

JONATHAN DIMOCK

Quantum Mechanics and Quantum Field Theory. A Mathematical Primer

Cambridge University Press 2011,
ISBN: 978-1-107-00509-9, cena: £40

Kvantová teorie není tak úplně jednoduchá disciplína. Od svých nejlepších učedníků vyžaduje rozpětí mysli mezi pevninami, které jsou většinou pokládány za zneprátené: na jedné straně filozofie, jejíž otázky budou adepta provázet při pokusech o pochopení vztahu mezi teorií a realitou. Na druhé straně matematika, s níž je kvantová teorie neoddělitelně spojena – její pojmy a postupy bude adept muset bravurně zvládnout, aby porozuměl skutečné podstatě teorie a aby spočetl všechny příklady u zkoušky. Kniha Jonathan Dimocka, profesora matematiky na *State University of New York* v Buffalu, se soustřeďuje výlučně na přípravu v matematické oblasti. Je primárně určena pokročilejším studentům matematiky, kteří se chtějí pustit do detailnějšího studia kvantové fyziky, ale lze ji doporučit také fyzikům, které přestal uspokojovat poněkud vágní výklad potřebných matematických pojmů v běžných fyzikálních učebnicích. Podtitul „*A Mathematical Primer*“ nikoho nenechává na pochybách, že se jedná o pouhý začátek cesty.

Kniha je rozdělena do tří částí. První část je věnována nerelativistické kvantové fyzice. Po stručné rekapitulaci struktury klasické mechaniky jsou nejprve na obecné úrovni vybudovány základy kvantové mechaniky (teorie Hilbertových prostorů a distribucí je sumarizována v dodatcích, zatímco vlastnosti operátorů v Hilbertových prostorech jsou pojednány jako „matematická předehra“). V několika navazujících kapitolách se pak čtenář postupně seznamuje s elementy popisu uzavřených jedno- a mnohočástečkových systémů (vázané a volné stavy částice v potenciálu, spin, nerozlišitelné částice, Fokův prostor). Tato část je zakončena výkladem základů kvantové teorie rovnovážných otevřených systémů, popsaných pomocí kanonické (příp. mikro- či grandkanonické) matice hustoty.

Druhá část se soustřeďuje na výklad relativistické kvantové teorie. V úvodu čtenář projde rychlokurzem speciální teorie re-

lativity a teorie klasických polí popsaných Klein-Gordonovou, Diracovou a Maxwellovými rovnicemi. Další kapitoly se pak věnují různým aspektům kvantování těchto polí. Jsou představeny alternativní přístupy ke kvantování, od kanonického po kovariantní, který nalezení adekvátní teorie kvantového systému převádí na problém konstrukce vhodné reprezentace Poincarého grupy. Autor omezuje diskusi případů, které by byly přínosné jen z pedagogického hlediska, a soustřeďuje se především na fyzikálně relevantní problémy (v jedné kapitole o pouhých 22 stránkách například vybuduje kompletní základy kvantové elektrodynamiky). Poslední kapitola této části stručně analyzuje některé vlastnosti kvantové polních teorií na varietách – zakřivených prostoročasech obecné relativity, jejichž vnoření do rámce kvantové teorie patří k nejdůležitějším úkolům současné teoretické fyziky.

Poslední, třetí část knihy, poněkud tajemně nazvaná „*Probabilistic methods*“, pojednává o aplikacích teorie dráhového integrálu. V první kapitole této části autor vysvětluje některé pojmy teorie stochastických procesů a vrací se k nerelativistické kvantové mechanice, aby ukázal souvislost gaussovských procesů s jednočástečkovým propagátorem s ryze imaginární časovou proměnou. V dalších dvou kapitolách se pozornost přesouvá ke kvantovým polím. Metoda dráhového integrálu je použita k výpočtu vakuových a termálních korelačních funkcí obecných polních veličin. Na závěr jsou metodami dráhového integrálu analyzovány některé vlastnosti konkrétního příkladu skalárního modelu s nelineární polní rovnicí.

Není pochyb, že kniha vyžaduje poměrně pokročilého čtenáře s širokým matematickým vzděláním. Absolvent elementárního kurzu kvantové mechaniky by mnohdy snad ani nepoznal, že se zde píše o kvantové fyzice. Pro ilustraci: pojem „základní stav“ se poprvé objevuje až na stránce 171. Studium této knihy je nicméně velmi užitečné

pro ty, kdo chtějí do matematických základů kvantové teorie proniknout hlouběji a v širším matematickém kontextu. Především ji lze doporučit postgraduálním studentům matematiky pomýšlejícím na profesionální působení v této oblasti.

Na závěr si dovoluji připojit malou poznámku o mimořádné užitečnosti snoubení kvantové fyziky s matematikou. Jedním z důvodů je skutečnost, že matematický formalismus hraje v kvantové teorii mnohem podstatnější roli než v jiných fyzikálních teoriích. V kvantovém světě se nelze příliš spolehnout na názornou intuici; spíše jej můžeme chápat jako realizaci jakési abstraktní matematické struktury. Právě tato obecná struktura je možná na kvantové teorii tím nejpodstatnějším. Druhým důvodem je fakt, že kvantová fyzika je po matematické stránce poměrně komplikovaná. Do značné míry tak přezívá počáteční dichotomie mezi rigorózním a intuitivním přístupem, která byla do formulace kvantové teorie vložena dvěma z jejích zakladatelů – Johnem von Neumannem a Paulem Diracem. Průniky matematiků do oblasti kvantové fyziky jsou proto velmi vítané. Kniha J. Dimocka usnadňuje cestu těm, kteří mají zájem se v této oblasti angažovat.

Pavel Cejnar

Ústav částicové a jaderné fyziky MFF UK
v Praze, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8

CHAD ORZEL

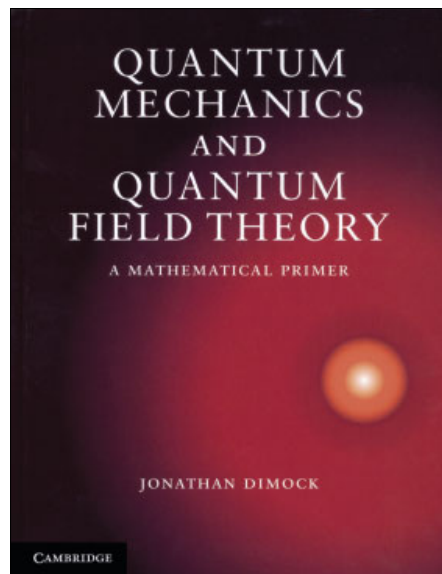
Jak naučit svého psa fyziku

Argo a Dokořán 2011,
ISBN 978-80-257-0388-5 (Argo), ISBN 978-80-7363-360-8 (Dokořán), doporučená cena 298 Kč. Přeložil Jan Klíma.

„Kvantová mechanika lidem připadá matoucí a znepokojivá, protože neodpovídá naší intuitivní představě o tom, jak to ve světě chodí. Psi jsou mnohem přístupnější publikum. Svět kolem nás připadá psovi zvláštní a báječný a předpovědi kvantové teorie nejsou o nic divnější nebo úžasnější než třeba fungování kliky u dveří.“

Probírání kvantové mechaniky s mým psem je pro mě užitečné, protože mi pomáhá zjistit, jak vykládat kvantovou mechaniku lidem. Učit se kvantovou mechaniku částečně znamená učit se myslet jako pes.“

Těmito slovy autor vysvětluje, proč zvolil pro populární výklad kvantové fyziky formu rozhovorů se svým psem – fenkou Emmy. Podobná forma výkladu, zdá se, je poměrně oblíbená. Připomeňme z oblasti popu-

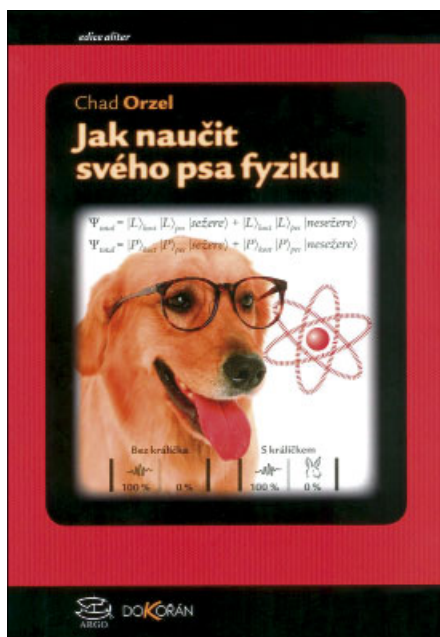


lárních knížek z fyziky alespoň dva tituly: *Pan Tompkins (stále) v říši divů* [1] či *Alenka v říši kvant* [2].

V knížce jsou tedy zachyceny „rozhovory autora s jeho psem“ o kvantové fyzice. Po každém „rozhovoru“ následuje podrobnější rozbor fyzikálních zákonitostí, o nichž byla řeč. Mezi probíranými tématy jsou ta, která nesmějí chybět v žádné publikaci o kvantové fyzice, ale těžiště spočívá v novější a atraktivnější problematice. V celkem deseti kapitolách se autor zabývá těmito tématy: vlnově korpuskulární dualismus, Heisenbergův princip neurčitosti, kodaňská interpretace, mnohasvětová interpretace, kvantový Zenónův jev, kvantové tunelování, kvantová provázanost, kvantová teleportace, virtuální částice a kvantová elektrodynamika, zneužití kvantové mechaniky. Na konci knihy je uveden Glosář důležitých termínů. Z řady témat probíraných v knize se zmíníme o třech následujících, které se objevují v populární literatuře zatím jen zřídka:

1. Experiment **kvantová guma** je uveden jako jeden z nejlepších experimentů ilustrujících podivnost kvantové mechaniky. Klasický dvojtěrbínový experiment je doplněn tak, že pomocí polarizovaného světla a polarizačních filtrů lze zjistit, kterou štěrbinou fotony prošly. Už jenom skutečnost, že bychom mohli změřit, kterou štěrbinou foton prošel (aniž bychom to prováděli) stačí k tomu, aby interferenční obrazec zmizel. Navíc – jestliže pomocí polarizátoru umístěného před detektorem odstraníme označování prošlých fotonů, interferenční obrazec se znovu objeví.¹ Autor zdůrazňuje, že ex-

1 Autor uvádí odkaz na návod, jak si experiment s kvantovou gumou provést doma pomocí laserového ukazovátka, staniolu, drátů a polarizační fólie – viz: R. Hillmer, P. Kwiat: *Vyrobte si kvantovou gumu*. Scientific American, české vydání, duben–květen 2008, s. 84.



periment s kvantovou gumou obsahuje vše, co je na kvantové mechanice podivné: vznik interferenčního obrazce demonstruje princip superpozice kvantových stavů, zmizení a znovuoobjevení interference po přidání polarizátorů ukazuje na aktivní roli měření v kvantové mechanice.

2. **Kvantový Zenónův jev** využívá aktivní povahy měření v kvantové mechanice k tomu, aby opakovaným měřením zabránil kvantovému systému (např. atomu) přejít z jednoho stavu do druhého. Jestliže provedeme na nějakém atomu měření velmi krátce potom, co začal přecházet do druhého stavu, s velkou pravděpodobností zjistíme, že je v počátečním stavu. Měření tak převedlo atom zpět do počátečního stavu, takže přechod musí začít znovu od počátku...

V knize je stručně popsán i experimentální důkaz kvantového Zenónova jevu a je naznačeno, že tohoto jevu by bylo možno

použít k tzv. kvantovému vyšetřování – ke studiu „vlastností kvantového systému, který je příliš křehký na to, aby přežil absorpci i jediného fotonu“.

3. V závěrečné kapitole autor poukazuje na různé způsoby **zneužití kvantové mechaniky**. Jednou z oblastí zneužití kvantové teorie „blouznivci“ či „podvodníky“ je získávání energie zdarma. Jde o kvantová perpetua mobile, která jsou údajně založena na tom, že odebírají energii nulových kmitů daného systému. Dalším příkladem je tvrzení, že nelokálnost kvantové teorie je základem pro alternativní léčitelské postupy: léčitelé mohou diagnostikovat a léčit lidi na dálku, aniž by se jich vůbec dotkli.

Recenzovaná publikace vhodně doplňuje řadu v poslední době do češtiny přeložených knížek, které se na populární úrovni věnují výkladu základních myšlenek i aplikací kvantové fyziky. Učitelé fyziky v nich mohou najít řadu podnětů a inspirací pro svou výuku. Bylo by však velmi vhodné populární knížky doplnit (třeba jen pro srovnání) překladem současné moderní učebnice fyziky na středoškolské úrovni, např. učebnice [3].

Aleš Trojáněk
Gymnázium Velké Meziříčí

Literatura

- [1] G. Gamov, R. Stannard: *Pan Tompkins stále v říši divů*. Aurora, Praha 2001.
- [2] R. Gilmore: *Alenka v říši kvant. Alegorie kvantové fyziky*. Paseka, edice Fénix, Praha a Lito-myšl 2007. Viz např. recenze v Čs. čas. fyz. 57, 344 (2007).
- [3] a) J. Ogborn, R. Marshall: *Advancing Physics AS*. Revised edition Published 2008, IOP Publishing, UK, dostupné také z WWW: <<http://post16.iop.org/advphys/>>.
b) J. Ogborn, R. Marshall: *Advancing Physics A2*. Revised edition Published 2008, IOP Publishing, UK, dostupné také z WWW: <<http://post16.iop.org/advphys/>>.

Abstracts of review articles

Hayo Siemsen: Gnoseologic key-stones of the Finnish success in the project PISA

Abstract: The OECD „Program for International Student Assessment (PISA)“ has shown that Finland is very successful in education for mathematics and science. Data for Finland, USA, Germany and Czech Republic are given. The analysis makes it clear that the decisive factor is teaching on the background of Mach’s sensualism with empiric knowledge theory and a Darwinian genetic approach to scientific knowledge.

Marek Balážovič: Experimenting at Slovak schools

Abstract: One of the main ideas of the education reform in the Slovak Republic, which started in 2008, was transition from memorizing to active and creative studying. This transformation has

begun also in physics education. Now we are more than four years after the reform and we can analyse what has been done in active access in physics education. This article presents the consequences of the reform on physics education with focus the on experimental methods of the objects and subjects of the education process. The actual data was taken from the electronic questionnaire focusing on the current situation in this area which was given to physics teachers.

Jana Raganová, Miriam Spodniaková Pfefferová, Stanislav Holec: Where does physics education aim, or problems of (not only) Slovak physics education

Abstract: The paper deals with problems associated with physics education in Slovakia and other European countries. Results of