

# L'ESSENZA E L'ORIGINE DELLA COSTANTE MAGNETICA

Dott. Nader Butto

<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=103209>

## Sommario

In questo studio, sono discussi l'origine e il meccanismo della costante magnetica e viene proposto un meccanismo basato sulla descrizione della densità del vuoto che permette la reale stima della costante magnetica. Se si considera il vuoto alla stregua di un liquido con densità misurabile e l'elettrone come un vortice, si applicano le leggi dell'idrodinamica per misurare la quantità di moto diminuita di un elettrone rotante nel vuoto così da ottenere un valore simile a quello della costante magnetica derivato in modo sperimentale. Una conseguenza di questa descrizione è che la costante magnetica può essere espressa come lo sforzo di taglio per unità di tempo del vuoto; questo significa che è un parametro osservabile del vuoto e non una costante fondamentale.

## Parole chiave

Costante magnetica, permeabilità magnetica, sforzo di taglio, densità del vuoto, viscosità del vuoto.

## 1. Introduzione

Le costanti fisiche sono grandezze fisiche che sono generalmente ritenute sia universali in natura sia costanti nel tempo. Generalmente si ritiene che i valori delle costanti fondamentali come la costante magnetica  $\mu_0$ , la costante elettrica  $\epsilon_0$  e la velocità della luce nel vuoto  $c$  sono le stesse potenzialmente in tutto lo spazio-tempo perché dipendono dalle caratteristiche del vuoto superfluido.

Costanti fisiche universali ma con una dimensione come queste sono generalmente ritenute costanti fisiche *fondamentali*. Senza tenere conto dello stato teorico di queste quantità, il fatto che siano costanti (indipendenti sia dal tempo che dal luogo in cui si misurano) devono necessariamente essere verificate in modo sperimentale.

Nei precedenti articoli (1), è stata descritta la natura e l'origine della costante di struttura fine. Inoltre, è stato presentato un nuovo meccanismo con formula analitica per spiegare la costante di gravitazione universale  $G$  (2).

In questo articolo viene discussa l'essenza e l'origine della costante magnetica.

Fino ad oggi nessuna teoria è stata in grado di spiegare l'essenza reale o l'origine precisa della costante magnetica o della permeabilità magnetica sebbene il suo nome implichi l'espressione della permeabilità del vuoto e il grado con cui consente ai campi magnetici di espandersi. La costante magnetica può essere definita come una quantità fondamentale che non varia ed è una delle tre componenti dell'equazione di Maxwell che definiscono lo spazio libero. Il comportamento classico del campo elettromagnetico è descritto da queste equazioni le quali predicono che la velocità  $c$  con cui le onde elettromagnetiche (come la luce) si propagano attraverso il vuoto è legato alla costante elettrica  $\epsilon_0$  e alla costante magnetica  $\mu_0$  nel seguente modo (3):

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Questa equazione implica che la velocità con cui si propaga la radiazione elettromagnetica dipende dalla permittività elettrica e permeabilità del vuoto che sono considerate da tutti costanti fondamentali invariabili nel vuoto.

Il campo magnetico prodotto da una corrente elettrica o dal movimento di una carica elettrica nel vuoto crea la permeabilità elettrica. Nella teoria classica dell'elettromagnetismo, lo spazio libero pone resistenza alla formazione o alla propagazione dei fotoni del campo magnetico indotto. Nella fisica classica, lo spazio libero, che a volte viene indicato come il vuoto dello spazio libero, corrisponde ad un vuoto teoricamente perfetto ed è considerato un mezzo di riferimento (4) (5).

Nel vuoto classico  $\mu_0$  ha un valore preciso e definito chiamato (6) (7)

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{N/A}^2 \approx 1.2566370614 \dots \times 10^{-6} \text{m} \cdot \text{kg/A}^2 \cdot \text{s}^2.$$

Questo articolo discute l'essenza e l'origine della costante magnetica  $\mu_0$  e la sua dipendenza dalla densità del vuoto. Il suo valore si ottiene applicando le leggi dell'idrodinamica e calcolando lo sforzo di taglio del vuoto.

## 2. La natura del vuoto

Molte teorie ampiamente accettate, come la relatività speciale, la teoria quantistica relativistica del campo e la teoria del vuoto superfluido indicano che il vuoto è un fluido con una densità ben nota. Tuttavia la sua struttura microscopica rimane ancora ampiamente sconosciuta nonostante sia un soggetto di intensi studi nel campo della teoria del vuoto superfluido.

Le equazioni di Maxwell combinano gli effetti elettrici e magnetici e quantificano in modo matematico le loro interazioni. Esse furono sviluppate esplicitamente come modelli fluidodinamici; cioè esse richiedono un sottostante mezzo fisico. Per arrivare a queste equazioni Maxwell fece alcune ipotesi sulla natura del mezzo che trasporta le onde elettromagnetiche. L'ipotesi primaria era che poteva essere descritto usando la teoria del vortice di un fluido ideale sviluppata da Helmholtz (8).

Allo stesso modo la teoria quantistica relativistica del campo presuppone che il vuoto fisico sia un mezzo non scontato con una qualche energia associata perché il concetto di spazio vuoto assoluto contraddice i postulati della meccanica quantistica. Secondo la teoria quantistica dei campi, coppie di particelle virtuali sono create e annichilate in continuazione anche in assenza di particelle reali.

In un precedente articolo (9), venne presentata una nuova teoria secondo cui la forza di gravità è una forza di spinta dovuta alla formazione del vortice del vuoto. Il vortice curva il vuoto (spazio-tempo) attorno a sé, attrae e condensa l'energia e la polvere verso il suo centro formando la massa. Il gradiente di pressione nel vortice crea un flusso che nel momento in cui interagisce con un oggetto trasferisce ad esso una quantità di moto spingendolo verso il centro.

La teoria del vuoto superfluido (10) (11) (12) (13) descrive il vuoto fisico come un superfluido quantistico che si comporta come un fluido senza attrito con conducibilità termica estremamente alta. E' un fluido perfetto nel senso che non è particolato e non ha memoria strutturale, cioè una volta cambiato non ha la tendenza a ritornare alla condizione precedente. La teoria inoltre propone un meccanismo di generazione della massa che può sostituire o integrare la teoria elettrodebole di Higgs. E' stato mostrato che le masse di particelle elementari potrebbero sorgere dalla loro interazione con il vuoto superfluido che è simile al meccanismo di generazione dei gap nei superconduttori (14) (15).

La densità dell'energia del vuoto è generalmente vista come una proprietà fondamentale dell'universo con una magnitudine che è indipendente dal metodo usato per valutarne il valore, subatomico, astronomico o cosmologico.

Sebbene non ci sia consenso sul suo valore, quello maggiormente accettato fa riferimento principalmente alla relatività generale ed è basato sulle osservazioni astronomiche che determinano la curvatura dello spazio tempo e l'espansione dell'universo. L'espansione dell'universo può essere misurata basandosi sulla seguente relazione tra la velocità di una galassia  $v$  e la sua distanza  $d$

$$v = H_0 d \quad (2)$$

dove  $H_0$  è la costante di Hubble. Questa è conosciuta come la legge di Hubble ed è basata sull'idea che l'universo è in costante espansione; cioè le galassie si allontanano le une dalle altre ad una velocità costante per unità di distanza. Così gli oggetti più distanti si muovono più rapidamente di quelli vicini.

E' importante notare che gli studi sulla velocità di espansione dell'universo hanno mostrato che la sua densità media è vicina alla densità critica in cui l'attrazione gravitazionale finirà per bilanciare questa di espansione e fermarla. Nella sua teoria della relatività generale, Einstein ha dimostrato che la materia causa la curvatura dello spazio circostante, dando vita così alla gravità. Sia la geometria complessiva che il destino dell'universo sono controllati dalla densità della materia al suo interno.

La densità dell'universo  $\rho$  è generalmente espressa come frazione della densità critica  $\rho_{cr}$  via  $\Omega = \rho/\rho_{cr}$ . Se  $\Omega$  è inferiore a 1 (conosciuto come universo aperto) il destino finale dell'universo sarà una morte "fredda" dove la gravità non può fermare la sua espansione ed esso si espande per sempre anche se a un ritmo sempre decrescente. Se  $\Omega$  è maggiore di 1 (conosciuto come universo chiuso) la gravità alla fine arresta l'espansione dell'universo e causa il suo collasso. Infine se  $\Omega$  è esattamente uguale a 1 (conosciuto come universo piatto) la densità dell'universo è uguale alla densità critica e la sua espansione si arresterà solo dopo un tempo infinito.

Attualmente sommando le quote stimate al parametro di densità totale  $\Omega_0$  ricaviamo  $1.02 \pm 0.02$  ciò indica che la densità dell' universo è prossima al valore critico. Nel modello cosmologico standard, la densità critica (che definisce il confine tra l'universo aperto e quello chiuso) è rappresentato come segue (17):

$$\rho_{cr} = \frac{3H_0^2}{8\pi G} = 1.88(h^2) \times 10^{-29} \text{ g/cm}^3,$$

dove  $H_0 = 71 \text{ km/s/Mpc}$ ,  $G$  è (3) la costante di gravitazione universale e  $h = H/71 \text{ km/sec} \cdot \text{Mpc}$ . Il più recente risultato stima che la densità cosmica sia  $11.11 (\pm 1.05) 10^{-27} \text{ kg/m}^3$ .

Considerando che la massa inerziale dell'universo osservabile  $M_u$  è come segue:

$$M_u = \frac{c^3}{2H_0 G} = 0.8720532288 \times 10^{56} \text{ kg} \quad (4)$$

E che il suo volume

$$V_u = \frac{4\pi R_u^3}{3} = \frac{4\pi c^3}{3H_0^3} = 8.9364367479 \times 10^{81} \text{ m}^3 \quad (5)$$

La densità critica dell'universo può essere stimata come segue:

$$\frac{M_u}{V_u} = 9.75839983 \times 10^{-27} \text{ kg/m}^3. \quad (6)$$

La stima migliore della densità critica è tra questi due valori

$$9.75839983 \times 10^{-27} \text{ e } 11.11 (\pm 1.05) \times 10^{-27} \text{ kg/m}^3.$$

### 3. Costante magnetica e sforzo di taglio

E' comunemente accettato che le onde quantistiche possano viaggiare in un vuoto ideale implicando così che un vuoto ideale si comporta sia come un liquido che come un gas. Così l'energia del vuoto ha reali conseguenze fisiche osservabili e le proprietà si possono osservare attraverso questi effetti fisici (19) (20).

Questo articolo propone la permeabilità magnetica come un equivalente dello sforzo di taglio per unità di area del vuoto che dipende dalla densità del vuoto. Così lo sforzo di taglio del vuoto sarà ora calcolata per dimostrare che è equivalente alla costante di permeabilità magnetica.

La permeabilità magnetica e la viscosità hanno molto in comune. La permeabilità magnetica dello spazio libero è definita come la quantità di resistenza incontrata durante la formazione di un campo magnetico in un vuoto classico. Come sopra il suo valore è definito come  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N}\cdot\text{A}^{-2}$  (21).

La viscosità è il grado con cui un fluido si oppone al movimento relativo tra due delle sue superfici che si muovono a differenti velocità. Perciò la viscosità di un fluido è spesso riferita alla sua densità ed è una misura della sua resistenza alla graduale deformazione dovuta allo sforzo di taglio o di tensione.

Mentre considerando il vuoto come un fluido, la sua viscosità è in relazione alle particelle virtuali presenti. Queste particelle rappresentano aspetti dei campi, che

sono solitamente usate per descrivere, e la velocità della luce nel vuoto è una proprietà intrinseca del campo elettromagnetico.

La resistenza specifica di un conduttore può essere definita come la quantità di moto diminuita degli elettroni che passano per la lunghezza del conduttore. Così la resistenza elettrica  $R$  ha come unità l' Ohm che è definito come kg·m/s per m di conduttore.

L'idea che gli elettroni possano essere considerati come vortici fu inizialmente proposta da Helmholtz nel 1858 e considerata matematicamente da Maxwell che applicò la sua teoria dei vortici molecolari ai fenomeni magnetici (23). Secondo la teoria di Helmholtz le particelle sono massa a forma di anello che si muovono vorticosamente in un fluido omogeneo, incomprimibile e privo di attrito. I vortici, ossia porzioni di fluido in moto rotazionale, esisteranno sempre fuori della stessa porzione di fluido e sono immuni alla dissipazione cioè continueranno ad esistere per sempre.

Nel precedente articolo (24) viene proposta una nuova teoria in cui l'elettrone ha una struttura e una forma. L'elettrone è un vortice senza attrito con quantità di moto conservata costituita da fotoni virtuali che acquisiscono massa quando si muovono nel vortice alla velocità della luce. La forma dell'elettrone- vortice permette di superare l'enigma della dualità onda-particella (25).

Secondo la teoria dell'elettrone-vortice, l'elettrone è un vortice che ruota attorno al suo asse, sperimenta una certa resistenza a causa dell'interazione con il vuoto circostante. La sua quantità di moto diminuita  $P$  è calcolata dividendo la quantità di moto che è dato dalla densità del vuoto  $p$  e la velocità angolare del vortice  $\bar{u}$  per la circonferenza del vortice  $\lambda$ :

$$P = \frac{\rho \bar{u}}{\lambda} \quad (7)$$

Dove  $\bar{u} = c$ , cioè  $3 \times 10^8$  m/s e la densità del vuoto  $\rho = 9.7583993 \times 10^{-27}$  kg/m<sup>3</sup>.

La circonferenza del vortice  $\lambda = 2\pi r$ , dove  $r$  è il suo raggio. Se  $r$  è considerato come il raggio Compton dell'elettrone,  $3.86 \times 10^{-13}$  m, allora la circonferenza del vortice è  $2.4263102367 (11) \times 10^{-12}$  m che è il valore CODATA 2014 per la lunghezza d'onda Compton dell'elettrone (26).

Usando questi valori, la quantità di moto diminuita dell'elettrone può essere calcolata come segue:

$$P = \frac{\rho c}{\lambda} = 1.206572 \times 10^{-6} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{A}^2 \quad (8)$$

Che è lo stesso ordine di grandezza della costante magnetica  $\mu_0$ .

Tuttavia le unità nell'equazione (8) esprimono lo sforzo di taglio e sono differenti da quelle della costante magnetica.

La quantità di moto è espressa come  $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}$ . Il momento lineare è una quantità conservata questo significa che il momento lineare di un sistema chiuso (cioè un sistema che non è influenzato da forze esterne) non può cambiare. La quantità di moto può essere espressa in modo equivalente in Newton secondi (N·s). In idrodinamica le unità della viscosità dinamica (taglio) di un fluido sono  $(\text{N}\cdot\text{s})/\text{m}^2 = \text{Pa}\cdot\text{s}$ . Cioè lo sforzo di taglio  $\tau$  può essere interpretato come il tasso di variazione della quantità di moto  $p$  per unità di area  $A$  (velocità dalla quantità di moto del flusso) di una arbitraria superficie di controllo come segue:

$$\tau = \frac{p}{A} = \frac{m u_x}{A} \quad (12)$$

dove  $u_x$  è la componente della velocità media del flusso delle molecole parallele al piano  $x$  attraverso l'unità di area che è perpendicolare ad esso, e  $m$  è la massa del fluido che fluisce attraverso la superficie per unità di tempo.

Per un fluido newtoniano, quando lo sforzo è parallelo alla superficie lo sforzo di taglio  $\tau$  per unità di area è proporzionale alla variazione di velocità rispetto alla distanza ed è rappresentato come segue:

$$\tau = \mu \frac{du_x}{dy} \quad (10)$$

dove  $\tau = F/A$  e  $du_x/dy$  è la velocità di taglio locale per unità di area parallela al piano  $x$ - $z$  che si muove lungo l'asse  $x$ . Il fattore di proporzionalità  $\mu$  in questa formula è noto come *viscosità dinamica*. Perciò lo stress di taglio è la viscosità dinamica per unità di area e la sua unità di misura è  $(\text{N}\cdot\text{s})/\text{m}^2$ .

Se le unità di misura della costante magnetica sono  $\text{N}/\text{A}^2$  questo indica che può essere espressa come lo sforzo di taglio per unità di tempo o la viscosità dinamica per unità di area e tempo. Perciò un elettrone che ruota nel vuoto sperimenta uno sforzo di taglio che diminuisce la sua quantità di moto e questo equivale alla costante magnetica. Lo sforzo di taglio dipende dalla viscosità del vuoto che è in relazione alla sua densità. Perciò la permeabilità magnetica è la variazione di velocità della quantità

di moto per unità di area e tempo che l'elettrone incontra mentre ruota attorno al suo asse nel vuoto.

## 4 Conclusioni

Questo articolo propone una nuova interpretazione dell'essenza e origine della costante magnetica. Un elettrone è considerato un vortice che ruota in un vuoto superfluido e la lunghezza dell'interazione dell'elettrone è uguale alla lunghezza d'onda Compton. Calcolando la quantità di moto diminuita dell'elettrone che ruota si ottiene un valore nello stesso intervallo di valore accettato per la costante magnetica.

Questo risultato suggerisce con forza che la costante magnetica è collegata alla struttura e alle proprietà del vuoto fisico, un mezzo che può essere caratterizzato da specifiche proprietà come densità, viscosità e velocità. Perciò la costante magnetica non è una costante fondamentale ma è la quantità di moto diminuita di un elettrone che ruota e dipende dalla densità del vuoto. La sua quantità di moto per unità di area è equivalente alla sua viscosità dinamica la cui unità è  $(N \cdot s)/m^2$  mentre la velocità di variazione della sua quantità di moto per unità di tempo fornisce la variazione della viscosità dinamica dell'elettrone per unità di area. E' un'espressione della forza per unità di area, che agisce parallelamente alla superficie infinitesimale di un elemento a causa della viscosità del vuoto.

Questo studio apre un nuovo approccio per determinare la natura e l'essenza di costanti fondamentali della natura, legate alla densità del vuoto e così ridurre il numero delle costanti fondamentali a una sola. L'origine e l'essenza della costante di gravitazione  $G$ , e la costante di struttura fine sono state pubblicate in precedenti articoli (1) (2), la costante elettrica  $\epsilon_0$ , la velocità della luce  $c$ , la costante di Planck saranno discussi separatamente in articoli futuri.

## Limitazioni

La natura superfluida del vuoto necessita ancora, per essere confermata, di prove sperimentali. In aggiunta sebbene l'idea che gli elettroni abbiano una struttura a vortice non sia nuova, deve ancora essere confermata da ricerche sperimentali.

## Ringraziamenti



L'autore vuole ringraziare Enago (<https://www.enago.com/>) per la revisione della lingua inglese.

Questa ricerca non ha ricevuto nessuna specifica sovvenzione da agenzie di finanziamento nel settore pubblico, privato o no profit.

Per corrispondenza e richieste di materiale scrivere a :

[nader.butto@gmail.com](mailto:nader.butto@gmail.com).

facendo riferimento a questo articolo Butto, N. (2020) The Essence and Origin of the Magnetic Constant. *Journal of High Energy Physics, Gravitation and Cosmology*, 6, 662-669. doi: 10.4236/jhepgc.2020.64045.

### Riferimenti bibliografici

[1] Butto, N. (2020) A New Theory on the Origin and Nature of the Fine Structure Constant. *Journal of High Energy Physics, Gravitation and Cosmology*, 6, 579-589.

<https://doi.org/10.4236/jhepgc.2020.64039>

[2] Butto, N. (2020) New Mechanism and Analytical Formula for Understanding the Gravity Constant  $G$ . *Journal of High Energy Physics, Gravitation and Cosmology*, 6, 357-367.

<https://doi.org/10.4236/jhepgc.2020.63029>

[3] Panofsky, W.K.H. and Phillips, M. (1962) *Classical Electricity and Magnetism*. Addison-Wesley, Reading, MA, 182.

[4] National Institute of Standards and Technology (2006) Introduction to the Constants for Nonexperts. *Fundamental Physical Constants*. Committee on Data for Science and Technology.

[5] Weiglhofer, W.S. (2003) The Classical Vacuum as Reference Medium. In: Weiglhofer, W.S. and Lakhtakia, A., Eds., *Introduction to Complex Mediums for Optics and Electromagnetics*. SPIE Press, Bellingham, WA, 34.

[6] National Institute of Standards and Technology (2006) Magnetic Constant. *Fundamental Physical Constants*. Committee on Data for Science and Technology.

<https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mu0>

[7] Rosen, J. (2004) Permeability (Physics) *Encyclopedia of Physics*. Facts on File Science Library. Facts on File, New York.

[8] Maxwell, J. (1873) *A Treatise on Electricity and Magnetism*. Sections 822 and 823.

[9] Butto, N. (2020) *New Theory to Understand the Mechanism of Gravitation*. *Journal of High Energy Physics, Gravitation and Cosmology*, 6, 462-472.

<https://doi.org/10.4236/jhepgc.2020.63036>

[10] Sbitnev, V.I. and Fedi, M. (2017) *Superfluid Quantum Space and Evolution of the Universe*. In: Capistrano, A., Ed., *Cosmology*. InTech, Rijeka.

<https://doi.org/10.5772/68113>

[11] Sbitnev, V.I. (2016) *Hydrodynamics of the Physical Vacuum: I. Scalar Quantum Sector*. *Foundations of Physics*, 46, 606-619.

<https://doi.org/10.1007/s10701-015-9980-8>

[12] Sbitnev, V.I. (2016) *Dark Matter Is a Manifestation of the Vacuum Bose-Einstein Condensate*.

<http://arxiv.org/abs/1601.04536>

[13] Sbitnev, V.I. (2016) *Hydrodynamics of the Physical Vacuum: II. Vorticity Dynamics*. *Foundations of Physics*, 46, 1238-1252.

<http://rdcu.be/kdon>

<https://doi.org/10.1007/s10701-015-9985-3>

[14] Zloshchastiev K.G. (2011) *Spontaneous Symmetry Breaking and Mass Generation as Built-In Phenomena in Logarithmic Nonlinear Quantum Theory*. *Acta Physica Polonica B*, 42, 261-292.

[15] Avdeenkov, A.V. and Zloshchastiev, K.G. (2011) *Quantum Bose liquids with Logarithmic Nonlinearity: Self-Sustainability and Emergence of Spatial Extent*. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 44, 195303.

<https://doi.org/10.1088/0953-4075/44/19/195303>

[16] Hubble, E. (1929) *A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 15, 168-173.

<https://doi.org/10.1073/pnas.15.3.168>

[17] Oldershaw, R.L. (1987) The Self-Similar Cosmological Paradigm: A New Test and Two New Predictions. *Astrophysical Journal*, 322, 34-36.

<https://doi.org/10.1086/165699>

[18] Bonvin, V., et al. (2017) HOLiCOW V. New COSMOGRAIL Time Delays of HE0435-1223:  $H_0$  to 3.8% Precision from Strong Lensing in a Flat  $\Lambda$ CDM Model *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 465, 4914-4930.

<https://doi.org/10.1093/mnras/stw3006>

[19] Rauscher, E.A. (1968) Electron Interactions and Quantum Plasma Physics. *Journal of Plasma Physics*, 2, 517-541.

<https://doi.org/10.1017/S0022377800004013>

[20] Rauscher, E.A. (2004) Dynamic Plasma Excitation Modes of Propagation in the Ionosphere. PA Press, Wisconsin, 295.

[21] The NIST Reference on Fundamental Physical Constants.

<https://physics.nist.gov/>

[22] Helmholtz, H. (1858) Ueber Integrale der hydrodynamischen Gleichungen.

[23] Maxwell, J.C. (1861) XXV. On Physical Lines of Force, The Theory of Molecular Vortices Applied to Magnetic Phenomena. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 21, 161-175.

<https://doi.org/10.1080/14786446108643033>

[24] Butto, N. (2020) Electron Shape and Structure: A New Vortex Theory. *Journal of High Energy Physics, Gravitation and Cosmology*, 6, 340-352.

<https://doi.org/10.4236/jhepgc.2020.63027>

[25] Butto, N. (2020) A New Theory on Electron Wave-Particle Duality. *Journal of High Energy Physics, Gravitation and Cosmology*, 6, 567-578.

<https://doi.org/10.4236/jhepgc.2020.64038>

[26] CODATA 2014 Value for Compton Wavelength for the Electron from NIST.

