

НАНОВЕСЫ (Nanobalance)

«Техника будущего – это, прежде всего, физика в ее приложениях».

А.Ф. Иоффе



Вы когда-нибудь пробовали взвесить пылинку с помощью обычных весов? Наверное, нет, вряд ли такое бесперспективное занятие кому-то придет в голову – для всех очевидно, что частичка, масса которой намного меньше точности весов, останется незамеченной. Это и не страшно, скажете Вы, зачем вообще ее взвешивать! Давайте задумаемся, а как же быть с другими мелкими объектами, например, наночастицами? Хорошо известно, что свойства наноструктур во многом определяются их размером и формой, и в ходе синтеза практически невозможно получить набор абсолютно идентичных наночастиц. Поэтому, измеряя физические свойства наноструктурированных объектов, мы, как правило, получаем

среднюю характеристику объемного образца, практически ничего не говорящую о свойствах образующих его нанофрагментов. В связи с этим одной из ключевых задач нанонауки является изучение свойств индивидуальных наночастиц с заранее известной и четко выраженной атомной структурой.

Очевидно, что слишком маленький размер наночастиц, так же как и в случае с пылинкой, делает невозможным применение для этого традиционных измерительных методик. Даже самые современные приборы имеют точность порядка 10^{-9} г, что на много порядков превышает массу единичных наночастиц. То есть в наномире нужны свои измерительные наноинструменты!

В создании таких инструментов в очередной раз, благодаря своим уникальным электронным и механическим свойствам, помогли **углеродные нанотрубки**, способные проводить электрический ток и обладающие высокой механической прочностью.

Если к углеродной нанотрубке, один конец которой прочно закреплен, а другой остается свободным, приложить внешнее напряжение, то индуцированный заряд преимущественно сосредоточивается на свободном конце, и за счет электростатических сил происходит отклонение нанотрубок от исходного положения. Приложение попеременно отрицательного и положительного напряжения позволяет осуществлять цикл нагрузка–разгрузка трубки. Если пойти дальше и менять частоту подаваемого напряжения, то можно добиться резонанса с частотой собственных колебаний нанотрубки, что позволит точно измерить данную характеристику. Резонансная

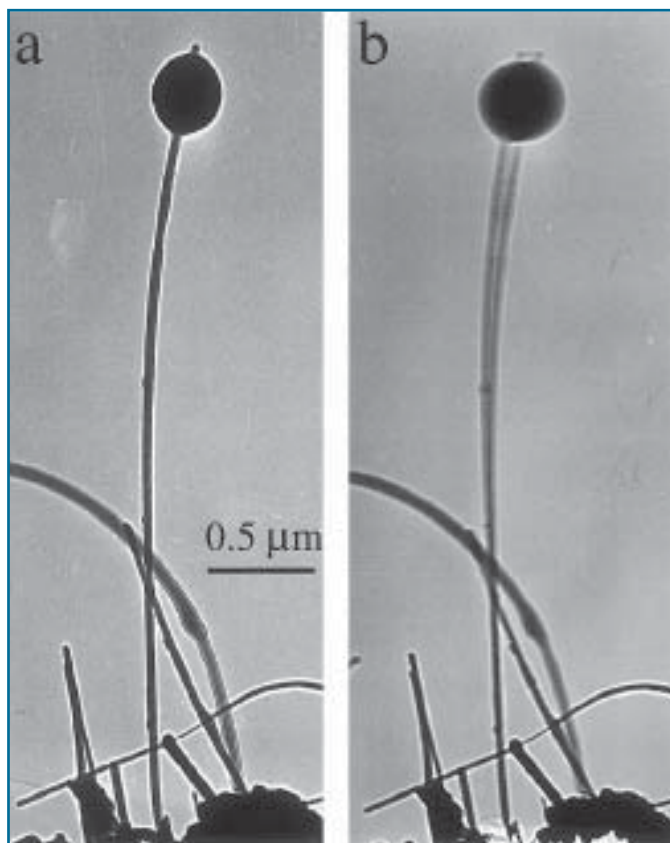


Рис. 1. Колебание углеродной нанотрубки, нагруженной наночастицей с массой порядка $22 \cdot 10^{-15}$ г

частота колебаний углеродной нанотрубки определяется диаметром, длиной и прочностью на изгиб и является ее индивидуальной характеристикой.

В 2000 году американскими учеными из Georgia Institute of Technology было предложено использовать описанный принцип для создания самых маленьких и чувствительных весов в мире. Действительно, если определить частоту собственных колебаний отдельной нанотрубки, а затем прикрепить к ней исследуемый нанообразец, то оказывается, что резонансная частота колебаний уменьшается более чем на 40% по сравнению с ненагруженной трубкой. В результате с высокой точностью можно рассчитать массу образца вплоть до величин масс порядка 10^{-15} г. Для этого необходимо только откалибровать углеродную нанотрубку, чтобы определить ее жесткость (рис. 1).

В перспективе такие весы могут быть использованы для измерения масс больших биомолекул и биомедицинских объектов, например, вирусов.

Литература:

1. Wang Z.L., Poncharal P., de Heer W.A. Journal of physics and chemistry of solids. 2000. Vol. 61. P. 1025.
2. <http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2006/08/29/209650>.