CH_4：Einstein-VED：质子的确定性推导与 R_VED 公式

10.5281/zenodo.17172925

质子

1. 引言

- 我们继续采用确定性的 3S+T 框架。
- 我们已定义容器（时空）和函数 f，以确保因果性与确定性。
- 量子力学不属于本分析的范围，因为它无法以确定性方式解释粒子的性质。

2. 具有质量和内禀频率的粒子

每个质量为 m 的粒子都具有相应的频率 ν 和波长 λ：

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

相应的康普顿波长为：

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

该波长具有几何性和确定性，与 3S+T 时空及函数 f 相联系。

3. 几何约束公理

要使与粒子关联的波被约束在某个周界或区域内，空间必须恰好容纳整数个完整波：

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

否则，该区域将不稳定。稳定性要求时间线上具有结构规律性。

4. 质子的约束

在 3S+T 几何框架内，质子的最小稳定区域必须使波在三个空间维度和时间中闭合。

相位闭合条件

要使受约束的波沿自身轮廓精确闭合，路径长度必须包含整数个完整周期：

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

每个完整周期对应 2π 弧度的相位变化。因此：

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

精确闭合要求：

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

若 n 不是整数，波的终点与起点相位不一致，因而出现残余相位差：

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

因此，稳定约束要求轮廓上包含整数个周期。

3S+T 中的几何闭合

在 Einstein–VED 中，质子的最小约束包括四个闭合平面：

1. XT 平面：X 与 T 的关系。
2. YT 平面：Y 与 T 的关系。
3. ZT 平面：Z 与 T 的关系。
4. XYZ 平面：联合空间闭合。

几何条件规定，这四个闭合中的每一个都对应一个完整周期。

因此，**质子波稳定约束所需的最小周期数**为：

$$n_{\min} = 4$$

这个值并非通过拟合实验半径得到，而是来自 Einstein–VED 几何构造中四个平面的完整闭合条件。

由此得到最小周长：

$$L_p = 4\lambda_p$$

XT、YT 和 ZT 三个闭合产生三种内部结构；在本框架中，它们从几何上解释色性质。

这样就确立了下一节从质量推导质子半径所使用的约束条件。

5. 质子质量与半径的推导

质子的内禀康普顿波长为：

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

稳定约束的最小周长为：

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

球形约束的周长与半径之间的几何关系为：

$$2\pi r_p = L_p$$

因此：

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

代入波长：

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

使用 CODATA 2022 的数值计算

- 普朗克常数：

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

- 质子质量：

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

- 光速：

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

计算得到波长：

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

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

以及半径：

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

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

等价的另一种表述

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

因子 $h/(2\pi)$ 来自周长与半径之间的几何关系。

该表述保留普朗克常数 h，无需引入额外常数。

5.1. 实验比较与 QCD 结果

参考日期：2026 年 10 月 27 日

Einstein–VED 利用已知质子质量、爱因斯坦与普朗克关系以及稳定波约束的最小周期数，直接得到质子半径：

$$n_{\min} = 4$$

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

实验半径既不是输入参数，也不用于拟合结果。

结果比较

来源	半径 ± 不确定度 (fm)	绝对差 (fm)	相对差
Einstein–VED, CH_4	**0.84123564021 ± 0.00000000026**	**0.00048564**	**0.0578%**

来源	半径 ± 不确定度 (fm)	绝对差 (fm)	相对差
CODATA 2022	0.84075 ± 0.00064	0	0%
格点 QCD，2024	0.820 ± 0.014	0.02075	2.47%
格点 QCD，2026	0.860 ± 0.038 ± 0.023	0.01925	2.29%

绝对差和百分比差均相对于 CODATA 2022 的实验中心值计算。

Einstein–VED 所列不确定度来自质子质量实验不确定度的传播。QCD 则采用各篇研究发表的不确定度。

Einstein–VED 得到的半径与 CODATA 2022 实验中心值仅相差 0.0578%，且未将公式拟合到观测半径。

所引用的两项格点 QCD 结果与 CODATA 中心值分别相差 2.47% 和 2.29%。

比较直接显示了 Einstein–VED 通过闭合几何推导获得的数值接近程度。

目的是给出可复现的理论结果及其与现有实验数据的一致性。

5.2. 计算精度与未来测量

Einstein–VED 表述可从质子质量，或等价地从其静止能量计算质子半径：

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

在国际单位制中，普朗克常数 h 和光速 c 具有精确值。

最小约束数 $n = 4$ 由质子波稳定闭合的几何条件确定。

因此，计算半径的传播数值不确定度仅来自我们对质子质量的实验认识：

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

绝对不确定度通过下式获得：

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

由于：

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

可得：

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

采用 CODATA 2022 推荐的质量不确定度：

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

近似得到：

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

完整结果为：

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

质量—半径关系的推论

每一次对质子质量，或通过 $E_p = m_p c^2$ 对其静止能量的实验精度改进，都可使 Einstein–VED 的半径计算以更小的传播不确定度更新。

几何表达式保持不变：

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

无需引入新参数，也无需利用实验半径重新校准公式。

因此，随着质子质量或静止能量的实验认识不断改进，计算半径的数值精度可以提高。

6. 推广：几何约束对应的半径与质量

质子半径的推导可建立适用于所有由受约束波构成的物质的一般表达式。

质量 M 对应的内禀波长为：

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

其中：

- h = 普朗克常数。

- M = 受约束物质的质量。
- c = 光速。
- n = 约束中的波数。

几何闭合条件给出：

$$L = n\lambda$$

对于圆形约束：

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

因此：

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

代入波长：

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

这就是 Einstein–VED 几何半径的一般公式。

质量的推导

解出质量：

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

因而：

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

对于给定的约束数 n，几何半径与质量成反比：

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

在 Einstein–VED 框架内，该表达式被提出适用于从粒子到宏观物体的所有物质，并使用各系统对应的约束数。

R_{VED} 描述波约束的内禀几何性质，不应必然等同于物体的可观测半径或史瓦西引力半径。

质子的特例

对于质子：

$$n_{\min} = 4$$

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

化简得：

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

采用推导中使用的 CODATA 2022 数值：

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

由此重现了质子半径几何推导的结果，无需引入新常数或拟合因子。

该表述仅使用普朗克常数 h，并明确保留约束数 n 与几何因子 2π。

7. 结论

1. 质量 = 在 3S+T 中受约束的波。
2. 几何约束对应的半径和质量（R_{VED}、M_{VED}）是精确且确定性的。
3. 公式 $R_{\mathrm{VED}} = \frac{nh}{2\pi Mc}$ 将成为后续发展的基本工具。

4. 对质子采用 $n = 4$，通过直接几何推导得到 $r_p \approx 0.84123564$ fm，无需拟合实验半径。

5. 结果相对于 CODATA 2022 实验中心值的差异为 0.0578%，小于所比较的两项格点 QCD 计算的差异。

6. Einstein–VED 半径的传播数值不确定度取决于质子质量的实验不确定度。未来对质量或静止能量测定的改进可提高计算精度，而无需修改几何公式。

参考文献

CODATA 2022 — 基本常数

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

CH_4 结束