IT_4: Einstein-VED: Deduzione deterministica del protone e formula R_VED

10.5281/zenodo.17172925

Il protone

1. Introduzione

- Proseguiamo dal quadro deterministico 3S+T.
- Abbiamo definito il contenitore (spaziotempo) e la funzione f, garantendo causalità e determinismo.
- La meccanica quantistica resta esclusa da questa analisi, poiché non può spiegare deterministicamente le proprietà delle particelle.

2. Particella con massa e frequenza intrinseca

Ogni particella di massa m ha una frequenza ν e una lunghezza d'onda λ associate:

$$E = mc^2 = h\nu \quad \Rightarrow \quad \nu = \frac{mc^2}{h}$$

La lunghezza d'onda di Compton associata è:

$$\lambda_C = \frac{c}{\nu} = \frac{h}{mc}$$

Questa lunghezza d'onda è geometrica e deterministica, legata allo spaziotempo 3S+T e alla funzione f.

3. Assioma geometrico di confinamento

Affinché un'onda associata a una particella sia confinata in un perimetro o recinto, lo spazio deve contenere un numero esatto di onde complete:

$$L = n\lambda_C, \qquad n \in \mathbb{Z}^+$$

Altrimenti il recinto non sarà stabile. La stabilità richiede regolarità strutturale lungo la linea temporale.

4. Confinamento del protone

Il recinto stabile minimo del protone deve chiudere l'onda nelle tre dimensioni spaziali e nel tempo, nel quadro geometrico 3S+T.

Condizione di chiusura di fase

Affinché un'onda confinata si chiuda esattamente sul proprio contorno, la lunghezza del percorso deve contenere un numero intero di cicli completi:

$$L = n\lambda_C, \qquad n \in \mathbb{Z}^+$$

Ogni ciclo completo comporta una variazione di fase di 2π radianti.
Quindi:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi L}{\lambda_C} = 2\pi n$$

La chiusura esatta richiede:

$$\Delta\phi = 2\pi n, \qquad n \in \mathbb{Z}^+$$

Se n non è intero, la fine dell'onda non coincide in fase con il suo inizio e compare uno sfasamento residuo:

$$\Delta\phi_{\text{res}} = 2\pi(n - \lfloor n \rfloor)$$

Il confinamento stabile richiede quindi un numero intero di cicli sul contorno.

Chiusura geometrica in 3S+T

In Einstein–VED, il confinamento minimo del protone comprende quattro piani di chiusura:

1. Piano XT: relazione tra X e T.
2. Piano YT: relazione tra Y e T.
3. Piano ZT: relazione tra Z e T.
4. Piano XYZ: chiusura spaziale congiunta.

La condizione geometrica stabilisce un ciclo completo per ciascuna delle quattro chiusure.

Il **numero minimo di cicli per il confinamento stabile dell'onda del protone** è quindi:

$$n_{\min} = 4$$

Questo valore non deriva da un adattamento al raggio sperimentale, ma dalla chiusura completa nei quattro piani della costruzione geometrica Einstein–VED.

Il perimetro minimo risulta:

$$L_p = 4\lambda_p$$

Le tre chiusure XT, YT e ZT generano le tre strutture interne che, in questo quadro, spiegano geometricamente la proprietà di colore.

Si stabilisce così la condizione di confinamento utilizzata nella sezione seguente per dedurre il raggio del protone dalla sua massa.

5. Deduzione della massa e del raggio del protone

La lunghezza d'onda di Compton intrinseca del protone è:

$$\lambda_p = \frac{h}{m_p c}$$

Il perimetro minimo di confinamento stabile è:

$$L_p = n_{\min} \lambda_p = 4\lambda_p$$

La relazione geometrica tra il perimetro e il raggio del confinamento sferico stabilisce:

$$2\pi r_p = L_p$$

Quindi:

$$r_p = \frac{L_p}{2\pi} = \frac{4\lambda_p}{2\pi} = \frac{2}{\pi}\lambda_p$$

Sostituendo la lunghezza d'onda:

$$r_p = \frac{2h}{\pi m_p c}$$

Calcolo numerico con CODATA 2022

- Costante di Planck:

$$h = 6.62607015 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

- Massa del protone:

$$m_p = 1.67262192595(52) \times 10^{-27} \text{ kg}$$

- Velocità della luce:

$$c = 2.99792458 \times 10^{8} \text{ m / s}$$

La lunghezza d'onda risulta:

$$\lambda_p = \frac{6.62607015 \times 10^{-34}}{1.67262192595 \times 10^{-27} \cdot 2.99792458 \times 10^{8}}$$

$$\lambda_p \approx 1.32140985 \times 10^{-15}\ m$$

E il raggio:

$$r_p = \frac{2}{\pi}\lambda_p$$

$$r_p^{\mathrm{VED}} \approx 0.84123564 \text{ fm}$$

Formulazione alternativa equivalente

$$r_p = n_{\min}\frac{h/(2\pi)}{m_p c} = 4\frac{h/(2\pi)}{m_p c}$$

Il fattore $h/(2\pi)$ deriva dalla relazione geometrica tra perimetro e raggio.

La formulazione conserva la costante di Planck h e non richiede una costante aggiuntiva.

5.1. Confronto sperimentale e risultati di QCD

Data di riferimento: 27 ottobre 2026

Einstein–VED ottiene il raggio del protone direttamente dalla sua massa nota, mediante le relazioni di Einstein e Planck e il numero minimo di cicli per il confinamento stabile dell'onda:

$$n_{\min} = 4$$

$$R_p = \frac{2h}{\pi m_p c} = \frac{2hc}{\pi E_p}$$

Il raggio sperimentale non è un parametro di ingresso e non viene utilizzato per adattare il risultato.

Confronto dei risultati

Provenienza	Raggio ± incertezza (fm)	Differenza assoluta (fm)	Differenza relativa
Einstein–VED, IT_4	**0.84123564021 ± 0.00000000026**	**0.00048564**	**0.0578%**
CODATA 2022	0.84075 ± 0.00064	0	0%
QCD su reticolo, 2024	0.820 ± 0.014	0.02075	2.47%
QCD su reticolo, 2026	0.860 ± 0.038 ± 0.023	0.01925	2.29%

Le differenze assolute e percentuali sono calcolate rispetto al valore centrale sperimentale CODATA 2022.

L'incertezza indicata per Einstein–VED deriva dalla propagazione dell'incertezza sperimentale sulla massa del protone. Per la QCD si riportano le incertezze pubblicate nei rispettivi lavori.

Einstein–VED ottiene un raggio che differisce dal valore centrale sperimentale CODATA 2022 soltanto dello 0.0578%, senza adattare la formula al raggio osservato.

Nei due risultati di QCD su reticolo citati, le differenze dal valore centrale CODATA sono rispettivamente del 2.47% e del 2.29%.

Il confronto mostra direttamente la vicinanza numerica ottenuta da Einstein–VED attraverso una deduzione geometrica chiusa.

Lo scopo è presentare un risultato teorico riproducibile e il suo accordo con i dati sperimentali disponibili.

5.2. Precisione del calcolo e misure future

La formulazione Einstein–VED permette di calcolare il raggio del protone dalla sua massa o, equivalentemente, dalla sua energia a riposo:

$$R_p = \frac{2h}{\pi m_p c} = \frac{2hc}{\pi E_p}$$

Nel Sistema internazionale, la costante di Planck h e la velocità della luce c hanno valori esatti.

Il numero minimo di confinamento $n = 4$ è stabilito dalla condizione geometrica di chiusura stabile dell'onda del protone.

L'incertezza numerica propagata del raggio calcolato deriva quindi esclusivamente dalla nostra conoscenza sperimentale della massa del protone:

$$\frac{\sigma_{R_p}}{R_p} = \frac{\sigma_{m_p}}{m_p}$$

L'incertezza assoluta si ottiene mediante:

$$\sigma_{R_p} = \left|\frac{\partial R_p}{\partial m_p}\right| \sigma_{m_p}$$

Poiché:

$$\frac{\partial R_p}{\partial m_p} = -\frac{2h}{\pi c m_p^2} = -\frac{R_p}{m_p}$$

Risulta:

$$\sigma_{R_p} = R_p \frac{\sigma_{m_p}}{m_p}$$

Con l'incertezza sulla massa raccomandata da CODATA 2022:

$$\sigma_{m_p} = 0.00000000052 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

Si ottiene approssimativamente:

$$\sigma_{R_p} = 2.6 \times 10^{-10} \text{ fm}$$

E il risultato completo:

$$R_p^{\text{VED}} = (0.84123564021 \pm 0.00000000026) \text{ fm}$$

Conseguenza della relazione massa–raggio

Ogni miglioramento sperimentale nella conoscenza della massa del protone, o della sua energia a riposo mediante $E_p = m_p c^2$, consentirà di aggiornare il raggio calcolato da Einstein–VED con un'incertezza propagata minore.

L'espressione geometrica rimane invariata:

$$R_p = \frac{2hc}{\pi E_p}$$

Non richiede nuovi parametri né la ricalibrazione della formula sul raggio sperimentale.

La precisione numerica del raggio calcolato può quindi migliorare con il progresso della conoscenza sperimentale della massa o dell'energia a riposo del protone.

6. Generalizzazione: raggio e massa associati al confinamento geometrico

La deduzione del raggio del protone permette di stabilire un'espressione generale per tutta la materia costituita da onde confinate.

La lunghezza d'onda intrinseca associata a una massa M è data da:

$$\lambda = \frac{h}{Mc}$$

Dove:

- h = costante di Planck.
- M = massa della materia confinata.
- c = velocità della luce.
- n = numero di onde del confinamento.

La condizione geometrica di chiusura stabilisce:

$$L = n\lambda$$

Per un confinamento circolare:

$$2\pi R_{\mathrm{VED}} = L$$

Quindi:

$$R_{\mathrm{VED}} = \frac{n\lambda}{2\pi}$$

Sostituendo la lunghezza d'onda:

$$R_{\mathrm{VED}} = \frac{nh}{2\pi Mc}$$

Questa è la formula generale del raggio geometrico Einstein–VED.

Deduzione della massa

Isolando la massa:

$$M_{\mathrm{VED}} = \frac{nh}{2\pi c R_{\mathrm{VED}}}$$

E, di conseguenza:

$$M_{\mathrm{VED}} R_{\mathrm{VED}} = \frac{nh}{2\pi c}$$

Per un numero di confinamento n fissato, il raggio geometrico è inversamente proporzionale alla massa:

$$R_{\mathrm{VED}} \propto \frac{1}{M}$$

L'espressione è proposta nel quadro Einstein–VED per tutta la materia, dalle particelle ai corpi macroscopici, considerando il numero di confinamento corrispondente a ciascun sistema.

R_{VED} caratterizza la geometria intrinseca del confinamento ondulatorio e non va necessariamente confuso con i raggi osservabili dei corpi né con il raggio gravitazionale di Schwarzschild.

Caso particolare del protone

Per il protone:

$$n_{\mathrm{min}} = 4$$

$$R_{\mathrm{VED}} = \frac{4h}{2\pi m_p c}$$

Semplificando:

$$R_{\mathrm{VED}} = \frac{2h}{\pi m_p c}$$

Con i valori CODATA 2022 utilizzati nella deduzione:

$$R_{\mathrm{VED}} \approx 0.84123564 \text{ fm}$$

Si recupera così il risultato della deduzione geometrica del raggio del protone, senza introdurre nuove costanti o fattori di adattamento.

La formulazione utilizza esclusivamente la costante di Planck h, mantenendo espliciti il numero di confinamento n e il fattore geometrico 2π.

7. Conclusione

1. Massa = onda confinata in 3S+T.
2. Raggio e massa associati al confinamento geometrico (R_{VED} , M_{VED}) sono esatti e deterministici.
3. La formula $R_{\mathrm{VED}} = \frac{nh}{2\pi Mc}$ sarà uno strumento fondamentale negli sviluppi successivi.
4. Per il protone, con $n = 4$, si ottiene $r_p \approx 0.84123564$ fm mediante una deduzione geometrica diretta senza adattare il raggio sperimentale.
5. Il risultato presenta una differenza relativa dello 0.0578% dal valore centrale sperimentale CODATA 2022, inferiore alle differenze dei due calcoli di QCD su reticolo considerati.
6. L'incertezza numerica propagata del raggio Einstein–VED dipende dall'incertezza sperimentale con cui conosciamo la massa del protone. Migliori determinazioni future della massa o dell'energia a riposo aumenteranno la precisione del calcolo senza modificare la formula geometrica.

Riferimenti

CODATA 2022 — Costanti fondamentali

https://physics.nist.gov/cuu/Constants/

Djukanovic et al. (2024)

Precision Calculation of the Electromagnetic Radii of the Proton and Neutron from Lattice QCD.

Physical Review Letters 132, 211901.

https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.132.211901

Alexandrou et al. (2026)

Proton and neutron electromagnetic form factors in the continuum limit using lattice QCD ensembles with physical pion masses.

Physical Review D 113, 114524.

https://doi.org/10.1103/tt39-n1df

Einstein–VED / UNIHOLOG — Víctor Estrada Díaz

https://doi.org/10.5281/zenodo.17172925

10.5281/zenodo.17172925

Fine di IT_4