

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Ludvík Smrčka

Nobelova cena za fyziku v roce 1985

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 32 (1987), No. 1, 37--38

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139881>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1987

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



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

nevede přímo k rozdělení atomů, udává pouze směry a velikosti vektorů spojujících maxima elektronové hustoty. Její aplikace v případě komplikovaných struktur je velmi obtížná.

Řešení obecné úlohy umožnil teprve postup, v němž Karle s Hauptmanem použili statistické metody. Pomocí náročného matematického aparátu (souřadnice atomů s neznámou polohou měly význam náhodně proměnných veličin) se podařilo problém stanovení struktury formulovat jako řešení přeurčené soustavy lineárních rovnic, z nichž každá byla zatížena velkou statistickou chybou závislou na strukturálních amplitudách a složitosti struktury. Monografie, v níž Karle s Hauptmanem ukázali, jak mohou statistické metody radikálně urychlit mapování struktury molekul, vyšla v roce 1953. Řadu let však zůstala opomíjena, protože podle mínění mnoha odborníků obsahovala návod, „jak lze dělat věci, o kterých se ví, že jsou nemožné“.

Skutečnost, že cenu nezískali společně dva chemici, ale matematik H. Hauptman a fyzik-krystalograf J. Karle, dokumentuje význam mezioborové – týmové spolupráce. Podobně jako v mnoha jiných případech i zde předcházela myšlenka s velkým náskokem praktickou aplikaci. Nedůvěra v realizaci metody byla překonána teprve po vývoji výpočetních systémů umožňujících využití přímých metod bez detailní znalosti jejich teorie.

V průběhu sedmdesátých let se stal Karleho a Hauptmanův přístup běžnou krystalografickou technikou. Úplná struktura může být dnes pomocí plně automatizovaných systémů určena i nespécialisty za několik dnů. Až dosud se metoda užívala pro malé molekuly asi o stovce atomů. Jejím rozšířením na analýzu mnohem větších molekul, např. proteinů, lze očekávat

kvalitativní změny našeho poznání především v oblasti molekulární biologie.

Ivo Kraus

NOBELOVA CENA ZA FYZIKU V ROCE 1985

Po přestávce trvajících dvaadvacet let byla Nobelova cena za fyziku udělena opět německému vědci. Jejím nositelem se stal západoněmecký experimentální fyzik Klaus von Klitzing za objev kvantového Hallova jevu v polovodičových součástkách s dvojrozměrným systémem nositelů náboje, ochlazených na teplotu kapalného hélia a vystavených působení silných magnetických polí.

Současný trend v rozvoji elektroniky vede ke konstrukci součástek s velkou pohyblivostí nositelů náboje schopných zpracovávat vysoké frekvence. K tomuto cíli jsou vytvářeny součástky, ve kterých jsou nositele náboje zprostředkující vedení proudu – elektrony nebo díry – soustředěny do velmi tenké vrstvy. Pokud je tloušťka vrstvy srovnatelná s meziatomovou vzdáleností, představuje vrstva z hlediska nositele kvantovou potenciálovou jámu a jeho pohyb je omezen na dva směry. Dvojrozměrné systémy lze vytvářet v tranzistorech řízených polem nebo v polovodičových heterostrukturách. Jejich výhodou je, že nositele náboje jsou prostorově odděleny od donorů a akceptorů; vliv rozptylu na těchto nečistotách je potlačen a výsledná pohyblivost je velká. Kromě toho vykazují součástky s dvojrozměrnými systémy jinou teplotní závislost vodivosti než polovodiče s prostorovým rozdělením nositelů. Zatímco u normálních polovodičů vodivost se snižující se teplotou klesá a při teplotě kapalného

hélia je mizivá, vodivost dvojrozměrných systémů s klesající teplotou roste a díky potlačení rozptylu na tepelných kmitech mřížky dosahuje pohyblivost při héliové teplotě nejvyšších hodnot a je omezena pouze rozptylem na nečistotách.

Poněvadž dvojrozměrné systémy mohou mít velký význam z hlediska praktického uplatnění, věnovala se jejich výzkumu celá řada fyziků, mezi jinými i Klaus von Klitzing. Při studiu vlivu nečistot na elektrickou vodivost hraje kromě ochlazení vzorků na teplotu kapalného hélia významnou roli i měření v silných magnetických polích. Úloha magnetického pole je přitom dvojitá. Předně i poměrně slabá magnetická pole vyvolávají ve vzorcích elektrické napětí ve směru kolmém ke směru průchodu proudu – Hallovo napětí. Z jeho velikosti lze určit koncentraci nositelů náboje ve vzorku. Ve velmi silných magnetických polích dochází ke kvantování pohybu elektronů, což se projevuje oscilacemi vodivosti v závislosti na velikosti magnetického pole – Shubnikovy-deHaasovy oscilace. Amplitudy oscilací jsou určeny jednak velikostí pole, jednak srážkami nositelů náboje a z jejich velikosti lze proto soudit na druh a koncentraci nečistot.

Klaus von Klitzing prováděl takováto měření ve velmi silných polích a s dokonalými vzorky. Zjistil především, že amplitudy oscilací vodivosti jsou za těchto podmínek tak velké, že pro určité intervaly hodnot magnetického pole klesá odpor vzorku téměř k nulové hodnotě a proud prochází vzorkem prakticky beze ztrát, podobně jako je tomu v supravodičích. Souběžná měření Hallova napětí v tomto nedisipativním režimu vedení proudu ukázala, že Hallova vodivost zde nezávisí na velikosti magnetického pole ani na vlastnostech materiálu vzorku a na-

bývá s neuvěřitelnou relativní přesností $1 \cdot 10^{-8}$ kvantovaných hodnot rovných celočíselným násobkům univerzální fyzikální konstanty e^2/h , kde e je náboj elektronu a h je Planckova konstanta. Proto se popsáný jev nazývá kvantovým Hallovy jevem. Převrácená hodnota kvanta Hallovy vodivosti je v soustavě SI rovna 25812,792 Ω .

Objev kvantového Hallova jevu skutečně v únoru 1980 vyvolal ihned obrovský zájem fyzikální veřejnosti a byl brzy následován dalšími významnými výsledky experimentální fyziky dvojrozměrných elektronových systémů. Za všechny jmenujme alespoň zlomkový kvantový Hallův jev objevený roku 1982, kdy bylo zjištěno, že za určitých podmínek může Hallova vodivost nabývat i hodnot daných zlomkem základního kvanta s lichým jmenovatelem. Mimořádné pozornosti se kvantový Hallův jev těší v metrologických laboratořích, lze jej totiž využít ke konstrukci téměř ideálního odporového standardu.

Objev kvantového Hallova jevu leží na rozhraní mezi třemi fyzikálními obory: fyzikou polovodičů, nízkých teplot a magnetických vlastností pevných látek. Představuje významný úspěch „malé“ fyziky, nevyžadující pro svůj rozvoj mimořádně nákladná zařízení, jako jsou velké urychlovače nebo výkonné jaderné reaktory. Zvláštním a nezvyklým rysem též je, že objev zásadní důležitosti pro základní výzkum byl učiněn v oblasti výzkumu aplikovaného, na uměle vytvořených strukturách určených ke konstrukci elektronických součástek.

V Praze jsme měli možnost poznat Klause von Klitzinga v roce 1984, kdy referoval o svých výsledcích na 6. generální konferenci Evropské fyzikální společnosti.

Ludvík Smrčka