

Перегретое золото, энтропийная катастрофа и пределы материи: как физики переписали границы термодинамики

Дата публикации: 24.07.2025

Когда речь идёт о температуре в десятки тысяч градусов, физика сталкивается с фундаментальными пределами: плавление, испарение, энтропия. Но что, если эти границы — не абсолютны? Недавний эксперимент, проведённый в Национальной ускорительной лаборатории SLAC, показал: при достаточно быстром нагревании золото может достичь температуры более 19 000 кельвинов — в 14 раз выше точки его плавления — и всё же оставаться в твёрдом состоянии. Это открытие не только бросает вызов устоявшимся теориям, но и может изменить подход к изучению материи при экстремальных условиях.

Эксперимент проводился на установке МЕС (Материя в экстремальных условиях) с использованием сверхмощного лазера и рентгеновского источника LCLS. Лазер быстро нагревал золотой образец, а рентгеновский импульс измерял смещение частоты рассеянного излучения, вызванное тепловыми колебаниями атомов. Именно это смещение позволяло впервые напрямую определить температуру атомов в «тёплой плотной материи» — состоянии, характерном для ядер планет, недр звёзд и мишеней термоядерного синтеза.

До сих пор температура в таких условиях оценивалась лишь косвенно, с огромной степенью неопределённости. Новый метод позволил зафиксировать момент, когда золото находилось в кристаллическом состоянии при экстремальной температуре, не расплавляясь и не переходя в плазменную фазу. Тем самым эксперимент пересмотрел границы так называемой энтропийной катастрофы — теоретического предела, при котором перегретый материал должен мгновенно перейти в другую фазу.

Этот феномен напоминает перегретую воду в микроволновке, которая может внезапно и опасно закипеть при малейшем нарушении стабильности. Однако, как показал эксперимент, если нагревание происходит достаточно быстро — за триллионные доли секунды — катастрофический переход можно обойти. Таким образом, в физике высоких температур больше нет однозначного верхнего предела — всё зависит от скорости нагрева.

Это открытие имеет огромное значение для прикладной физики. Оно уже используется для изучения мишеней термоядерного синтеза — плотных материалов, которые испытывают огромные нагрузки и температуру в момент инициирования реакции. Также оно актуально для изучения недр планет, где

подобные состояния возникают под действием ударных волн и колоссального давления.

Интересно, что исследователи считают: они могли наблюдать такие явления и раньше, но не имели способа точно измерить происходящее. Новый метод охватывает диапазон температур от 1000 до 500 000 К и способен регистрировать фазовые переходы и термодинамические свойства с беспрецедентной точностью.

Если раньше считалось, что все материалы подчиняются жёстким термодинамическим пределам, теперь становится ясно: с учётом времени и скорости воздействия эти пределы могут быть гибкими. Это не означает нарушение законов физики, но предполагает, что законы работают в более сложных и динамичных рамках, чем мы представляли.

В будущем метод прямого измерения атомной температуры будет применяться к множеству других материалов и сценариев: от инерциального термоядерного синтеза до моделирования условий в глубинах планет. Он также поможет в разработке более точных моделей поведения вещества в звёздных атмосферах и даже в белых карликах, где давление и температура достигают крайних значений.

Открытие SLAC — не просто сенсация в области физики высоких энергий, но фундаментальный сдвиг в понимании того, как материя ведёт себя на пределе. Оно демонстрирует, что даже самые устойчивые представления в науке можно переосмыслить, если использовать новые инструменты и задавать неудобные вопросы. В конечном счёте, именно такие шаги ведут к настоящим научным прорывам.

Ссылка: «Перегрев золота за пределами предсказанного порога энтропийной катастрофы» DOI: [10.1038/s41586-025-09253-y](https://doi.org/10.1038/s41586-025-09253-y).