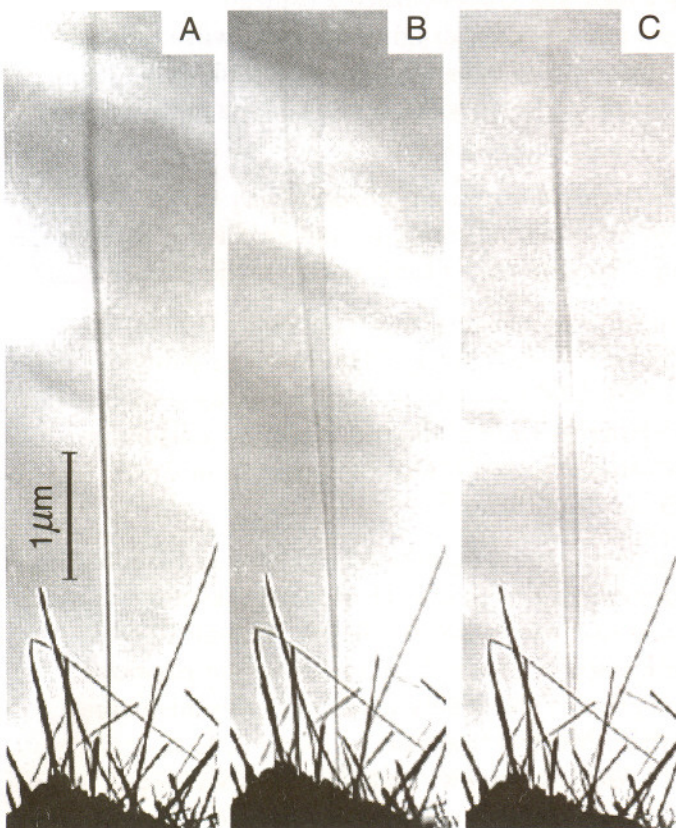


Aktualności (nie tylko) fizyczne

Nadeszły długo oczekiwane wakacje. Wreszcie można uciec z miasta, położyć się w trawie i patrzeć, jak obłoczki leniwie wędrują po niebie. Ciepło, przyjemnie, nic nas nie goni, nie trzeba się nigdzie spieszyć. Tak, lato ma swoje dobre strony. A teraz przewracamy się na brzusek i obserwujemy łączkę. Z bliska widać każde źdźbło kołyszące się na wietrze. Mróweczki, motylki, żuczki, gąsieniczki – pełno tu tego drobiazgu. Ile ruchu, ile gwaru... nie, to nie ta bajka – zostawmy żuczki i zajmijmy się samą trawką. To dopiero cud natury. Widać to na trawkach dużych, jak bambus, ale i na małych, jak te na zdjęciu.



Zaraz, zaraz, ale czy to aby na pewno trawki? Długo na kilka mikronów, grube na kilkadziesiąt nanometrów, a włos ma grubość kilkudziesięciu mikronów. Ależ tak, to nie trawka, tylko nanorurki! Pamiętam, pisałem już o nich rok temu (*Delta* 8/1998). Nanorurka to arkusik ułożonych w sześciokątną siatkę atomów węgla, zwinięty w rurkę o średnicy od kilku do kilkadziesiąt nanometrów, zakończoną węglowymi półsferami. Ta odmiana alotropowa węgla jest bardzo intensywnie badana w laboratoriach na całym świecie. W zależności od szczegółów budowy charakteryzuje się różnorodnymi własnościami elektrycznymi oraz mechanicznymi. Tylko jak te ostatnie mierzyć?

Okazuje się, że można na nich zagrać za pomocą transmisyjnego mikroskopu elektronowego [1].

Na zdjęciu (elektronowym mikrografie) (A) widać termiczne drgania „nanotrawki” o długości $6,25 \mu\text{m}$ i średnicy $14,5 \text{ nm}$, zdjęcie (B) przedstawia rezonansowe wzbudzenie pierwszej harmonicznej (530 kHz) nanorurki, a zdjęcie (C) – drugiej harmonicznej ($3,01 \text{ MHz}$). Wartości stosunku częstości oraz położenia węzła dobrze zgadzają się z obliczeniami przeprowadzonymi dla idealnej rurki. Metoda rezonansowego wzbudzania nanorurek pozwala na precyzyjne mierzenie ich mechanicznych własności, w szczególności modułu Younga, który okazuje się być rzędu biliona paskali dla małych średnic (około 10 nm). Dla grubszych rurek wartość modułu Younga spada o rząd wielkości, co autorzy artykułu [1] tłumaczą zmianą sposobu gięcia się rurki. Zamieszczają zdjęcia nanorurki w dużym powiększeniu, na których widać powstawanie regularnych zmarszczek na ściskanej przy zginaniu stronie rurki.

Okazuje się, że takiej rurki, po jej wyskalowaniu, można użyć jako nanowagi. Wyobraźmy sobie żuczka siedzącego na końcu trawki. Obecność chrząszcza zmieni częstość rezonansową trawki, pozwalając na wyznaczenie jego masy.

Podobnie pomiar zmiany częstości rezonansowej, spowodowanej doczepieniem do końca nanorurki węglowej kulki (zdjęcie poniżej), umożliwi określenie masy obciążenia. W tym konkretnym przypadku cząstka węgla okazała się mieć masę 22 ± 6 femtogramów ($1 \text{ fg} = 10^{-15} \text{ g}$), co zgadza się z oszacowaniem (30 fg) uzyskanym na podstawie wielkości kulki i gęstości amorficznego grafitu. Autorzy artykułu [1] proponują, aby za pomocą takiej wagi ważyć wirusy.

Wiedziałem, że dziś będzie coś o żyjątkach.

Piotr ZALEWSKI

[1] *Electrostatic Deflections and Electromechanical Resonances of Carbon Nanotubes*, Philippe Poncharal, Z. L. Wang, Daniel Urgate, Walt A. de Heer, *Science* **283** (1998) 1513.

Zdjęcia: Walt A. de Heer
www.aip.org/physnews/graphics/html/nanobal.htm

