

Мехак Канвал¹, Сарват Захра^{1,*}, Самрін Захра²

¹ *Кафедра фізики, Факультет науки і технологій, Університет освіти, Лахор, Пакистан*

² *Дослідницький центр з переробки мінералів,
Пакистанський комплекс науково-дослідних лабораторій, Лахор, Пакистан*

*Відповідальний автор: sarwat.zahra@ue.edu.pk

**ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ФОРМ-ФАКТОР ТА РАДІУС ПРОТОНА,
ВИЗНАЧЕНИЙ З ПРУЖНОГО pp -РОЗСІЯННЯ ПРИ $\sqrt{s} \approx 7, 8$ ТА 13 ТеВ
З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ ЧОУ-ЯНГА**

Модель Чоу-Янга була використана для отримання електромагнітного форм-фактора та середньоквадратичного радіуса протона, використовуючи експериментальні дані протон-протонного пружного розсіяння при $\sqrt{s} \approx 7, 8$ і 13 ТеВ. Диференціальні перерізи при низьких чотири-імпульсах $|t|$ наближувались однією експоненціальною функцією для визначення форм-фактора у системі центра мас енергій. Отримані значення використовуються для передбачення середньоквадратичного радіуса протона. Порівняння електромагнітних форм-факторів та середньоквадратичного зарядового радіуса при різних енергіях центра мас показує, що наші результати добре узгоджуються з експериментом і теорією. Передбачені значення середньоквадратичного радіуса протона підтверджують його незалежність від енергії.

Ключові слова: модель Чоу-Янга, пружне розсіяння протонів, середньоквадратичний радіус протона, електромагнітний формфактор протона.

Mehak Kanwal¹, Sarwat Zahra^{1,*}, Samreen Zahra²

¹ *Department of Physics, Division of Science & Technology, University of Education, Lahore, Pakistan*

² *Mineral Processing Research Centre,
Pakistan Council of Scientific and Industrial Research Laboratories Complex, Lahore, Pakistan*

*Corresponding author: sarwat.zahra@ue.edu.pk

**PROTON ELECTROMAGNETIC FORM FACTOR AND RADIUS EXTRACTED
FROM ELASTIC PP SCATTERING AT $\sqrt{s} \approx 7, 8$, AND 13 TeV
USING THE CHOU-YANG MODEL**

Chou-Yang model has been used to obtain the electromagnetic form factor and the root mean square (rms) radius of the proton, using experimental data for proton-proton elastic scattering at $\sqrt{s} \approx 7, 8$, and 13 TeV. The differential cross-section data at low squared four-momentum transfer $|t|$ is fitted to a single exponential function to extract the form factor at the aforementioned center of mass energies. Extracted electromagnetic form factors are used for the prediction of rms radius of the proton. A comparison of electromagnetic form factor and rms charge radius at the different centers of mass energies truly reflects the fact that our results agree well with the experiment and theory. Predicted values of rms radius of the proton confirm its energy-independent nature.

Keywords: Chou-Yang model, elastic scattering of protons, root mean square radius of the proton, the electromagnetic form factor of the proton.

REFERENCES

1. L. Xia et al. Proton electromagnetic form factors in the time-like region through the scan technique. *Symmetry* 14 (2022) 231.
2. A. Gasparian. The PRad experiment and the proton radius puzzle. *EPJ Web of Conf.* 73 (2014) 07006.
3. R. Pohl et al. The size of the proton. *Nature* 466 (2010) 213.
4. A. Antognini et al. Proton structure from the measurement of 2S-2P transition frequencies of muonic hydrogen. *Science* 339 (2013) 417.
5. J.C. Bernauer (The A1 Collaboration). High-precision determination of the electric and magnetic form factors of the proton. *AIP Conf. Proc.* 1388 (2011) 128.
6. C.G. Parthey et al. Improved measurement of the hydrogen 1S-2S transition frequency. *Phys. Rev. Lett.* 107 (2011) 203001.
7. M. Meziane (PRad Collaboration). High precision measurement of the proton charge radius: The PRad experiment. *AIP Conf. Proc.* 1653 (2013) 183.
8. O.V. Selyugin, Models of the hadron structure and data of the TOTEM collaboration. *arXiv:1310.2119* (2013).

9. V.A. Khoze, A.D. Martin, M.G. Ryskin. Elastic proton-proton scattering at 13 TeV. *Phys. Rev. D* 97 (2018) 034019.
10. G. Antchev et al. (The TOTEM Collaboration). Evidence for non-exponential elastic proton–proton differential cross-section at low $|t|$ and $\sqrt{s} = 8$ TeV by TOTEM. *Nucl. Phys. B* 899 (2015) 527.
11. S. Zahra, B. Shafaq. Prediction of rms charge radius of proton using proton-proton elastic scattering data at $\sqrt{s} = 2.76$ TeV. *Revista Mexicana de Física* 67 (2021) 491.
12. V. Franco. Proton-proton scattering, the Chou-Yang model, and proton form factors. *Phys. Rev. D* 11 (1975) 1837.
13. P.K. Chatley, C.P. Singh, M.P. Khanna. Charge radii of proton and $M1$ radiative transitions of hadrons in a bag model with variable bag pressure. *Phys. Rev. D* 29 (1984) 96.
14. S.G. Fedosin. The radius of the proton in the self-consistent model. *Hadronic Journal* 35 (2012) 349.
15. S. Zahra et al. Form factor and rms radius of proton predicted using differential cross-section data of $p\bar{p}$ elastic scattering at $\sqrt{s} \approx 31, 53, 62$ and 1960 GeV. *Phys. Atom. Nuclei* 85 (2022) 139.
16. S. Zahra, H. Rashid. Predictions of the Chou-Yang model for p-p scattering at $\sqrt{s} = 8$ TeV. *Chinese Phys. Lett.* 36 (2019) 061201.
17. S.Y. Lo (Ed). *Geometrical Pictures in Hadronic Collisions: A Reprint Volume*. 2nd edn. Vol. 1. (Singapore: World Scientific, 1987) 397 p.
18. T.T. Chou, C.N. Yang. Model of elastic high-energy scattering. *Phys. Rev.* 170 (1968) 1591.
19. M. Saleem, M. Rafique, H. Rashid. The Chou-Yang model, lattice quantum chromodynamics and hyperon-proton elastic scattering. *Pramana – J. Phys.* 29 (1987) 469.
20. J.C. Bernauer et al. Electric and magnetic form factors of the proton. *Phys. Rev. C* 90 (2014) 015206.
21. S. Zahra et al. Geometrical models and hadronic radii. *arXiv:1510.09146* (2015).
22. D.A. Sierra, J. Liao, D. Marfatia. Impact of form factor uncertainties on interpretations of coherent elastic neutrino-nucleus scattering data. *JHEP* 6 (2019) 141.
23. G. Antchev et al. (The TOTEM Collaboration). Measurement of proton-proton elastic scattering and total cross-section at $\sqrt{s} = 7$ TeV. *Europhys. Lett.* 101 (2013) 21002.
24. G. Antchev et al. (The TOTEM Collaboration). Characterisation of the dip-bump structure observed in proton-proton elastic scattering at $\sqrt{s} = 8$ TeV. *arXiv:2111.11991* (2021).
25. G. Antchev et al. (The TOTEM Collaboration). Elastic differential cross-section measurement at $\sqrt{s} = 13$ TeV by TOTEM. *Eur. Phys. J. C* 79 (2019) 861.
26. G. Antchev et al. (The TOTEM Collaboration). Proton-proton elastic scattering at the LHC energy of $\sqrt{s} = 7$ TeV. *Europhys. Lett.* 95 (2011) 41001.
27. M. Kamran, I.B. Qureshi. The Chou-Yang model and $\Xi^- p \rightarrow \Xi^- p$ at high energies. *Int. J. Mod. Phys. A* 2 (1987) 217.
28. M. Kamran, I.E. Qureshi. The Chou-Yang model and $\pi^- p$ elastic scattering at 200 GeVc. *Phys. Lett. B* 173(1986) 205.
29. I. Sick. On the rms-radius of the proton. *Phys. Lett. B* 576 (2003) 62.
30. G. Lee, J.R. Arrington, R.J. Hill. Extraction of the proton radius from electron-proton scattering data. *Phys. Rev. D* 92 (2015) 013013.

Надійшла / Received 29.10.2023