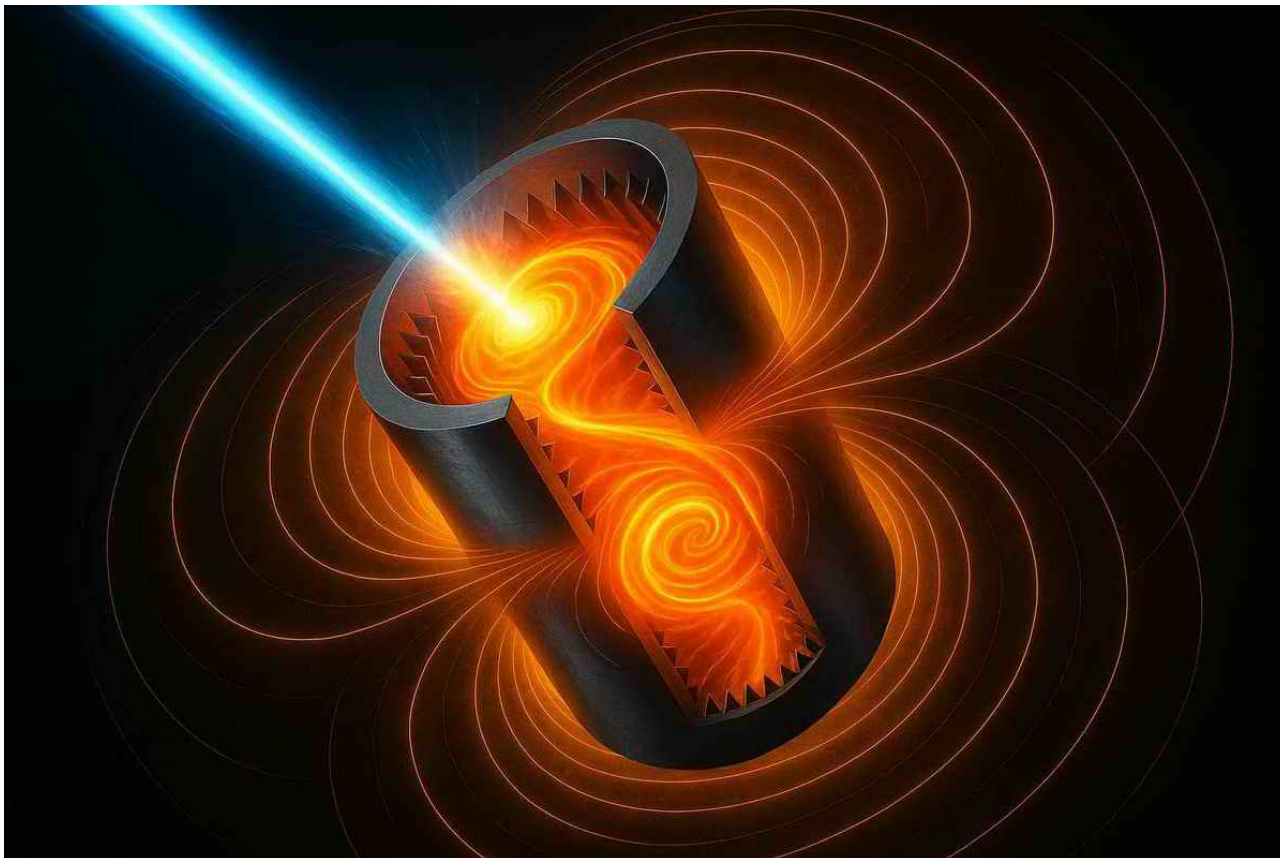


Как создать магнитное поле мощнее звёздного: новый метод лазерной генерации мегатесловых полей



Дата публикации: 18.07.2025

Магнитные поля, сопоставимые по силе с теми, что наблюдаются вблизи нейтронных звёзд и в астрофизических джетах, теперь могут быть воспроизведены в лабораторных условиях с помощью компактной лазерной установки. Исследователи из Университета Осаки представили революционный метод, позволяющий генерировать поля индукцией порядка мегатеслы за счёт контролируемой лазерной имплозии специально сконструированных микротрубок. Эта технология открывает новые горизонты в области фундаментальной физики, моделирования астрофизических явлений и перспективных направлений термоядерной энергетики.

Ключ к достижению таких значений поля — структура мишени. В отличие от традиционных подходов, использующих внешние магнитные катушки или начальные поля, здесь используются микронные полые цилиндры с пилообразными внутренними лопастями. При облучении их фемтосекундными лазерными импульсами внутри мишени формируется закрученная плазма,

способная создавать устойчивый кольцевой ток. Именно этот контурный ток индуцирует мощное аксиальное магнитное поле. Причём внешнее поле не требуется — всё создаётся самосогласованно в ходе динамики плазмы.

Этот принцип отличается от традиционного магнитного сжатия, при котором усиление ограничено исходными условиями. В данном случае магнитное поле зарождается внутри самой системы в результате нарушения симметрии потока и запускается самоподдерживающимся процессом положительной обратной связи. Заряженные частицы — электроны и ионы — закручиваются в спираль и создают магнитное поле, которое в ответ ещё сильнее ограничивает движение плазмы, усиливая циркуляцию и, соответственно, само поле. Это создаёт рекурсивную структуру, в которой энергетические и топологические параметры определяются геометрией микротрубки.

Такая система теоретически способна достигать напряжённостей поля выше 500 килотесла, что выводит её на уровень мегатеслы — предела, ранее доступного лишь в экстремальных астрофизических средах. Исследование проведено под руководством профессора Масакацу Мураками. Моделирование выполнялось с использованием полностью релятивистского PIC-кода EPOCH и суперкомпьютера SQUID Университета Осаки. Для верификации и оптимизации также была создана аналитическая модель, описывающая законы масштабирования и зависимости между геометрическими параметрами и итоговым полем.

Потенциальные применения охватывают сразу несколько направлений. В лабораторной астрофизике можно моделировать условия в окрестностях пульсаров и магнитаров, включая аккреционные диски, магнитные джеты и внутреннюю структуру сверхплотных объектов. В термоядерной физике усиление магнитных полей может сыграть ключевую роль в управляемом синтезе, особенно в схемах быстрого зажигания. В области квантовой электродинамики открывается возможность исследования эффектов, ранее доступных только в условиях кривизны пространства или при экстремальных энергиях, включая нелинейные эффекты в вакууме, спонтанную поляризацию и сильнопольные каскады.

Дальнейшее развитие метода может включать масштабирование структур, оптимизацию лезвийной геометрии, синхронизацию нескольких имплозий, а также создание многоступенчатых схем для генерации стабильных и направленных мегатесловых импульсов. Всё это делает новый подход не просто экспериментальной экзотикой, а мощным инструментом для воссоздания экстремальных условий в настольном формате.

Таким образом, метод лазерной лезвийной имплозии микротрубок не только

приближает учёных к контролируемому созданию сверхмощных магнитных полей, но и открывает путь к экспериментальной физике, ранее доступной лишь в масштабах космоса или в уравнениях квантовой теории поля.

Ссылка: «Генерация гигагауссного магнитного поля при взрыве лопастной микротрубки» DOI: [10.1063/5.0275006](https://doi.org/10.1063/5.0275006).