

СТИМУЛИРОВАНИЕ БЕЗНЕЙТРИННОГО ДВОЙНОГО e -ЗАХВАТА ВНЕШНИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Ф. Ф. Карпешин¹⁾, В. Н. Кондратьев²⁾

¹⁾Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д. И. Менделеева (ВНИИМ), Санкт-Петербург, РФ
E-mail: fkarpeshin@gmail.com

²⁾ЛТФ им. Боголюбова, 141980 Объединенный институт ядерных исследований
г. Дубна Московской области, ул. Жолио-Кюри, д. 6

Обсуждение гипотетической темной материи и темной энергии во Вселенной стимулирует большой интерес к изучению безнейтринного двойного бета-распада и двойного e -захвата ядром. Последний процесс мог бы дать однозначное доказательство майорановской природы нейтрино. В то же время он обычно подавляется на много порядков из-за своего резонансного характера и связанного с ним фактора Брейта-Вигнера. С другой стороны, атомные резонансы можно настроить [1] с помощью внешнего лазерного поля. Рассмотрим захват $2e0\nu L1L1$ в ^{78}Kr на уровень $2 + 2438$ кэВ ^{78}Se . Дефект резонанса $\Delta = 6,87$ кэВ. Эта избыточная энергия может быть передана полю лазерного источника мягкого рентгеновского излучения. Такой перенос осуществляется смешанным состоянием $2s-2p3/2$, образующимся в поле лазера. Затем p -электроны смешиваются с s -дырками, образовавшимися при $2e$ -захвате. Амплитуда примеси $\beta = eE\langle 2p|r|2s\rangle/\delta$, где E – напряженность поля лазера, e – заряд электрона. $\delta = 6,65$ кэВ равна разности $2p3/2-2s$ -уровней и энергии лазерного фотона $\hbar\omega$ соответственно. Расчетное значение матричного элемента $\langle 2p|r|2s\rangle = 22$ кэВ \cdot л. Фактор ускорения 12 возникает из-за присутствия $6p$ -электронов вместе с $2s$ -дырками. Предполагая $\beta \approx 1$, мы находим $E \approx 10^9$ В/см. Тогда выигрыш за счет отсутствия фактора Брейта-Вигнера равен $(\Delta/(G/2))^2 = (6,87/0,0038)^2 = 2,8 \times 10^6$, где $G = 7,6$ эВ – полная ширина состояния $2s-2$. В результате скорость удваивается уже при $E = 400$ В/см, или мощности облучения $P = 4 \times 10^6$ Вт/см 2 . Такие поля доступны в рентгеновских лазерах на свободных электронах, разработка которых резко возросла за последние два десятилетия, таких как гамма-фабрика в ЦЕРН [2] или настраиваемые источники мягкого рентгеновского излучения, подобные Linac Coherent Light. Источник гигаваттной мощности [3] и другие.

Список литературы

- [1] Карпешин Ф. Ф. Мгновенное деление ядра в мюонных атомах и резонансная конверсия. Санкт-Петербург: «Наука». 2006.
[2] Budker D. et al. *Ann. Phys. (Berlin)* **534**, 2100284 (2022).
[3] Duris J. et al., *Nature Photonics*: www.nature.com/naturephotonics, DOI: <https://doi.org/10.1038/s41566-019-0549-5>.

EXTERNAL-RADIATION ASSISTANCE OF NEUTRINOLESS DOUBLE-ELECTRON CAPTURE

F. F. Karpeshin¹⁾, V. N. Kondratiev²⁾

¹⁾D. I. Mendeleev Institute for Metrology, Saint-Petersburg, Russia

E-mail: fkarpeshin@gmail.com

²⁾Bogolubov Laboratory of Theoretical Physics, Joint Institute for Nuclear Research

Joliot-Curie 6, 141980 Dubna, Moscow Region, Russia

Discussion of hypothetical dark matter and dark energy in the universe stimulates a great interest in the study of neutrinoless-double-beta decay and double- e capture by the nucleus. The latter process if observed could give an unambiguous proof of the Majorana nature of neutrino. At the same time, it is usually suppressed by many orders of magnitude due to its resonance character and the related Breit-Wigner factor. On the other hand, atomic resonances can be tuned [1] by means of externally applied laser field. Consider $2e0\nu L_1L_1$ capture in ^{78}Kr to the 2^+ 2438-keV level of ^{78}Se . Defect or resonance $\Delta = 6.87$ keV. This excessive energy can be transferred to the field of a soft-X-ray laser source. Such a transfer is fulfilled by the $2s$ - $2p_{3/2}$ mixed state formed in the field of the laser. Then the p electrons mix with the s holes formed in the $2e$ -capture. The amplitude of admixture is $\beta = eE\langle 2p|r|2s\rangle/\delta$, \mathbf{E} being the laser strength, and e – the electron charge. $\delta = 6.65$ keV equals the difference of the $2p_{3/2}$ - $2s$ -levels and the energy of the laser photon $\hbar\omega_1$, respectively. The calculated value of the matrix element $\langle 2p|r|2s\rangle = 22$ keV⁻¹. Acceleration factor of 12 arises due to the presence of the $6p$ electrons together with the $2s$ holes. Supposing $\beta = 1$, one finds $E \approx 10^9$ V/cm. Then the gain due to absence of the Breit-Wigner factor is $(\Delta/(G/2))^2 = (6.87 / 0.0038)^2 = 2.8 \times 10^6$, where $G = 7.6$ eV is the total width of the $2s^2$ state. As a result, the rate doubles already at $E = 400$ V/cm, or irradiation power $P = 4 \times 10^6$ W/cm². Such fields are available at X-ray free-electron lasers, whose development have seen the rise during the last two decades, such as the gamma factory at CERN [2] or tunable soft X-ray sources, like Linac Coherent Light Source with gigawatt power [3], and others.

References

- [1] F. F. Karpeshin. Prompt Nuclear Fission in Muonic Atoms and Resonance Conversion, Saint Petersburg: «Наука», 2006.
[2] D. Budker et al. *Ann. Phys. (Berlin)* 534, 2100284 (2022).
[3] Joseph Duris et al., *Nature Photonics*: www.nature.com/naturephotonics, DOI: <https://doi.org/10.1038/s41566-019-0549-5>.