

**С. О. Омельченко\*, В. С. Ольховський**

*Институт ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна*

\*Відповідальний автор: omelchenkosa@kinr.kiev.ua; sergomel@ukr.net

### **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЧАСОВИХ РЕЗОНАНСІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ІНКЛЮЗИВНИХ СПЕКТРІВ У ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЯДЕРНИХ РЕАКЦІЯХ**

Продемонстровано, що експоненційне спадання енергетичних спектрів фрагментів зі зростанням їхньої енергії, що не залежить від типу фрагмента, мішеней, бомбардуючих частинок та їхніх енергій, а також іноді супроводжується легкими осциляціями спектра, можна пояснити явищем часових резонансів. Ці часові резонанси відповідають розпаду проміжної збудженої ядерної складеної системи. Розраховано інклюзивні спектри протонів  $p$  та ядер  ${}^3\text{He}$  з використанням методу часових резонансів для високоенергетичних реакцій  ${}^{20}\text{Ne} + \text{U} \rightarrow p + X$  (2,1 ГеВ/нуклон) та  ${}^{20}\text{Ne} + \text{U} \rightarrow {}^3\text{He} + X'$  (2,1 ГеВ/нуклон).

*Ключові слова:* експоненційне спадання інклюзивного спектра, часові резонанси, неекспоненційний розпад сталих ядерних комплексів.

**С. А. Омельченко\*, В. С. Ольховский**

*Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев, Украина*

\*Ответственный автор: omelchenkosa@kinr.kiev.ua; sergomel@ukr.net

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВРЕМЕННЫХ РЕЗОНАНСОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ИНКЛЮЗИВНЫХ СПЕКТРОВ В ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ**

Показано, что экспоненциальное убывание энергетических спектров фрагментов с ростом их энергии, которое не зависит от типа фрагмента, мишеней, бомбардирующих частиц и их энергий и иногда сопровождается легкими осцилляциями спектра, можно объяснить явлением временных резонансов. Эти временные резонансы отвечают резонансному распаду промежуточной возбужденной составной системы. Вычислены инклюзивные спектры протонов  $p$  и ядер  ${}^3\text{He}$  с использованием метода временных резонансов для высокоэнергетических реакций  ${}^{20}\text{Ne} + {}^{238}\text{U} \rightarrow p + X$  (2,1 ГеВ/нуклон) и  ${}^{20}\text{Ne} + {}^{238}\text{U} \rightarrow {}^3\text{He} + X'$  (2,1 ГеВ/нуклон).

*Ключевые слова:* экспоненциальное спадание инклюзивного спектра, временные резонансы, неэкспоненциальный распад ядерных комплексов.

**S. O. Omelchenko\*, V. S. Olkhovsky**

*Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

\*Corresponding author: omelchenkosa@kinr.kiev.ua; sergomel@ukr.net

### **APPLICATION OF TIME RESONANCES METHOD FOR ANALYSIS OF INCLUSIVE SPECTRA IN HIGH-ENERGY NUCLEAR REACTIONS**

It is shown that the exponential decrease of the energy spectra of fragments with energy growing, which does not depend on the type of fragments, targets, projectiles and their energies, and which sometimes is accompanied by slight oscillations, can be explained by the phenomenon of time resonances. These time resonances correspond to decay of intermediate excited nuclear composite system. Inclusive spectra for  $p$  and  ${}^3\text{He}$  in high-energy nuclear reactions  ${}^{20}\text{Ne} + \text{U} \rightarrow p + X$  (2.1 GeV/nucleon) and  ${}^{20}\text{Ne} + \text{U} \rightarrow {}^3\text{He} + X'$  (2.1 GeV/nucleon) are calculated.

*Keywords:* exponential decreasing of the inclusive spectra, time resonances, non-exponential decay of stable nuclear clots.

#### REFERENCES

1. J. Gosset et al. Central collisions of relativistic heavy ions. *Phys. Rev. C* 16 (1977) 629.
2. G. Westfall et al. Energy spectra of nuclear fragments produced by high-energy protons. *Phys. Rev. C* 17 (1978) 1368.
3. J. Cumming et al. Spallation of copper by 80-GeV  ${}^{40}\text{Ar}$  ions. *Phys. Rev. C* 17 (1978) 1632.
4. S. Kaufman, E. Steinberg. Cross-section measurements of nuclides formed by the reaction of 0.20 - 6.0 GeV

- protons with  $^{197}\text{Au}$ . [Phys. Rev. C 22 \(1980\) 167](#).
5. D. Fortney, N. Porile. Angular distributions of Sc fragments from the interaction of Angular distributions of Sc fragments from the interaction of  $^{238}\text{U}$  with 0.8 U with 0.8 - 400 GeV protons. [Phys. Rev. C 21 \(1980\) 2511](#).
  6. A Sandoval et al. Spectra of p, d, and t from relativistic nuclear collisions. [Phys. Rev. C 21 \(1980\) 1321](#).
  7. P. Danielewicz, Q. Pan. Blast of light fragments from central heavy-ion collisions. [Phys. Rev. C 46 \(1992\) 2002](#).
  8. Ko Izumo, H. Araseki. Time compound nucleus for high-energy nuclear reactions. [Progr. of Theor. Phys. 69 \(1983\) 158](#).
  9. R. Alba et al. On the origin of fast proton emission in intermediate heavy ion collisions. [Phys. Lett. B 322 \(1994\) 38](#).
  10. V.S. Olkhovsky, M.E. Dolinska, S.A. Omelchenko. The Possibility of Time Resonance (Explosion) Phenomena in High-Energy Nuclear Reactions. [Central Europ. J. Phys. 4\(2\) \(2006\) 223](#); V.S. Olkhovsky, S.A. Omelchenko. Joint Time-Evolution and Statistical Energy-Resonance Analysis of High-Energy Nuclear Collisions and Possible Phenomena of Time Resonances. Proc. of Intern. Symp. on Large-Scale Collective Motion of At. Nuclei (Brolo, Messina, Italy, 15 - 19 Oct. 1996) (World Sci., 1997) 421.
  11. V.S. Olkhovsky, M.E. Dolinska, S.A. Omelchenko. Phenomena of Time Resonances Explosions for the Compound-Clot Decays in High-Energy Nuclear Reactions. [arXiv:0902.2665 \[nucl-th\] \(2009\) 15 pp.](#); V.S. Olkhovsky, M.E. Dolinska, S.A. Omelchenko. On new experimental data manifesting the time resonances (or explosions). [Central Europ. J. Phys. 9\(4\) \(2011\) 1131](#).
  12. V.S. Olkhovsky. On Time Resonances (Explosions) in High-Energy Nuclear Collisions. [Open Access Library Journal 1 \(2014\) e886, 12 p.](#)
  13. J. Gosset, J.I. Kapusta, G.D. Westfall. Calculations with the Nuclear Firestreak Model. [Phys. Rev. C 18 \(1978\) 844](#).
  14. A.I. Baz', A.M. Perelomov, Ya.B. Zel'dovich. *Scattering, reactions and decays in non-relativistic quantum mechanics* (Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1969).
  15. Yu. Prilepsky, V. Shmonin. On the Mechanism of Cumulative Proton and Nuclear Fragment Production. [Acta Phys. Polon. B 18 \(1987\) 729](#).

Надійшла 29.12.2016  
Received 29.12.2016