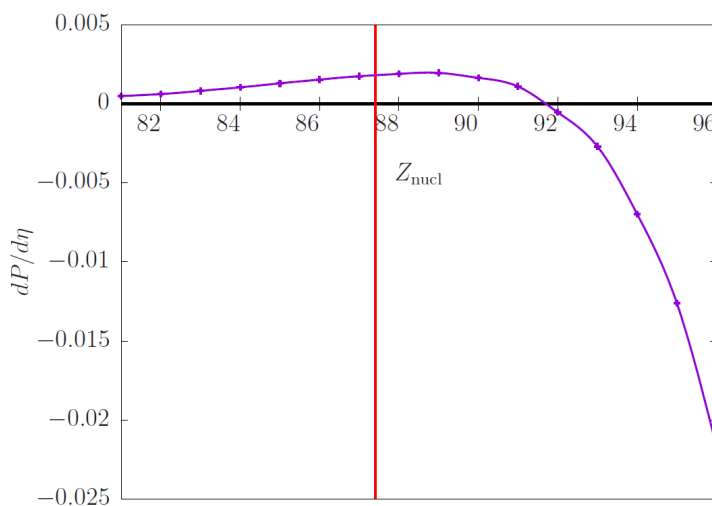


Как можно обнаружить распад вакуума в низкоэнергетических столкновениях тяжелых ионов

В экстремально сильном (сверхкритическом) электромагнитном поле вакуум теряет стабильность и становится возможным его спонтанный распад путем рождения электрон-позитронных пар. Этот фундаментальный эффект был предсказан уже очень давно, однако, до сих пор не наблюдался в эксперименте. Первое теоретическое предсказание было сделано для случая стационарного однородного поля, процесс спонтанного рождения пар в таком поле сейчас известен как эффект Швингера. Однако, чтобы данный эффект был наблюдаемым, необходимо однородное поле огромной напряженности, которое вряд ли будет получено в обозримом будущем. Похожее явление должно наблюдаться в сверхкритическом кулоновском поле (поле ядра с зарядом больше чем 173), в котором вакуум также становится нестабильным и может распасться с образованием двух позитронов. Необходимый критический заряд равный 173 значительно превосходит заряд самых тяжелых ядер, синтезированных к настоящему времени. Но в столкновении двух тяжелых ионов их суммарный заряд может превзойти критический, и тогда распад вакуума путем спонтанного рождения пар станет возможным. Однако, при движении ионов пары также могут рождаться динамически из-за зависящего от времени поля ионов. Поэтому, для того чтобы обнаружить распад вакуума, необходимо отделить спонтанное рождение пар от динамического рождения. Несколько десятилетий считалось, что сделать это возможно только в случае, если сталкивающиеся ядра слипаются друг с другом на какое-то время за счет ядерных сил. Однако, на данный момент не существует каких-либо свидетельств слипания ядер в столкновениях тяжелых ионов.

В нашей работе удалось показать, что при определенной (вполне реальной) постановке эксперимента по измерению числа позитронов, рождающихся в столкновениях голых ядер, можно выделить сигнал от спонтанного распада вакуума. При этом никакого слипания ядер не требуется. Полученный результат имеет огромное значение для постановки и проведения соответствующих экспериментов на ускорительных комплексах нового поколения, которые сейчас строятся в Германии (FAIR), Китае (HIAF) и Дубне (NICA).



Производная вероятности рождения позитронов по энергии сталкивающихся голых ядер с одинаковым зарядом $Z=Z_1=Z_2$ для траекторий с фиксированным минимальным сближением ядер, $R_{min}=16.5$ ферми. Вертикальная красная линия разделяет докритический и сверхкритический режимы. Уменьшение функции $dP/d\eta$ с ростом Z свидетельствует о распаде изначально нейтрального вакуума на заряженный вакуум и два позитрона.

Результат опубликован: I. A. Maltsev, V. M. Shabaev, R. V. Popov, Y.S. Kozhedub, G. Plunien, X. Ma, Th. Stöhlker, and D. A. Tumakov, *How to Observe the Vacuum Decay in Low-Energy Heavy-Ion Collisions*, *Phys. Rev. Lett.* **123**, 113401 (2019).