

The full version of the article is available on the website of the journal "Astrophysics":
<https://link.springer.com/journal/10511>

COMPUTATIONAL ANALYSIS OF RESONANT STRUCTURES IN $p^7\text{Be}$ SCATTERING AND THEIR CORRELATION WITH THE ASTROPHYSICAL S -FACTOR

A.KHACHI¹, V.DWIVEDI², S.AWASTHI³

Received 4 September 2025

Accepted 17 December 2025

In this paper, we employ the Variable Phase Approach (VPA) to obtain the scattering phase shifts $\delta(E, r)$, amplitude function $A(r)$, and radial wavefunction $u(r)$ for various channels involved in the astrophysical reaction ${}^7\text{Be}(p, \gamma){}^8\text{B}$. Using the extracted phase shifts, we compute the total and partial cross sections. It is observed that the peaks in the partial cross section correspond to resonant states in the compound nucleus ${}^8\text{B}$, which also manifest as enhancements in the astrophysical S -factor. These resonances significantly increase the reaction probability at certain energies, particularly in the low-energy regime relevant to stellar nucleosynthesis. The VPA thus serves as a reliable and efficient method for calculating scattering phase shifts and, in turn, extracting the resonance energies of different partial waves. These resonance energies can provide valuable insight into the energy region where the astrophysical S -factor is likely to peak.

Keywords: *scattering: variable phase approach: phase shift: amplitude function:
wave function: resonance: S -factor*

¹ Chandigarh Group of Colleges Jhanjeri, Mohali, Punjab, India-140307
Chandigarh Engineering College, Department of Applied Science,
e-mail: anilkhachi1990@gmail.com

² Bundelkhand University, Jhansi, Uttar Pradesh, India-284128

³ Department of Physics and Astronomical Sciences
Central University of Himachal Pradesh, Dharamshala, Kangra,
Himachal Pradesh, India-176215

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗОНАНСНЫХ СТРУКТУР В РАССЕЯНИИ $p^7\text{Be}$ И ИХ КОРРЕЛЯЦИЯ С АСТРОФИЗИЧЕСКИМ S-ФАКТОРОМ

А.ХАЧИ¹, В.ДВИВЕДИ², Ш.АВАСТИ³

В данной работе использован подход с переменной фазой (VPA) для получения сдвигов фазы рассеяния $\delta(E, r)$, функции амплитуды $A(r)$ и радиальной волновой функции $u(r)$ для различных каналов, участвующих в астрофизической реакции ${}^7\text{Be}(p, \gamma){}^8\text{B}$. Используя извлеченные фазовые сдвиги, вычислены полные и частичные сечения. Наблюдается, что пики в частичном сечении соответствуют резонансным состояниям в составном ядре ${}^8\text{B}$, которые также проявляются в виде усиления астрофизического S-фактора. Эти резонансы значительно увеличивают вероятность реакции при определенных энергиях, особенно в режиме низких энергий, имеющем отношение к звездной нуклеосинтезе. Таким образом, VPA служит надежным и эффективным методом для расчета фазовых сдвигов рассеяния и, в свою очередь, извлечения энергий резонанса различных частичных волн. Эти энергии резонанса могут дать ценную информацию об области энергий, в которой астрофизический S-фактор, вероятно, достигает максимума.

Ключевые слова: *рассеяние: подход с переменной фазой: фазовый сдвиг: функция амплитуды: волновая функция: резонанс: S-фактор*

REFERENCES

1. *C.A.Barnes, D.D.Clayton, D.N.Schramm*, Essays in Nuclear Astrophysics: Presented to W.A.Fowler. Cambridge University Press, Cambridge, 1982.
2. *G.V.Rogachev, J.J.Kolata, F.D.Becchetti et al.*, Phys. Rev. C, **64**(6), 061601, 2001.
3. *C.Angulo, P.Descouvemont, M.Cogneau*, Nuclear Physics A, **719**, C300, 2003.
4. *S.N.Paneru, C.R.Brune, R.Giri et al.*, Phys. Rev. C, **99**(4), 045807, 2019.
5. *K.Kravvaris, P.Navrtil, S.Quaglioni et al.*, Phys. Lett. B, **845**, 138156, 2023.
6. *S.B.Dubovichenko, N.A.Burkova, A.V.Dzhazairov-Kakhramanov et al.*, Nucl. Phys. A, **983**, 175, 2019.
7. *F.Calogero*, Variable Phase Approach to Potential Scattering, **35**, Elsevier, 1967.
8. *O.S.K.S.Sastri, A.Khachi, L.Kumar*, Braz. J. Phys., **52**, 58, 2022.
9. *A.Khachi, L.Kumar, M.R.G.Kumar et al.*, Phys. Rev. C, **107**, 064002, 2023.
10. *A.Khachi, L.Kumar, A.Awasthi et al.*, Phys. Scr., **98**, 095301, 2023.
11. *A.Khachi*, Am. J. Phys., **92**, 559, 2024.
12. *S.Awasthi, I.Kant, A.Khachi et al.*, Indian J. Phys., **99**, 347, 2024.
13. *A.Khachi, S.Awasthi, L.Kumar et al.*, Comput. Math. Math. Phys., **64**, 2320, 2024.
14. *A.Khachi, L.Kumar, O.S.K.S.Sastri*, Phys. At. Nucl., **85**, 382, 2022.
15. *A.Khachi, L.Kumar, O.S.K.S.Sastri*, J. Nucl. Phys. Mater. Sci. Radiat. Appl., **9**, 87, 2021.
16. *A.Khachi, S.Awasthi, O.S.K.S.Sastri et al.*, J. Nucl. Phys. Mater. Sci. Radiat. Appl., **9**, 81, 2021.
17. *A.Khachi*, arXiv:2308.03824 [nucl-th], 2023.
18. *S.Awasthi, A.Khachi, O.S.K.S.Sastri*, Turk. J. Phys., **49**(3), 123, 2025.
19. *A.Khachi, G.Balassa*, arXiv:2407.02137 [nucl-th], 2024.
20. *V.V.Babikov*, Sov. Phys. Usp., **10**(3), 271, 1967.
21. *F.Calogero*, Variable Phase Approach to Potential Scattering. Elsevier, 1967.
22. *G.Balassa*, Eur. Phys. J. A, **58**(9), 186, 2022.
23. *G.Balassa*, Prog. Theor. Exp. Phys., **2023**(11), 113A01, 2023.
24. *R.I.Jibuti, R.Y.Kezerashvili*, Nuclear Physics A, **430**(3), 573, 1984.
25. *R.I.Jibuti, R.Y.Kezerashvili*, Nuclear Physics A, **437**(3-4), 687, 1985.
26. *R.I.Jibuti, N.B.Krupennikova, V.Y.Tomchinsky*, Czechoslovak journal of physics, **43**(6), 593, 1993.
27. *K.S.Krane*, Introductory Nuclear Physics. John Wiley & Sons, 1991.
28. *C.A.Bertulani, P.Danielewicz*, Introduction to Nuclear Reactions. Taylor & Francis, CRC Press, 2019.
29. Nuclear Reaction Database (EXFOR), <http://cdf.e.sinp.msu.ru/exfor/index.php>, 2015.
30. *S.Dubovichenko, A.Dzhazairov-Kakhramanov*, Int. J. Mod. Phys. E, **21**(3), 1250039, 2012.
31. *V.I.Zhaba*, The variable phase approach: phase, amplitude and wave functions of the states for np-system for Argonne v18 potential. Unpublished, 2019.
32. *D.R.Tilley, J.H.Kelley, J.L.Godwin et al.*, Nucl. Phys. A, **745**(3-4), 155-362,

2004.

33. *A.R.Junghans, K.A.Snover, E.C.Mohrmann et al.*, Phys. Rev. C, **81**(1), 012801, 2010.