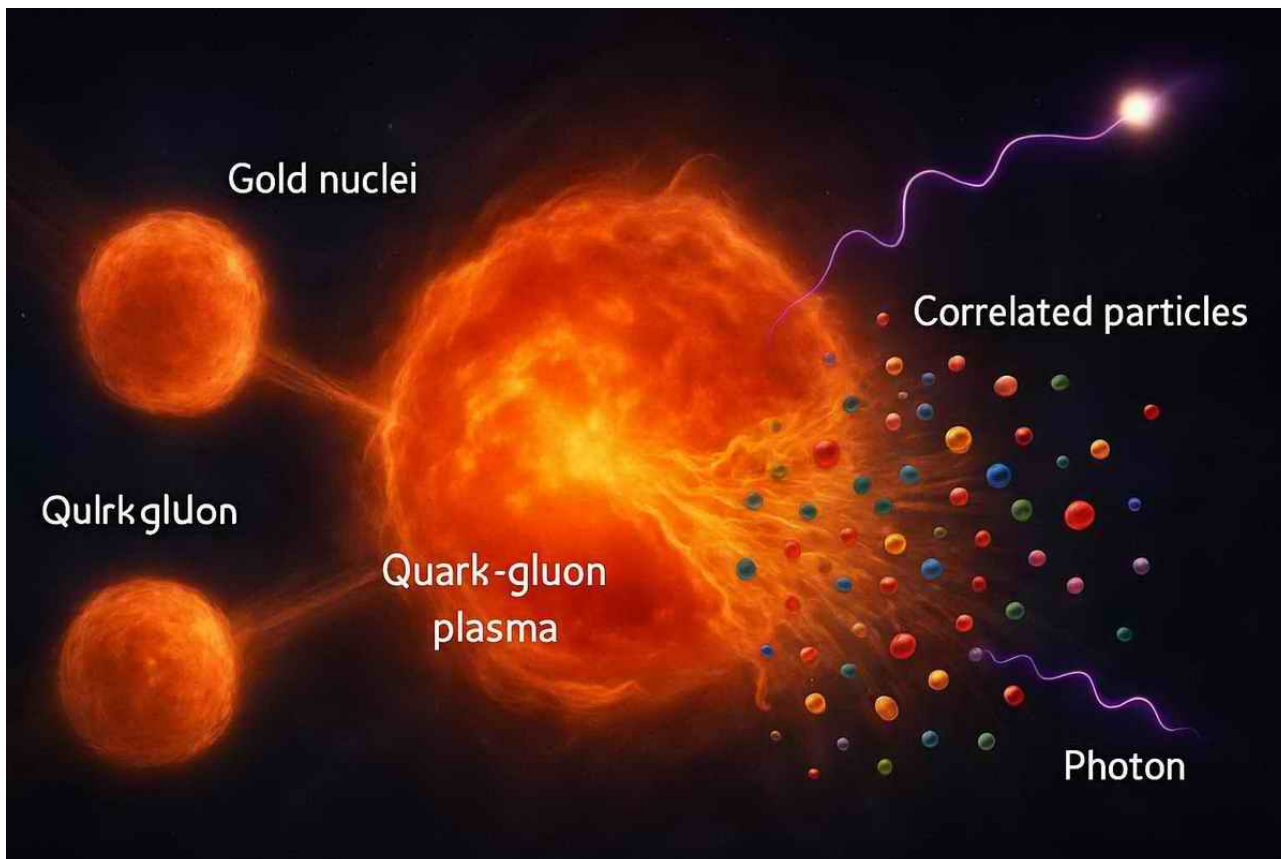


Как кварк-глюонная плазма «разбрызгивается» при столкновениях: новое окно в физику ранней Вселенной



Дата публикации: 12.06.2025

Новые данные с релятивистского коллайдера тяжелых ионов RHIC открывают уникальное представление о том, как ведет себя кварк-глюонная плазма (КГП) — состояние материи, существовавшее в первые микросекунды после Большого взрыва. Используя фотонно-коррелированные струи частиц, физики впервые зафиксировали эффект «всплеска», когда КГП откликается на пролетающую через неё струю, подобно тому как вода разбрызгивается от проходящего сквозь неё объекта.

КГП — это высокоэнергетическая форма материи, в которой **кварки и глюоны** находятся в свободном состоянии. Она возникает в лабораторных условиях при лобовых столкновениях ядер золота на околосветовых скоростях. Поскольку её существование длится лишь триллионные доли секунды, исследование этой субстанции требует косвенных методов, таких как анализ следов, оставляемых струями частиц, генерируемыми в момент столкновения.

Команда коллаборации STAR из Брукхейвенской и Лоуренс-Беркли лабораторий впервые реконструировала струи, возникающие одновременно с фотонами. Поскольку фотоны не взаимодействуют с КГП, они выступают в роли идеального «контрольного сигнала», с которым можно сравнить изменившуюся струю. Используя усовершенствованные методы идентификации фотонов и алгоритмы реконструкции, учёные определили, что энергия, потерянная струями при прохождении через КГП, не исчезает, а перераспределяется на периферии.

Особенно интересными стали наблюдения при использовании узких и широких конусов для реконструкции. При столкновениях без КГП струи сохраняют свою энергию в узком конусе, но при прохождении через КГП существенная часть энергии «размазывается» в сторону — как водяные брызги от движущегося по луже велосипеда. Это указывает на то, что струи передают энергию среде, вызывая отклик, схожий с возбуждением жидкости.

Сравнение с протон-протонными столкновениями позволило установить масштаб этих эффектов. При конусе с углом 30 градусов удалось восстановить почти всю начальную энергию струи, что указывает на границы передачи возбуждения КГП. Эти данные имеют фундаментальное значение для понимания вязкости и плотности энергии в условиях, имитирующих первые моменты существования Вселенной.

Новое измерение также открывает путь к уточнению модели потери энергии в зависимости от длины пути струи через плазму. Оно предполагает, что QGP ведёт себя как почти идеальная жидкость, с высокой степенью когерентности и коллективного движения. Объединение этих наблюдений с теоретическими моделями может привести к более точному описанию физики сильных взаимодействий и фазовых переходов в ядерной материи.

Результаты демонстрируют, как высокоточные методы детектирования и реконструкции позволяют раскрыть невидимую динамику в самой горячей и плотной форме материи во Вселенной. Они подтверждают, что энергия в QGP не теряется — она просто перераспределяется, создавая всплески, которые несут информацию о свойствах самой материи, существовавшей в первые мгновения после рождения космоса.

Ссылка: «Измерение модификации струи в среде с использованием прямых корреляций фотон+струя и p_0 +струя в столкновениях $p+p$ и центральных $Au+Au$ при $\sqrt{s_{NN}}=200$ ГэВ, *Physical Review Letters* (2025).» DOI: [10.1103/PhysRevLett.134.232301](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.232301).