AR_4: Einstein-VED: الاشتقاق الحتمي للبروتون وصيغة R_VED

10.5281/zenodo.17172925

البروتون

1. مقدمة

- نتابع انطلاقًا من الإطار الحتمي 3 S+T.
- عرّفنا الحاوي (الزمكان) والدالة f، بما يضمن السببية والحتمية.
- تبقى ميكانيكا الكم خارج هذا التحليل لأنها لا تستطيع تفسير خصائص الجسيمات تفسيرًا حتميًا.

2. جسيم ذو كتلة وتردد ذاتي

يرتبط بكل جسيم ذي كتلة m تردد ν وطول موجي λ:

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

الطول الموجي المرتبط به، أي طول موجة كومبتون، هو:

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

هذا الطول الموجي هندسي وحتمي، ويرتبط بزمكان 3 S+T والدالة f.

3. مسلّمة الحصر الهندسي

لكي تُحصر موجة مرتبطة بجسيم ضمن محيط أو حيز، يجب أن يحتوي المكان عددًا دقيقًا من الموجات الكاملة:

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

وإلا فلن يكون الحيز مستقرًا. يتطلب الاستقرار انتظامًا بنيويًا على الخط الزمني.

4. حصر البروتون

يجب أن يغلق أصغر حيز مستقر للبروتون الموجة في الأبعاد المكانية الثلاثة والزمن، ضمن الإطار الهندسي 3S+T.

شرط انغلاق الطور

لكي تنغلق موجة محصورة بدقة على مسارها المحيطي، يجب أن يحتوي طول المسار عددًا صحيحًا من الدورات الكاملة:

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

تقابل كل دورة كاملة تغيرًا في الطور مقداره 2π راديان. لذلك:

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

يتطلب الانغلاق الدقيق:

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

إذا لم يكن n عددًا صحيحًا، فلا يتطابق طور نهاية الموجة مع طور بدايتها ويظهر فرق طور متبقٍ:

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

لذلك يتطلب الحصر المستقر عددًا صحيحًا من الدورات على المحيط.

الانغلاق الهندسي في 3S+T

يشمل الحصر الأدنى للبروتون أربعة مستويات انغلاق، Einstein–VED في:

1. المستوى XT: العلاقة بين X وT.
2. المستوى YT: العلاقة بين Y وT.
3. المستوى ZT: العلاقة بين Z وT.
4. المستوى XYZ: الانغلاق المكاني المشترك.

يحدد الشرط الهندسي دورة كاملة لكل واحد من هذه الانغلاقات الأربعة.

وعليه فإن **الحد الأدنى لعدد الدورات اللازمة للحصر المستقر لموجة البروتون** هو:

$$n_{\min} = 4$$

لا تأتي هذه القيمة من ملاءمة نصف القطر التجريبي، بل من شرط الانغلاق الكامل في المستويات الأربعة للبناء الهندسي Einstein–VED.

ينتج المحيط الأدنى:

$$L_p = 4\lambda_p$$

البنى الداخلية الثلاث التي تفسّر، في هذا الإطار، خاصية ZT وYT وXT تولّد الانغلاقات الثلاثة اللون هندسيًا.

وهكذا يتحدد شرط الحصر المستخدم في القسم التالي لاشتقاق نصف قطر البروتون من كتلته.

5. اشتقاق كتلة البروتون ونصف قطره

طول موجة كومبتون الذاتي للبروتون هو:

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

المحيط الأدنى للحصر المستقر هو:

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

تعطي العلاقة الهندسية بين المحيط ونصف قطر الحصر الكروي:

$$2\pi r_p = L_p$$

لذلك:

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

بالتعويض عن الطول الموجي:

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

الحساب العددي باستخدام CODATA 2022

- ثابت بلانك:

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

- كتلة البروتون:

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

- سرعة الضوء:

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

ينتج الطول الموجي:

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

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

ونصف القطر:

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

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

صياغة بديلة مكافئة

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

يأتي العامل $h/(2\pi)$ من العلاقة الهندسية بين المحيط ونصف القطر.

تحافظ الصياغة على ثابت بلانك h ولا تتطلب إدخال ثابت إضافي.

5.1. المقارنة التجريبية ونتائج QCD

التاريخ المرجعي: 27 أكتوبر 2026

نصف قطر البروتون مباشرة من كتلته المعروفة، باستخدام علاقتي Einstein–VED يستخرج أينشتاين وبلانك والحد الأدنى للدورات اللازمة للحصر المستقر للموجة:

$$n_{\min} = 4$$

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

لا يُستخدم نصف القطر التجريبي بوصفه مُدخلًا ولا لملاءمة النتيجة.

مقارنة النتائج

المصدر	نصف القطر ± عدم اليقين (fm)	الفرق المطلق (fm)	الفرق النسبي
Einstein–VED, AR_4	**0.84123564021 ± 0.00000000026**	**0.00048564**	**0.0578%**

المصدر	نصف القطر ± عدم اليقين (fm)	الفرق المطلق (fm)	الفرق النسبي
CODATA 2022	0.84075 ± 0.00064	0	0%
QCD على الشبكة، 2024	0.820 ± 0.014	0.02075	2.47%
QCD على الشبكة، 2026	0.860 ± 0.038 ± 0.023	0.01925	2.29%

تُحسب الفروق المطلقة والمئوية بالنسبة إلى القيمة المركزية التجريبية لـ CODATA 2022.

ينشأ عدم اليقين المبين لـ Einstein–VED من نشر عدم اليقين التجريبي لكتلة البروتون. أما قيم QCD فتُعرض معها حالات عدم اليقين المنشورة في الدراسات المعنية.

يعطي Einstein–VED نصف قطر لا يختلف عن القيمة المركزية التجريبية لـ CODATA إلا بنسبة 0.0578%، دون ملاءمة الصيغة لنصف القطر المرصود 2022.

في نتيجتي QCD على الشبكة المذكورتين، يبلغ الفرق عن القيمة المركزية لـ CODATA مقدار 2.47% و2.29% على الترتيب.

توضح المقارنة مباشرة التقارب العددي الذي يحققه Einstein–VED بواسطة اشتقاق هندسي مغلق.

الهدف هو عرض نتيجة نظرية قابلة لإعادة الإنتاج وتوافقها مع البيانات التجريبية المتاحة.

5.2. دقة الحساب والقياسات المستقبلية

تتيح صياغة Einstein–VED حساب نصف قطر البروتون من كتلته، أو على نحو مكافئ من طاقة سكونه:

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

في النظام الدولي للوحدات، لثابت بلانك h وسرعة الضوء c قيمتان دقيقتان.

يُحدد عدد الحصر الأدنى $n = 4$ بشرط الانغلاق الهندسي المستقر لموجة البروتون.

لذلك ينشأ عدم اليقين العددي المنشور لنصف القطر المحسوب حصرًا من معرفتنا التجريبية بكتلة البروتون:

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

يُحسب عدم اليقين المطلق بواسطة:

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

بما أن:

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

ينتج:

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

باستخدام عدم يقين الكتلة الموصى به في CODATA 2022:

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

نحصل تقريبًا على:

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

والنتيجة الكاملة:

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

نتيجة علاقة الكتلة بنصف القطر

كل تحسن تجريبي في دقة معرفة كتلة البروتون، أو طاقة سكونه عبر $E_p = m_p c^2$، سيتيح تحديث نصف القطر المحسوب وفق Einstein–VED مع عدم يقين منتشر أصغر.

يبقى التعبير الهندسي دون تغيير:

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

لا يتطلب إدخال معلمات جديدة أو إعادة معايرة الصيغة باستخدام نصف القطر التجريبي.

وهكذا يمكن أن تتحسن الدقة العددية لنصف القطر المحسوب مع تقدم المعرفة التجريبية بكتلة البروتون أو طاقة سكونه.

6. تعميم: نصف القطر والكتلة المرتبطان بالحصر الهندسي

يتيح اشتقاق نصف قطر البروتون وضع تعبير عام لكل مادة مكوّنة من موجات محصورة.

الطول الموجي الذاتي المرتبط بكتلة M هو:

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

حيث:

- h = ثابت بلانك.
- M = كتلة المادة المحصورة.
- c = سرعة الضوء.
- n = عدد الموجات في الحصر.

يعطي شرط الانغلاق الهندسي:

$$L = n\lambda$$

لحصر دائري:

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

لذلك:

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

بالتعويض عن الطول الموجي:

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

هذه هي الصيغة العامة لنصف القطر الهندسي Einstein–VED.

اشتقاق الكتلة

بحل المعادلة بالنسبة إلى الكتلة:

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

ومن ثم:

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

عند تثبيت عدد الحصر n، يتناسب نصف القطر الهندسي عكسيًا مع الكتلة:

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

لكل المادة، من الجسيمات إلى الأجسام العيانية، مع Einstein–VED يُقترح التعبير ضمن إطار مراعاة عدد الحصر المناسب لكل نظام.

يميز R_{VED} الهندسة الذاتية للحصر الموجي، ولا ينبغي بالضرورة مساواته بأنصاف الأقطار المرصودة للأجسام أو بنصف قطر شوارزشيلد الجذبي.

الحالة الخاصة للبروتون

للبروتون:

$$n_{\min} = 4$$

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

بالتبسيط:

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

المستعملة في الاشتقاق CODATA 2022 باستخدام قيم:

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

نستعيد نتيجة الاشتقاق الهندسي لنصف قطر البروتون، دون إدخال ثوابت جديدة أو عوامل ملاءمة.

تستخدم الصياغة ثابت بلانك h وحده، مع إبقاء عدد الحصر n والعامل الهندسي 2π ظاهرين صراحة.

7. خاتمة

1. 3 موجة محصورة في S+T = الكتلة.
2. نصف القطر والكتلة المرتبطان بالحصر الهندسي (R_{VED} ، M_{VED}) دقيقان وحتميان.
3. ستكون الصيغة $R_{\mathrm{VED}} = \frac{nh}{2\pi Mc}$ أداة أساسية في التطورات اللاحقة.
4. للبروتون، عند $n = 4$، نحصل على $r_p \approx 0.84123564$ fm باشتقاق هندسي مباشر دون ملاءمة نصف القطر التجريبي.
5. يختلف الناتج نسبيًا عن القيمة المركزية التجريبية لـ CODATA 2022 بنسبة 0.0578% QCD، وهي أصغر من فروق حسابي على الشبكة المعنيين.

6. يعتمد عدم اليقين العددي المنتشر لنصف قطر Einstein–VED على عدم اليقين التجريبي في كتلة البروتون. ستسمح التحسينات المستقبلية في تحديد الكتلة أو طاقة السكون بزيادة دقة الحساب دون تعديل الصيغة الهندسية.

المراجع

CODATA 2022 — الثوابت الأساسية

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

نهاية AR_4