

Нобелевская премия по физике 2018 – за «оптические пинцеты» и новаторский метод усиления лазерного луча

Нобелевскую премию по физике 2018 г. получили американец Артур Эшкин, а также француз Жерар Мур и канадка Донна Стрикланд за «революционные изобретения в области лазерной физики». Результаты их научной работы, давно ставшие классическими, прокомментировал на традиционной пресс-конференции СО РАН по итогам Нобелевской премии академик РАН А. М. Шалагин, научный руководитель [Института автоматики и электрометрии СО РАН](#) (Новосибирск).

Работы, которые были в 2018 г. отмечены Нобелевской премией по физике, посвящены разным технологиям, но в том и в другом случае речь идёт о новаторских изобретениях в области лазерной физики.

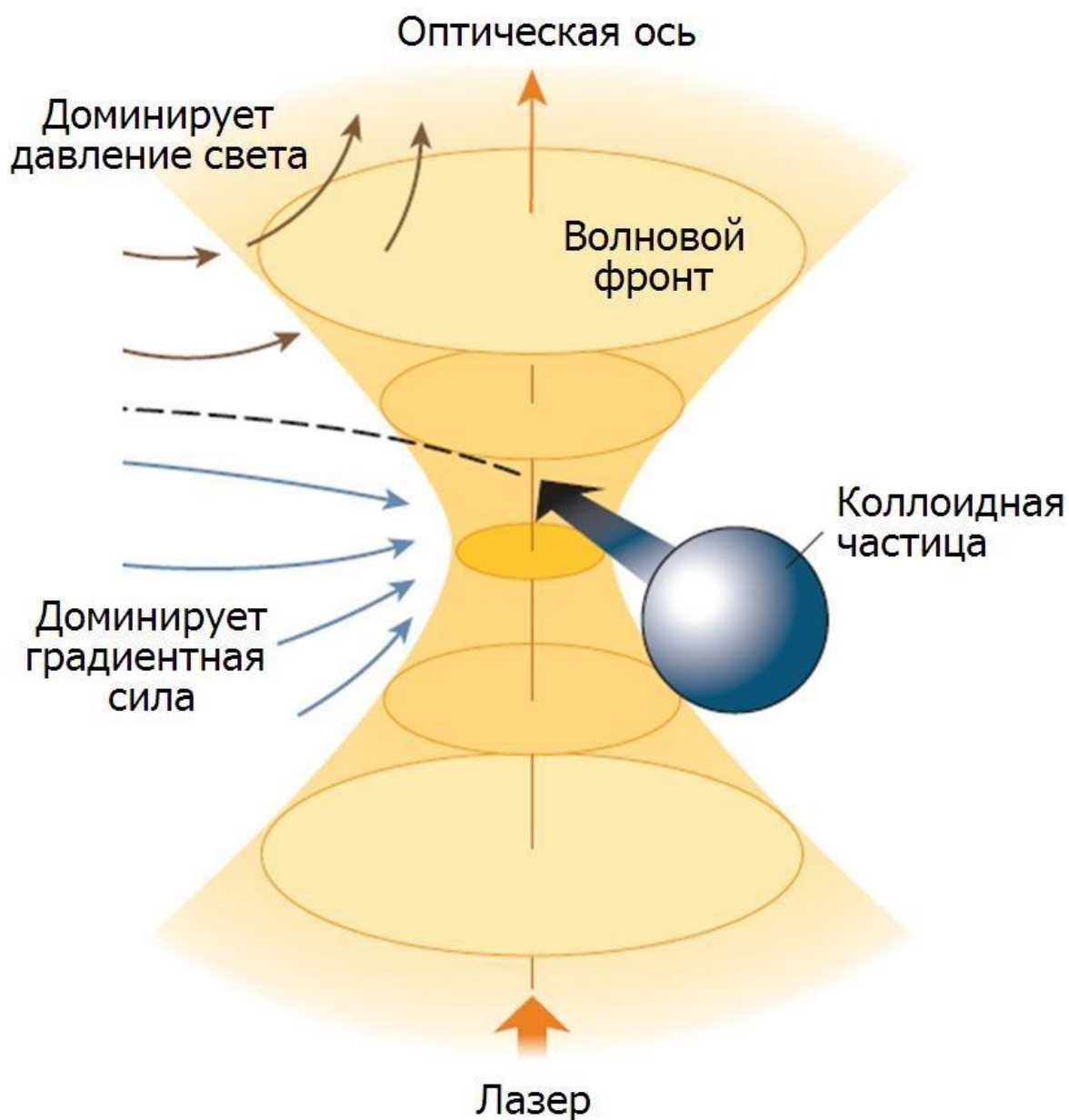
А. Эшкин, бывший руководитель отдела Лаборатории Белла (США), которому на момент присуждения премии исполнилось 96 (!) лет, был награждён за создание так называемых «оптических пинцетов», которые нашли широкое применение в молекулярной биологии, вирусологии и других биологических дисциплинах. А профессор Ж. Мур и его бывшая аспирантка, а ныне профессор Университета Уотерлу (Канада), более тридцати лет назад разработали метод генерации ультракоротких высокоинтенсивных оптических импульсов.



Академик РАН Анатолий Михайлович Шалагин, научный руководитель [Института автоматики и электрометрии СО РАН](#)

Ещё до того, как Эшкин разработал свою технологию оптического пинцета, он совместно со Стивеном Чу проводил исследования по ускорению, замедлению и захвату атомов в

оптической ловушке с помощью лазерного излучения. Чу сосредоточил свои интересы именно на оптических ловушках, за что в 1997 г. получил Нобелевскую премию. Эшкин же, после исследований светового давления на атомарные газы, сосредоточился на изучении действия радиационных сил на более крупные объекты (нано- и микроразмерные). На этом пути ему удалось удержать эти объекты в перетяжке лазерного луча и перемещать их в пространстве вместе с перемещением перетяжки. Это и есть так называемый лазерный пинцет. Наиболее яркие применения этот пинцет нашел в биологии и медицине.



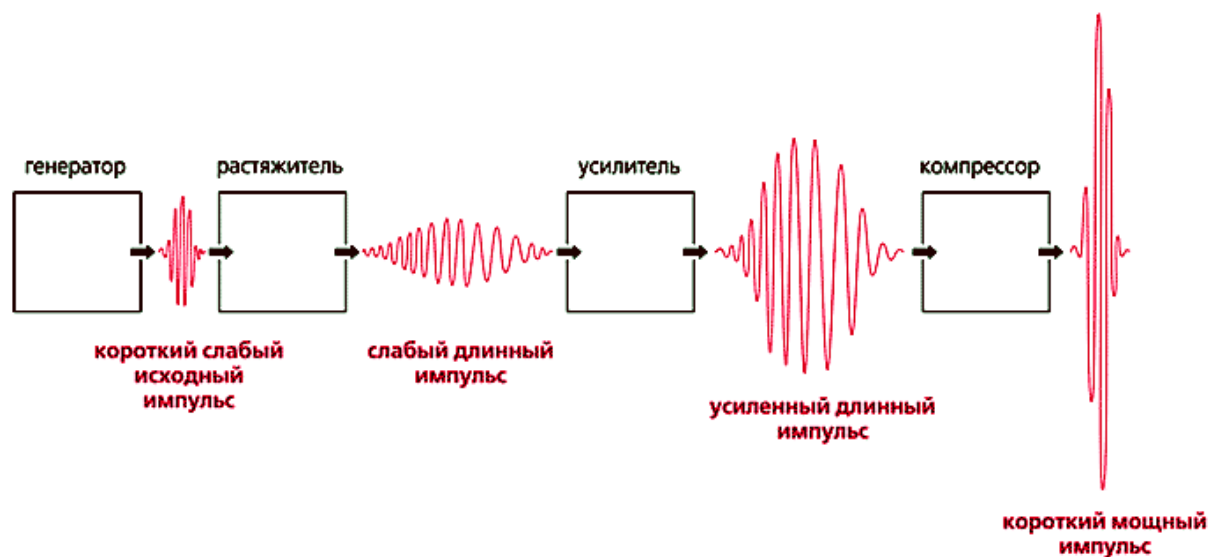
Оптический пинцет использует для «захвата» коллоидной частицы сильно сфокусированный лазерный пучок. Градиент интенсивности излучения затягивает частицу в область перетяжки пучка, тогда как давление света выталкивает её по направлению оптической оси. Если градиентная сила будет доминировать, частица «поймается» в области точки фокуса Источник: <http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article1445>

Возможность манипулировать объектами микро- и наноразмера, от эритроцита до фрагмента ДНК или белковой молекулы, вызвала огромный интерес у биологов. В России технологией лазерного пинцета занимается научная группа академика В.А. Сойфера в Институте систем обработки изображений РАН (Самара). Можно надеяться, что эта очень нужная технология вскоре придёт и в отечественную медицину.

Второе «нобелевское» достижение – метод генерации ультракоротких высокоинтенсивных оптических импульсов, разработанный Муром и Стрикланд, – служит ярким примером, что простое эквивалентно гениальному.

Физики всегда хотели получить наиболее интенсивные лазерные поля, а самый простой способ сделать это – укорачивать лазерный импульс во времени при сохранении полной энергии. До какого-то момента исследователи так и делали, пока не достигли непреодолимого предела, при котором происходит разрушение самой среды, материала, где этот процесс происходит.

И вот возникла замечательная идея: ультракороткий лазерный импульс с малой энергией «растянуть» во времени и тем уменьшить его интенсивность, а затем с помощью усилителя лазерного излучения увеличить его энергию и затем «собрать» обратно. Импульс сжимают в оптическом компрессоре, получая на выходе такой же короткий импульс, как на входе, но в тысячи раз более интенсивный. При получении импульсов предельно высокой интенсивности для дисперсии и компрессии лазерного импульса используют дифракционные решётки и особые зеркала.



Принцип работы CPA-лазера: короткий слабый лазерный импульс поступает в растяжитель, где его длина возрастает в тысячи раз, а частота излучения плавно изменяется по длине импульса (чирпированный импульс). Затем импульс проходит через усилитель, увеличивающий его энергию на много порядков. Из усилителя импульс попадает в компрессор, где длительность его уменьшается до начального значения.

*Рис. из статьи Л.М. Горбунова («Природа», №4, 2007, с. 11–20)
http://vivovoco.astronet.ru/VV/JOURNAL/NATURE/04_07/LASER.HTM*

Лазеры, генерирующие сверхкороткие импульсы, незаменимы в исследованиях быстропротекающих процессов. Если же при этом импульсы имеют рекордную интенсивность, то такие лазеры имеют перспективу и в качестве ускорителей заряженных частиц: при распространении высокоинтенсивных импульсов в среде создаётся огромной плотности положительный объёмный заряд, и если ему вслед послать, с соответствующей синхронизацией, электронный сгусток, то последний будет ускоряться на довольно короткой дистанции до очень больших энергий. Излучение очень высокой интенсивности способно «пробивать вакуум», рождая при этом электрон-позитронные пары и иные элементарные частицы, а это уже физика высоких энергий. Ещё одно возможное применение, интерес к которому не пропадает, – лазерный термояд.

В Сибирском отделении СО РАН аттосекундные импульсы и поля сверхвысокой интенсивности входят в тематику [Института лазерной физики](#) (Новосибирск), специалисты которого также сотрудничают с коллегами из Нижнего Новгорода, Арзамаса и Сарова.

А в лаборатории волоконной оптики новосибирского [Института автоматки и электрометрии](#) СО РАН в процессе своих исследований часто сталкиваются с необходимостью расширения и последующего сжатия лазерного импульса.

Нобелевский лауреат Жерар Муру с 2010 г. в течение нескольких лет работал в Институте прикладной физики РАН (Нижний Новгород) по тематике ультракоротких высокоинтенсивных оптических импульсов. На установке ИПФ РАН – мощном мультипетаваттном лазере, работающем по технологии Стрикланд и Муру – были получены впечатляющие результаты. Сотрудничество учёных продолжается до сих пор.

Статьи по теме: А.А. Аполонский. В погоне за особенным светом: <https://scfh.ru/papers/v-pogone-za-osobennym-svetom/>

Подготовила Татьяна Морозова

Источники

[Нобелевская премия по физике 2018 - за "оптические пинцеты" и новаторский метод усиления лазерного луча](#) – Наука из первых рук (scfh.ru), Новосибирск, 13 октября 2018.

[Академик Анатолий Шалагин прокомментировал Нобелевскую премию по физике 2018](#) – Новости сибирской науки (sib-science.info), Новосибирск, 15 октября 2018.