PT_4: Einstein-VED: Dedução determinista do próton e fórmula R_VED

10.5281/zenodo.17172925

O próton

1. Introdução

- Continuamos a partir do quadro determinista 3S+T.
- Definimos o continente (espaço-tempo) e a função f, assegurando causalidade e determinismo.
- A mecânica quântica fica fora desta análise, pois não consegue explicar deterministicamente as propriedades das partículas.

2. Partícula com massa e frequência intrínseca

Toda partícula de massa m possui uma frequência ν e um comprimento de onda λ associados:

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

O comprimento de onda de Compton associado é:

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

Este comprimento de onda é geométrico e determinista, ligado ao espaço-tempo 3S+T e à função f.

3. Axioma geométrico de confinamento

Para que uma onda associada a uma partícula esteja confinada em um perímetro ou recinto, o espaço deve conter um número exato de ondas completas:

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

Caso contrário, o recinto não será estável. A estabilidade exige regularidade estrutural na linha temporal.

4. Confinamento do próton

O recinto estável mínimo do próton deve fechar a onda nas três dimensões espaciais e no tempo, dentro do quadro geométrico 3S+T.

Condição de fechamento de fase

Para que uma onda confinada se feche exatamente sobre o próprio contorno, o comprimento do percurso deve conter um número inteiro de ciclos completos:

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

Cada ciclo completo corresponde a uma variação de fase de 2π radianos. Portanto:

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

O fechamento exato exige:

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

Se n não for inteiro, o final da onda não coincide em fase com o início e surge uma defasagem residual:

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

Portanto, o confinamento estável exige um número inteiro de ciclos sobre o contorno.

Fechamento geométrico em 3S+T

Em Einstein–VED, o confinamento mínimo do próton compreende quatro planos de fechamento:

1. Plano XT: relação entre X e T.
2. Plano YT: relação entre Y e T.
3. Plano ZT: relação entre Z e T.
4. Plano XYZ: fechamento espacial conjunto.

A condição geométrica estabelece um ciclo completo para cada um desses quatro fechamentos.

Portanto, o **número mínimo de ciclos para o confinamento estável da onda do próton** é:

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

Este valor não resulta de um ajuste ao raio experimental, mas da condição de fechamento completo nos quatro planos da construção geométrica Einstein–VED.

O perímetro mínimo resulta:

$$L_p = 4\lambda_p$$

Os três fechamentos XT, YT e ZT geram as três estruturas internas que, neste quadro, explicam geometricamente a propriedade de cor.

Fica assim estabelecida a condição de confinamento utilizada na seção seguinte para deduzir o raio do próton a partir de sua massa.

5. Dedução da massa e do raio do próton

O comprimento de onda de Compton intrínseco do próton é:

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

O perímetro mínimo de confinamento estável é:

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

A relação geométrica entre o perímetro e o raio do confinamento esférico estabelece:

$$2\pi r_p = L_p$$

Portanto:

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

Substituindo o comprimento de onda:

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

Cálculo numérico com CODATA 2022

- Constante de Planck:

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

- Massa do próton:

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

- Velocidade da luz:

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

O comprimento de onda resulta:

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

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

E o raio:

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

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

Formulação alternativa equivalente

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

O fator $h / (2\pi)$ decorre da relação geométrica entre perímetro e raio.

A formulação conserva a constante de Planck h e não exige uma constante adicional.

5.1. Comparação experimental e resultados de QCD

Data de referência: 27 de outubro de 2026

Einstein–VED obtém o raio do próton diretamente de sua massa conhecida, mediante as relações de Einstein e Planck e o número mínimo de ciclos para o confinamento estável da onda:

$$n_{\min} = 4$$

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

O raio experimental não é um parâmetro de entrada nem é utilizado para ajustar o resultado.

Comparação dos resultados

Origem	Raio ± incerteza (fm)	Diferença absoluta (fm)	Diferença relativa
Einstein–VED, PT_4	**0.84123564021 ± 0.00000000026**	**0.00048564**	**0.0578%**
CODATA 2022	0.84075 ± 0.00064	0	0%
QCD na rede, 2024	0.820 ± 0.014	0.02075	2.47%
QCD na rede, 2026	0.860 ± 0.038 ± 0.023	0.01925	2.29%

As diferenças absolutas e percentuais são calculadas em relação ao valor central experimental CODATA 2022.

A incerteza indicada para Einstein–VED decorre da propagação da incerteza experimental da massa do próton. Para a QCD, reproduzem-se as incertezas publicadas nos respectivos trabalhos.

Einstein–VED obtém um raio cuja diferença em relação ao valor central experimental CODATA 2022 é de apenas 0.0578%, sem ajustar a fórmula ao raio observado.

Nos dois resultados de QCD na rede citados, as diferenças em relação ao valor central CODATA são de 2.47% e 2.29%, respectivamente.

A comparação mostra diretamente a proximidade numérica obtida por Einstein–VED por meio de uma dedução geométrica fechada.

O objetivo é apresentar um resultado teórico reproduzível e sua concordância com os dados experimentais disponíveis.

5.2. Precisão do cálculo e medições futuras

A formulação Einstein–VED permite calcular o raio do próton a partir de sua massa ou, equivalentemente, de sua energia de repouso:

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

No Sistema Internacional, a constante de Planck h e a velocidade da luz c possuem valores exatos.

O número mínimo de confinamento $n = 4$ é estabelecido pela condição geométrica de fechamento estável da onda do próton.

A incerteza numérica propagada do raio calculado decorre, portanto, exclusivamente de nosso conhecimento experimental da massa do próton:

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

A incerteza absoluta é obtida por:

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

Como:

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

Resulta:

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

Com a incerteza da massa recomendada por CODATA 2022:

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

Obtém-se aproximadamente:

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

E o resultado completo:

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

Consequência da relação massa–raio

Cada melhoria experimental no conhecimento da massa do próton, ou de sua energia de repouso por $E_p = m_p c^2$, permitirá atualizar o raio calculado por Einstein–VED com uma incerteza propagada menor.

A expressão geométrica permanece inalterada:

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

Não exige novos parâmetros nem recalibração da fórmula pelo raio experimental.

Assim, a precisão numérica do raio calculado pode melhorar com o avanço de nosso conhecimento experimental da massa ou da energia de repouso do próton.

6. Generalização: raio e massa associados ao confinamento geométrico

A dedução do raio do próton permite estabelecer uma expressão geral para toda matéria constituída por ondas confinadas.

O comprimento de onda intrínseco associado a uma massa M é dado por:

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

Onde:

- h = constante de Planck.
- M = massa da matéria confinada.
- c = velocidade da luz.
- n = número de ondas do confinamento.

A condição geométrica de fechamento estabelece:

$$L = n\lambda$$

Para um confinamento circular:

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

Portanto:

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

Substituindo o comprimento de onda:

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

Esta é a fórmula geral do raio geométrico Einstein–VED.

Dedução da massa

Isolando a massa:

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

E, consequentemente:

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

Para um número de confinamento n determinado, o raio geométrico é inversamente proporcional à massa:

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

A expressão é proposta no quadro Einstein–VED para toda matéria, de partículas a corpos macroscópicos, considerando o número de confinamento correspondente a cada sistema.

R_{VED} caracteriza a geometria intrínseca do confinamento ondulatório e não deve necessariamente ser confundido com os raios observáveis dos corpos nem com o raio gravitacional de Schwarzschild.

Caso particular do próton

Para o próton:

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

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

Simplificando:

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

Com os valores CODATA 2022 utilizados na dedução:

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

Recupera-se o resultado da dedução geométrica do raio do próton, sem introduzir novas constantes ou fatores de ajuste.

A formulação utiliza exclusivamente a constante de Planck h, mantendo explícitos o número de confinamento n e o fator geométrico 2π.

7. Conclusão

1. Massa = onda confinada em 3S+T.
2. Raio e massa associados ao confinamento geométrico (R_{VED}, M_{VED}) são exatos e deterministas.
3. A fórmula $R_{\text{VED}} = \frac{nh}{2\pi Mc}$ será uma ferramenta fundamental em desenvolvimentos posteriores.
4. Para o próton, com $n = 4$, obtém-se $r_p \approx 0.84123564$ fm por dedução geométrica direta, sem ajustar o raio experimental.

5. O resultado apresenta uma diferença relativa de 0.0578% em relação ao valor central experimental CODATA 2022, inferior às diferenças dos dois cálculos de QCD na rede considerados.

6. A incerteza numérica propagada do raio Einstein–VED depende da incerteza experimental com que conhecemos a massa do próton. Futuras melhorias na determinação da massa ou da energia de repouso aumentarão a precisão do cálculo sem alterar a fórmula geométrica.

Referências

CODATA 2022 — Constantes fundamentais

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

Fim de PT_4