

## Co robić w piątkowe wieczory?

To dobry moment na odprężenie po tygodniu pracy. Pomysłów może być wiele. Na dość ciekawy wpadł kilkanaście lat temu Andre Geim (rosyjski fizyk z holenderskim obywatelstwem, pracujący obecnie w Wielkiej Brytanii). Zachęcił grupę współpracowników do doświadczalnego sprawdzania szalonych pomysłów. Tylko niektóre przedsięwzięcia okazały się realizowalne. Opublikowanie wyników jednego z takich eksperymentów przyniosło mu w 2000 roku nagrodę... Ig Nobla za demonstrację lewitacji żywej żaby w silnym polu magnetycznym. Żaba doświadczenie przeżyła, unaoczniając jednocześnie diamagnetyzm wody, z której się głównie składała.

Cztery lata później, wraz z młodszym kolegą, Konstantinem Novoselovem, również Rosjaninem, udało mu się uzyskać pojedynczą warstwę grafitu. Konkurenci, którzy uważali, że uzyskanie takiej stabilnej warstwy, chociażby o mikroskopowych (obserwowalnych pod mikroskopem optycznym) rozmiarach, jest niewykonalne, łapali się za głowy, gdy dotarło do nich, w jak prosty sposób taką pojedynczą warstwę, czyli grafen, udało się uzyskać w „piątkowy wieczór” [1]. Teoretycznie wiadomo było dość dużo o tym, czego po grafenie można się spodziewać, ale podawano w wątpliwość jego stabilność, wobec istnienia fullerenu i nanorurek węglowych, czyli takich właśnie warstw, ale tworzących wielościany lub ruloniki zamiast płaskich skrawków. Wiele nieudanych prób wykorzystujących różne wyrafinowane metody skutecznie osłabiło wiarę w możliwość uzyskania grafenu.

Okazało się, że wystarczyło wielokrotne przyklejanie i odrywanie taśmy klejącej (eksfoliacja) od wysepek grafitu zatopionych w emulsji fotograficznej (używanej w fotoligrafii), a następnie jej rozpuszczenie. Skrawki cienkich warstewek grafitu zostały później wychwycone z rozpuszczalnika na płytkę krzemową i oczyszczone, a ich grubość zmierzona za pomocą metod optycznych i mikroskopu skaningowego. Jak widać, doświadczenia tego nie dałoby się wykonać w przeciętnie wyposażonej kuchni, ale w większości instytutów zajmujących się fizyką fazy skondensowanej – jak najbardziej. W dodatku pomysł z eksfoliacją nie był wcale oryginalny, tylko nikomu nie udało się wcześniej go wykorzystać we właściwy sposób.

Początkowo Geim i Novoselov mieli nad konkurentami przewagę i wykonali szereg pionierskich doświadczeń z grafenem. Prace te zostały docenione w tym roku poprzez przyznanie autorom Nagrody Nobla z fizyki za „przełomowe doświadczenia dotyczące dwuwymiarowego materiału – grafenu”.

W wywiadzie, udzielonym redaktorowi naczelnemu portalu [nobelprize.org](http://nobelprize.org), Geim powiedział, że nie jest typem naukowca pracującego przez lata nad jednym tematem. Wprost przeciwnie, zawsze zastanawia się, co jeszcze można by było zrobić za pomocą dostępnego wyposażenia i z wykorzystaniem własnych kompetencji. Następnie stwierdził, że najważniejsza jest odwaga podjęcia się czegoś, co w dziewięćdziesięciu dziewięciu

przypadkach na sto zakończy się fiaskiem. Pierwsze trzy lata pracy nad grafenem porównał do sytuacji poszukiwaczy złota z powieści Londona, którzy po przebyciu łańcucha gór na Alasce starają się zaznaczyć jak najwięcej miejsc swoimi chorągiewkami.

Novoselov, który jest jednym z najmłodszych laureatów, w analogicznym wywiadzie wypowiedział się podobnie. Pytany o intensywność konkurencji w tej dziedzinie stwierdził, że już planuje zająć się czymś innym niż grafen i ma nawet kilka pomysłów, czym.

Ten „złotonośny teren” rzeczywiście staje się coraz bardziej zatłoczony, ale trudno się temu dziwić. Własności grafenu są naprawdę niesamowite. Jest najlepszym znanym przewodnikiem elektryczności, z nośnikami prądu poruszającymi się z prędkościami relatywistycznymi, oraz najlepszym przewodnikiem ciepła. Jest on najbardziej wytrzymały. W hamaku z grafenu można by było umieścić śpiącego kota. A sam hamak ważyłby tyle, co jeden wąż tego kota. Nie jest to wyłącznie doświadczenie myślowe, bo największa płachta grafenu miała około połowy metra kwadratowego. Jednocześnie grafen jest nieprawdopodobnie lekki (liczba Avogadro to duuuuża liczba), przezroczysty, a jednocześnie nieprzepuszczalny nawet dla helu. W zeszłym roku w grafenie udało się wreszcie wykazać występowanie ułamkowego efektu Halla (który można rozumieć jako przepływ ułamkowych ładunków) i to do rekordowo wysokiej temperatury 20 K (poprzednio efekt ten, związany z dwuwymiarowością badanego systemu, obserwowano w bardzo niskich temperaturach w powierzchniach styku dwóch ciał stałych).

Liczba zastosowań grafenu do badań podstawowych oraz potencjalnych zastosowań praktycznych jest bardzo długa i na pewno nadal niepełna. Materiał ten jest ekstremalnie cienki, przy tym ekstremalnie mocny i rozciągliwy. Jest wspaniałym laboratorium podstaw mechaniki kwantowej i nadzieją elektroniki, materiałoznawstwa, chemii itd. Wykazano już, że z grafenu można zrobić tranzystor. Jeżeli uda się elektronikę przenieść z krzemu w grafen, to będziemy mieli kolejną fazę miniaturyzacji. Grafen może posłużyć do budowy giętkich wyświetlaczy, superlekkich superwytrzymałych materiałów, fotoogni, detektorów zdolnych reagować na pojedyncze cząsteczki i wielu innych urządzeń, o których zarówno mamy, jak i nie mamy jeszcze pojęcia.

Andre Geim jest jedynym laureatem obu nagród: Ig i Nobla. Warto przypomnieć dewizę prześmiewczego wyróżnienia przyznawanego za „nieprawdopodobne badania”, które „najpierw śmieszą, a później zmuszają do myślenia”.

A tak przy okazji: co Ty planujesz na piątek wieczór?

Piotr ZALEWSKI

[1] K.S. Novoselov, A.K. Geim, S.V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S.V. Dubonos, I.V. Grigorieva, A.A. Firsov, *Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films*, *Science* **306** (2004) 666–669, wraz z materiałami dodatkowymi: <http://www.sciencemag.org/cgi/data/306/5696/666/DC1/1>