Symmetric Theory
Omnipresent Medium Planck

Giuseppe Azzarello
Studente dipartimento di fisica Catania - Italia
(31 Gennaio 2025)
pinoazzarello@gmail.com

Abstract
In questo articolo proseguiamo lo sviluppo della *Symmetric Theory*. Ciò che mostreremo è l'accoppiamento tra l'universo ed il *medium Planck*, inteso come il mezzo che formalizza le caratteristiche del zero-point field. Mostreremo come i fenomeni dell'infinitamente grande dell'universo e dell'inifinitamente piccolo dell'atomo si armonizzano in relazione al *medium Planck*. Mostreremo come la Hawking radiation, Unhru effect, Casimir effect, Entropic force, Stefan-Boltzmann costant, Wien's displacement law, sono tutti fenomeni riferiti al *medium Planck*. Mostreremo che l'elettrone nel primo livello energetico dell'atomo di idrogeno non può mai cadere nel nucleo atomico perché sorretto dalla energia di planck, attraverso il fenomeno della risonanza. Quello che emerge è un nuovo significato della costante di struttura fine, nel senso di costante di accoppiamento tra l'elettrone ed il medium Planck. Infine viene indicata una strada che potrebbe risolvere la dualità onda-particella.

Keyword zero-point energy, medium Planck, superforce, Waking radiation, Unrhu effect, Casimir effect, Entropic force, Stefan-Boltzmann costant, Wien's displacement law, fine-structure constant, wave-particle duality.

1 - Introduzione

E' stupefacente come l'intelligenza umana abbia elaborato una visione di insieme dell'universo in cui viviamo, riuscendo a fornirne una struttura nonostante la complessità del soggetto. Questo sforzo ha ricevuto il contributo da tutta una umanità, che singolarmente hanno aggiunto tasselli ad un mosaico altrimenti impossibile realizzare da poche persone. Oggi valutiamo le nostre conoscenze e ci spingiamo in avanti grazie alle intuizioni di menti brillanti, che hanno aperto varchi la dove le apparenze sembravano porre limiti invalicabili. Sulle spalle di questi giganti abbiamo allargato i nostri orizzonti fino a estremi impensabili fino a qualche secolo fa, e le loro scoperte sono diventate pietre miliari, a cui facciamo ricorso ogni volta che la scienza è di fronte a grandi dilemmi.
La storia della fisica è costellata da grandi successi preceduti da imprese fallimentari, che non hanno impedito alle menti più acute di estrapolare l'essenziale. Oggi le nostre conoscenze sono ben strutturate in teorie che riescono, in tutto o in parte, a spiegare il mondo in cui viviamo.
Secondo J.D. Barrow [1]: "*La scienza si può identificare con la ricerca di compressioni algoritmiche*", identificando una struttura basata sul significato logico (senza ambiguità) dei principi, degli assiomi e dei postulati alla base delle leggi fisiche.
Secondo Caldirola [2]: "*La fisica teorica, che si occupa della costruzione di teorie in grado di spiegare o descrivere classi di fenomeni, è una attività intellettuale con la quale si tenta, attraverso un appropriato schema logico-matematico, di mettere ordine nella varietà dei fenomeni fisici… e permette di spiegare il massimo numero possibile di esperimenti partendo da un numero minimo di postulati*".
Il continuo processo evolutivo di teorie sempre più generali, ha messo in evidenza che ogni teoria fisica si rivela dotata di un campo d'azione circoscritto. Il cambiamento di paradigma che ha permesso il passaggio a teorie più generali è avvenuto, quasi sempre, con la scoperta di nuove costanti universali - si pensi alla velocità della luce nel vacuum per la teoria della relatività, oppure alla costante di Planck per la meccanica quantistica.
Forse, l'intuizione più importante è stato riconoscere che in natura esistono delle costanti universali, interpretate come *limitazioni fondamentali* [3]; non nel senso di ostacoli insuperabili ma *orizzonti*, entro cui è racchiusa la nostra conoscenza ad un dato istante. Questi orizzonti di realtà, che determinano le teorie attuali, sono individuati da costanti universali, ovvero valori fissi di alcune osservabili fisiche, che possono essere interpretate come parametri nella struttura di alcuni modelli, oppure come fattori di conversione tra unità fisiche. E' mia convinzione che le grandi sfide che attendono la fisica passano dalla ricerca di una loro unificazione.

2 - Review Medium Planck

Nello sviluppo della *Symmetric Theory* [4], viene sostenuto che il vacuum è il dominio del *medium Planck*, che opera nel vuoto e caratterizza il vuoto, andando a formare un fondo cosmico rispetto al quale tutto è relazionato e a cui riferiamo le nostre misure. Il *medium Planck* è caratterizzato dalle grandezze fisiche introdotte da Planck, che richiameremo quando ne faremo uso. Qualunche fenomeno fisico, dal nostro punto di vista, avviene in relazione al *medium Planck*.
La caratteristica cruciale, richiesta dalla *Symmetric Theory*, è che esista una particella in grado di soddisfare la relazione dettata dal *fattore di accoppiamento simmetrico carica-materia*

$$Æ \equiv \pm\sqrt{\frac{\varepsilon_o}{G_o}} \approx 8{,}617\times10^{-11} \quad \left[\frac{C}{Kg}\right] \qquad (1)$$

in grado di rendere uguale la forza gravitazionale di Newton (tra masse) e la forza elettrica di Coulomb (tra cariche elettriche). Il sistema di unità usato è il MKS. Nella espressione (1), ε_o è la costante dielettrica del vacuum e G_o è la permeabilità gravitazionale del vacuum, definita dalla relazione

$$G_o \equiv \frac{1}{4\pi G} \tag{2}$$

dove G è la costante gravitazionale. In questo contesto la particella di Planck sembra l'unica entità in grado di soddifare il rapporto specifico imposto dalla espressione (1), valendo la relazione

$$\frac{q_P}{m_P} = \pm Æ = \pm\sqrt{\frac{\varepsilon_o}{G_o}} \tag{3}$$

oppure

$$q_P = \pm Æ\, m_P \tag{4}$$

dove m_P è la massa di Planck e q_P è la carica di Planck. In questo contesto viene identificata la particella di Planck come una *particella simmetrica*, nel senso che soddisfa la *Symmetric Theory*, con doppia polarità dettata dal segno $\pm$ della formula (4).

Dalla relazione di Maxwell nel vacuum

$$c^2 = \frac{1}{\mu_o\, \varepsilon_o} \tag{5}$$

dove μ_o è la permeabilità magnetica del vacuum, e tenendo conto della relazione (1), si ricava

$$c^2 = \frac{1}{Æ^2\, G_o\, \mu_o} = \frac{m_P}{q_P\, G_o\, \mu_o} \tag{6}$$

creando un collegamento sia quantitativo che qualitativo – quindi senza perdita di accuratezza - tra elettromagnetismo e gravitazione.

Ipotizzando che la particella di Planck abbia una velocità pari alla velocità della luce nel vacuum c, abbiamo assunto che la particella di Planck ha carica magnetica

$$g_P \equiv q_P\, c\, \mu_o \tag{7}$$

Se tutte queste ipotesi risultassero vere, avremmo la seguente *unificazione elettro-gravito-magnetica* alla scala del *medium Planck*,

$$\underbrace{\left[F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_P^2}{\ell_P^2}\right]}_{electric} = \underbrace{\left[F_g \equiv \frac{1}{4\pi G_o}\frac{m_P^2}{\ell_P^2}\right]}_{gravitational} = \underbrace{\left[F_m = \frac{1}{4\pi\mu_o}\frac{g_P^2}{\ell_P^2}\right]}_{magnetic} = F_P = \frac{c^4}{G} \tag{8}$$

con F_P la forza di Planck, che viene indicata nella letteratura scientifica come *forza massima* o *superforza* [5][6][7][8].

Dalle definizioni delle unità di Planck e da quanto ottenuto finora, abbiamo ricavato le seguenti relazioni:

$$m_P \equiv \sqrt{4\pi G_o\, \hbar c} \tag{9}$$

$$q_P \equiv \sqrt{4\pi\varepsilon_o\, \hbar c} \tag{10}$$

$$g_P \equiv \sqrt{4\pi\mu_o\, \hbar c} \tag{11}$$

Da queste si ottengono le ulteriori relazioni:

$$\hbar c \equiv \frac{m_P^2}{4\pi G_o} \equiv \frac{q_P^2}{4\pi\varepsilon_o} \equiv \frac{g_P^2}{4\pi\mu_o} \tag{12}$$

$$\hbar \equiv \frac{m_P^2}{4\pi G_o\, c} \equiv \frac{q_P^2}{4\pi\varepsilon_o\, c} \equiv \frac{g_P^2}{4\pi\mu_o\, c} \tag{13}$$

Le relazioni (12) e (13) indicano che la costante di Planck non è limitata dalla pura definizione di quanto d'azione. In particolare, la relazione (12) può essere considerata come un parametro di scala che rende possibile il passaggio tra le tre forze caratteristiche e la loro unificazione, attraverso la seguente relazione fondamentale:

$$F_P \equiv \frac{\hbar c}{\ell_P^2} = \frac{c^4}{G} \tag{14}$$

sostituendo ad $\hbar c$ il relativo valore delle relazioni (12), a seconda del comportamento fisico del sistema in studio.

La costante di struttura fine α venne introdotta la prima volta da Sommerfeld [9] per spiegare - in relazione all'elettrone nella sua prima orbita stazionaria - la struttura fine nell'atomo di idrogeno, come il rapporto tra la velocità dell'elettrone e la velocità della luce nel vacuum. Nella forma più conosciuta si può scrivere come:

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_o\, \hbar c} \tag{15}$$

dove e è la carica dell'elettrone. Quadrando la relazione (10) ed inserendola nella formula (15), si può scrivere

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o\,\hbar c} = \frac{e^2}{q_P^2} \tag{16}$$

Altro aspetto importante è che la relazione (16) esprime anche il rapporto tra (a) la forza di Coulomb F_e tra due elettroni posti ad una distanza pari alla lunghezza di Planck ℓ_P, e (b) la forza di Planck F_P:

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o\left(\hbar c\right)} = \frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o\,\ell_P^2\left(\dfrac{q_P^2}{4\pi\,\varepsilon_o\,\ell_P^2}\right)} = \frac{\dfrac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o\,\ell_P^2}}{\dfrac{q_P^2}{4\pi\,\varepsilon_o\,\ell_P^2}} = \frac{F_e}{F_P} = \frac{F_e}{\left(c^4/G\right)} \tag{17}$$

Inoltre dalla formula (15) si ricava:

$$\hbar c\,\alpha = \frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o} \tag{18}$$

In analogia alla costante di struttura fine α (elettromagnetica), abbiamo introdotto la costante di struttura fine gravitazionale,

$$\alpha_G \equiv \frac{m_e^2}{m_P^2} \equiv \frac{G\,m_e^2}{\hbar c} \equiv \frac{G\,m_e^2}{G\,m_p^2} \equiv \frac{m_e^2}{4\pi\,G_o\,\hbar c} \tag{19}$$

dove m_e è la massa dell'elettrone e m_P a massa di Planck, e la costante di struttura fine magnetica,

$$\alpha_M \equiv \frac{g_e^2}{g_P^2} \equiv \frac{g_e^2}{4\pi\,\mu_o\,\hbar c} \tag{20}$$

dove g_e indica il monopolo magnetico dell'elettrone e g_P il monopolo magnetico della particella di Planck.
Allo scopo di verificare se l'elettrone segue una relazione di accoppiamento simmetrico, analogo al comportamento della particella di Planck, abbiamo ipotizzato la validità per l'elettrone della seguente proprietà:

$$e \equiv \beta\,m_e \tag{21}$$

dove m_e è la massa dell'elettrone, e la carica elettrica dell'elettrone e β una costante incognita in grado di mantenere il rapporto specifico $\beta = e/m_e$. Dalla costante di accoppiamento α, ed utilizzando le equazioni (16) e (20), si ricava:

$$\alpha = \frac{e^2}{q_p^2} = \frac{\beta^2\,m_e^2}{Æ^2\,m_p^2} = \frac{\beta^2}{Æ^2}\alpha_G \tag{22}$$

dove si è usata la relazione (4), da cui si ricava:

$$\beta^2 \equiv \frac{\alpha\,Æ^2}{\alpha_G} \;\rightarrow\; \beta \equiv \pm Æ\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_G}} \tag{23}$$

Numericamente si ricava

$$\beta \approx \pm\,1{,}759\times 10^{11} \tag{24}$$

che è esattamente uguale al rapporto specifisco e/m_e dell'elettrone,

$$\frac{e}{m_e} \approx 1{,}758\times 10^{11} \tag{25}$$

E' stato fatto notare anche, che la forza di Planck compare nella formulazione della relatività generale, nelle equazioni di campo di Einstein [10],

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R\,g_{\mu\nu} = \kappa T_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu} \tag{26}$$

dove $G_{\mu\nu}$ è il tensore di curvatura e $T_{\mu\nu}$ il tensore densità energia-impulso. Sostituendo la formula (14) nella formula (26) si ottiene

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R\,g_{\mu\nu} = 8\pi\left(\frac{\ell_P^2}{\hbar c}\right)T_{\mu\nu} \tag{27}$$

in cui la costante di Planck viene introdotta in modo naturale nella relatività generale senza alcuna perdita di accuratezza.
Nell'articolo [11] abbiamo consideriamo le seguenti relazioni per il *medium Planck*:

$$k_B\,T_P = k_B\sqrt{\frac{\hbar c^5}{G\,k_B^2}} = \sqrt{k_B^2\frac{\hbar c^5}{G\,k_B^2}} = \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G}} \tag{28}$$

dove k_B è la costante di Boltzmann e T_P è la temperatura di Planck;

$$m_P\,c^2 = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}\,c^2 = \sqrt{c^4\frac{\hbar c}{G}} = \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G}} \tag{29}$$

dove m_P è la massa di Planck e c la velocità delle onde elettromagnetiche nel vacuum;

$$\hbar\,\omega_P = h\,\nu_P = \hbar\sqrt{\frac{c^5}{\hbar\,G}} = \sqrt{\hbar^2\,\frac{c^5}{\hbar\,G}} = \sqrt{\frac{\hbar\,c^5}{G}} \tag{30}$$

dove $\hbar$ è la costante di Planck ridotta, ω_P la frequenza angolare di Planck e ν_P la frequenza di Planck.
Come risultato le tre espressioni (28),(29),(30) sono uguali tra loro e uguali all'energia di Planck

$$E_P = h\,\nu_P = \hbar\,\omega_P = k_B\,T_P = m_p\,c^2 = \sqrt{\frac{\hbar\,c^5}{G}} \tag{31}$$

Quindi possiamo riunire le equazioni (28),(29),(30) in una unica relazione energetica valida sia quantitativamente che qualitativamente

$$\underbrace{k_B\,T_P}_{thermal} = \underbrace{m_p\,c^2}_{particle} = \underbrace{h\,\nu_P}_{wave} \tag{32}$$

a testimonianza della unificazione energetica del *medium Planck*.
Infine, da considerazioni termodinamiche e dal modello standard del Big Bang, abbiamo ipotizzato che il *medium Planck* possa rappresentare il gas perfetto (ideale) invocato dalla termodinamica, ricavando che k_B rappresenta l'entropia di Planck $S_P = k_B$, e come consequenza, il *quanto di entropia*. Il *medium Planck* verifica perfettamente l'equazione di stato del gas perfetto

$$p_P\,V_P = n\,R\,T_P \tag{33}$$

dove p_P è la pressione di Planck, V_P è il volume di Planck, n è il numero di mole, R è la costante dei gas. Inoltre, la costante dei gas rappresenta l'entropia di una mole di *medium Planck*:

$$R = N_A\,k_B = 8{,}31451 \quad \left[\frac{J}{mole\cdot{}^\circ K}\right] \tag{34}$$

3 - Lattice Planck

Vogliamo adesso appurare quale sia la distribuzione nello spazio della particella di Planck che soddisfa l'equazione di stato espressa dalla formula (33). Supponiamo che una mole formata da N_A (numero di Avogrado) particelle di Planck occupino un volume υ, in modo che, considerando υ_o il volume di ogni singola particella di Planck, venga rispettata la seguente relazione

$$\upsilon = N_A\,\upsilon_o \tag{35}$$

Non abbiamo notizie ne su υ_o ne su υ, quindi bisogna fare delle assunzione. Ipotizziamo che il volume di ogni singola particella di Planck sia uguale al volume cubico di Planck $\upsilon_o = V_P = \ell_P^3$, con

$$\upsilon_o = V_P = \ell_P^3 = \left(\sqrt{\frac{\hbar\,G}{c^3}}\right)^3 \tag{36}$$

Utilizzando la formula (36), la formula (35) diventa:

$$\upsilon \equiv N_A\,\upsilon_o = N_A\left(\sqrt{\frac{\hbar\,G}{c^3}}\right)^3 = N_A\,\frac{\hbar\,G}{c^4}\sqrt{\frac{\hbar\,G}{c}} \tag{37}$$

Notando che la forza di Planck vale $F_P = \dfrac{c^4}{G}$, e che $m_P = \sqrt{\dfrac{\hbar\,G}{c}}$, la (37) si può anche riscrivere come

$$\upsilon = N_A\,\upsilon_o \equiv N_A\,\frac{\hbar}{F_P}\,m_P \tag{38}$$

che rappresenta il volume di una mole di *medium Planck*.
L'equazione di stato dei gas perfetti (ideali), per una mole, $n=1$, ovvero per un numero $N = N_A$ di particelle, applicata al *medium Planck*, diventa:

$$p_P V_P = n\,R\,T_P \quad\rightarrow\quad V_P = R\,\frac{T_P}{p_P} \tag{39}$$

Tenendo conto della relazione (34), dalla espressione (39) si ricava:

$$V_P = N_A\,k_B\,\frac{T_P}{p_P} \tag{40}$$

Per il *medium Planck* si ha:

$$p_P = \frac{F_P}{\ell_P^2} = \frac{c^7}{\hbar\,G^2} \tag{41}$$

$$T_P = \sqrt{\frac{\hbar\,c^5}{G\,k_B^2}} \tag{42}$$

da cui si ricava il rapporto

$$\frac{T_P}{p_P}=\frac{\sqrt{\frac{\hbar\, c^5}{G\, k_B^2}}}{\frac{c^7}{\hbar\, G^2}}=\frac{\frac{c^2}{k_B}\sqrt{\frac{\hbar\, c}{G}}}{\frac{c^7}{\hbar\, G^2}}=\frac{c^2}{k_B}\sqrt{\frac{\hbar\, c}{G}}\frac{\hbar\, G^2}{c^7}=\sqrt{\frac{\hbar\, c}{G}}\frac{\hbar\, G^2}{c^5} \tag{43}$$

Dalla formula (40) si ottiene che il volume occupato da una mole (N_A particelle) del *medium Planck* è

$$V_P=N_A\, k_B\frac{T_P}{p_P}=N_A\, k_B\sqrt{\frac{\hbar\, c}{G}}\frac{\hbar\, G^2}{k_B\, c^5}=N_A\frac{\hbar\, G^2}{c^5}\sqrt{\frac{\hbar\, c}{G}} \tag{44}$$

Dal confronto con l'espressione (37), si ha l'equivalenza

$$V_P=\upsilon=N_A\,\upsilon_o \quad\rightarrow\quad V_P=N_A\, k_B\frac{T_P}{p_P} \tag{45}$$

Quindi il volume cubico della singola particella di Planck soddista l'equazione di stato dei gas perfetti. Questo ci permette di poter ipotizzare che la *distribuzione del medium Planck è un lattice cubico*.

Se invece ipotizziamo che υ_o sia il volume di una sfera di raggio ℓ_P, avremmo $\upsilon_o=\frac{4}{3}\pi\ell_P^3$, ed il risultato sarebbe diverso:

$$\upsilon=N_A\frac{4}{3}\pi\,\ell_P^3=N_A\frac{4}{3}\pi\left(\sqrt{\frac{\hbar\, G}{c^3}}\right)^3=\left(\frac{4}{3}\pi\right)N_A\frac{\hbar\, G}{c^4}\sqrt{\frac{\hbar\, G}{c}} \tag{46}$$

non verificando l'equazione di stato dei gas perfetti espressa dalla formula (33).

4 - Omnipresent Medium Planck

4.1 - Hawking radiation - Unhru effect

Quando una stella di prima formazione ha esaurito tutto il suo combustibile nucleare (idrogeno) non è più in grado di sorreggere la sua autogravitazione, collassando sotto l'effetto della sua stessa massa. All'inizio del collasso la stella si trasforma in una white dwarf, con una densità di materia caratteristica dell'ordine di $\rho\geq 10^5$ g/cm^3. A questo stadio gli elettroni non sono più legati al nucleo atomico e possono essere modellati come un gas di Fermi di elettroni, che obbediscono al principio di esclusione di Pauli. In questo scenario si crea una pressione verso l'esterno della stella che cerca di fermare il collasso gravitazionale. Tuttavia, esiste un limite superiore a questa pressione. Se la massa della stella collassante supera il valore critico di 1,44 masse solari (limite di Chandrasekhar) [12], questa pressione non è più in grado di fermare il collasso. Una stella con massa maggiore del limite di Chandrasekhar continuerà a collassare fino a raggiungere la consistenza di una neutron star, con densità di materia dell'ordine $\rho\geq 10^{13}$ g/cm^3. A questo regime si innesca un altro meccanismo di pressione verso l'esterno della stella fornito dal gas di Fermi di neutroni. Oppenheimer e Volkoff [13], hanno mostrato che, se la massa di una neutron star supera una certa massa critica, di circa 0,7 masse solari, il collasso non può essere più arrestato e la stella collassa completamente, trasformandosi in un black hole. Il raggio della stella collassata raggiunge il valore critico del raggio di Schwarzschild [14]

$$R_S=\frac{2\,M\,G}{c^2} \tag{47}$$

dove G è la costante gravitazionale, c la velocità della luce ed M la massa del black hole. Dopo aver raggiunto il raggio di Schwarzschild la stella continua a collassare in una regione dove gli effetti gravitationali sono così forti che neanche la luce può scappare. Da qui la denominazione di black hole. Alla fine, l'interno del black hole collassa in una singolarità (previsione teorica), ovvero la stella viene compressa in un punto singolare nello spazio.

L'investigazione termodinamica della gravità ha origine dai lavori di Hawking [15] e Bekenstein [16] e dallo studio della termodinamica del black hole. Successivamente Jacobson [17] ha dimostrato che le equazioni di campo di Einstein possono essere ricavate da considerazioni generali di termodinamica combinate con il principio di equivalenza. Alcuni fisici si sono impegnati anche nella esplorazione dei collegamenti tra gravità ed entropia, tra cui Padmanabhan [18].

Hawking ha mostrato che un black hole emette radiazione termica con lo spettro di un black body. Questo implica che un black hole ha proprietà termodinamiche, compresa l'entropia. Già prima Bekenstein aveva proposto l'esistenza della entropia del black hole, e Hawking fu in grado di confermare la congettura di Bekenstein, ottenendo l'entropia di un black hole nella forma

$$S_H=\frac{1}{4}\frac{k_B\, c^3}{\hbar\, G}A \tag{48}$$

dove A è l'area dell'orizzonte degli eventi, con una temperatura della blackbody radiation data dalla temperatura di Hawking

$$T_H=\frac{\hbar\, c^3}{8\pi\, G\, k_B\, M} \tag{49}$$

Ora, se analiziamo dal punto di vista del *medium Planck* l'equazione (48), ovvero l'entropia di Hawking-Bekenstein, sapendo che la lunghezza di Planck è $\ell_P = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$, si ottiene

$$S_H = \frac{1}{4} k_B \frac{A}{\ell_P^2} \tag{50}$$

Questo risultato ci dice che l'entropia di Hawking-Bekenstein è in relazione alla Planck entropy $S_P = k_B$, con una proporzionalità A/ℓ_P^2, dove A è l'area dell'orizzonte degli eventi del black hole. L'aspetto importante è che l'entropia di Hawking-Bekenstein è A/ℓ_P^2 volte il quanto di entropia k_B. In una struttura lattice, come quella che stiamo ipotizzando, il rapporto A/ℓ_P^2 esprime il numero di particelle di Planck contenute nell'area A dell'orizzonte degli eventi del black hole.
Considerazioni simili si possono svolgere per la temperatura di Hawking (49), prima trasformandola in una equazione energetica:

$$k_B\, T_H = \frac{\hbar c^3}{8\pi G M} \tag{51}$$

Poiché sappiamo che $m_P\, c = \sqrt{\frac{\hbar c^3}{G}}$, otteniamo:

$$k_B\, T_H = \frac{m_P^2\, c^2}{8\pi M} \tag{52}$$

Moltiplicando numeratore e denominatore della relazione (52) per c^2, si ha

$$k_B\, T_H = \frac{m_P^2\, c^4}{8\pi M\, c^2} \tag{53}$$

Poiché $m_P\, c^2 = E_P$ rappresenta l'energia di Planck, mentre $M\, c^2 = E_{BB}$ rappresenta l'energia del black hole, possiamo scrivere

$$k_B\, T_H = \frac{E_P^2}{8\pi E_{BB}} \tag{54}$$

Questa espressione è dimensionalmente corretta, poiché nel lato sinistro abbiamo una energia $\left(k_B\, T_H\right)$ mentre nel lato destro si ha il rapporto tra una energia al quadrato ed una energia $\left(E_P^2 / E_{BB}\right)$. Quindi, in definitiva possiamo scrivere

$$T_H = \frac{E_P^2}{8\pi k_B\, E_{BB}} \tag{55}$$

Se consideriamo la accelerazione gravitazionale alla superficie del black hole,

$$g_{BB} = \frac{G\, M_{BB}}{R_S^2} \tag{56}$$

e sostituiamo a R_S l'equazione (47), ottieniamo

$$g_{BB} = \frac{G\, M_{BB}}{\left(\frac{2\, M_{BB}\, G}{c^2}\right)^2} = GM_{BB}\left(\frac{c^4}{4\, M_{BB}{}^2 G^2}\right) = \frac{c^4}{4\, G\, M_{BB}} \tag{57}$$

In questa espressione è evidente la forza di Planck $F_P = c^4 / G$, e quindi

$$g_{BB} = \frac{1}{4} \frac{F_P}{M_{BB}} \tag{58}$$

oppure

$$M_{BB}\, g_{BB} = \frac{1}{4} F_P \tag{59}$$

la quale ci mostra la relazione tra forza del black hole $F_{BB} = M_{BB}\, g_{BB}$ e la forza di Planck F_P.
Se moltiplichiamo e dividiamo la espressione (49) per c, otteniamo:

$$T_H = \frac{\hbar c^4}{8\pi G\, k_B\, c\, M} = \frac{\hbar}{2\pi k_B\, c} \frac{c^4}{4GM} \tag{60}$$

e considerando la espressione (57), infine si ottiene:

$$T_H = \frac{\hbar g}{2\pi k_B\, c} \tag{61}$$

dove g è la accelerazione gravitazionale alla superficie del black hole, k_B è la Boltzmann's constant, e c è la velocità della luce nel vacuum. Cosa c'è di interessante da aggiungere dopo aver trasformato la espressione (49) nella espressione (61).
Davies [19] e Unruh [20], separatamente, hanno mostrato che un detector accelerato uniformemente nel vacuum risponde come se fosse immerso in un thermal field di temperatura

$$T_{D-U} = \frac{\hbar\, a}{2\pi\, k_B\, c} \tag{62}$$

dove a è l'accelerazione nel instantaneous rest frame del detector. Quindi, la Hawking temperature è un caso particolare della temperatura di Davies-Unruh, con $a = g$.

4.2 - Entropic force

L'equazione (8) mostra che la particella di Planck si trova nella condizione di *unificazione gravi-elettro-magnetica*. Inoltre è stato mostrato [4] che la forza di Planck e l'energia di Planck sono legate dalla equivalenza "energia=lavoro":

$$F_P\, \ell_P \equiv E_P \tag{63}$$

da cui si ricava

$$F_P \equiv \frac{E_P}{\ell_P} \tag{64}$$

Ricordando che $\ell_P \equiv \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \equiv \frac{\hbar}{m_P\, c}$, la formula (64) si può riscrivere come

$$F_P \equiv \frac{E_P}{\frac{\hbar}{m_P\, c}} = \frac{m_P\, c}{\hbar} E_P \tag{65}$$

Se sostituiamo $E_P = k_B\, T_P$, ricavata dalla relazione (31) , otteniamo

$$F_P \equiv \frac{m_P\, c}{\hbar} k_B\, T_P \tag{66}$$

che definiamo *entropic force di Planck*, del tutto simile alla definizione di forza entropica in merito alla gravità entropica [21].
La entropic force di Planck è anche definita dalla espressione:

$$F_P \equiv \frac{T_P\, S_P}{\ell_P} \tag{67}$$

Infatti, se, come abbiamo assunto, la Planck entropy è $S_P = k_B$, sostituendo nella espressione (67) si ottiene

$$F_P = \frac{k_B\, T_P}{\ell_P} \tag{68}$$

Dato che $E_P = k_B\, T_P$, la equazione (68) ritorna nella forma della (64).
Ma possiamo spingerci oltre se alla Planck energy sostituiamo la relzione $E_P = \hbar\, \omega_P$, ottenendo

$$F_P \equiv \frac{m_P\, c}{\hbar} \hbar\, \omega_P \equiv m_P\, c\, \omega_P \tag{69}$$

Oppure, se sostituiamo la relazione $E_P = m_P\, c^2$, otteniamo

$$F_P \equiv \frac{m_P\, c}{\hbar} m_P\, c^2 \equiv \frac{m_P^2\, c^3}{\hbar} \tag{70}$$

4.3 - Casimir effect

Nel febbraio 1911 Planck presenta l'ipotesi [22] che i dipoli oscillanti, oltre all'energia

$$E = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1} \tag{71}$$

possono avere una ulteriore energia pari a $\frac{1}{2} h\nu$, indipendente dalla temperatura:

$$E = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1} + \frac{1}{2} h\nu \tag{72}$$

Mentre il primo termine scompare nel limite $T \to o$, il secondo termine, la zero-point energy, persiste perfino allo zero assoluto della temperatura. La presentazione di Planck del 1911 ha assunto un significato straordinario, poichè per la prima volta, in modo inequivocabile – ancora prima della formulazione della quantum mechanics - viene formulata la possibilità di una zero-point energy. Planck dimostrò che la sua legge della radiazione era compatibile con la zero-point energy, che invece venne postulata 15 anni dopo dalla quantum mechanics.
Nella presentazione della nuova formula, Planck stabilisce chiaramente che non è facile confermare o confutare l'esistenza della zero-point energy attraverso esperimenti, poichè non può essere isolata. Ma, nel maggio 1948,

Casimir [23] fornisce una brillante idea per bloccare parte della zero-point energy in un certo volume, per mezzo di limitazioni, e quindi renderla osservabile.
Il Casimir effect corrisponde alla forza che agisce tra due piani paralleli non carichi (uncharged parallel plates), in genere attribuita al cambiamento della zero-point energy del electromagnetic vacuum tra i piani, rispetto alla zero-point energy nel vacuum nella stessa regione in assenza di limitazioni. Questa energia non è direttamente osservabile, ma è collegata alla Casimir force tra i piani che li spinge tra loro. Il Casimir effect è generalmente considerato come una prova della realtà della zero-point energy.
La pressione agente tra i piani, fornita da Casimir, è data dalla seguente espressione

$$\frac{F_{cas}}{A} = \frac{\hbar c \pi^2}{240 d^4} \tag{73}$$

dove A è l'area dei piani, d la distanza che li separa, e il fattore 240 deriva da considerazioni fisiche ed analitiche.

Poiché sappiamo che $F_P = \frac{\hbar c}{\ell_P^2}$, definiamo la pressione di Planck come:

$$P_P \equiv \frac{F_P}{\ell_P^2} \equiv \frac{\hbar c}{\ell_P^4} \tag{74}$$

da cui si ricava

$$\hbar c = P_P \ell_P^4 \tag{75}$$

Quindi la pressione esercitata dal Casimir effect - formula (73) - diventa:

$$\frac{F_{cas}}{A} = P_P \ell_P^4 \frac{\pi^2}{240 d^4} = \frac{P_P}{\left(\frac{d}{\ell_P}\right)^4} \frac{\pi^2}{240} \tag{76}$$

dalla quale si può ricavare la Casimir force:

$$F_{cas} = \frac{P_P}{\left(\frac{d}{\ell_P}\right)^4} \frac{\pi^2}{240} A \tag{77}$$

Utilizzando la prima eguaglianza della espressione (74) si ha

$$F_{cas} = \frac{\left(\frac{F_P}{\ell_P^2}\right)}{\left(\frac{d}{\ell_P}\right)^4} \frac{\pi^2}{240} A \tag{78}$$

ed arrangiando meglio si può scrivere

$$F_{cas} = \frac{F_P}{\left(\frac{d}{\ell_P}\right)^4} \frac{\pi^2}{240} \left(\frac{A}{\ell_P^2}\right) \tag{79}$$

Adesso abbiamo una dipendenza completa della forza di Casimir rispetto al *medium Planck*.
Tuttavia, è interessante notare la diversa dipendenza della Casimir force. La espressione (77) dipende dalla Planck pressione e l'espressione (79) dipende dalla Planck forza. Entrambe le formulazioni hanno la stessa dipendenza del tipo $(d/\ell_P)^4$ rispetto alla direzione di separazione tra i piani, ma nella formula (77) non compare la dipendenza dal termine $\left(A/\ell_P^2\right)$, e quindi, dal nostro punto di vista, va ritenuta più completa.

4.1 - Stefan-Boltzmann costant

Come sappiamo, per Planck [22], l'energia media di ogni oscillatore è data dalla espressione

$$\langle E \rangle = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1} \tag{80}$$

oppure in termini della lunghezza d'onda

$$\langle E \rangle = \frac{hc/\lambda}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \tag{81}$$

Inoltre, la densità di energia nel range $[\lambda, \lambda + d\lambda]$, è

$$\rho(\lambda, T)\, d\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} d\lambda \tag{82}$$

oppure in termini della frequenza, nel range di frequenze $[\nu, \nu + d\nu]$:

$$\rho(\nu,T)\,d\nu=\frac{8\pi\nu^2}{c^3}\frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}}-1}d\nu \qquad (83)$$

All'interno del blackbody, la densità di energia totale è definita dalla

$$U=\int_o^\infty \rho(\nu,T)\,d\nu \qquad (84)$$

Per calcolare l'integrale (84), si pone la sostituzione di variabile $x=\frac{h\nu}{k_B T}$, ottenendo:

$$U=\frac{8\pi}{c^3}\int_o^\infty \frac{h\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}}-1}\frac{k_B T}{h}d\nu=\frac{8\pi}{c^3}\int_o^\infty \frac{\nu^3}{e^x-1}k_B T\,dx \qquad (85)$$

Dopo un pò di algebra l'integrale (85) assume la forma:

$$U=\frac{8\pi}{c^3}\int_o^\infty \frac{\left(\frac{k_B T}{h}x\right)^3}{e^x-1}k_B T\,dx=\frac{8\pi}{c^3}\frac{k_B{}^4 T^4}{h^3}\int_o^\infty \frac{x^3}{e^x-1}dx \qquad (86)$$

Poiché l'integrale vale

$$\int_o^\infty \frac{x^3}{e^x-1}dx=\frac{\pi^4}{15} \qquad (87)$$

infine si trova la legge di Stefan-Boltzmann [24],[25],[26]

$$U=\left(\frac{8\pi^5 k_B{}^4}{15h^3c^3}\right)T^4=a\,T^4 \qquad (88)$$

con

$$a=\frac{8\pi^5 k_B{}^4}{15h^3c^3} \qquad (89)$$

oppure, possiamo anche scrivere

$$a=\frac{8\pi^5 k_B{}^4}{15h^3c^3}=\frac{8\,\pi^5\,k_B{}^4}{15(2\,\pi\,\hbar)^3\,c^3}=\frac{\pi^2 k_B{}^4}{15\,\hbar^3c^3} \qquad (90)$$

Quindi, la espressione (88) diventa:

$$U=\frac{\pi^2 k_B{}^4\,T^4}{15\,\hbar^3c^3} \qquad (91)$$

Il prodotto tra l'energia di Planck e la lunghezza di Planck vale

$$E_P\,\ell_P=m_P\,c^2\frac{\hbar}{m_P\,c}=\hbar\,c \qquad (92)$$

Inoltre sappiamo che l'energia di Planck vale $E_P=k_B\,T_P$, ed indicando con $E_{BB}=k_B\,T$ l'energia del black body, l'espressione (91) si può scrivere come:

$$U=\left(\frac{\pi^2}{15}\right)\frac{k_B{}^4\,T^4}{\hbar^3c^3}=\left(\frac{\pi^2}{15}\right)\frac{E_{BB}^4}{E_P^3\,\ell_P^3} \qquad (93)$$

Dimensionalmente questa espressione è corretta, in quanto il rapporto E_{BB}^4/E_P^3 rappresenta una energia relativa del blackbody rispetto al *medium Planck*, divisa per il volume di Planck ℓ_P^3.

4.2 - Legge dello spostamento di Wien

Dalla legge (82), la densità di energia $\rho(\lambda,T)$ è massima per un certo valore $\tilde{\lambda}$, che si ottiene massimizzando la derivata di $\rho(\lambda,T)$ rispetto a λ:

$$\frac{d\rho(\lambda,T)}{d\lambda}=o \qquad (94)$$

Il risultato finale, dopo aver fatto la sostituzione $x=\frac{h\,c}{\lambda k_B T}$, conduce alla seguente equazione trascendentale

$$x=ln\,5-ln(5-x) \qquad (95)$$

che ammette due soluzioni:

$$x_o=\frac{h\,c}{\tilde{\lambda}\,k_B T}=o \quad \text{e} \quad \tilde{x}=\frac{h\,c}{\tilde{\lambda}\,k_B T}\approx 4{,}965 \qquad (96)$$

La soluzione $x_o=\frac{h\,c}{\tilde{\lambda}\,k_B T}=o$ implica due possibilità:

(1) $\hbar c = o$. Poiché $\hbar c \approx \left(1{,}0545\times10^{-34}\right)\cdot\left(3\times10^{8}\right) \approx 3{,}1635\times10^{-26} \approx o$ è buona ma non porta ad ulteriori notizie utili, tranne per il fatto che quando $\hbar \to o$ siamo nel limite del continuo.
(2) Oppure che il denominatore è di ordine molto maggiore rispetto al numeratore, ovvero

$$\tilde{\lambda}\, k_B T \gg hc\,. \tag{97}$$

che si può anche scrivere come

$$k_B T \gg \frac{hc}{\tilde{\lambda}} \quad \to \quad k_B T \gg h\tilde{\nu} \tag{98}$$

Prima di proseguire, facciamo notare che dalla relazione energetica (32) si ricava il rapporto

$$\frac{h}{k_B} = \frac{T_P}{\nu_P} \tag{99}$$

Pertanto l'espressione (97) diventa

$$\frac{T}{\tilde{\nu}} \gg \frac{h}{k_B} = \frac{T_P}{\nu_P} \tag{100}$$

Quindi questa seconda opzione rappresenta una condizione particolare che affronteremo in un'altro articolo (in preparazione) quando parlermo dello spettro di Planck.
Nella letteratura scientifica viene data soltanto la soluzione $\tilde{x}$, che conduce alla legge dello spostamento di Wien [27],[28]:

$$\tilde{\lambda} T \approx \frac{hc}{k_B\, \tilde{x}} \tag{101}$$

dove $\tilde{\lambda} = \lambda_{max}$. Questa espressione, utilizzando la relazione (99), ed arrangiata meglio, si può scrivere come

$$\tilde{\lambda} T = \frac{1}{\tilde{x}}\left(\frac{h}{k_B}\right)c = \frac{1}{\tilde{x}}\left(\frac{T_P}{\nu_P}\right)c = \frac{T_P}{\tilde{x}}\left(\frac{c}{\nu_P}\right) \tag{102}$$

e poiché $\dfrac{c}{\nu_P} = \lambda_P$, in definitiva si ha

$$\tilde{\lambda}\, T = \frac{T_P\, \lambda_P}{\tilde{x}} \tag{103}$$

Oppure in termini delle frequenze

$$\frac{T}{\tilde{\nu}} = \frac{1}{\tilde{x}}\left(\frac{T_P}{\nu_P}\right) \tag{104}$$

La espressione (103) mostra già la relazione tra il black body ed il *medium Planck*.
Esplicitando meglio, facciamo notare che,

$$hc = E_P\, \ell_P \tag{105}$$

da cui

$$\tilde{x} = \frac{hc}{\tilde{\lambda} k_B T} = \frac{E_P\, \ell_P}{\tilde{\lambda} k_B T} = \frac{E_P}{k_B T}\frac{\ell_P}{\tilde{\lambda}} \tag{106}$$

e poiché $\tilde{\lambda} = 2\pi\tilde{\ell}$, $E_{BB} = k_B T$, infine si ha

$$\tilde{x} = \frac{E_P}{E_{BB}}\frac{\ell_P}{2\pi\tilde{\ell}} \tag{107}$$

In pratica $\tilde{x}$ è un numero puro espresso da un rapporto energetico.
Infine facciamo notare che l'espressione (101) ha la stessa forma della lunghezza d'onda termica di de Broglie

$$\lambda_{term} \approx \frac{1}{\tilde{x}}\frac{hc}{k_B T} \tag{108}$$

5 – Risonanze – Fiat electron

E' ben assodato che lo studio della fisica atomica richiede l'applicazione della meccanica quantistica. In questa sezione non siamo interessati a rivedere il modello atomico, ampiamente ben sviluppato, ma vogliamo porci la stessa domanda che si pose Nernst all'inizio del 1916 [29]: *come può l'elettrone essere in perenne irraggiamento, ma l'atomo resta comunque stabile?* Ed aggiungiamo: *perché l'elettrone atomico può eseguire una qualsiasi transizione tra due livelli energetici, ma non può mai scendere oltre lo stato fondamentale, spiraleggiando verso il nucleo?* La risposta di un fisico moderno sarebbe - senza dubbio - *poiché è proibito dalla meccanica quantistica e dal suo principio di indeterminazione*.
Tuttavia, poichè siamo interessati all'elettrone nello stato fondamentale, ed il modello atomico di Bohr del 1913 [30], a questo livello, offre le stesse soluzioni della meccanica quantistica senza ulteriori limitazioni, allora useremo questo modello, che risulta corretto per un atomo ad un elettrone.

Ignorando l'azione del campo magnetico sulla carica elettronica, che risulta comunque trascurabile per il nostro scopo, e trascurando l'effeto della massa ridotta che si ottiene considerando la massa del nucleo, anch'esso trascurabile in questo caso ma importante per gli isotopi, nel modello atomico di Bohr la repulsione centripeta è bilanciata dalla attrazione della forza elettrica di Coulomb:

$$m_e \frac{V_B^2}{r_B} = \frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o\, r_B^2} \tag{109}$$

Questa impostazione parte dall'assunto che l'elettrone si trova già nella configurazione di equilibrio, ma prima che questo avvenga deve accadere la cattura dell'elettrone da parte del nucleo, che lo porta in tale configurazione. Quindi l'elettrone potrà trovarsi in qualsiasi posizione con qualsiasi velocità, ma a cattura avvenuta dovrà essere in condizioni dinamiche tali da rispettare l'equivalenza (109). Come esempio, possiamo considerare un elettrone di conduzione in moto in un conduttore, che nel momento della cattura atomica va a posizionarsi in uno stato energetico consentito dalla struttura atomica del metallo. Dopo la cattura l'elettrone deve rispettare le leggi della fisica atomica. Se l'elettrone viene catturato da uno ione idrogeno, la condizione dinamica che si vede in natura è la uguaglianza (109), che è la prima condizione dinamica in assoluto da rispettare, e questa configurazione è propedeutica a tutte le altre.
Questa configurazione è per Bohr una condizione necessaria per avere l'elettrone su orbite stazionarie senza irraggiamento. Se si tiene conto della emissione di energia per irraggiamento (come previsto dalla elettrodinamica per una carica elettrica accelerata), per una orbita circolare iniziale con r = 0,5 Å, si può mostrare che $r \to o$ in circa 1,3x10^{-11} s [31], e l'energia irradiata, dell'ordine di 10^{5} eV, sarebbe molto più grande di quella emessa normalmente dagli atomi, dell'ordine di 10 eV. Per Bohr questo comportamento non rispecchia un sistema atomico. In natura gli atomi nel loro *stato permanente* (così chiama Bohr lo stato energetico) hanno dimensioni e frequenze fisse. Nell'articolo Bohr assume che un elettrone, ad una distanza molto grande dal nucleo, e con velocità trascurabile, a causa dell'interazione con il nucleo, si vada a collocare in un'orbita stazionaria. Quindi la domanda più precisa, rispetto a quella formulata all'inizio di questa sezione, sarebbe: *perché proprio la configurazione imposta dallo stato fondamentale (109)*? Quello che cercheremo di mostrare è perché si verifica questa condizione.
In effetti, l'elettrone, anche nella sua orbita stazionaria, non esegue una orbita circolare ma un'orbita con fluttuazioni avanti ed indietro verso il nucleo, ma per ciò che ci interessa possiamo considerare orbite in media circolari.
Dopo semplici calcoli, dalla equivalenza (109) si ottiene

$$m_e V_B^2\, r_B = \frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o} \tag{110}$$

dove m_e è la massa dell'elettrone, V_B è la velocità dell'elettrone nello stato fondamentale, r_B è il raggio dell'orbita circolare (anche chiamato a_o), e la carica dell'elettrone. Poiché per Bohr il momento angolare nella prima orbita vale $m_e V_B\, r_B = \hbar$, possiamo continuare come segue

$$\underbrace{m_e V_B\, r_B}_{\hbar} V_B = \hbar\, V_B = \frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o} \tag{111}$$

e dato che $V_B = \omega_B\, r_B$, sostituendo si ottiene

$$\hbar\,\omega_B\, r_B = \frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o} \tag{112}$$

ovvero

$$\hbar\,\omega_B = h\nu_B = -\frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o\, r_B} \tag{113}$$

dove ω_B è la frequenza angolare orbitale, ν_B è la frequenza orbitale, ed è stato inserito il segno meno poiché, per ogni sistema legato, l'energia potenziale è negativa.
La formula (113) esprime l'energia potenziale dello stato fondamentale dell'elettrone atomico, che risulta equivalente alla energia di un fotone di frequenza pari alla frequenza orbitale dello stato fondamentale dell'elettrone.
Inoltre, dalla formula (109) si ricava

$$m_e V_B^2 = \frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o\, r_B} \tag{114}$$

da cui segue

$$\frac{1}{2} m_e V_B^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o\, r_B}\right) \tag{115}$$

che rappresenta l'energia cinetica dell'elettrone nello stato fondamentale, che, per il teorema del Viriale, è la metà dell'energia potenziale. In definitiva, l'energia dell'elettrone nello stato fondamentale, come somma tra l'energia cinetica di rotazione e l'energia potenziale di legame, vale:

$$E_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o\, r_B}\right) - \frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_o\, r_B} = \frac{-e^2}{8\,\pi\,\varepsilon_o\, r_B} \tag{116}$$

e tenendo conto della relazione (113) possiamo concludere che

$$E_1 = -\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_o r_B} = -\frac{1}{2}h\nu_B \tag{117}$$

Questa relazione è corretta sia quantitativanente che qualitativamente. Infatti,

$$E_1 = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_o r_B} = \frac{\left(1{,}6021\times10^{-19}\right)^2}{8\pi\left(8{,}8541\times10^{-12}\right)\left(5{,}292\times10^{-11}\right)} = 2{,}18\times10^{-18}\ \text{J} \tag{118}$$

$$E_1 = \frac{1}{2}h\nu_B = \frac{1}{2}\left(6{,}6260\times10^{-34}\right)\left(6{,}58\times10^{15}\right) = 2{,}18\times10^{-18}\ \text{J} \tag{119}$$

Dalla relazione (109) si ricava

$$\mathrm{V}_B = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_o\hbar} \tag{120}$$

e dividendo per c

$$\frac{\mathrm{V}_B}{c} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_o\hbar c} \tag{121}$$

che è uguale alla espressione della costante di struttura fine

$$\alpha = \frac{\mathrm{V}_B}{c} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_o\hbar c} \tag{122}$$

Notiamo che vale anche l'equivalenza

$$E_B = \alpha^2\left(\frac{1}{2}m_e c^2\right) = \frac{1}{2}m_e \mathrm{V}_B^2 \approx \left(\frac{1}{2}\right)\left(9{,}109\times10^{-31}\right)\left(2{,}18\times10^{6}\right)^2 \approx 2{,}18\times10^{-18}\ \text{J} \tag{123}$$

Ricordiamo che nella *Symmetric Theory*, come abbiamo mostrato nell'articolo [11], per un oscillatore immerso nel bagno termico del *medium Planck*, si ottiene la stessa legge della legge di Planck dello spettro di un black body. Ma dal punto di vista della *Symmetric theory*, l'energia dello stato fondamentale dell'elettrone non è a sua disposizione, poiché appartiene al campo di radiazione del *medium Planck*.
Ora, se ad un qualsiasi sistema oscillante (harmonic oscillator, dipole, etc.) applichiamo un impulso esterno con una frequenza ben precisa, alla fine l'azione di questa forzante provocherà fenomeni di risonanza, permettendo l'assorbimento di energia da parte del sistema oscillante. Questo è l'indizio di cui abbiamo bisogno per proseguire il ragionamento iniziato in questa sezione. Stiamo cercando se esistono fenomeni di risonanza, tra l'elettrone nello stato fondamentale ed il *medium Planck* - che agisce come forzante esterna - in grado di fornire l'energia necessaria all'elettrone per non cadere nel nucleo atomico. Quello che cercheremo sono accoppiamenti tra grandezze atomiche note rispetto al *medium Planck*.
Per fare ciò consideriamo il rapporto tra l'energia potenziale elettrica del *medium Planck*, nella forma

$$U_P = \frac{q_P^2}{4\pi\varepsilon_o \ell_P} \approx \frac{\left(1{,}87\times10^{-18}\right)^2}{4\pi\left(8{,}8541\times10^{-12}\right)\left(1{,}6160\times10^{-35}\right)} \approx 1{,}956\times10^{9}\ \text{J} \tag{124}$$

e l'energia potenziale elettrica dell'elettrone nello stato fondamentale

$$U_B = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_o r_B} \approx \frac{\left(1{,}6021\times10^{-19}\right)^2}{4\pi\left(8{,}8541\times10^{-12}\right)\left(5{,}292\times10^{-11}\right)} \approx 4{,}359\times10^{-18}\ \text{J} \tag{125}$$

ottenendo il risultato

$$\frac{U_P}{U_B} \approx \frac{\left(1{,}956\times10^{9}\right)}{4{,}359\times10^{-18}} \approx 4{,}487\times10^{26} \tag{126}$$

Questo rapporto numerico, che a prima vista sembra non fornire alcuna informazione, se analizzato meglio svela la seguente proprietà:

$$\frac{U_P}{U_B} = \frac{\left(\dfrac{q_P^2}{4\pi\varepsilon_o\ell_P}\right)}{\left(\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_o r_B}\right)} = \left(\frac{q_P^2}{4\pi\varepsilon_o\ell_P}\right)\left(\frac{4\pi\varepsilon_o r_B}{e^2}\right) = \left(\frac{q_P^2}{e^2}\right)\left(\frac{r_B}{\ell_P}\right) = \frac{1}{\alpha}\left(\frac{r_B}{\ell_P}\right) \tag{127}$$

dove abbiamo utilizzato la proprietà (16) della costante di struttura fine α. Numericamente si ha

$$\frac{U_P}{U_B} = \frac{1}{\alpha}\left(\frac{r_B}{\ell_P}\right) \approx (137)\frac{5{,}292\times10^{-11}}{1{,}616\times10^{-35}} \approx 4{,}486\times10^{26} \tag{128}$$

Quindi, abbiamo trovato un accoppiamento tra il raggio della prima orbita di Bohr (stato fondamentale) e la lunghezza di Planck ℓ_P.
Poiché $\ell_P = \lambda_P/2\pi$, e $r_B = \lambda_B/2\pi$, dal rapporto (127) si ricava:

$$\frac{U_P}{U_B}=\frac{1}{\alpha}\left(\frac{\lambda_B}{\lambda_P}\right) \tag{129}$$

e numericamente

$$\frac{1}{\alpha}\left(\frac{\lambda_B}{\lambda_P}\right)\approx(137)\frac{3,325\times10^{-10}}{1,0153\times10^{-34}}\approx 4,487\times10^{26} \tag{130}$$

dove λ_B è la lunghezza d'onda associata alla prima orbita di Bohr e λ_P la lunghezza d'onda di Planck, in cui l'associazione è meccanica.
In termini di frequenze, poiché $\lambda_B=\mathrm{V}_B/\nu_B$ e $\lambda_P=c/\nu_P$, otteniamo

$$\frac{1}{\alpha}\left(\frac{\lambda_B}{\lambda_P}\right)=\frac{1}{\alpha}\left(\frac{\frac{\mathrm{V}_B}{\nu_B}}{\frac{c}{\nu_P}}\right)=\frac{1}{\alpha}\left(\frac{\mathrm{V}_B}{\nu_B}\right)\left(\frac{\nu_P}{c}\right)=\frac{1}{\alpha}\left(\frac{\mathrm{V}_B}{c}\right)\left(\frac{\nu_P}{\nu_B}\right)=\frac{1}{\alpha}\alpha\left(\frac{\nu_P}{\nu_B}\right)=\frac{\nu_P}{\nu_B} \tag{131}$$

e numericamente

$$\left(\frac{\nu_P}{\nu_B}\right)=\frac{2,954\times10^{42}}{6,58\times10^{15}}\approx 4,489\times10^{26} \tag{132}$$

D'altra parte il rapporto (132) si può ottenere direttamente considedando il raporto energetico tra la energia di Planck e l'energia di Bohr

$$\frac{\frac{1}{2}E_P}{\frac{1}{2}E_B}=\frac{\frac{1}{2}h\nu_P}{\frac{1}{2}h\nu_B}=\frac{\nu_P}{\nu_B} \tag{133}$$

In questa espressione non si evidenzia nessun accoppiamento con la frequenza di Planck ν_P, ma dal nostro punto di vista, dovrebbe esistere un accoppiamento tra le frequenze.
Facciamo notare che, per l'elettrone nella prima orbita stazionaria (stato fondamentale), la costante di struttura fine ha anche la seguente proprietà

$$\frac{\nu_B}{\nu_C}\approx\frac{6,58\times10^{15}}{1,2355\times10^{20}}\approx 5,348\times10^{-5}=\alpha^2 \tag{134}$$

con ν_C la frequenza Compton dell'elettrone [32]. Da questa relazione otteniamo

$$\nu_B=\alpha^2\,\nu_C \tag{135}$$

che sotituita nella espressione (133), diventa

$$\frac{h\nu_P}{h\nu_B}=\frac{\nu_P}{\nu_B}=\left(\frac{1}{\alpha^2}\right)\frac{\nu_P}{\nu_C} \tag{136}$$

e numericamente

$$\left(\frac{1}{\alpha^2}\right)\frac{\nu_P}{\nu_C}\approx\left(\frac{1}{5,348\times10^{-5}}\right)\frac{2,954\times10^{42}}{1,235\times10^{20}}\approx 4,48\times10^{26} \tag{137}$$

Quindi, l'accoppiamento di risonanza, che non è esplicito nella espressione (133), va espresso come

$$\frac{\frac{1}{2}E_P}{\frac{1}{2}E_B}=\left(\frac{1}{\alpha^2}\right)\frac{\nu_P}{\nu_C} \tag{138}$$

trovando così l'accoppiamento anche per le frequenze.
Il perché ci serve la frequenza Compton, ha due spiegazioni interessanti, ed entrambe forniscono indizi molto importanti per la *Symmetric Theory*.
La prima spiegazione viene fornita dallo stesso Bohr [30], che fa una netta distinzione tra la *frequenza meccanica* di rivoluzione dell'elettrone ν_B e la *frequenza della radiazione* emessa durante la fase di cattura. Questa trattazione dell'atomo associa il fenomeno della radiazione con la possibilità di transizioni tra coppie di stati energetici, e non con l'accelerazione dell'elettrone nell'orbita. Di conseguenza, la frequenza della radiazione non è identificabile con la frequenza dell'elettrone orbitale in moto attorno al nucleo. Questo concetto rappresentava una novità essenziale rispetto alle precedenti quantizzazioni dell'energia dell'elettrone (Nicholson), dove si assumeva una energia della forma $\tau\frac{1}{2}h\nu$. Bohr precisa che l'approssimazione tra la frequenza di emissione e la frequenza meccanica di rotazione si ottiene per grandi valori di τ, per transizioni tra due stati stazionari contigui. In questa idea riconosciamo la linea di pensiero che lo condurrà al principio di corrispondenza tra meccanica classica e meccanica quantistica nel limite del continuo. Tuttavia Bohr non specifica quale sia la frequenza di radiazione.

In chiave moderna, la seconda spiegazione proviene dal concetto di onda di de Broglie [33], utilizzato nel formalismo quantistico per assegnare proprietà ondulatorie alle particelle, o come meglio specifica Schrodinger, per eliminare la particella e rappresentarla attraverso un'onda.
Secondo de Broglie, contaminando la relatività con la formula di Planck-Einstein, $E = h\nu = mc^2$, ad ogni particella deve essere associata un'onda interna, il "clock" interno. Questo fa si che alla particella venga associata anche una oscillazione nello spazio, che gli deriva dal 4-vettore relativistico vettore d'onda $k^\mu = (\omega / c, \mathbf{k})$. Nella teoria delle onde di materia di de Broglie, una oscillazione di frequenza Compton

$$\nu_C = \frac{m_o c^2}{h} \tag{139}$$

è associata ad una particella ferma (con m_o la sua massa a riposo). Se la particella si muove rispetto al laboratorio con velocità v lungo una certa direzione, la frequenza ν in questo sistema di riferimento subisce uno Doppler-shift secondo la formula

$$\nu = \gamma \nu_C (1+\beta) = \gamma \nu_C + \gamma \beta \nu_C \tag{140}$$

dove

$$\gamma = (1-\beta^2)^{-1/2}, \quad \beta = \frac{\mathrm{v}}{c} \tag{141}$$

Ponendo $m = \gamma m_o$, lo shift $\gamma \nu_C \beta$ nella (140) si può riscrivere come

$$\gamma \nu_C \beta \equiv \gamma \beta \frac{m_o c^2}{h} = \frac{\beta m c^2}{h} = \frac{\mathrm{v}}{c}\frac{m c^2}{h} = \frac{m \mathrm{v} c}{h} = c\frac{m\mathrm{v}}{h} = \frac{c}{\lambda_{dB}} = \nu_{dB} \tag{142}$$

con

$$\lambda_{dB} = \frac{h}{m\mathrm{v}} = \frac{h}{p} \tag{143}$$

l'espressione della lunghezza d'onda di de Broglie, che origina nel Doppler shift della frequenza Compton ν_C, e che è collegata direttamente alla particella in moto. Ricordiamo che le oscillazioni di frequenza ν_C, associate alla particella nel suo sistema fermo, costituiscono un clock nella teoria di de Broglie, e che la lunghezza d'onda Compton vale

$$\lambda_C = \frac{2\pi c}{\omega_C} = \frac{h}{m_o c} \tag{144}$$

Allora la formula (142) si trasforma come segue

$$\gamma \nu_C \beta = \nu_B \quad \rightarrow \quad \gamma \frac{c}{\lambda_C} \beta = \frac{c}{\lambda_{dB}} \quad \rightarrow \quad \lambda_{dB} = \frac{\lambda_C}{\gamma \beta} \tag{145}$$

D'altra parte si ha

$$\gamma \beta = \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} = \sqrt{\frac{\beta^2}{1-\beta^2}} \tag{146}$$

da cui si ricava

$$\frac{1}{\gamma \beta} = \sqrt{\frac{1-\beta^2}{\beta^2}} = \sqrt{\frac{1}{\beta^2} - 1} = \sqrt{\frac{c^2}{\mathrm{v}^2} - 1} \tag{147}$$

Pertanto la (145) assume la forma

$$\lambda_{dB} = \frac{\lambda_C}{\gamma \beta} = \lambda_C \sqrt{\frac{c^2}{\mathrm{v}^2} - 1} \tag{148}$$

implicando che per un moto non relativistico λ_{dB} è maggiore della lunghezza d'onda Compton λ_C.
Inoltre, dalla (141) il parametro $\beta = \mathrm{v}/c$ coincide esattamente con la costante di struttura fine $\alpha = \mathrm{v}/c$, e quindi possiamo scrivere

$$\lambda_{dB} = \lambda_C \sqrt{\frac{c^2}{\mathrm{v}^2} - 1} = \lambda_C \sqrt{\frac{1}{\alpha^2} - 1} \approx \frac{\lambda_C}{\alpha} \tag{149}$$

Dal punto di vista fisico l'elettrone carico immerso nel *medium Planck* è dotato di una misura effettiva, dell'ordine della lunghezza d'onda Compton λ_C. Come risultato, la particella si disacoppia dalle componenti del campo di radiazione con lunghezze d'onda più piccole di λ_C (e frequenze maggiori di ω_C), in modo che la frequenza Compton assume il significato di *frequenza di cutoff*. Dato che la frequenza Compton è determinata dalla misura della particella, questa caratteristica è di natura generale. Nel contesto che stiamo trattando, che è sicuramente classico, quando la particella è in interazione permanente con il *medium Planck*, dopo disturbi momentanei, il medium Planck mette la particella in risonanza con i modes di frequenza ω_C, e la particella interagisce in modo selettivo con una stretta banda di modes del campo con frequenze centrate intorno a ω_C. Quindi, entrambe le entità particella ed onda appaiono

come una coppia indissolubile, ma con una ben definita natura complementare, dove la particella rimane sempre un corpuscolo.
Ritornando all'articolo di Bohr [30], secondo lui l'equilibrio dinamico di sistemi che si trovano negli stati stazionari possono essere discussi secondo la meccanica classica, mentre la transizione tra due stati stazionari differenti non può essere trattato secondo la meccanica classica, ma, aggiungiamo noi, secondo la meccanica quantistica.
Si tratta di un concetto con un forte peso specifico e di grande impatto. Nonostante questo introduca delle modifiche alla meccanica classica, Bohr non dimostra l'autoevidenza di questo concetto, che gli serve come limitazione per avere una consistenza con i dati sperimentali provenienti dagli spettri di frequenza atomici. Forse sperava in un perfezionamento della teoria o forse aveva la consapevolezza che lo sviluppo di teorie di transizione pongono problemi di coesistenza tra vecchio e nuovo. Dal nostro punto di vista questa intuizione era corretta, peccato che non sia stata sviluppata ulteriormente.
In pratica, quando l'elettrone si trova in configurazioni stazionarie, in risonanza con il *medium Planck*, si può trattare classicamente poiché eredita dal *medium Planck* questo comportamento, in quanto si è ipotizzato alla stregua di un gas perfetto. Mentre le transizioni tra livelli energetici richiedono la statistica della meccanica quantistica, poiché processi stocastici.
Questo spiegherebbe la dualità onda-particella. Citando J.G. Cramer [34]: "*Nella meccanica quantistica, come meglio specificato dal principio di complementarità di Bohr, la doppia logica onda-particella è ritenuta una proprietà intrinseca della natura. Indica come trattare senza contraddizioni due insiemi di nozioni che, pure escludendosi mutuamente, risultano entrambi necessarie. Complementari non sono qualità che insieme, in un unico contesto, concorrono a definire compiutamente un ente; ma piuttosto, qualità che concorrono a questo fine separatamente, in contesti distinti e mutuamente escludenti. Gli enti descritti dalla meccanica quantistica sono onde o particelle, mai insieme onde e particelle*".
Continuando la nostra ricerca sugli accoppiamenti, investighiamo ulteriormente la dipendenza dalla costante di struttura fine α , analizzando il rapporto tra la forza di Coulomb per l'elettrone e la forza di Planck,

$$\frac{F_e}{F_P}=\frac{\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_o r_B^2}}{\dfrac{q_P^2}{4\pi\varepsilon_o \ell_P^2}}=\frac{e^2}{r_B^2}\frac{\ell_P^2}{q_P^2}=\left(\frac{e^2}{q_P^2}\right)\left(\frac{\ell_P^2}{r_B^2}\right)=\alpha\left(\frac{\ell_P^2}{r_B^2}\right) \tag{150}$$

Numericamente si ha:

$$F_e=\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_o r_B^2}=\frac{\left(1,6021\times10^{-19}\right)^2}{4\pi\left(8,854\times10^{-12}\right)\left(5,292\times10^{-11}\right)^2}\approx 8,237\times10^{-8} \tag{151}$$

$$F_P=\frac{q_P^2}{4\pi\varepsilon_o \ell_P^2}=\frac{\left(1,87\times10^{-18}\right)^2}{4\pi\left(8,854\times10^{-12}\right)\left(1,6160\times10^{-35}\right)^2}\approx 1,20\times10^{44} \tag{152}$$

$$\frac{F_e}{F_P}=\frac{8,237\times10^{-8}}{1,20\times10^{44}}\approx 6,86\times10^{-52} \tag{153}$$

$$\alpha\left(\frac{\ell_P^2}{r_B^2}\right)=\frac{1}{137}\frac{\left(1,6160\times10^{-35}\right)^2}{\left(5,292\times10^{-11}\right)^2}\approx 6,80\times10^{-52} \tag{154}$$

Anche in questo caso esiste una dipendenza palese tra la granulosità delle distanze.
L'aspetto inatteso degli accoppiamenti che abbiamo trovato è il nuovo significato che assume la costante di struttura fine α . La sua definizione originaria $\alpha = \mathrm{v}/c$, che esprime l'accoppiamento tra velocità, è in effetti essenzialmente una condizione di accoppiamento tra l'elettrone ed il *medium Planck*.
Come consequenza, come atteso dal nostro punto di vista, la costante di struttura fine assume un nuovo significato anche rispetto alla relazione (16). Questa relazione impone che l'elettrone, così come lo conosciamo, si può manifestare quando la sua carica elettrica è accoppiata alla carica di Planck dalla relazione

$$e=q_P\sqrt{\alpha} \tag{155}$$

facendo sorgere l'elettrone e conferendogli tutte le caratteristiche che conosciamo.
E' tuttavia importante sottolineare che la relazione (155) non implica una variabilità della carica elettronica e al variare di α , e ne che α possa variare con il tempo. Questo deriva essenzialmente dalla proprietà che la carica elettrica è un invariante relativistico, ovvero il suo valore non dipende dallo stato di moto del portatore di carica. Se non fosse così non si potrebbe avere l'esatta neutralità degli atomi. Ne deduciamo che la costante di struttura fine α è la costante di accoppiamento con il *medium Planck* che determina l'elettrone, e quindi il mondo fisico per come la conosciamo. Un valore diverso di α determinerebbe un *nuovo elettrone* ed un mondo fisico completamente diverso da quello che emerge delle indagini attuali. Ovviamente, nulla vieta che altre particelle fondamentali abbiamo fattori di accoppiamento diverso dal valore di α .
Da quanto è emerso finora possiamo evidenziare che:

$$m_e V_B^2 = \left(9{,}109\times10^{-31}\right)\left(2{,}18\times10^{6}\right)^2 \approx 4{,}36\times10^{-18} \text{ J} \tag{156}$$

$$h\nu_B = \left(6{,}626\times10^{-34}\right)\left(6{,}58\times10^{15}\right) \approx 4{,}36\times10^{-18} \text{ J} \tag{157}$$

da cui si ricava l'equivalenza energetica per l'elettrone nello stato fondamentale :

$$m_e V_B^2 = h\nu_B \tag{158}$$

che ricordiamo è una equivalenza meccanica, poiché ν_B esprime una frequenza di rotazione meccanica. Oppure, in termini di radiazione, possiamo scrivere:

$$m_e V_B^2 = \alpha^2 h\, \nu_C \tag{159}$$

Questo ci suggerisce che, se si tiene conto delle corrette grandezze da considerare, potrebbe valere una relazione simile alla riunificazione energetica alla scala di Planck, come già espressa dalla (31)

$$k_B T_P = m_p c^2 = h\nu_P \tag{160}$$

Speculando ulteriormente sulla relazione (158), possiamo andare oltre come segue

$$m_e V_B^2 = h\nu_B = k_B T_o \tag{161}$$

Questi concetti, anche se in forma diversa, non sono del tutto nuovi in fisica, tuttavia sono passati inosservati. Storicamente nel 1916 Nernst propose di considerare la stabilità atomica come l'evidenza sperimentale della scoperta di Planck della zero-point radiation, ma questa idea visionaria fu ignorata. L'idea centrale di Nernst si basava sulla concezione, provenienete dalla sua scoperta del terzo principio della termodinamica, che a bassissime temperature l'energia abbia dinamicamente un carattere ordinato, e quindi interpretando l'energia di punto zero di Planck come una energia ordinata. Si tratta di una rivalutazione dell'idea già avanzata da Boltzmann, che solo una parte dell'energia meccanica contribuisce all'energia interna termodinamica, ovvero solo quella concretamente scambiabile, che dinamicamente ha un carattere disordinato. Secondo Nernst esisteva una temperatura caratteristica T_c (che chiama temperatura di degenerazione), al disotto della quale tutta l'energia interna è disponibile per compiere lavoro macroscopico. Pertanto, l'energia termodinamica non coincide con l'energia meccanica del sistema considerato, ma solo con quella frazione di energia che è disordinata, e può effettivamente essere scambiata in un processo termico. Dal punto di vista energetico, per un sistema di oscillatori, per Nernst l'energia $h\nu$ costituisce la soglia critica, al di sotto della quale si hanno moti in prevalenza ordinati, mentre al di sopra si hanno moti in prevalenza disordinati. Applicando la statistica di Maxwell-Boltzmann (e quindi l'equipartizione), l'energia scambiabile è concepita come l'energia che si ottiene da $k_B T$ sottraendo l'energia ordinata, e quest'ultima energia, per Nernst, è l'energia di Planck, secondo la formula

$$E = k_B T - \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1} \tag{162}$$

Una conclusione degna di nota, dal nostro punto di vista, è stata raggiunta da Wheeler [35] nel 1955, in cui afferma che lo "*spazio-tempo deve avere fluttuazioni alla massima frequenza della Planck frequency*". Questa idea è stata ulteriormente affrontata nell'ultimo capitolo del libro biblico *Gravitation* [36].

Da quanto è emerso finora, il fatto che negli stati stazionari successivi allo stato fondamentale l'elettrone non irradia, indica che in questi livelli energetici l'elettrone stabilisce configurazioni di risonanza con il *medium Planck*.

Come teoria speculativa, la *Symmetric Theory* potrebbe sembrare a prima vista un argomento più pertinente all'universo nelle fasi primordiali, subito dopo il big bang, all'era di Planck. Tuttavia, le caratteristiche che identificano la particella di planck, come è stato mostrato lungo tutto questo articolo, sono presenti in tutta la letterattura scientifica ed applicate nella fisica odierna, anche se in veste diversa. Quindi, le equazioni fondamentali (31) e (161), che mostrano il dualismo onda-particella, rimangono valide per l'universo e per la fisica nello stato attuale. La loro applicazione non è ristretta all'epoca iniziale dell'universo. Si tratta di relazioni che continuano ad essere applicate ancora oggi. Percui, volendo fornire un motivo di verifica sperimentale, concludiamo con una ultima speculazione sulla unificazione energetica dell'elettrone nello stato fondamentale. Dalla relazione (161) possiamo ricavare la temperatura a cui si troverebbe l'elettrone nello stato fondamentale dell'atomo di idrogeno:

$$T_o = \frac{m_e V_B^2 = h\nu_B}{k_B} \approx \frac{4{,}36\times10^{-18}}{1{,}380\times10^{-23}} \approx 3{,}160\times10^{5} \text{ K} \tag{163}$$

6 - Discussione

Quando nello studio di un fenomeno una certa coincidenza si verifica incidentalmente, la nostra logica ci spinge ad investigare perché si è verificata quella particolarità e quali condizioni speciali sono entrate in azione. Ma se la coincidenza si ripete sistematicamente, ogni volta che è attesa, allora non può più essere trattata come casuale. La coincidenza diventa un fatto strutturale del fenomeno. Sin dall'inizio ci è apparso chiaro l'importanza del *medium Planck*, e la *Symmetric Theory* è senza dubbio una speculazione alla ricerca di relazioni tra il medium Planck ed il mondo così come lo percepiamo.

Dal nostro punto di vista, la comprensione delle leggi della natura deve necessariamente tenere conto del concetto e del contenuto fisico del vacuum, come parte integrante della struttura dell'universo, inteso come la *fabbrica dello spazio*. In questo contesto il vacuum, o il *medium Planck*, o qualunche altro nome vogliamo attriburgli, offre spiegazioni fisiche più logiche a fenomeni di cui abbiamo un formalismo ma non la comprensione totale. Tutto si fonda sul zero-point field radiation, con una energia non nulla a temperatura zero, estranea alla fisica classica, ma trattabile classicamente.

Considerare il zero-point field come un costituente fondamentale, offre la possibilità di spiegare in modo unitario fenomeni che hanno una spiegazione ma che non si inquadrano in uno scenario complessivo, come invece abbiamo evidenziato, mostrando la stretta connessione di alcuni fenomeni con il *medium Planck*.

Il fatto che l'elettrone è sorretto dal *medium Planck*, svela il mistero della stabilità atomica. L'azione permanente del *medium Planck* sulla particella classica rappresenta un cambiamento di paradigma *qualitativo* dal punto di vista dinamico. Le particelle si comportano classicamente quando sono stabilmente in risonanza con il *medium Planck,* e acquisiscono proprietà wave/quantum quando eseguono transizioni tra stati energetici. L'effetto del field – *medium Planck* - non è più perturbativo. Ovviamente, questa nuova situazione richiede una nuova descrizione.

7 - Conclusioni

La *Symmetric Theory* nasce dallo sforzo di trovare risposte agli enigmi concettuali della fisica moderna, fornendo, su fondamenti logici, una via alternativa. Non si tratta di una ulteriore interpretazione della meccanica quantistica o una forma di cosmolgia, ma costituisce un sistema teorico comprensivo ed autoconsistente, basato su principi in linea con il punto di vista realistico della natura. Non abbiamo incluso considerazioni filosofiche per assegnare un significato fisico agli elementi della teoria, e interpretare i suoi risultati. Il *medium Planck* è un sistema di riferimento privileggiato, le cui oscillazioni generano ogni cosa nell'universo, tutte le particelle, tutte le forze, tutti i campi. Tutto è determinato da risonanze a frequenze più basse del *medium Planck*.

La *Symmetric Theory* è una proposta teorica non tradizionale. A prima vista può sembrare che si allontani dai canoni standard della fisica, ma questo è soltanto l'effetto di una nuova visione del mondo. Tutto quello che ci serve, forse, è già scritto nella letteratura scientifica. L'unica arma richiesta è una dose di immaginazione per una nuova interpretazione dei fenomeni che già conosciamo. Se la *Symmetric Theory* risultasse corretta, i fenomeni che sembrano separati in teorie diverse sarebbero aspetti diversi di una unica simmetria.

La zero-point energy (ZPE) non è semplice curiosità quantistica, ma una parte integrante della struttura dell'universo, in grado di influenzare la geometria dello spazio-tempo, e quindi la sua dinamica.

Dal nostro punto di vista, come introdotto all'inizio, nonostante l'imprevedibile caoticità, la nostra esperienza ci mostra un mondo dotato di coerenza e continuità. Abbiamo identificato dei numeri misteriori, le costanti di natura, che conferiscono all'universo l'assetto distintivo per come lo conosciamo oggi. Queste costanti di natura rappresentano allo stesso tempo la nostra massima conoscenza e la nostra estrema ignoranza dell'universo. La loro esistenza è, forse, il più grande mistero della scienza, e racchiudono il codice dei segreti più profondi dell'universo.

Reference

[1] J.D. Barrow, *Teorie del tutto – La ricerca della spiegazione ultima* , Adelphi (1991).

[2] P. Caldirola, *Dalla Microfisica alla Macrofisica*, Arnaldo Mondadori Editore, Milano, Biblioteca della EST (1974).

[3] G. Cohen-Tannoudji, *Les Constantes Universelles,* Paris, Hachette Littérature (1998).

[4] G. Azzarello, *Symmetric Theory: Planck Particle*. Open Access Library Journal, volume 4, e3554 (2017). https://doi.org/10.4236/oalib.1103554

[5] G.W. Gibbons, *The Maximum Tension Principle in General Relativity* Found. Phys. 32, 1891 (2002), arxiv.org/pdf/hep-th/0210109v1.

[6] C. Massa, *Does the gravitational constant increase?* , Astrophysics and Space Science 232, (1995).

[7] C. Schiller, *General relativity and cosmology derived from principle of maximum power or force*, (2006) arXiv:physics/0607090v1 [physics.gen-ph].

[8] R. D'Inverno, *Introducing Einstein's Relativity*, Clarendon Press, Oxford (1998).

[9] A. Sommerfeld, Ann. Phys., Lpz., 41, 1 (1916).

[10] L.D. landau, E.M. Lifsits, *Teoria dei campi* , Editori Riuniti Edizione Mir (1985).

[11] G. Azzarello, *Symmetric Theory: Planck Gas*. Open Access Library Journal, volume 7, e6068 (2020). https://doi.org/10.4236/oalib.1106068.

[12] S. Chandrasekhar, Mon. Nat. Roy. Astron. Soc. 95, 207 (1935).

[13] J.R. Oppenheimer and G.M. Volkoff, Phys. Rev. 55, 374 (1939).

[14] K. Schwarzschild , Deut. Akad. Wiss. Berlin, Sitzungsber, 189 (1916).

[15] S.W. Hawking, Commun. Math. Phys. 43, 199 (1975).

[16] J.D. Bekenstein, Phys. Rev. D 7, 2333 (1973). See also J.D. Bekenstein, Nuovo Cimento Lett. 4, 737 (1972).

[17] T. Jacobson, (1995). *Thermodynamics of Spacetime: The Einstein Equation of State*, Phys. Rev. Lett. 75 (7): 12601263. arXiv:gr-qc/9504004 (https://arxiv.org/abs/gr-qc/9504004).

[18] T. Padmanabhan, (26 November 2009). *Thermodynamical Aspects of Gravity: New insights*, Rep. Prog. Phys. 73 (4): 6901. arXiv:0911.5004 (https://arxiv.org/abs/0911.5004).

[19] P.C.W. Davies, J. Phys. A8, 609 (1975).

[20] W.G. Unruh, Phys. Rev. D14, 870 (1976).

[21] E.P. Verlinde, (2010). *On the Origin of Gravity and the Laws of Newton*, arXiv:1001.0785v1 [hep-th] 6 Jan 2010.

[22] M. Planck - *Eine neue Strahlungshypothese*, Verh. d.Deutsch.Phys.Ges. 13, 138-148 (1911), vorgetragen am 3. Feb. 1911
[23] H.B.G. Casimir : *On the attraction between two perfectly conducting plates*, Proc. Kon. Nederl. Akad. Wetensch. 51, 793 (1948), communicated at the meeting of May 29, 1948 http://www.astrophys-neunhof.de/serv/Casimir1948.pdf
[24] J. Stefan - *Uber die Beziehung zwischen der Warmestrahlung und der Temperatur* (About the relationship between the thermal radiation and temperature]) Wien. Berichte LXXI, (1879) 391-429.
[25] L. Boltzmann - Ableitung des Stefan'schen Gesetzes, betreffend die Abhangigkeit der Warmestrahlung von der Temperatur aus der electromagnetischen Lichttheorie (Derivation of Stefan's law concerning the dependence of thermal radiation on temperature from the electromagnetic theory of light). Wiedemann Annalen XXII (1884) 291-294. https: //doi.org/10.1002/andp.18842580616. 2a
[26] Una esauriente trattazione per dedurre la relazione di Stefan-Boltmann si può trovare nel testo di M. Planck – *The Theory of Heat Hadiation*, Part II, Capitol II. Dover, New York, 1959.
[27] W. Wien, (1893). *Ber. der Berliner Akad*., pp. 55-62 .
[28] M.S. Longair - *Theoretical Concepts in Physics - An Alternative View of Theoretical Reasoning in Physics - Case Study 5 - The origins of the concept of quanta*. Cambridge University Press (2003).
[**29**] W. Nernst (1916) - *Über einen Versuch, von quantentheoretischen Betrachtungen zur Annahme stetiger Energieänderungen zurückzukehren*. Verh. Deutsch Phys. Ges. 18, 83.
[**30**] N. Bohr, On the Constitution of Atoms and Molecules, Phil. Mag., 26, 1 (1913).
[31] D.C. Cole and Y. Zou, - *Simulation study of aspects of the classical hydrogen atom interacting with electromagnetic radiation: Circular orbits*. Journal of Scientific Computing, 20(1):43.68.
[**32**] A.H. Compton, - *A quantum theory of the scattering of x-rays by light elements*, Phys. Rev., vol. 21, pp. 483–502, May 1923; "The spectrum of scattered x-rays," Phys. Rev., vol. 22, pp. 409–413, Nov. 1923.
[33] L.V. de Broglie, *On the Theory of Quanta*, (http://fondationlouisdebroglie.org/LDB-oeuvres/De_Broglie_Kracklauer. pdf). Foundation of Louis de Broglie (english translation A.F. Kracklauer, 2004. ed.) Retrieved 25 february 2023.
[**34**] J.G. Cramer – *The Transactional Interpretation of Quantum Mechanics*, Reviews of Modern Physics 58, 647-688, 1986.
[35] J.A. Wheeler: Geons. Phys. Rev. 97 (2):511. (1955).
[36] C.W. Misner, K.S. Thorne, J.A. Wheeler - *Gravitation*. (Freeman and Company- New York. p 1202 (1973).