ES_4: Einstein-VED: Deducción determinista del protón y fórmula R_VED

10.5281/zenodo.17172925

El protón

1. Introducción

- Continuamos desde el marco determinista 3S+T.
- Hemos definido el continente (espacio-tiempo) y la función f, asegurando causalidad y determinismo.
- La mecánica cuántica queda fuera de este análisis, ya que no puede explicar de manera determinista las propiedades de las partículas.

2. Partícula con masa y frecuencia intrínseca

Toda partícula con masa m tiene asociada una frecuencia ν y una longitud de onda λ:

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

La longitud de onda de Compton asociada es:

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

Esta longitud de onda es geométrica y determinista, vinculada al espacio-tiempo 3S+T y la función f.

3. Axioma geométrico de confinamiento

Para que una onda asociada a una partícula esté confinada en un perímetro o recinto, el espacio debe contener un número exacto de ondas completas:

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

Si no se cumple, el recinto no será estable. La estabilidad requiere regularidad estructural en la línea temporal.

4. Confinamiento del protón

El recinto mínimo estable del protón debe cerrar la onda en las tres dimensiones espaciales y el tiempo, dentro del marco geométrico 3S+T.

Condición de cierre de fase

Para que una onda confinada cierre exactamente sobre su propio contorno, la longitud del recorrido debe contener un número entero de ciclos completos:

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

Cada ciclo completo supone una variación de fase de 2π radianes. Por tanto:

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

La condición de cierre exacto exige:

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

Si n no es entero, el final de la onda no coincide en fase con su principio y aparece un desfase residual:

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

Por tanto, el confinamiento estable exige un número entero de ciclos sobre el contorno.

Cierre geométrico en 3S+T

En Einstein–VED, el confinamiento mínimo del protón comprende cuatro planos de cierre:

1. Plano XT: relación entre X y T.
2. Plano YT: relación entre Y y T.
3. Plano ZT: relación entre Z y T.
4. Plano XYZ: cierre espacial conjunto.

La condición geométrica establece un ciclo completo por cada uno de estos cuatro cierres.

Por tanto, el **número mínimo de ciclos para el confinamiento estable de la onda del protón** es:

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

Este valor no procede de un ajuste al radio experimental, sino de la condición de cierre completo en los cuatro planos de la construcción geométrica Einstein–VED.

El perímetro mínimo resulta:

$$L_p = 4\lambda_p$$

Los tres cierres XT, YT y ZT generan las tres estructuras internas que, en este marco, explican geométricamente la cualidad color.

Así queda establecida la condición de confinamiento utilizada en el apartado siguiente para deducir el radio del protón a partir de su masa.

5. Deducción de la masa y radio del protón

La longitud de onda de Compton intrínseca del protón es:

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

El perímetro mínimo de confinamiento estable es:

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

La relación geométrica entre el perímetro y el radio del confinamiento esférico establece:

$$2\pi r_p = L_p$$

Por tanto:

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

Sustituyendo la longitud de onda:

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

Cálculo numérico con CODATA 2022

- Constante de Planck:

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

- Masa del protón:

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

- Velocidad de la luz:

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

La longitud de onda resulta:

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

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

Y el radio:

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

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

Formulación alternativa equivalente

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

Donde el factor $h/(2\pi)$ procede de la relación geométrica entre el perímetro y el radio.

La formulación conserva la constante de Planck h y no necesita introducir una constante adicional.

5.1. Comparación experimental y resultados de QCD

Fecha de referencia: 27 de octubre de 2026

Einstein–VED obtiene el radio del protón directamente a partir de su masa conocida, mediante las relaciones de Einstein y Planck y el número mínimo de ciclos para el confinamiento estable de la onda:

$$n_{\min} = 4$$

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

El radio experimental no interviene como parámetro de entrada ni se utiliza para ajustar el resultado.

Resultados comparados

Procedencia	Radio ± incertidumbre (fm)	Diferencia absoluta (fm)	Diferencia relativa
Einstein–VED, ES_4	**0.84123564021 ± 0.00000000026**	**0.00048564**	**0.0578%**
CODATA 2022	0.84075 ± 0.00064	0	0%
QCD en red, 2024	0.820 ± 0.014	0.02075	2.47%
QCD en red, 2026	0.860 ± 0.038 ± 0.023	0.01925	2.29%

Las diferencias absolutas y porcentuales se calculan respecto al valor central experimental CODATA 2022.

La incertidumbre indicada para Einstein–VED procede de la propagación de la incertidumbre experimental de la masa del protón. Para QCD se reproducen las incertidumbres publicadas por los respectivos trabajos.

Einstein–VED obtiene un radio cuya diferencia respecto al valor central experimental CODATA 2022 es de apenas el 0.0578%, sin ajustar la fórmula al radio observado.

En los dos resultados de QCD en red citados, las diferencias respecto al valor central CODATA son del 2.47% y del 2.29%, respectivamente.

La comparación permite apreciar directamente la proximidad numérica obtenida desde Einstein–VED mediante una deducción geométrica cerrada.

El propósito es exponer un resultado teórico reproducible y su concordancia con los datos experimentales disponibles.

5.2. Precisión del cálculo y futuras mediciones

La formulación Einstein–VED permite calcular el radio del protón a partir de su masa o, equivalentemente, de su energía en reposo:

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

En el Sistema Internacional, la constante de Planck h y la velocidad de la luz c tienen valores exactos.

El número mínimo de confinamiento $n = 4$ queda establecido por la condición geométrica de cierre estable de la onda del protón.

Por tanto, la incertidumbre numérica propagada del radio calculado procede exclusivamente de nuestro conocimiento experimental de la masa del protón:

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

La incertidumbre absoluta se obtiene mediante:

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

Dado que:

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

Resulta:

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

Con la incertidumbre de la masa recomendada por CODATA 2022:

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

Se obtiene aproximadamente:

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

Y el resultado completo:

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

Consecuencia de la relación masa-radio

Cada mejora experimental en la precisión con la que conocemos la masa del protón, o su energía en reposo mediante $E_p = m_p c^2$, permitirá actualizar el radio calculado por Einstein–VED con una incertidumbre propagada menor.

La expresión geométrica permanece inalterada:

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

No requiere introducir nuevos parámetros ni recalibrar la fórmula utilizando el radio experimental.

De esta manera, la precisión numérica del radio calculado puede mejorar conforme avance nuestro conocimiento experimental de la masa o energía en reposo del protón.

6. Generalización: Radio y masa asociados al confinamiento geométrico

La deducción del radio del protón permite establecer una expresión general para toda materia constituida por ondas confinadas.

La longitud de onda intrínseca asociada a una masa M viene dada por:

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

Donde:

- h = constante de Planck.
- M = masa de la materia confinada.
- c = velocidad de la luz.
- n = número de ondas del confinamiento.

La condición geométrica de cierre establece:

$$L = n\lambda$$

Para un confinamiento circular:

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

Por tanto:

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

Sustituyendo la longitud de onda:

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

Esta es la fórmula general del radio geométrico Einstein–VED.

Deducción de la masa

Despejando la masa:

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

Y, en consecuencia:

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

Para un número de confinamiento n determinado, el radio geométrico es inversamente proporcional a la masa:

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

La expresión se propone dentro del marco Einstein–VED para toda materia, desde partículas hasta cuerpos macroscópicos, considerando el número de confinamiento correspondiente a cada sistema.

R_{VED} caracteriza la geometría intrínseca del confinamiento ondulatorio y no debe confundirse necesariamente con los radios observables de los cuerpos ni con el radio gravitatorio de Schwarzschild.

Caso particular del protón

Para el protón:

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

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

Simplificando:

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

Con los valores CODATA 2022 utilizados en la deducción:

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

Se recupera así el resultado obtenido mediante la deducción geométrica del radio del protón, sin introducir nuevas constantes ni factores de ajuste.

La formulación utiliza exclusivamente la constante de Planck h, manteniendo explícitos el número de confinamiento n y el factor geométrico 2π.

7. Conclusión

1. Masa = onda confinada en 3S+T.
2. Radio y masa asociados a confinamiento geométrico (R_{VED} , M_{VED}) son exactos y deterministas.
3. La fórmula $R_{\mathrm{VED}} = \frac{nh}{2\pi Mc}$ será herramienta fundamental en desarrollos posteriores.
4. Para el protón, con $n = 4$, se obtiene $r_p \approx 0.84123564$ fm, mediante una deducción geométrica directa y sin ajustar el radio experimental.
5. El resultado presenta una diferencia relativa del 0.0578% respecto al valor central experimental CODATA 2022, menor que las diferencias de los dos cálculos de QCD en red considerados.
6. La incertidumbre numérica propagada del radio Einstein–VED depende de la incertidumbre experimental con la que conocemos la masa del protón. Las futuras mejoras en la determinación de su masa o energía en reposo permitirán aumentar la precisión del cálculo sin modificar la fórmula geométrica.

Referencias

CODATA 2022 — Constantes fundamentales

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

Fin de ES_4