

Jednoduchost složitého

rozhovor s profesorem Iachellem

Pavel Cejnar

Ústav částicové a jaderné fyziky MFF UK, Praha



Francesco Iachello

Narodil se v roce 1942 na Sicílii. Po doktorátu v oboru jaderného inženýrství studoval na *Massachusetts Institute of Technology*, kde u Hermana Feshbacha získal druhý doktorát z teoretické fyziky. Později působil v Ústavu Nielse Bohra v Kodani, kde spolupracoval s Aage Bohrem, a na Groeningenské univerzitě v Holandsku. Od roku 1978 je profesorem na *Yale University* v USA.

F. Iachello je průkopníkem použití algebraických technik a principů symetrie ve fyzice silně interagujících mnohočásticových systémů, především atomových jader. Spolu s A. Arimou

zformuloval model interagujících bosonů, který popisuje kolektivní excitace jader, a podílel se na zavedení obdobných přístupů v molekulové fyzice. Rozšíření modelu interagujících bosonů o fermionové stupně volnosti vedlo k předpovědi supersymetrických struktur v jaderných spektrech. V současné době se zabývá teorií kvantových fázových přechodů v jádrech a dalších mnohočásticových systémech.

F. Iachello je spoluautorem několika knih o algebraických přístupech v jaderné a molekulové fyzice a o teorii grup obecně. Na jeho vědecké články existuje cca 12,5 tisíce odkazů. Je nositelem Wignerovy medaile za výjimečný přínos k aplikacím teorie grup ve fyzice, Bonnerovy ceny Americké fyzikální společnosti, ceny L. Meitnerové Evropské fyzikální společnosti, jakož i dalších vyznamenání a čestných doktorátů.

F. Iachello má četné pracovní i mimopracovní kontakty v České republice. Jeho zesnulá manželka pocházela z Moravy. V březnu letošního roku při své návštěvě Prahy proslavil přednášku na Matematicko-fyzikální fakultě UK, kde převzal pamětní medaili.

Vaším celoživotním výzkumným tématem je role symetrií ve fyzice. Pod slovem symetrie má asi každý poměrně konkrétní představu, ale je význam tohoto slova ve fyzice stejný jako v každodenním životě?

Symetrie je velmi starý koncept. Slovo symetrie pochází z řeckého *symmetria*, což vyjadřuje harmonii proporcí, uspořádání. Původně byla symetrie používána především ve vztahu k uměleckým dílům a dalším artefaktům. Vyjadřovala jisté vlastnosti těchto objektů s ohledem k posunutí, otočení, nebo zrcadlení. Později byly tento pojem přenesen také do vědy, do fyziky, kde je dnes používán v mnoha různých významech. Ale stále je zde přímý vztah k původnímu pojetí symetrie v umění a přírodě. Takže význam slova symetrie ve vědě je velmi podobný jeho významu v každodenním životě.

V minulosti jsme symetrií rozuměli invarianci, neměnnost systému při jisté třídě transformací. Avšak dynamická symetrie – pojem, který jste pomohl prosadit ve svých modelech – je cosi poněkud subtilnějšího. Dokázal byste tento pojem jednoduchým způsobem přiblížit?

Ano, dynamické symetrie se dají přiblížit velmi prostým způsobem. Dynamika znamená pohyb. Takže dynamické symetrie jsou symetriemi pohybu. Existuje několik staletí známý příklad dynamické symetrie, týkající se zákonů planetárních pohybů, které byly odhaleny Keplerem. Podle těchto zákonů se oběh planet kolem Slunce děje po uzavřených drahách. A tato skutečnost souvisí se specifickou formou gravitačních interakcí mezi tělesy. Kdyby se gravitační interakce neřídily potenciálem úměrným převrácené hodnotě vzdálenosti, dráhy planet by uzavřené nebyly. Newtonův, tedy také Coulombův zákon vzájemného působení je nejstarším a asi stále nejlepším příkladem dynamické symetrie. Je to symetrie týkající se speciální formy interakce. Dnes víme, že v třírozměrném prostoru existují jen dva případy silového působení, které vedou k uzavřenosti trajektorií – jedním z nich je právě Keplerův systém, druhý představuje harmonický oscilátor.

Z obyčejné symetrie vyplývá existence jistých invariantních veličin, které se při pohybu nemění. Pro interakci, která závisí jen na vzdálenosti, je tímto invariantem kvadrát momentu hybnosti. Dynamická symetrie má za následek další invariantní veličiny. V případě gravitační interakce je to konkrétně čtverec Runge-Lenzova vektoru. Takže se jedná o jisté zobecnění obyčejné symetrie. Od grupy transformací generované momentem hybnosti se dostáváme k nějaké rozšířené grupě.

Co si myslíte o roli supersymetrie v přírodě? Věříte, že supersymetrie představuje fundamentální koncept?

V tuto chvíli jsou jediným experimentálním potvrzením myšlenky supersymetrie spektra atomových jader. Tato supersymetrie je kompozitního typu v tom smyslu, že roli bosonů hrají dvojice fermionů. Takže bosony zde nejsou fundamentálními objekty, zatímco fermiony ano. Zatím není jasné, zda existují fundamentální realizace supersymetrie, v nichž oba supersymetrické partnery představují skutečné elementární částice. Na tuto otázku se dnes zaměřuje značná část výzkumného programu částicové fyziky. Urychlovač LHC v CERNu se supersymetrické partnery obyčejných částic bude snažit hledat. Mnoho lidí si ale myslí, že supersymetrie mezi fundamentálními částicemi objevena nikdy nebude, případně že je velmi silně narušena. To by znamenalo, že jediná realizace supersymetrie je kompozitního typu. Tento pohled obhájí například Nambu. Odpověď na tuto otázku pravděpodobně dostaneme v poměrně blízké budoucnosti, až LHC začne pracovat. Já osobně ale neočekávám, že fundamentální supersymetrie bude potvrzena.

Jak je možné, že symetrie hrají zásadní roli i v tak složitých a z hlediska vnitřní dynamiky často až chaotických objektech jako atomová jádra?

Spíš než abych se to pokoušel nějak vysvětlit, spokojil bych se s tvrzením, že je to prostě pozorování. Celá řada složitých fyzikálních soustav vytváří zcela jednoduché struktury. Náš vědecký program by se tedy dal stručně charakterizovat jako hledání jednoduchosti složitěho – hledání prostých vzorů chování u velmi složitých systémů. Původ tohoto chování nejspíš souvisí s formou vzájemné interakce elementů, ze kterých se tyto systémy skládají.

Prakticky všechny modely jaderné struktury, včetně modelu interagujících bosonů, zahrnují ohromné množství zjednodušení. Dřív to bylo nutné z výpočetních důvodů. Moderní počítače ale zvládají to, co v minulosti bývalo jen snem. Znamená to, že zjednodušené modely jaderné struktury už nejsou zapotřebí?

Je pravda, že počítače v posledních letech udělaly takový pokrok, že dnes už můžeme spočítat téměř všechno. Na druhé straně, co stále potřebujeme především je *porozumění* jevům. Pokud počítač používáme jako černou skříňku, pak je často dost těžké interpretovat získané výsledky – pokud jsme ovšem odpověď neznali již předem. Porozumění se právě rodí v jednoduchých modelech. To je vlastně to, co už říkal slavný fyzik Eugene Wigner. Wigner se nedočkal dnešních výkonných počítačů, ale zažil počátky počítačové éry. A už tehdy říkal: „Je dobré, že počítač zná odpověď, že tomu rozumí, ale já bych rád rozuměl také.“

V současné době se buduje několik nových zařízení pro jadernou fyziku. Některá z nich budou stát v Evropě. Jaký typ nové fyziky od těchto zařízení očekáváme?

Několik nových zařízení pro jadernou fyziku bylo postaveno nebo se staví v Evropě, Japonsku a dokonce i v Číně. Jeden z hlavních cílů těchto zařízení je studium jader daleko od linie stability. Jádra podél line stability známe docela dobře, ale existují další tisíce jader, u nichž očekáváme, že jsou stabilní nebo slabě vázaná, ale nemáme o nich skoro žádné informace. Důležitým úkolem je tedy studovat tyto slabě vázané systémy. V jistém smyslu se to podobá zkoumání vnějších oblastí sluneční soustavy. Známe planety zde blízko nás, ale ne tělesa, která jsou ke Slunci jen velmi slabě vázaná. Tady se může objevit nová fyzika!

Jadernou fyziku jste se učil od průkopníků oboru – Hermana Feshbacha a Nielse Bohra. Jaké hlavní výzkumné úkoly stojí před jadernou fyzikou dnes, po 40 letech?

Jaderná fyzika je dnes už docela starý obor. Začal již před Druhou světovou válkou. Hlavních pokroků bylo dosaženo brzy po válce s rozvojem dvou hlavních modelů. Jedním je model popisující jednočásticové pohyby v jádrech, druhým model popisující kolektivní pohyby. Současná existence obou těchto typů pohybu je jednou z nejdůležitějších vlastností atomových jader, která je důsledkem silných nukleon-nukleonových interakcí. Za posledních 40 let bylo dosaženo mnoha dalších pokroků.

Ale i dnes je stále velká potřeba rozvíjet jadernou teorii. Na jedné straně potřebujeme postavit jednočásticové vlastnosti jader a jaderné síly na pevnější základ, založený na kvarcích, gluonech a jejich interakcích. O to se snaží kvantová chromodynamika. V současné době je tomuto problému věnováno značné úsilí. Také druhý aspekt jaderné dynamiky – odvození kolektivních pohybů z jednočásticové dynamiky a interakcí mezi nukleony – stále potřebuje být detailněji objasněn.

Kromě těchto úkolů však existuje ještě jedna neméně důležitá role, kterou by jaderná teorie měla sehrávat. Jedná se o roli, kterou úspěšně sehrávala již v minulosti, a sice předvídání nových jevů, které se v jádrech mohou odehrávat. Jako příklad můžeme uvést předpověď kolektivních jaderných excitací, při nichž protony a neutrony vykonávají vzájemné úhlové oscilace. Tento dnes již dobře známý jev byl nejprve popsán teoreticky. Jiným příkladem je supersymetrie v jádrech, která byla také navržena teorií a teprve potom ověřena experimentálně. Teoretická jaderná fyzika má stále tento úkol. Otázkou tedy je, zda teorie dokáže navrhnout nové jevy v jádrech daleko od linie stability.

Máte nějaké zajímavé osobní vzpomínky na léta strávená s Feshbachem na MIT a Bohrem v Kodani?

Začneme Feshbachem, se kterým jsem se seznámil v roce 1966 na MIT, když jsem tam přišel jako Ph.D. student. Naše vzájemné vztahy se podobaly vztahu otce a syna. Mám opravdu

mnoho a mnoho vzpomínek na Hermana Feshbacha. Nejen těch týkajících se fyziky, ale také osobních. Měli jsme spoustu společných zálib – umění, literaturu. Také jsme oba měli rádi dobré jídlo. Mnohokrát jsme šli na večeři do nějaké dobré restaurace. Poprvé to bylo na konferenci na jihu Francie. Byla to velká konference někdy na konci 60. let. Unikli jsme z přednášek a šli na výborné jídlo do slavné tříhvězdičkové restaurace. Byl to opravdu skvělý zážitek! S Hermanem jsem udržoval přátelství, které trvalo až do doby, kdy odešel.

S Aage Bohrem jsem měl jiný typ interakce. Nejlepší vzpomínky na něj mám z doby, když jsem byl jako postdoc v Kodani. Aage mě často zval na večeři do jejich domu, když jeho žena byla ještě naživu. Vládla tam vždycky velmi pěkná atmosféra, protože byli pozváni i další mladí lidé a vedli jsme spoustu zajímavých diskusí. Myslím, že se to trochu podobalo tomu, co dělal jeho otec Niels Bohr, který byl takovým centrem fyzikálního myšlení své doby. Ale s Aagem to přece jen bylo jiné než s Hermanem. Po mnoho let už jsem ho ani neviděl, protože se ve stáří stal velmi izolovaný.

Stále jste velmi aktivní. Víím, že své výpočty provádíte brzy ráno, než vás pohlí akademické povinnosti. Co vám „dělání fyziky“ osobně dává?

Nejzajímavější na fyzice je možnost něco nového vynalézat, něco nového si představovat. Nemám rád opakování, ale vzrušuje mě objevování. Snažím se formulovat nové modely, které popisují jevy v jádrech, molekulách a dalších systémech. Fyzika nám v minulosti nabízela možnost porozumět přírodě. Snad tomu tak bude i v budoucnu, alespoň v části tohoto století. Právě schopnost objevovat nové věci bychom se měli především snažit přenášet na naše studenty a mladé přátele.



Prof. Iachello (vlevo) s děkanem Matematicko-fyzikální fakulty UK prof. Němečkem po předání pamětní medaile (foto: A. Havlíčková).



Prof. Iachello při přednášce na Matematicko-fyzikální fakultě UK 14. března 2008 (foto: A. Havlíčková).