdot C_1^3}$$

essendo :

$$\left( 2\pi \cdot m_e \cdot V_{11e} \cdot R_{11e} \right) = h = \text{costante di Planck}$$

Sostituendo, si ottiene l'espressione :

$$R_{\text{minpe}} = \sqrt{\frac{h \cdot G}{2\pi \cdot C_1^3}}$$

la massa associata risulta :

$$\begin{aligned} M_{\text{minpe}} &= \frac{R_{\text{minpe}} \cdot C_1^2}{G} = \sqrt{\frac{h \cdot C}{2\pi \cdot G}} = \\ &= 1,346936015 \cdot 10^{27} \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \cdot R_{\text{minpe}} \end{aligned}$$

E' da notare che, avendo considerato l'atomo di idrogeno come una singola

particella elementare, risulta :

$$\frac{M_{\text{minpe}}}{R_{\text{minpe}}} = 1,346936015 \cdot 10^{27} \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

viene infine associato al sistema il tempo richiesto per percorrere la distanza  $R_{\text{minpe}}$  alla velocità della luce :

$$t_{\text{minpe}} = \frac{R_{\text{minpe}}}{C_1} = \sqrt{\frac{h \cdot G}{2\pi \cdot C_1^5}}$$

**Dato che le tre grandezze,  $R_{\text{minpe}}$ ,  $M_{\text{minpe}}$ ,  $t_{\text{minpe}}$  si calcolano tutte moltiplicando  $\sqrt{h}$  per una costante universale, nelle teorie correnti si associano alla costante di Planck, adottando le seguenti indicazioni :**

$$l_p = R_{\text{minpe}} = 1,61604861 \cdot 10^{-35} \text{ m} = \text{lunghezza di Planck}$$

$$M_p = M_{\text{minpe}} = 2,176714075 \cdot 10^{-8} \text{ Kg} = \text{massa di Planck}$$

$$t_p = t_{\text{minpe}} = 5,390557924 \cdot 10^{-44} \text{ sec} = \text{tempo di Planck}$$

Come abbiamo visto, **tutte le teorie correnti attribuiscono a questi valori un significato reale che viene interpretato come limite oltre il quale la grandezza perde ogni significato fisico.**

**Il calcolo dimostra però che essi sono strettamente legati alla coppia protone – elettrone così come si presenta nell'atomo di idrogeno, trattato come una particella elementare, che comunque non è affatto una struttura minima.**

**Inoltre, il calcolo mette in evidenza come questi valori siano associati ad una " particella elementare equivalente " , che dunque non trova alcun riscontro nella realtà fisica.**

Per quanto riguarda i limiti osservabili delle grandezze, il discorso da fare è certamente diverso, in quanto sia noi che i nostri strumenti siamo formati da atomi, che sono strutture con orbite stabili quantizzate, con una conseguente quantizzazione di tutte le altre grandezze che regolano il moto delle particelle.

Questo vuol dire che i nostri orologi ed i nostri metri, anche i più precisi, che sono basati sulle transizioni nucleari, ci potranno fornire solo indicazioni con l'indeterminazione minima di un periodo di rivoluzione e di un raggio orbitale.

Lo strumento più preciso che **riusciamo ad ipotizzare** è quello che sfrutta la annichilazione di un protone, che fornisce :

$$\Delta t = T = \frac{h}{\Delta E} = 4,407749287 \cdot 10^{-24} \text{ sec}$$

$$\Delta R = \lambda = C_1 \cdot T = 1,321409993 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

Questi saranno per noi i valori minimi osservabili, oltre i quali la misura non risulta più attendibile.