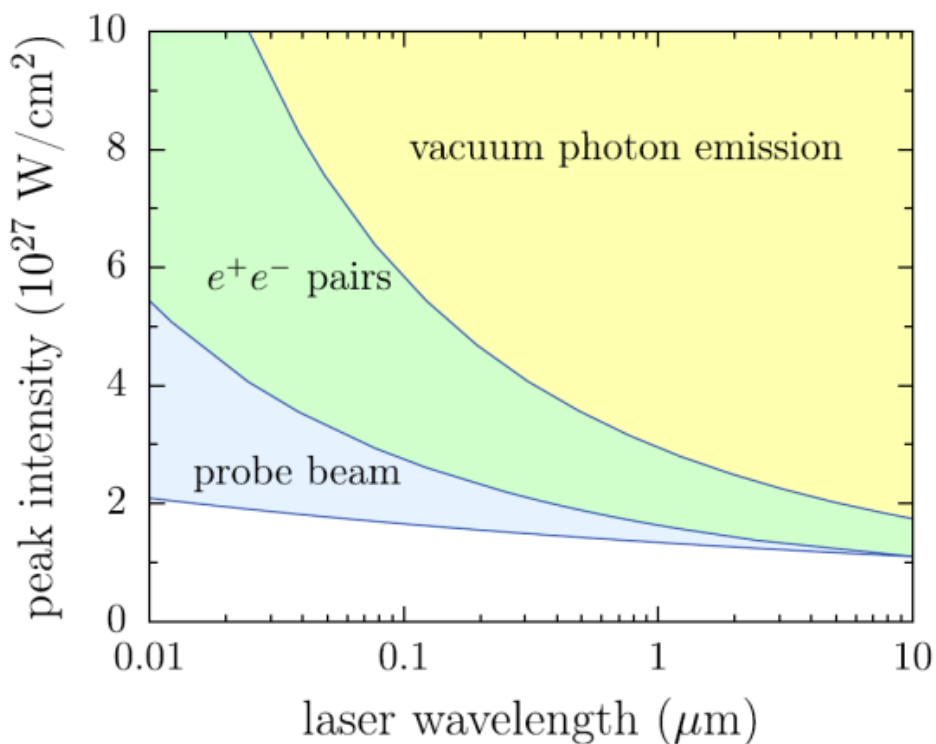


Механизм Швингера и вынужденное излучение из вакуума в сильных электромагнитных полях

В соответствии с предсказаниями квантовой электродинамики в сильных электромагнитных полях может возникать целый ряд фундаментальных нелинейных явлений за счёт вакуумных флуктуаций электрон-позитронного поля. Одно из таких явлений связано со спонтанным рождением электрон-позитронных пар в сильном квазистационарном поле в результате распада вакуумного состояния (механизм Швингера). Несмотря на то, что этот процесс был предсказан ещё в период становления квантовой теории десятки лет назад, он никогда не исследовался на эксперименте, поскольку рождение пар возможно лишь в чрезвычайно сильных полях. Стремительное развитие лазерных технологий позволяет генерировать всё более мощные лазерные импульсы, постепенно приближаясь к режиму сверхкритического поля, рождающего пары из вакуума. В рамках нашего исследования был предложен метод, позволяющий понизить соответствующий порог по интенсивности.

Известно, что рождение пар из вакуума сопровождается излучением мягких фотонов, регистрируя которые можно косвенно исследовать механизм Швингера на практике. Важнейший вопрос заключается в том, можно ли использовать данную идею с целью понизить порог по интенсивности и провести эксперимент без прямого детектирования пар. Нами были проведены расчеты числа фотонов, излучаемых из вакуума в сильном лазерном поле, и было показано, что регистрация фотонов возможна лишь в режиме очень высоких интенсивностей, где внешнее поле уже рождает заметное количество пар. Однако нам удалось предложить другой сценарий, позволяющий косвенно пронаблюдать эффект Швингера, используя лазеры меньшей интенсивности. Было показано, что при наличии дополнительных фотонов в начальном состоянии появляется новый вклад в вакуумное излучение. Данный эффект очень похож на вынужденное излучение атомов, но в роли атома в этом случае выступает вакуум. Выяснилось, что наличие вакуумных флуктуаций в присутствии сильного фонового поля может действительно приводить к изменению числа фотонов в пробном пучке, т. е. изменению его интенсивности. Нами был предложен следующий эксперимент. В качестве фонового поля предлагается как и раньше использовать поле двух встречных лазерных импульсов высокой интенсивности. Перпендикулярно оси распространения этих импульсов требуется создать дополнительный пучок фотонов оптического диапазона. На эксперименте измеряется интенсивность пробного пучка и фиксируется её изменение в результате взаимодействия с флуктуациями вакуума. Нами было показано, что с

увеличением амплитуды фонового поля относительное изменение интенсивности пробного пучка на уровне одного процента возникает раньше, чем внешнее поле начинает рождать электрон-позитронные пары. Такая техника может быть использована в рамках будущих экспериментов на лазерных установках.



Пороговое значение интенсивности в зависимости от длины волны лазерного излучения: “ e^+e^- pairs” – прямое детектирование пар, “vacuum photon emission” – регистрация мягких фотонов, “probe beam” – измерение интенсивности пробного пучка фотонов

Результат опубликован в статье I. A. Aleksandrov, A. Di Piazza, G. Plunien, V. M. Shabaev, “Stimulated vacuum emission and photon absorption in strong electromagnetic fields”, Physical Review D 105 (11), 116005 (2022).