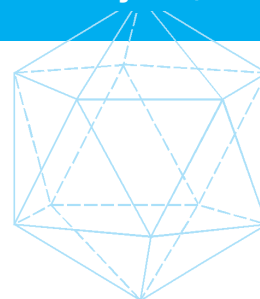




Osiągnięcia Nauki i Techniki Kierunki Rozwoju i Metody

KONWERSATORIUM POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ
Wkładka nr 17 do Miesięcznika Politechniki Warszawskiej nr 6/2010

Redaktor merytoryczny — Stanisław Janeczko



Science, Society and Sustainability

Zapowiedź odczytu, który zostanie wygłoszony w dniu 14 lipca 2010 roku

Harold Kroto

Laureat Nagrody Nobla w dziedzinie chemii 1996
The Florida State University

Harry Kroto i fullereny

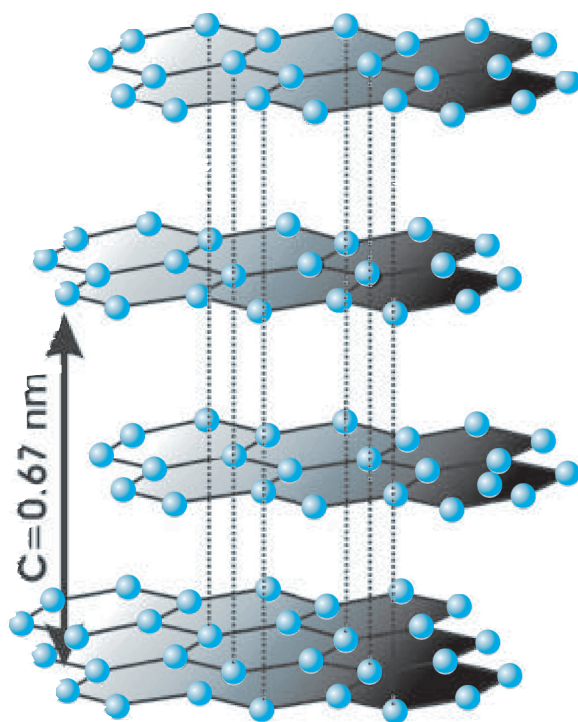
Harold Kroto z Univeristy of Sussex (Wielka Brytania) oraz Robert Curl i Richard Smalley z Rice University w Houston (USA) otrzymali w 1996 roku nagrodę Nobla w dziedzinie chemii za odkrycie fullerenów.

Prześledźmy historię tego odkrycia poprzez prace Harry'ego Kroto, uważanego za głównego inspirowanego badań, które doprowadziły zespół do tego sukcesu.

Harry Kroto związał swoją pracę naukową z University of Sussex na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XX wieku. Zajmował się m.in. identyfikacją liniowych cząsteczek węglowych poprzez ich oddziaływanie z promieniowaniem mikrofalowym z zastosowaniem spektroskopii rotacyjnej. Ważnym momentem w ciągu tych prac była synteza cząsteczki cyjanodwuacetylenu HC_5N i określenie zbioru częstotliwości absorpcji mikrofal przez te cząsteczki. Miało to związek z pracami radioastronomów nad poszukiwaniem międzygwiazdowego HC_5N . Kroto zastanawiał się nad mechanizmami powstawania międzygwiazdowych molekuł, zawierających

w swojej strukturze liniowe łańcuchy węglowe. Według niego miejscem powstawania długolancuchowych związków chemicznych była atmosfera zimnych gwiazd węglowych. Powstało pytanie czy tego typu cząsteczki nie stanowią pośrednich struktur pomiędzy krótkimi cząsteczkami C_n , powstającymi podczas sublimacji węgla, a cząsteczkami grafitu obserwowanymi wokół czerwonego olbrzyma. Ta hipoteza stała się inspiracją do poszukiwania techniki otrzymywania wielkocząsteczkowych struktur węglowych. Kluczowym surowcem do wytwarzania takich struktur mógłby być grafit — jedna z podstawowych (obok diamentu) odmian alotropowych węgla. Struktura grafitu (rys. 1), składa się z warstw, w których występują sprzężone, sześciocząłkowe układy cykliczne.

Podobnie jak w cząsteczce benzenu, każde wiązanie C-C w warstwie ma charakter zdelokalizowanego 3/2-krotnego wiązania aromatycznego, tworzącego obszary zdelokalizowanych orbitali π , umożliwiających swobodny ruch elektronów równoległe do warstw pierścieniowych. Między warstwami występują słabe oddziaływania van der Waalsa. Podstawowe elementy takiej struktury mogłyby być wygodnym bu-



Rysunek 1. Struktura grafitu

dulcem form wielkocząsteczkowych, zawierających duże ilości atomów węgla.

Jak stworzyć warunki do wykonania takich zlepków?

W latach osiemdziesiątych XX wieku Richard Smalley w Rice University zajmował się wykorzystaniem technik wiązek molekularnych do badania klastków atomowych. Aparat o nazwie AP2, który skonstruował i stosował do tych badań, umożliwiał tworzenie klastków z wybranego materiału. Zasada działania polegała na napromienianiu impulsową wiązką lasera tarczy materiału, który odparowywał do strumienia sprężonego helu. Odpowiednie warunki aerodynamiczne układu i czasy przebywania umożliwiały łączenie odparowywanych elementów tarczy w klastery odpowiedniej wielkości, analizowane za pomocą spektrometru masowego.

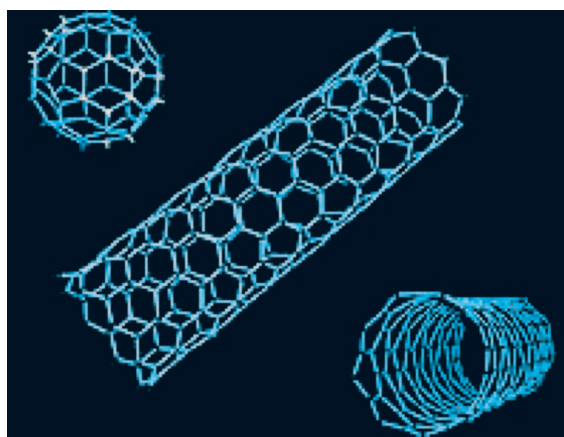
Harry Kroto, który na zaproszenie Roberta Curle'a, współpracującego ze Smalley'em, wizytował w 1985 roku Rice University, przedstawił swoją koncepcję i cel badań, proponując aby do eksperymentu jako materiału tarczy użyć grafit.

Zespół, w skład którego wchodził jeszcze doktoranci, zmieniając warunki operacyjne procesu otrzymywał klastery węglowe różnej wielkości. Analiza spektralna wykazała, że w produkcji silny pik widma wykazują struktury zawierające 60 atomów. Pik ten był kilkadziesiąt razy silniejszy od pików odpowiadających sąsiednim klastrom. Badacze doszli do wniosku, że otrzymali stabilną i trwałą strukturę wielkocząsteczkową węgla C_{60} . Jaka była jej budowa przestrzenna? Jak połączone są w niej atomy węgla? Kolejne hipotetyczne struktury C_{60} nie spełniały

warunków spójności wszystkich elementów definiujących molekułę. Na pewnym etapie rozważań Harry Kroto zaproponował wielowarstwową strukturę sześciokątów grafitu — czteropiętrowy układ, w którym pomiędzy dwoma sześciokątnymi pierścieniami z sześciu atomów węgla ściśnięte są dwie sieciowate „blaszki” z 24 atomami węgla każda. W sumie w takiej strukturze jest 60 atomów węgla. Ale jak zagospodarowane są 32 wiązania brzegowe? Energia tych wiązań typu delta jest duża. Jak mogą się one połączyć? Czy możliwe byłoby przestrzenne wygięcie wiązania chemicznego żeby to uzyskać?

Przez kolejne przybliżenia oraz fakt, że szczególnie stabilne są struktury C_{60} i C_{70} , twórcy doszli do wniosku, że molekuły te mają zwartą strukturę przestrzenną zamykającą się do kształtu kuli.

Pierwsze przymiarki modeli przestrzennych, wykonywanych z papieru, wykazały, że same sześciokąty nie wystarczą do zbudowania zamkniętej struktury. Inspiracją do ostatniego modelu zawierającego sześciokąty obok pięciokątów, były obserwacje konstrukcji architektonicznych pokrycia hal w postaci tzw. kopuł geodezyjnych, zaproponowanych przez R. Buckminstera Fullera — amerykańskiego architekta, którego pracami fascynował się młody Kroto. Konstrukcje połączenia foremnych sześciokątów z pięciokątami utworzyły drogę do uzyskania krzywny zamkniętej bryły, złożonej z dwudziestu ścianek sześciokątnych i dwunastu pięciokątnych oraz sześćdziesięciu wierzchołków. Wierzchołki są sobie równoważne i każdy leży we wspólnym narożniku jednego pięciokąta i dwóch sześciokątów. Dokładna analiza struktury potwierdziła, że taka konstrukcja odpowiada sytuacji w której wiązania pomiędzy atomami węgla, znajdującymi się w narożach, wysycają się jak w klasycznych cząsteczkach związków aromatycznych. Powstała nowa molekuła C_{60} , nazwana przez twórców początkowo żartobliwie „jajami Buckiego”, na cześć architekta Fullera, a później bardziej poważnie „Buckminster fullerenem”, potocznie fullerenem (rys. 2).



Rysunek 2. Model fullerenu i nanorurek

Było to wielkie i inspirujące odkrycie. Należy tu nadmienić, że wcześniej, nad podobnymi strukturami pracował zespół badawczy Exxon oraz badacze japońscy i niemieccy. Pełny i udokumentowany opis fullerenów podali jednak Curl, Kroto i Smalley. Ich odkrycie stało się inspiracją do tworzenia struktur pochodnych, które zaliczamy do grupy fullerenów. Szczególnymi izomerami strukturalnymi fullerenów są np. nanorurki. Są to walce powstające ze zwinięcia pojedynczej płaszczyzny grafitowej, domknięte z obu stron połówkami fullerenów odpowiednimi do średnicy cylindra.

Można wyróżnić następujące rodziny fullerenów:

- fullereny właściwe (C_{60} , C_{70}),
- fullereny cebulkowe (wielowarstwowe),
- fullereny olbrzymie (C_x , $x > 500$),
- nanonurki.

W trakcie badań okazało się, że fullereny mogą mieć szereg zastosowań praktycznych. Można je łączyć z innymi pierwiastkami lub związkami chemicznymi (tzw. fullereny egzohedralne), umieszczać w ich wnętrzu atomy różnych pierwiastków lub związki nadające takim strukturom własności funkcjonalne (fullereny endohedralne).

Fullereny otworzyły nowy obszar badawczy i aplikacyjny, nazwany nanotechnologiami.

Opracował — *prof. dr hab. Leon Gradoń*

Materiały źródłowe — *prace H. Kroto i E. Osawy*

Zdjęcia — *Wikipedia;*

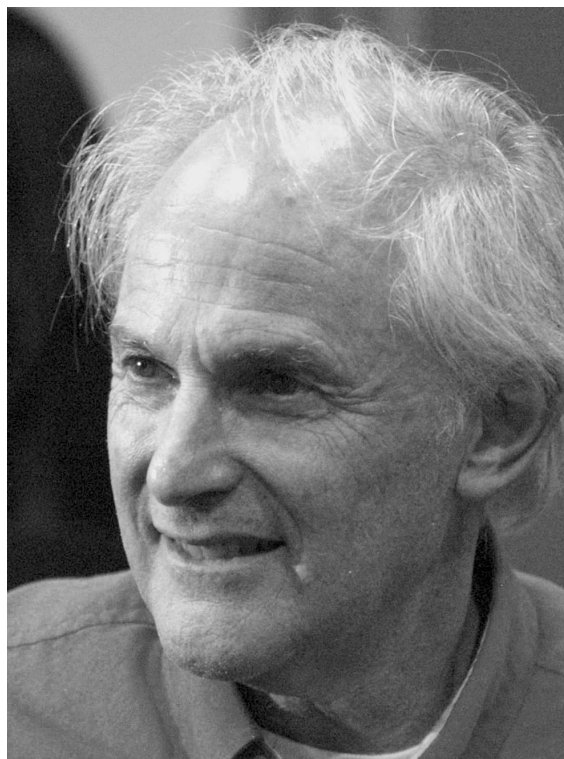
<http://www.comunicacion.amc.edu.mx/fotos/reconocen-premios-nobel-la-calidad-de-la-ciencia-mexicana-2/>

Profesor Harry Kroto

Profesor Harry Kroto urodził się w miejscowości Wisbech w hrabstwie Cambridge w Anglii w 1939 roku. Po ukończeniu szkół w Bolton, w 1958 roku rozpoczął studia na uniwersytecie w Sheffield na wydziale chemicznym, które ukończył z wyróżnieniem w 1961 roku. Prace nad doktoratem w zakresie spektroskopii molekularnej prowadził również na uniwersytecie w Sheffield, uzyskując stopień doktora (Ph.D.) w 1964 roku. Staż podoktorski odbył w latach 1964–1966 w National Research Council w Ottawie, a następnie kontynuował swoje badania w Bell Telephone Laboratories (1966–1967). W 1967 roku wrócił do University of Sussex (Brighton), gdzie po kolejnych awansach akademickich w 1985 roku został profesorem. Od 2004 roku Harry Kroto jest profesorem na Wydziale Chemii, Florida State University.

Na początku kariery naukowej Harry Kroto zajmował się badaniami własności wolnych rodników i oddziaływań molekularnych w fazie gazowej i ciekłej z zastosowaniem metod spektroskopowych. Następnie skierował swoje zainteresowania na tworzenie nowych molekuł z wielokrotnymi wiązaniami między węglem a innymi pierwiastkami, w szczególności siarką, selenem i fosforem. Udowodnił możliwość istnienia takich związków. Dalsze badania Harry'ego Kroto dotyczyły molekuł w postaci długocząściowych liniowych struktur węglowych, których istnienie stwierdzono w gwiazdach i przestrzeni międzygwiazdowej. Zajął się więc możliwością otrzymywania takich struktur w warunkach laboratoryjnych. Doprowadziło to m.in. do odkrycia struktury fullerenu, za które wraz z Robertem Curlem i Richardem Smally otrzymał w 1996 roku Nagrodę Nobla.

Najnowsze badania Harry'ego Kroto dotyczą chemii fullerenów, otrzymywania i badania własności materiałów nanostrukturalnych, w tym nanorurek.



Za swoją działalność profesor Harry Kroto został uhonorowany szeregiem wyróżnień, w których najważniejszą jest wspomniana Nagroda Nobla. Jest członkiem wielu towarzystw naukowych, m.in. Towarzystwa Królewskiego (1990), Narodowej Akademii Nauk USA, Królewskiego Towarzystwa Chemicznego (1993), którego prezydentem był w latach 2002–2004. Został wyróżniony doktoratami honorowymi 29 uniwersytetów na całym świecie. Ponadto otrzymał szereg medali i nagród naukowych i edukacyjnych.

Zaproszenie

Wszystkich zainteresowanych tematem zapraszamy na wykład profesora Harolda Kroto pt.: *Science, Society and Sustainability*, który zostanie wygłoszony w dniu 14 lipca 2010 roku (godz. 15:15–17:00, Gmach Główny Politechniki Warszawskiej, pl. Politechniki 1, sala 134) w ramach cyklu *Konwersatorium Politechniki Warszawskiej*.

Abstract

The fact that our modern world is so completely and precariously balanced on Science, Engineering and Technology (SET) makes an understanding of these disciplines by all in positions of significant responsibility vital. *Although wise decision-making may not be guaranteed by knowledge, common sense suggests that wisdom is not a likely consequence of ignorance.* So far SET have truly revolutionised our lives and there is no doubt that the humanitarian contributions have improved the quality of life in the developed world immeasurably. It is worth reminding ourselves that, for instance, in the 18th Century half of all children died by the age of 8. It is also worth reflecting on the fact that this improvement was brought about by scientific/technological advances based on doubt and questioning — evidence dependent philosophies totally at variance with the belief-based concepts that underpin all mystical societal attitudes. The conflict between these two orthogonal philosophies is now here more obvious than in the recent avalanche of attempts to undermine the validity of Darwin's Theory of Evolution and in particular corrupt the intellectual integrity of our educational system. The fact that this is taken at all seriously indicates a level of basic public gullibility which is being wilfully and maliciously exploited by intellectually corrupt organisations focused primarily on undermining the rational principles that led to Democracy and the Enlightenment. The mindless acceptance of the claims is hard to credit when one considers that almost everyone in the western world has benefited from the socio-economic advances of SET — in particular medical advances based on a deep understanding of the evolutionary process.

Society has the power to use technology so that it can be of benefit or be detrimental. On the latter score one should note that political decisions have resulted in the existence of some 28,000 nuclear weapons

worldwide. In addition it now appears that our technologies may well have also catalysed a mindless mass-production driven plundering of the Planet's resources. We may be hurtling towards disaster — we may not need an asteroid. For a 50:50 chance of surviving into the next century every segment of society, from industrialists, engineers and scientists to politicians, farmers and fishermen must now recognise that these issues are the most serious that the human race has ever confronted. Our only hope for survival rests on the shoulders of those who take survival and sustainability issues seriously — and do something about it.

I see a key role for "Nanoscience and Nanotechnology" which is arguably — and I would argue it — just a new name for Chemistry where this discipline overlaps Condensed Matter Physics, Molecular Biology and Materials Engineering. I also see improved SET education as vital. We have manifestly failed in this endeavour but there may be one last hope: *The Internet is a major new communications technology which we must exploit to educate people on a global scale in the rational attitudes to decision-making that are now vital to our very survival.* With the Vega Science Trust, (www.vega.org.uk), we have made over 200 TV and Internet programmes (almost half shown on the BBC). It is a highly successful platform for scientists to communicate directly and improve the public awareness and understanding of SET. With an exciting new Global Educational Outreach for Science Engineering and Technology (GeoSet, www.geoset.info) initiative we are working with other universities to make outstanding educational material available in any part of the world. The major aim is to empower teachers, worldwide, by giving them access to the best teaching material, packaged for direct use in the classroom, together with expert examples of how the material might best be presented.