

Rozhledy matematicko-fyzikální

Lubomír Sodomka

Nanotechnologie a Nobelova cena za fyziku pro rok 2010

Rozhledy matematicko-fyzikální, Vol. 86 (2011), No. 2, 14–19

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/146414>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2011

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

Nanotechnologie a Nobelova cena za fyziku pro rok 2010

Lubomír Sodomka, Adhesiv, TUL, Liberec

Abstract. The article presents two examples of the Nobel Prize awards in physics and chemistry. The examples show that nanotechnology predominates in current fundamental research and that it is the developing nanotechnology where physics and chemistry complement, overlap and unify each other.

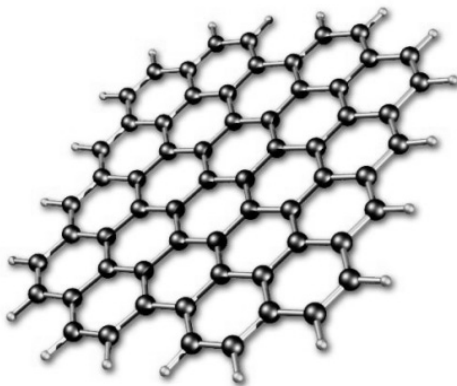
Úvod

Nanotechnologie, nanofyzika a další odvozeniny z předpony nano jsou v současnosti nejčastěji užívaná slova ve fyzice a technologiích. Vznikají katedry, fakulty a výzkumné ústavy zabývající se mezofyzikou a nanofyzikou, i když do takových disciplín patří odedávna chemie a technologie materiálů, fyzika rentgenového záření a další fyzikální disciplíny, jejichž předmětem studia jsou objekty v rozměrech nanometrů (10^{-9} m). Dá se proto očekávat, že většina výzkumných projektů bude směřovaná na nanodisciplíny a tím také většina Nobelových cen bude udělována v těchto oborech, které jsou již od 50 let předmětem zájmu technologů a výrobců. Nanotechnologie pronikne i do biologických procesů, jak se to již nyní projevuje. Není tedy náhodou, že Nobelova cena pro rok 2010 za fyziku a chemii byly udělené právě za objevy v oblasti nanotechnologie. Jde o přípravu grafénu, jedné bazální roviny grafitu, a o spojování atomů uhlíku a složité molekuly, důležité zvláště v biologických pochodech a hlavně při léčbě rakoviny.

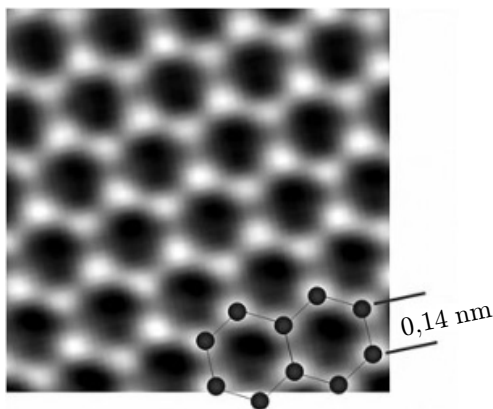
Nobelova cena za fyziku

Udělování Nobelovy ceny za fyziku je již dávnou tradicí [4–6]. Pro rok 2010 ji získali Andre Geim a Konstantin Novoselov, dva fyzici ruského původu pracující na univerzitě v Manchesteru. Cenu získali za izolaci grafénu, což je bazální rovina grafitu. Odtud jeho název. Grafén je tvořený sítí pravidelných šestiúhelníků, v jejichž vrcholech leží atomy uhlíku. Obr. 1 znázorňuje ideální strukturu grafénu a na obr. 2. je pak zobrazen

grafén řádkovacím tunelovým mikroskopem [1–2] ve skutečnosti. Oddělit grafénovou jednoatomovou vrstvu od více vrstevné grafitové vrstvy pokládala většina výzkumníků za nemožné. Na oddělování a zachycení grafénu užili laureáti skotskou lepicí pásku a po dlouhém experimentování se jim podařilo nanést grafén na povrch monokrystalu křemíku, kde pozorovali duhové zbarvení od grafénu jako při odrazu na tenkých vrstvách. Při studiu vlastností grafénu bylo zjištěno, že je mimořádně pevný, 20krát pevnější než ocel, pětkrát elektricky vodivější než měď, 10krát tepelně vodivější než měď.



Obr. 1. Ideální síť grafénu, černě jsou vyznačeny atomy uhlíku



Obr. 2. Skutečný grafén pozorovaný tunelovým mikroskopem

HISTORIE

Uhlík patří v Mendělejevově tabulce do skupiny IVA, kam patří rovněž germanium a křemík. Na těchto materiálech byly objevené polovodiče a jejich odvozeniny, polovodičové diody, transistory a později integrovaná miniaturní mikroelektronika. Dá se tedy očekávat obrovské využití grafénu jako čidel v nejrůznějších aplikacích v mikroelektronice a dokonce i v nanoelektronice. Vysoké hodnoty pevnosti umožní vytvářet pevné a elastické kompozity. Univerzální využití grafénu jej předurčuje jako materiál budoucnosti. Vysoká rychlost elektronů v grafénu, blízká se rychlosti světla, umožní konstrukci ultrarychlých počítačů. Není proto náhodné udělení Nobelovy ceny za fyziku oběma vědcům, Geimovi a Novoselovovi.

Podívejme se ještě na vědeckou dráhu, která oba dovedla až k Nobelově ceně za fyziku.

Andre Geim (obr. 3) se narodil v roce 1958 v Soči v SSSR. Doktorský titul PhD v oboru fyzika získal v roce 1987 na Institutu pevných látek AVSSSR v Černogalovce u Moskvy. Zastával funkci ředitele Centra pro rozvoj mezovědy a nanotechnologii. Počátkem 90. let absolvoval stáže na univerzitách v Nottinghamu, Bathu a Kodani. V letech 1994 až 2000 působil jako profesor na univerzitě v Nijmegenu v Holandsku. Od roku 2001 je profesorem na Manchesterské univerzitě, kde učinil objev na Nobelovu cenu.



Obr. 3. A. K. Geim



Obr. 4. K. S. Novoselov

Konstantin Novoselov (obr. 4) se narodil v roce 1974 v Nižním Tagilu v SSSR. Kromě ruského má i britské občanství. Odešel za svým učitelem Geimem na univerzitu do Nijmegenu, kde dosáhl titul PhD. Oba vědci spolupracovali na mezostrukturách a nanotechnologii již v SSSR. K. Novoselov nyní působí jako profesor na univerzitě v Manchesteru [3].

Nobelova cena za chemii

I udělování Nobelovy ceny za chemii má svou tradici [4–6]. Pro rok 2010 byla rozdělena mezi tři laureáty, Američana R. F. Hecka, Číňana Ei-ichi Negishia a Japonce Akira Suzukia (obr. 5–7).



Obr. 5. R. F. Heck



Obr. 6. E. Negishi



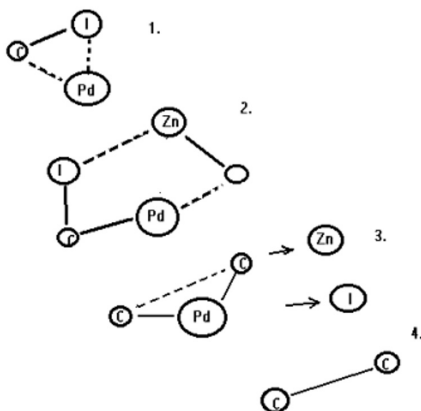
Obr. 7. A. Suzuki

Cena byla udělena za katalytické účinky paladia při slučování v organických syntézách. Sloučeniny organické chemie, což jsou v podstatě sloučeniny uhlíku, se vyskytují ve velkém množství kombinací základních sloučenin s uhlíkem a jsou zodpovědné za existenci velkých molekul v mnoha biologických objektech od rostlin, přes viry, bakterie, živočichy až po člověka. Ty vznikaly vývojem původně bez zásahu člověka a vytvořily rozmanité výtvořiny v přírodě. Na základě poznání zákonitostí organické chemie začalo lidstvo vytvářet nové v přírodě neexistující organické sloučeniny, které doznaly rozsáhlé aplikace v soudobé technice. Tvořit nové organické sloučeniny znamená poznat základy technologie jejich tvorby a vzniku. To pak umožňuje vytvářet nové druhy látek podle stanoveného programu. Touto cestou se vydali všichni tři laureáti Nobelovy ceny za chemii.

K vytváření sebesložitějších organických sloučenin je třeba vytvořit podmínky ke spojování atomů uhlíku. Problém spočívá v tom, že izolované atomy uhlíku jsou relativně stabilní a k jejich aktivaci je třeba vytvořit vhodné podmínky [2, kap. 20]. Co předcházelo objevu? Bude překvapením, že to bylo potápění se v Karibském moři od roku 1980. V hloubce 33 metrů byli objeveni podivní živočichové houbovitého tvaru bez očí, úst, žaludku. Ukázalo se, že tito živočichové jsou schopni vytvářet nejsložitější organické sloučeniny, které se ukázaly toxické a vhodné pro chemoterapeutické účely k potlačování rakovinových buněk. Tento přírodní zdroj se stal vzorem pro vytváření nové technologie. Problém

HISTORIE

spočíval ve vytvoření podmínek ke spojování uhlíkových atomů. Laureáti využili katalytických účinků paladia (Pd) z osmé skupiny Mendělejevovy periodické soustavy prvků za spolupůsobení zinku (Zn) a jodu (I). Paladium je bohaté na elektrony a jod přitahuje elektrony z uhlíku (obr. 8, fáze 1).



Obr. 8. Mechanismus technologie spojování atomů uhlíku

Ve fázi 2 atomy paladia (Pd) získávají deficitní elektrony a pak reagují s uhlíkem s nadbytkem elektronů v blízkosti atomů zinku. Ve třetí fázi se vzdálí atomy paladia od atomů uhlíků stejně jako atomy zinku a jodu, a tak dojde ke spojení atomů uhlíku v jeden celek za bývalé katalytické podpory atomů Pd, Zn a I, jak ukazuje fáze 4. Pak se tento cyklus opakuje v celém objemu a postupně vznikají ty nejsložitější uhlíkové struktury a organické látky.

S využíváním paladia jako katalyzátoru v přípravě organických látek se započalo v 50. letech 20. století při výrobě barviv, změkčovadel a při výrobě kyseliny octové. R. Heck začal také experimentovat s paladiem jako katalyzátorem a kolem roku 1968 se mu podařilo spojit uhlíkové atomy tak, že vytvořil molekulu styrenu, který sloužil k výrobě známého polystyrenu. Reakce založené na spojování atomů uhlíku se dnes nazývají Heckovy reakce. Pro stabilitu atomů je třeba, aby vnější elektronové obaly tvořily uzavřené slupky elektronů, což pro malé atomy, jako je uhlík, dusík a kyslík, tvoří osm elektronů. Při sdílení elektronů mezi uhlíkem a vodíkem jde o zaplněnou vrstvu dvou elektronů heliového typu. Velké molekuly jsou vytvářené z malých částí.

Atom uhlíku má příznivou elektronovou strukturu [2], aby se stal aktivním při vhodném katalytickém působení a spojoval se s dalšími atomy uhlíku. První se zabýval těmito problémy Grignard, laureát Nobelovy ceny za chemii pro rok 1912. Jako katalyzátor užíval hořčík, výsledky však nebyly předvídatelné. Teprve použití paladia jako katalyzátoru Heckem vedly k předvídatelnosti výsledků. V roce 1977 použil Negishi místo hořčíku zinek. Soustava byla méně reaktivní, atom zinku však zprostředkoval přenos atomu uhlíku na atom paladia. V roce 1979 použil Suzuki místo zinku bor, který je méně toxický a Suzukiova reakce se začala používat ve výrobě.

Z uvedeného je zřejmé, že katalytické metody laureátů jsou použitelné pro výrobu různých farmatik. Katalytických reakcí se užívá také k přípravě tenkých organických svítících diod a tím i k výrobě monitorů s milimetrovou tloušťkou. V kombinaci paladiových atomů s grafenovými vrstvami oceněnými NCF v tomto roce je možné vytvářet komplexy a uskutečnit Suzukiovy reakce i ve vodě. Heckovy, Negishiovy a Suzukiovy reakce umožňují vytvářet sebesložitější organické sloučeniny podle požadovaných vlastností.

R. F. Heck se narodil ve Springfieldu v USA. Nyní pracuje na Delawarské univerzitě. *Ei-ichi Negishi* se narodil v roce 1935 v Changchunu v Číně. Pracuje na Delawarské univerzitě v USA. *A. Suzuki* se narodil 12. září 1930 v Japonsku a nyní pracuje na Hokkayidské univerzitě v Sapporu v Japonsku.

Literatura

- [1] Sodomka, L.: *Základy fyziky pro aplikace a nanotechnologii*. Adhesiv, Liberec, 2005 (CD), díl 3, kap. 15.7.
- [2] Sodomka, L., Fiala, J.: *Fyzika a chemie kondenzovaných látek s aplikacemi*. Adhesiv, Liberec, 2003, díl 1.2.
- [3] Google.cz /Physics, Andre Geim, Konstantin Novoselov/
- [4] Sodomka, L., Sodomková, Mag.: *Nobelovy ceny za fyziku*. SetOut, Praha, 1997.
- [5] Sodomka, L., et al: *Kronika Nobelových cen 1,2*. Adhesiv, Liberec, 2002.
- [6] Sodomka, L., et al: *Kronika Nobelových cen*. Knižní klub, Praha, 2004.