

Nobelovu cenu za chemii v letošním roce obdrželi vědci za objev a syntézu kvantových teček

10.10.2023 - | Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze

Kvantové tečky jsou nanočástice, jejichž velikost určuje striktně jejich vlastnosti - zde především elektronické a optické. Historie kvantových teček začíná v 70. letech 20. století, kdy Alexej Ekimov, první z oceněných vědců, studoval v tehdejší Sovětské svazu barevné chování skla obsahujícího nanokrystaly chloridu měďného. Pozoroval, že čím jsou krystaly menší, tím více se posouvá absorpce světla do modré části spektra.

Teprve na počátku 80. let se anglické překlady jeho publikací dostaly k Louisi E. Brusovi, dalšímu z nyní oceněných badatelů, který se v USA do té doby nezávisle - a osamoceně - zabýval studiem nanokrystalů sulfidu kadmátého dispergovaných v kapalinách a analogicky pozoroval závislost jejich optických vlastností na velikosti nanočástic. Brus následně navázal korespondenční komunikaci s Ekimovem. Je potřeba uvést, že jejich výzkum nezačínal úplně od nuly.

Tak zvané polovodičové heterostruktury byly již několik desítek let intenzivně studovány teoreticky i experimentálně. Teoretici spekulovali již v počátcích budování kvantové mechaniky o tom, že dostatečně malé částice by za určitých okolností mohly vykazovat některé analogické vlastnosti jako atomy.

A kupříkladu Herbert Fröhlich již v roce 1937 předpověděl takové neobvyklé chování pro velmi malé kovové částice. Jádrem představ byla myšlenka, že pokud velikost nanostruktury odpovídá rozměru elektronového vlnového klubka, potom se elektrony uvnitř takových struktur budou chovat dle principů kvantové mechaniky, podobně jako elektrony v atomech. Například budou moci nabývat pouze určitých hodnot energie, jako je tomu v atomech, avšak jejich hodnoty budou přímo záviset na velikosti takového objektu a budou tedy za předpokladu dokonalé kontroly nad procesem syntézy „laditelné“. Neexistovaly však postupy, jak kontrolovaně takové objekty připravit a jejich chování studovat.

V době, kdy Ekimov a Brus započali své experimenty, byl již pojem kvantová jáma ustálený v konceptu systémů vykazujících efekt kvantového omezení (anglicky quantum confinement effect), avšak praktické realizace byly omezeny na tenké vrstvy polovodičů (2D struktury). To byl jediný technicky dosažitelný typ struktur s kontrolovanými rozměry o tloušťkách několika nanometrů.

Nanokrystaly, které připravil Ekimov, byly „utopené“ ve skle. A to znamená velkou komplikaci i při jejich studiu, natož pro jakékoliv praktické využití. Naproti tomu polovodičové kvantové tečky připravené Brusem v koloidních roztocích nabízely mnohem širší škálu aplikací. Měly však jinou - a vážnou - vadu. Používané postupy syntézy poskytovaly koloidní roztok s příliš velkou distribucí velikosti nanočástic. Z hlediska vlastností se tedy jednalo vždy o komplexní směs.

Až v roce 1993 publikoval tým Moungi Bawendiho z USA (třetí z nyní oceněných vědců) pečlivě navržený postup syntézy koloidních kvantových teček. Metoda umožňovala převratnou míru kontroly nad procesem růstu nanočástic a tím i jednoduchý způsob „konstrukce umělých atomů“ - kvantových teček. Nastal prudký rozmach oboru s velkým aplikačním potenciálem. Nejznámější jsou fluorescenční koloidní kvantové tečky, které mají zpravidla široký absorpční pás v krátkovlnné části spektra a úzký emisní pás: svítí v jasných barvách naladěných podle požadavku. Uplatnění našly v

panelech TV obrazovek, monitorech, displejích mobilních telefonů, osvětlovací technice, pokročilých zdrojích světla včetně laserů. Ale také v biomedicínských zobrazovacích a diagnostických metodách, v solární technice a naprosto nezastupitelně v mnoha variantách jako komponenty rozvíjejících se kvantových technologií.

V současnosti nejsou kvantové tečky založeny pouze na polovodičích, ale existují také analoga jako například kovové (plazmonické) nanočástice, uhlíkové nanočástice (grafen, nanodiamanty), nanočástice amorfního křemíku. Na Katedře fyzikální elektroniky FJFI ČVUT v Praze se vyučují teoretické předměty zahrnující rovněž problematiku kvantových teček. Vlastní výzkum provádíme v oboru plazmonických nanočástic s aplikacemi v senzorice a biomedicině. Teoretický i experimentální výzkum probíhá také v oboru kvantových technologií, kde mají naši pracovníci spolupráce s řadou pracovišť v ČR i zahraničí. Na katedře rovněž externě vyučují a vedou studentské práce experti v oboru přípravy kvantových teček z Akademie věd ČR, zejména z FzÚ AV ČR.

<https://www.fjfi.cvut.cz/cz/media-a-verejnost/archiv-aktualit/8401-nobelovu-cenu-za-chemii-v-letosni-m-roce-obdrzeli-vedci-za-objev-a-syntezu-quantovych-tecek>