

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Ivan Úlehla

Enrico Fermi (29.9.1901 - 28.11.1954)

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 30 (1985), No. 4, 216--220

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138875>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1985

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>

vůči vám možná způsobí, že přestane mít rád vůbec všechny matematiky a přejde ho chuť zabývat se dál konstrukcí třetiny úhlu, protože máme-li na vybranou, raději neděláme věci, které nám působí bolest. Rod třetičů by vadl a nakonec by vyhynul, kdyby to tak udělal každý. Pak by všichni ti, kteří jsou blázny hlavně proto, že je to součástí jejich přirozenosti, chodili obtěžovat ekonomy, fyziky nebo teology a my matematici bychom žili v klidu a bezpečí s vědomím, že třetič se už nikdy neobjeví.

Přeložil Pavel Veselý

Enrico Fermi

29. 9. 1901-28. 11. 1954

Již na střední škole se Enrico Fermi projevoval nejen jako velmi pečlivý a svědomitý student, ale i výjimečně talentovaný v matematice a ve fyzice. Současně u něho vynikl rys, který se stal typickým pro jeho osobnost. Ze skrovných prostředků si kupoval odborné publikace, s jejichž pomocí prohluboval své teoretické vzdělání a také si opatřoval jednoduché pomůcky, aby mohl experimentovat. Hluboký zájem o teorii i experiment ho potom doprovází celý život.

Po úspěšném absolvování střední školy končí neméně zdařile svá univerzitní studia na Polytechnice v Pise v roce 1922 experimentální disertační prací o Roentgenově záření. Následující léta jsou počátkem jeho vědecké dráhy. Přednáší na univerzitě v Římě a ve Florencii matematiku a fyziku, navštěvuje na delší dobu tehdy známá střediska vědecké práce ve fyzice v Göttingenu v Německu, kde se setkává s M. Bornem, a v Nizozemí, kde se seznamuje s P. Ehrenfestem, který si již tehdy velmi váží Fermiho prací z mechaniky a statistické fyziky.



V roce 1926 se stává profesorem na univerzitě v Římě. Do tohoto období také spadá jeho první velký objev, který patří do statistické fyziky. Ačkoliv již v roce 1902 americký fyzik W. Gibbs našel obecnou formu statistického zákona pro rozdělení nějaké fyzikální veličiny v relativně velkém souboru, nebyly všechny implikace tohoto zákona podrobně prozkoumány, neboť Gibbsova práce byla

poměrně málo známa, a také proto, že k hlubší analýze jeho zákona chyběly fyzikální motivy.

V letech 1924 a 1925 S. Bose našel známý rozdělovací zákon

$$\bar{N}_i = \frac{1}{\exp [\beta(\varepsilon_i - \mu)] - 1},$$

který udává střední počet (\bar{N}_i) bosonů nacházejících se ve stavu s energií ε_i . Einstein nato vyslovil princip nerozlišitelnosti elementárních částic téhož druhu a zdokonalil odvození Boseho zákona, který je charakteristický pro Boseho a Einsteinovu statistiku.

Ve stejném období W. Pauli vyslovuje svůj vylučovací princip pro elektrony a vzápětí nato Fermi v práci z r. 1926, nazvané Kvantová teorie ideálního plynu, odvozuje na základě Pauliho principu zákon statistického rozdělení pro elektrony

$$\bar{N}_i = \frac{1}{\exp [\beta(\varepsilon_i - \mu)] + 1},$$

který se fundamentálně liší od předchozího zákona znaménkem + ve jmenovateli. P. Dirac potom ukázal na hlubší vztah tohoto statistického rozdělení ke kvantové mechanice. Proto je uvedený zákon nazýván Fermiho a Diracovým statistickým rozdělením. Zatímco první rozdělení platí pro bosony, tj. částice s celistvým spinem 0, 1, 2, ..., Fermiho a Diracovu rozdělení podléhají částice s polocelým spinem 1/2, 3/2 atd., které se na počest Fermiho objevu nazývají fermiony.

Statistika fermionů má neobyčejný význam pro strukturu atomů a atomových jader a pro celou řadu vlastností kapalin i pevných látek. Sám Fermi využil této statistiky pro zdokonalení jednoho z mo-

delů atomového obalu v r. 1928. Tento model je znám pod jménem Thomase a Fermiho.

V letech 1927 až 1933 Fermi poměrně hodně cestuje, přednáší v zahraničí jednak o svém díle, jednak o aktuálních otázkách teoretické fyziky a zabývá se prvními pokusy o formulaci relativistické kvantové teorie polí podobně jako P. Jordan, W. Heisenberg a W. Pauli. Jeho další práce je však usměrněna novými poznatky, které přicházejí ze světa elementárních částic a z oblasti atomového jádra. V roce 1931 W. Pauli při rozboru spojitého spektra elektronů, vyzařovaných při radioaktivním rozpadu beta atomových jader, přesvědčivě ukazuje, že vedle elektronů musí být v tomto procesu vyzařována i další velmi lehká a nenabitá částice, kterou označujeme jako neutrino. O rok později J. Chadwick objevuje neutron, těžkou neutrální částici, která je vedle protonu složkou atomového jádra, a v r. 1934 F. Joliot-Curie odkrývá „umělou radioaktivitu“, tj. zjišťuje, že při jaderných reakcích mohou vznikat nejen atomová jádra, která se rozpadají radioaktivním rozpadem beta, ale také jádra, která se rozpadají podobným rozpadem, při němž je vyzařen pozitron, antičástice k elektronu. V téže roce formuluje E. Fermi teorii rozpadu beta neboli zákon slabé interakce. Jeho krok má analogický význam jako objev gravitačního zákona, nebo Coulombova zákona. Fermiho výklad vychází ze dvou předpokladů. K rozpadu beta dochází proto, že se neutron v jádře mění v proton a rozpad, při němž je vyzařován pozitron; je podmíněn přechodem protonu v neutron. Při prvním procesu je vyzařován elektron a antineutrino, při druhém procesu pozitron a neutrino.

Pro vlastní formulaci zákona slabé

interakce využívá Fermi známou strukturu zákona elektromagnetické interakce, tak jak je dána v relativistické kvantové teorii pole. Připomeňme jen, že v Hamiltonově mechanice je působení elektromagnetického pole na bodový náboj částice charakterizováno součinem

$$e\mathbf{v}\mathbf{A},$$

kde e je náboj, \mathbf{v} rychlost, s kterou se částice pohybuje a \mathbf{A} je vektorový potenciál elektromagnetického pole. Vzhledem k tomu, že součin $e\mathbf{v}$ představuje vlastně vektor proudu \mathbf{J} , můžeme zákon elektromagnetické interakce psát ve tvaru

$$\mathbf{J}\mathbf{A},$$

tj. jako součin proudu a potenciálu. V relativistickém zákonu elektromagnetické interakce částice s polem potom máme

$$J_\mu A_\mu.$$

Fermi však nehledá zákon slabé interakce ve tvaru součinu proudu a nějakého potenciálu, ale píše ho jako součin proudů (Nuovo Cim. 1934 (11) 1, Zschr. Phys. 1934 (88) 161)

$$GJ_\mu^{(h)}J_\mu^{(l)},$$

kde G je konstanta slabé interakce, je to analogie gravitační konstanty a nazývá se Fermiho konstanta; $J_\mu^{(h)}$ je proud nesený protonem a neutronem, $J_\mu^{(l)}$ je proud příslušný elektronu a antineutrinu nebo pozitronu a neutrinu.

Pozdější vývoj ukázal, že Fermiho zákon slabé interakce se jeví jako jedna z možných variant. Teprve o více než 20 let později se poznalo, že veličiny $J_\mu^{(h)}$ a $J_\mu^{(l)}$ nejsou jen pravými vektory, ale superpozicí pravých a axiálních vektorů, což úzce souvisí s odhalením toho, že při slabých interakcích se nezachovává parita; o dalších dvacet let nato se dospělo k přesvěd-

čení, že zákon slabé interakce má přece jen tvar analogický zákonu elektromagnetické interakce

$$J_\mu W_\mu^\pm \text{ a } J_\mu Z_\mu^0,$$

kde J_μ jsou příslušné „proudy“ zavedené Fermim a později zobecněné a W_μ^\pm a Z_μ^0 představují potenciály dříve neznámých bosonových polí. Experimentálně byly bosony W^\pm a Z^0 objeveny v roce 1983.

Fermiho práce, o nichž jsme dosud hovořili, jsou teoretické. Ačkoliv Fermi nadále přednáší na univerzitě teoretickou fyziku, ve své vlastní práci přechází v polovině třicátých let převážně do experimentální oblasti a teorii používá spíše jen jako vodítko pro tuto činnost.

Objev neutronu a pokusy F. Joliot-Curieho podnítily Fermiho zájem o jaderné reakce indukované neutrony. Vytváří kolem sebe skupinu, k níž patří známí experimentátoři E. Segre, E. Amaldi a B. Pontecorvo, aby s pomocí neutronů získávaných z jaderných reakcí, vyvolávaných přirozenými radioaktivními zdroji částic alfa, vytvářel nová, dříve neznámá radioaktivní jádra, identifikoval je a našel jejich vlastnosti. K tomu sám konstruuje nebývale účinný detektor částic z radioaktivního rozpadu a se svými spolupracovníky podniká systematický výzkum, v němž jsou postupně ostřelovány neutrony prakticky všechny druhy atomů počínaje lithiem a beryliem a konče uranem. Při této činnosti objevuje dva důležité fyzikální jevy. Prvním z nich je tzv. zpomalování neutronů, jehož výklad sám podává. Jde v něm o to, že neutrony při srážce s jádrem nemusejí být zachyceny, ale mohou se od něho „odrazit“ a současně mu předat část své energie i hybnosti a tím se zpomalit. Druhým z nich je závislost pravděpodobnosti zachycení neutronu v jádře na jeho energii. Ukazuje se,

že tato pravděpodobnost je obecně tím větší, čím menší je energie neutronu. Souhrn obou jevů je proto důležitý k tomu, aby jaderné reakce indukované neutrony byly efektivní.

Za tuto experimentální práci je udělena E. Fermimu 10. prosince 1938 Nobelova prémie za „Identifikaci nových radioaktivních prvků získaných při ostřelování neutrony a za objev jaderných reakcí vyvolaných působením pomalých neutronů.“

V třicátém osmém roce se situace v Evropě zřejmě schyluje k válce a v samotné Itálii se zesiluje fašistická diktatura. To vede Fermiho k tomu, aby napsal pěti americkým institucím dopis, v němž se informuje o možnosti působit u nich. Ze všech pěti dostává pozitivní odpověď a rozhoduje se pro Columbijskou univerzitu v New Yorku. Využívá potom udělení Nobelovy prémie k tomu, aby i s rodinou opustil Itálii a přesídlil do USA, kam se dostává ze Švédska 2. ledna 1939.

V letech 1938 a 1939 O. Hahn, F. Strassmann a L. Meitnerová navazují na Fermiho pokusy a objevují štěpení uranu. Nacistické Německo se podaří opustit L. Meitnerové, která odjíždí do Švédska a tam podrobně informuje N. Bohra o štěpných reakcích a principiální možnosti vytvoření řetězové reakce. N. Bohr odjíždí do Spojených států, kde v roce 1939 a 1940 seznamuje vědecké pracovníky i úřední činitele s nebezpečím, že budou v Německu zkonstruovány jaderné zbraně. Tyto jeho informace podnítl E. Wigner, E. Teller a L. Szillarda, aby navštívili A. Einsteina a vysvětlili mu své obavy. Pod jejich vlivem píše A. Einstein známý dopis prezidentovi USA F. D. Rooseveltovi 2. srpna 1939. V dopisu jsou uvedeny jako argumenty na prvním místě práce E. Fermiho a L. Szillarda,

na druhém místě práce F. Joliot-Curieho a na třetím místě skutečnost, že Němci zakázali vývoz rudy z jáchymovských dolů do zahraničí. Na základě tohoto podnětu sice Roosevelt sestavuje poradní výbor pro záležitosti uranu, ale jeho činnost, až do vstupu USA do 2. světové války 6. prosince 1941, je nepodstatná. Teprve po tomto datu se začínají věnovat značné finanční prostředky výzkumu možností uskutečnit řetězovou jadernou reakci. V Chicagu je založena pod vedením A. Comptona a pod krycím jménem Laboratoř metalurgie, v níž působí jako rozhodující vědecká osobnost E. Fermi. Poměrně rychlého pozitivního výsledku by však nebylo dosaženo, kdyby se Fermi od poloviny roku 1939 systematicky se skupinou mu blízkých pracovníků daným problémem nezabýval. Šlo v něm o vyřešení těchto otázek:

1. Vznikají skutečně při štěpení uranu neutrony a vznikají v dostatečném množství na to, aby mohla být indukována řetězová reakce? Výsledek zkoumání byl pozitivní.
2. Vzhledem k známé závislosti pravděpodobnosti zachycení neutronů v jádře atomu uranu na energii bylo nutné najít vhodné materiály, které by sloužily jako zpomalovače neutronů uvolněných při štěpení. Tu byl vybrán jako nejjednodušší a nejpřijatelnější uhlík.
3. Při uvedených zkoumáních se poznalo, že pro zdárné uskutečnění řetězové reakce musejí být materiály použité pro plánovaný experiment, tj. uran a uhlík, chemicky velmi čisté, především nesmějí obsahovat bór a kadmium, které velmi silně pohlcují neutrony a kromě toho i řadu dalších prvků.
4. Proto bylo nutno podrobně proměřit

pravděpodobnosti rozptylu neutronů na jádrech a pravděpodobnosti jejich zachytu v různých jádrech.

Na základě poznatků z experimentů a teoretických úvah se přikročilo v Laboratoři metalurgie ihned ke konstrukci reaktoru. Materiál dodávaný ze závodů, bloky čistého uhlíku a uranové tyče, se přímo ukládaly do vrstev reaktorového bloku a kadmiové tyče byly použity jako

regulátory reakce. Ještě před úplným dokončením reaktoru se podařilo 2. prosince 1942 pod vedením E. Fermiho uskutečnit první řízenou řetězovou reakci. A. Compton podává téhož dne nejvyšším místům ve Spojených státech hlášení, které se zřetelem na utajení znělo: Italský mořeplavec doplul ke břehům Nového světa.

Ivan Úlehla

vyučování

ŘEŠENÍ ÚLOH A VYUČOVÁNÍ MATEMATICE

František Kuřina, Hradec Králové

Postavení úloh ve vyučování matematice je aktuální otázkou jak při tvorbě osnov a psaní učebnic, tak i v praxi každého učitele matematiky.

V tomto článku přinášíme informace o problematice úloh ve vyučování podle jednání IV. mezinárodního kongresu o vyučování matematice, který se konal v Berkeley v roce 1980. Vycházíme přitom z knihy *Proceedings of the Fourth International Congress on Mathematical Education*, Birkhäuser, Boston, 1983, o níž již zčásti referoval v Pokrocích J. Šedivý (Roč. 1984, č. 4). Problematice řešení úloh je věnována její 9. kapitola, která obsahuje příspěvky 11 autorů. Mimoto se problematikou úloh zabývá řada autorů v článcích různého zaměření.

V úvodní studii zdůrazňuje S. Avital význam cvičení a úloh pro dosažení cílů vyučování matematice. Zkušenosti ukazují, že mnozí studenti, kteří vykazují poměrně dobré schopnosti v řešení úloh, v nichž jde o bezprostřední aplikace naučených algoritmů, zcela selhávají při řešení složitějších úloh, kdy se mají rozhodovat, v jakém pořadí, jak a které algoritmy použít. Zdá se, že didaktika matematiky nezná v současné době lepší cestu k zvýšení úrovně řešení úloh než bohatou praxi. Nedostatek znalostí, jak naučit řešit úlohy, nutí autory učebnic shromažďovat velké množství úloh a uspořádat je podle jednotlivých kapitol učebnic a podle obtížnosti. Kromě toho autor zdůrazňuje, že hlubší analýza přijatých cílů vyučování matematice ukazuje na nedostatek úloh specifického typu.

Výsledkem analýzy je vytčeni 5 typů úloh

1. *Úlohy, které by účelně rozvíjely vazby mezi staršími a nově zaváděnými postupy a pojmy*

Je všeobecně známo, že učivo, které není ožívováno a užíváno delší dobu, se