

## Как наблюдать КЭД в сверхкритическом кулоновском поле

Спонтанный распад вакуумного состояния посредством рождения электрон-позитронных пар является фундаментальным процессом квантовой электродинамики (КЭД). Почти 50 лет назад было высказано предположение, что в сверхсильных кулоновских полях погружение незанятого уровня в отрицательно-энергетический континуум должно сопровождаться спонтанным рождением электрон-позитронных пар в количестве равном степени вырождения уровня. Для водородоподобного иона погружение основного состояния происходит при  $Z \geq Z_C \approx 173$ . Для наблюдения этого процесса в столкновениях тяжёлых ядер необходимо, чтобы их суммарный заряд  $Z_1+Z_2$  превышал  $Z_C$ , и расстояние наименьшего сближения  $R_{\min}$  было меньше определённого критического значения  $R_{\min}^C(Z_1, Z_2)$ . Изучение этого явления затруднено тем, что в столкновениях пары могут рождаться динамически, вследствие зависящего от времени электромагнитного поля. Выделение вклада спонтанного рождения пар представляется весьма сложной задачей. После более чем 20 лет работы в этом направлении франкфуртская группа пришла к заключению, что наблюдение спонтанного рождения пар возможно только при условии слипания на какое-то время сталкивающихся ядер.

В прошлом году нам удалось обнаружить свидетельства перехода к сверхкритическому режиму без предположения о слипании ядер. Для этого рассматривалась зависимость вероятности рождения пар в столкновениях с фиксированным расстоянием наименьшего сближения  $R_{\min}$  от отношения  $\eta=E/E_0$ , где  $E$  – энергия столкновения,  $E_0$  – энергия лобового столкновения с таким же  $R_{\min}$ . Полученные результаты были опубликованы в статье [I. A. Maltsev *et al.*, Phys. Rev. Lett. **123**, 113401 (2019)]. За прошедший год нам удалось существенно продвинуть данное исследование, рассмотрев дополнительные аспекты интересующего нас процесса. Мы сосчитали энергетические спектры рождающихся позитронов и выяснили, что они также содержат ясный след перехода к сверхкритическому режиму. Мы показали, что если рассматривать только такую область энергий позитронов, в которую может вносить заметный вклад спонтанный механизм рождения, то можно усилить проявление свидетельств перехода до уровня, достаточного для наблюдения распада вакуума, например, в столкновениях голых ядер урана. Также была рассмотрена возможность расширения данного исследования на область столкновений голых ядер с нейтральными атомами. Для этого были сосчитаны вероятности образования вакансий в основном квазимолекулярном состоянии в столкновениях голого урана с нейтральными атомами урана и кюрия. Относительно большие значения этих вероятностей способствуют рассмотрению таких столкновений в качестве возможного сценария для исследования спонтанного распада вакуума.

*Результат опубликован: R. V. Popov, V. M. Shabaev, D. A. Telnov, I. I. Tupitsyn, I. A. Maltsev, Y.S. Kozhedub, A. I. Bondarev, N. V. Kozin, X. Ma, G. Plunien, Th. Stöhlker, D. A. Tumakov, and V. A. Zaytsev, How to access QED at a supercritical Coulomb field, Phys. Rev. D **102**, 076005 (2020).*