

ОПТИЧЕСКИЙ ПИНЦЕТ (Optical tweezers)

*«У меня живет козленок
(Я клонировал козу).
На палас его зеленый
На пинцете отнесу.
Если уроню в пути,
То без лупы не найти!»
Ю. Черезов*



Ураган из сказки «Волшебник Изумрудного города», который перенес домик Элли в Волшебную страну, напоминает оптический пинцет, который втягивает и перемещает микроскопические частицы в заданном направлении. Впрочем, если ураган из сказки действовал неуправляемо и даже погубил породившую его волшебницу Гингему, то оптический пинцет — это, напротив, очень послушный инструмент в руках опытного ученого, позволяющий проникать в тайны микромира

Если рассмотреть в оптический микроскоп капельку прозрачной жидкости, то можно увидеть, как беспорядочно движутся мельчайшие частицы, и этот процесс продолжается бесконечно. Можно ли в буквальном смысле «поймать» одну частицу и заставить двигаться туда, куда нам хочется? На первый взгляд, задача кажется невыполнимой, поскольку речь идет о частице в десятки, сотни, а иногда и тысячи раз меньше макового зернышка, которое можно взять обычным пинцетом.

К счастью, далеко не каждый пинцет сделан из стали или пластика, и не каждый пинцет можно взять в руки, если этот пинцет... всего-навсего луч света! Речь идет о так называемом оптическом пинцете, использующем для передвижения микроскопических объектов сфокусированный лазерный пучок. Вблизи точки фокуса лазерный луч, подобно торнадо, втягивает внутрь все, что находится вокруг. Сила, с которой свет действует на окружающие объекты, невелика, но ее оказывается достаточно, чтобы «ловить» и контролируемо перемещать частицы размером от 10 нм до 10 мкм.

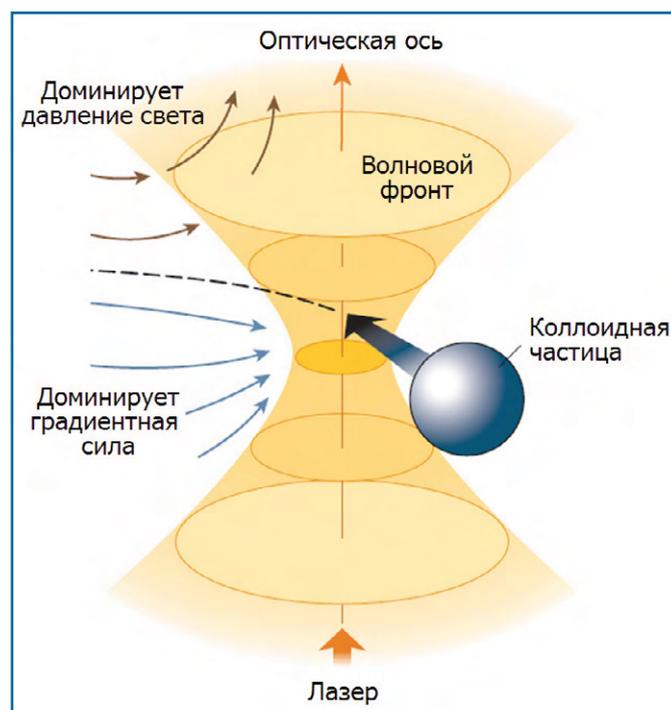


Рис. 1. «Захват» коллоидной частицы оптическим пинцетом

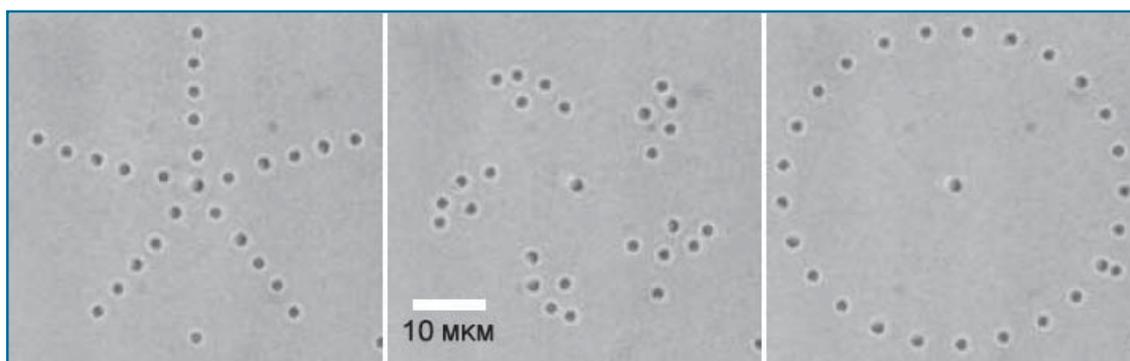


Рис. 2. Электронно-микроскопические изображения упорядоченных структур, собранных из коллоидных частиц оптическим пинцетом

Метод манипулирования коллоидными частицами под воздействием света был впервые предложен сотрудниками Bell Laboratories Артуром Ашкиным (*Arthur Ashkin*) и Стивеном Чу (*Steven Chu*) в 1986 г. Между тем, основополагающие эксперименты, продемонстрировавшие, что свет оказывает давление на макроскопические тела, частицы, а также отдельные молекулы и атомы, были проведены русским физиком П.Н. Лебедевым еще в период с 1899 по 1910 гг. Открытие давления света стало важным подтверждением электромагнитной теории Фарадея–Максвелла, а также позволило объяснить ряд экспериментально наблюдаемых физических явлений. Среди потенциальных применений давления света есть самые экзотические, вплоть до создания т.н. космических парусов, призванных разгонять в безвоздушном пространстве космические корабли за счет использования излучения Солнца и других звезд.

Если передвижение многотонных космических кораблей под действием давления света пока остается утопией, то перемещать лазером микроскопические коллоидные частицы с использованием оптического пинцета ученые умеют уже сейчас. Схема «захвата» частицы показана на рис. 1. При взаимодействии с электромагнитным полем, создаваемым светом, у коллоидной частицы возникает дипольный момент, благодаря чему под действием градиента поля частица затягивается в перетяжку лазерного пучка. Для стабильного «захвата» необходимо, чтобы градиент электромагнитного поля доминировал над давлением света, что достигается путем правильно сконфигурированной оптической схемы.

Оптический пинцет позволяет прилагать к частицам силы до 100 пН, что делает его идеальным инстру-

ментом для механического воздействия на различные биологические объекты и измерения их отклика. С помощью оптического пинцета были измерены вязкоупругие свойства единичных молекул ДНК, клеточных мембран, а также агрегированных волокон белков (например, актина), изучены силы, развиваемые молекулярными моторами (миозином, кинезином и т.д.). С его помощью удалось показать, что клетки используют механические силы не только для движения или сортировки хромосом во время воспроизведения, но также и для считывания генетической информации, дыхания, «общения» с другими клетками.

Считается, что уже в ближайшем будущем оптические пинцеты будут использованы не только для исследования клеток, но и для внутриклеточной хирургии, что позволит, в частности, модифицировать их хромосомный набор, а также проводить искусственное оплодотворение. Кроме того, с помощью оптического пинцета можно анализировать колонии микробов различных видов, «ловить» отдельные микробы и изучать их поведение.

Не менее эффективно оптический пинцет применяется для изучения объектов неживой природы, например, заряженных *коллоидных частиц* в растворах. Пожалуй, наиболее интересным среди его применений является возможность собирать различные упорядоченные структуры из коллоидных *наночастиц* (рис. 2). В настоящее время такие структуры создаются «вручную» и поэтому состоят из ограниченного числа частиц, однако если автоматизировать процесс сборки, оптический пинцет может стать мощнейшим инструментом для микро- и *нанoeлектроники*.

Литература:

1. Curtis J.E., Koss B.A., Grier D.G. *Opt. Commun.* 2002. Vol. 207. P. 169–175.