

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

E. V. Špolskij

Čtyřicet let sovětské fyziky

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 3 (1958), No. 5, 588--597

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139966>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1958

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>

## Základní literatura

1. Flügge S.: *Handbuch der Physik 15*, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956.
2. Garrett C. G. B.: *Magnetic Cooling*, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1954.
3. Gorter C. J.: *Progress in Low Temperature Physics 1*, North-Holland Publ. Comp., Amsterdam 1955.
4. Gorter C. J.: *Progress in Low Temperature Physics 2*, North-Holland Publ. Comp., Amsterdam 1957.
5. Keesom W. H.: *Helium*, Amsterdam 1942 (ruský překlad Keezom V.: *Gelij*, IIL, Moskva 1949).
6. Lammeren J. A.: *Technik der tiefen Temperaturen*, Springer-Verlag, Berlin 1941.
7. Simon F. E., ...: *Low Temperature Physics*, Pergamon Press, London 1952.
8. Squire Ch. F.: *Low Temperature Physics*, McGraw-Hill Publ. Comp., London, 1953.

## ČTYŘICET LET SOVĚTSKÉ FYSIKY<sup>1)</sup>

E. V. ŠPOLSKIJ

„Vědecká setba vzejde, aby ji národ sklize l“.

D. I. Mendělejev

### I. Fysika v Rusku před revolucí a počátek organizace sovětské fyziky

Velkou Říjnovou socialistickou revolucí byla zahájena v Rusku nová epocha v rozvoji fyziky. Je zajímavé a poučné ve význačných dnech čtyřicetiletého jubilea historického výročí Velkého Října 1917 porovnat, podle vývoje světové vědy, rozsah a obecný charakter předrevoluční fyziky v Rusku se současnou fyzikou v Sovětském svazu.

Přibližně před šedesáti lety nastaly ve fyzice hluboké změny, které dosáhly v posledním desetiletí takové šíře, že určily směr i charakter vývoje této vědy na mnoho let a možná na celé století dopředu. Připomeňme si některá základní fakta a nejdůležitější rysy těchto změn. V roce 1805 byly objeveny Roentgenovy paprsky, v roce 1896 radioaktivita. I když existence elektronu byla předvídána již v polovině sedmdesátých a během osmdesátých let 19. století, vyčerpávající důkaz jeho reality, určení jeho náboje a hmoty, byl podán v roce 1898, což byla událost na tuto dobu snad neméně ohromující, než objev Roentgenových paprsků a radioaktivity. Vždyť tím byla skutečně experimentálně dokázána existence „atomu záporné elektřiny“ o hmotě téměř dvatisíckrát menší, než byla hmota nejjednodušších tehdy známých elementárních částic — atomů vodíku. Zkoumání Brownova pohybu počátkem dvacátého století dalo představě o atomech a molekulách hmoty právě tak „hmatatelnou“ realitu, jakou je realita mikroskopických předmětů, které nás obklopují. Konečně objevením interference Roentgenových paprsků v roce 1912 byla potvrzena z nové strany nejnázornějším způsobem realita atomů a ukázána cesta pro studium stavby krystalů. Současně s tím byl položen základ pro zkoumání stavby atomů, z počátku ve tvaru statického modelu, který byl opuštěn po Ruthefordově objevu atomového jádra v roce 1912.

Na základě všech těch a mnoha jiných skvělých experimentálních objevů na konci devatenáctého století a v prvních letech dvacátého století vznikly důležité fyzikální teorie, které určují celkový charakter jak soudobé fyziky,

<sup>1)</sup> Э. В. Шполский, *Sorok let sovetской fiziki*. Uspechi fiz. nauk, LXIII (1957), č. 3.

tak fyziky v mnoha příštích letech. Jsou to zejména teorie kvant, teorie relativity a fyzikální statistika.

Podíváme se nyní, co se stalo v Rusku v této význačné epoše historie fyziky, kterou spíš lze nazvat obdobím „bouře a útoku“ v oblasti fyziky, než známé literární hnutí. Podotýkáme především, že ve vědách příbuzných s fyzikou — v chemii a v matematice — 19. a počátkem 20. století byly v Rusku učiněny objevy, které svým významem a přetvářejícím revolučním vlivem daleko překračovaly hranice vlastní vědy a nezůstávaly pozadu za jmenovanými objevy v oblasti fyziky. Stačí připomenout Mendělejevův objev periodické soustavy prvků, objevení struktury organických sloučenin Butlerem, organické syntesy Zininem v chemii, v matematice jsou to nejdůležitější práce v oblasti matematické analýzy Čebyševa, Ljapunova, Stěklova, nemluvě o geniálním objevu geometrie Lobačevského.

Postavení fyziky v carském Rusku nebylo nikterak příznivé. Přesto můžeme jmenovat řadu význačných fyziků, na které jsme hrdi. Jsou to — omezíme-li se podle předcházejícího výkladu na konec 19. a začátek 20. století — jména Stoletova, Lence, Uмова, Golicyna, Lebeděva, Ejchenvalda. Avšak kromě Lebeděva, který s hrdinným úsilím vybudoval v Moskvě první ruskou školu fyziků, ostatní pracovali osaměle. Tím více musíme obdivovat jejich vynikající činnost.

Protože carská vláda nechápala, jaký význam má věda pro osud státu a vývoj techniky a průmyslu, byl stav fyziky v předrevolučním Rusku krajně neutěšený.

Podívejme se na příklad na svědectví nynějšího vynikajícího fyzika akademika A. F. Joffeho, které se vztahuje na začátek 19. století: „Když jsem začínal pracovat v Petrohradě (v roce 1906)“, píše A. F. Joffe, „byly tam ještě silné tradice 19. století, ba spíše jeho centra, školy F. F. Petruševského. Na vysoké škole se přednášela fyzika podle koncepcí tak zvané měřicí fyziky — fyziky měřících metod, jako základu přesného vědění.

Na všech vysokých petrohradských školách první kurs byl věnován popisu měřících přístrojů a teprve od druhého kursu se přednášely zákony z oblasti termiky, elektřiny, magnetismu, optiky, akustiky. Teoretická nebo lépe matematická fyzika na universitách vedla k fenomenologické formulaci zákonů a k řešení parciálních diferenciálních rovnic v oboru vedení tepla a elektrostatiky.

Profesoři a přednášející na vysokých školách se vyznačovali širokou erudicí, kdežto tvůrčí činnosti věnovali malou pozornost. Vědecké práce na universitě často spočívaly v opakování opublikovaných prací.“<sup>2)</sup>

Avšak právě tehdy se objevila v Petrohradě skupina mladých vynikajících fyziků, kterým bylo souzeno, aby sehráli důležitou úlohu v organizaci sovětské fyziky. V té době pracoval na Petrohradské universitě naprosto samostatně D. S. Rožděstvenskij na svém klasickém díle o anomální dispersi v parách sodíku. A. F. Joffe podal jako magisterskou disertaci vynikající práci o „elementárním fotoefektu“, kde přímým pokusem na kovových pilinách, vznášejících se v Millikanově kondensátoru, dokázal elektronovou podstatu fotoefektu a statickou nezávislost elementárních jevů fotoefektu. A tím, zároveň s pracemi Millikana, byl podán experimentální důkaz existence elektronů a světelných kvant.

<sup>2)</sup> A. Ф. Иоффе, *Sovetskije fiziki i dorevoljucionnaja fizika v Rossii*, UFN, sv. 33 (1947), 454.

K těže skvělé skupině mladých fyziků patřil i D. A. Rožanskij, jehož „disertace (zkoumání jiskry) připoutala všeobecnou pozornost svěžestí fyzikálních myšlenek“<sup>3)</sup>.

Konečně veliký vliv měl vynikající představitel teoretické fyziky P. S. Ehrenfest, který v té době pracoval v Petrohradě<sup>4)</sup> a později vedl katedru H. A. Lorenze v Leidenu (zřejmě nejen pro poctu souvisící s vedením katedry, jejíž činnost připoutávala pozornost celého světa, ale i proto, že P. S. Ehrenfest neměl žádné vyhlídky na postup v podmínkách carského Ruska.)

Taková byla fyzika v Petrohradě. Začátkem 20. století byly vytvořeny v Moskvě příznivější podmínky, kde díky působení P. N. Lebeděva, jednoho z nejvýznačnějších ruských fyziků, byla vytvořena první ruská fyzikální škola, v níž kromě Lebeděva pracoval jeho přítel z dětství, skvělý fyzik i pedagog A. A. Ejchenvald. Již v roce 1909 podal Lebeděv ve svých klasických pracích bezesporný důkaz existence tlaku záření na pevné látky a v roce 1908 předložil sjezdu ruských přírodovědců a lékařů svou nejobtížnější práci o tlaku záření na plyny. Ejchenvald dokončil své důležité práce, které dokazovaly existenci magnetického pole pohybujících se nábojů a posuvných proudů.

Přes to všechno podmínky, za kterých se konala tato důležitá práce, byly krajně nevyhovující. Pro Lebeděvy laboratoře v budově fyzikálního ústavu Moskevské university našlo se místo jenom ve sklepě. I těchto skromných pracovních podmínek byl Lebeděv zbaven, když v roce 1911 spolu s ostatními pokrokovými profesory pokládal za svou občanskou povinnost odejít z university na protest proti útlaku, který prováděl reakční ministr osvěty.

Avšak i bez této tragické události pro ruskou vědu a kulturu — ochromení nejstarší ruské university reakční carskou vládou — se již v této době, v roce 1911, jasně pocítovala nutnost vybudovat vědecké ústavy, které by neměly pedagogické úkoly a které by měly postačující technickou základnu. Vynikající vědci, P. N. Lebeděv, K. A. Timirjazez, N. A. Umov, M. A. Menzbir (zoolog), vystoupili v tisku s články, ve kterých dokazovali nutnost vybudovat spolu s universitami výzkumné ústavy, národní laboratoře, jak je nazýval Lebeděv.

Carská vláda zůstala hluchá k těmto výzvám. Přesto však se vědcům podařilo přesvědčit představitele ruské velkoburžoasie o nutnosti rozvoje fyziky v Rusku a pomocí soukromých příspěvků, cestou veřejné iniciativy byla vytvořena „Moskevská společnost vědeckého ústavu“, která si vytyčila úkol podporovat organizování „národních výzkumných ústavů“, především fyzikálního ústavu. Bohužel Lebeděv se nedočkal uskutečnění své touhy; zemřel ve věku 46 let, rok po odchodu z university.

V jeho díle pokračoval v Moskvě jeho žák a nejbližší pomocník P. P. Lazarov, kolem něhož se shromáždila menší skupina mladých lidí, mezi nimiž byli S. I. Vavilov, B. V. Ilin, P. N. Bělikov, Š. N. Rževkin, N. T. Fedorov, A. S. Predvoditel'ev, A. G. Kalašnikov, E. V. Špolskij, T. K. Molodyj, G. S. Landsberg, V. V. Šulejkin a jiní. Jiná skupina fyziků se soustředila kolem Moskevské fyzikální společnosti (A. A. Ejchenvald, Ju. V. Vulf, V. K. Arkadjev, A. K. Timirjazez, A. B. Mlodzejevskij, S. A. Boguslavskij, A. I. Bačinskij a jiní). Těsně před revolucí se v Petrohradě vytvořily dvě skupiny mladých vědeckých pracovníků, první kolem semináře A. F. Joffeho, do níž patřili P. L. Kapica, N. N. Semenov, Ja. I.

<sup>3)</sup> Tamtéž, str. 465.

<sup>4)</sup> Viz Г. Юленбек и А. Ф. Иоффе, UFN, sv. 62 (1957), 367.

Frenkel, P. I. Lukirskij, a druhá skupina nadšenců vědecké a aplikované optiky v čele s D. S. Rožděstvenským (A. I. Tudorovskij, A. L. Geršun st., I. V. Grebenščikov a jiní). Tyto skupiny moskevských a leningradských fyziků tvořily centra, kolem nichž vznikly a vyrostly velké sovětské ústavy vybudované v prvních letech revoluce.

Sovětská vláda organisovala vědeckou výzkumnou práci ve velkém měřítku již v prvních dnech revoluce. Touhu vynikajících ruských vědců z konce 19. a začátku 20. století uskutečnila právě Komunistická strana a sovětská vláda. Věda byla uznána jako nutná složka celostátní výstavby.

Co se týče fyziky, začátek plánovitého budování vědeckých ústavů patří již do roku 1918. V tomto historicky důležitém díle byli průkopníky vynikající sovětské vědci P. P. Lazarov, A. F. Joffe a D. S. Rožděstvenskij. P. P. Lazarov organisoval v Moskvě ústav fyziky a biofyziky, v jehož pracovním programu byl široký okruh problémů fyziky, biofyziky a geofyziky. A. F. Joffe a D. S. Rožděstvenskij vybudovali v Leningradě fyzikálně-technický a optický ústav.

V prosinci roku 1918 sešel se v Leningradě první sjezd ruských fyziků, který měl význam zakládajícího sjezdu sovětské fyziky, Leningrad v té době prožíval kruté dny v důsledku různých hospodářských těžkostí. Avšak zanícení poměrně malé skupiny shromážděných vědců různého věku, která nadšeně projednávala vědecké problémy, jež vyžadovaly řešení, bylo tak velké, že přimělo účastníky k tomu, aby úplně zapomněli na tyto všední těžkosti.

V následujících letech byla v Moskvě, Leningradě a v jiných městech SSSR založena celá řada velkých fyzikálních ústavů. Lebeděvův fyzikální ústav Akademie věd SSSR vznikl z nevelké fyzikální laboratoře Akademie věd, a stal se počátkem roku 1934, když Akademie věd přesídlila do Moskvy, díky energičnosti a iniciativě jeho ředitele S. I. Vavilova, největším vědeckým střediskem. Kromě toho založil P. L. Kapica ústav fyzikálních problémů Akademie věd SSSR, který proslul vynikajícími pracemi v oboru fyziky nízkých teplot, teoretické fyziky a v jiných oborech. Na Ukrajině existuje řada velkých ústavů, mezi nimi fyzikálně technický ústav v Charkově a fyzikální ústav AV USSR v Kyjevě. V Tomsku se buduje Sibiřský fyzikálně technický ústav a ve Sverdlovsku Ústav fyziky kovů. V Bělorusku, Gruzii, Armenii, Kazachstanu a v jiných národních republikách se budují vědecká fyzikální střediska.

Zvláště nutno je připomenout rozkvet, kterého dosáhla v Sovětském Svazu v poválečných letech nukleární fyzika v souvislosti s mimořádným významem prací v tomto oboru. Byla vybudována řada nejmodernějších laboratoří. Mezi ně patří mohutné ústavy např. Ústav pro atomovou energii a Ústav nukleárních problémů Akademie věd SSSR. Z tohoto druhého ústavu a z Elektrofyzikální laboratoře AV SSSR byl v roce 1956 vybudován mezinárodní „Spojený ústav pro jaderný výzkum“, jehož členy je 12 států.

V důsledku rychlého růstu významu polovodičů ve fyzice a technice byl v posledních letech vytvořen speciální Ústav polovodičů AV SSSR, v jehož čele stojí A. F. Joffe.

Zároveň s vytvořením ústavů, které se speciálně zabývají vědecko-výzkumnou prací, byla značně rozšířena i stará universitní střediska, mezi nimiž nejmohutnější je Fyzikální ústav moskevské university, který měl velmi důležitou úlohu v rozvoji fyziky v SSSR, hlavně díky pracím školy L. I. Mandelštama v oboru fyzikální optiky a teorie kmitů. V posledních letech získal

tento ústav v nové budově v Leninských horách jedinečně vybavené vědecké laboratoře. Velká práce byla vykonána ve Fyzikálním ústavě Leningradské university, na Oděsské, Kijevské a Tomské universitě, a na mnoha jiných universitách.

## II. Přehled prací sovětských fyziků

V dalším se pokusíme podat přehled nejdůležitějších prací, které vykonali sovětští fyzici během uplynulých čtyřiceti let. Je samozřejmé, že není možno podat v jediném článku, napsaném jediným autorem úplný a rovnoměrný přehled rozvoje všech oborů fyziky.

Snažili jsme se vyzdvihnout nejdůležitější výsledky a vědomě jsme se omezili na základní rozdělení fyziky, při čemž jsme ponechali stranou okrajové obory, jako jsou geofyzika, astrofyzika, biofyzika, fyzikální chemie (v to počítaje fotochemii, těsně spjatou s fyzikální optikou) jakož i problémy molekulární fyziky, které se vztahují hlavně k fyzikální chemii.

Teoretická fyzika vznikla jako samostatná část fyziky v důsledku neobyčejného rozvoje fyziky v 20. století. V dřívější době každý fyzik byl i teoretikem i experimentátorem. Jako příklad představitele vědy 19. a začátku 20. století můžeme uvést J. J. Thompsona, který začal svoji vědeckou činnost jako matematik, pokračoval v pracích Maxwella o elektromagnetickém poli, zároveň experimentálně dokázal realitu elektronu, sestrojil první hmotový spektrograf (metoda parabol) a experimentálně objevil isotopy neradioaktivních prvků. Hluboké teoretické práce Boltzmannova jsou obecně známy, ale je možné, že všichni nevědí, že právě on prováděl jemné experimentální práce o dielektrických konstantách plynů. Všichni fyzici v Rusku byli současně i experimentátory i teoretiky — A. G. Stoletov, N. A. Umov, N. N. Šiller, jejichž činnost patří hlavně do 19. století.

Postupně však se staly jak matematické tak i experimentální metody natolik složité, že fyzikové stáli před zvláštním problémem „volby povolání“ — stát se buď teoretikem nebo experimentátorem.

Z prací v nejobecnějších problémech teoretické fyziky je především třeba uvést proslulou práci A. A. Fridmana o obecné teorii relativity. V této práci Fridman ukázal, že kromě stacionárních řešení obecné teorie relativity, které jsou základem relativistické Einsteinovy kosmologie, existuje i nestacionární řešení souvisící se změnou poloměru křivosti světového prostoru během času. Je zajímavé že Einstein původně pochyboval o výsledcích práce Fridmana, později však s nimi souhlasil. Tato práce se stala základem pro nový směr v relativistické kosmologii.

Jinou fundamentální práci v obecné teorii relativity a teorii gravitace byla práce V. A. Foka, která pojednává o přibližném řešení problémů  $n$  těles ve světle Einsteinovy teorie relativity. Ponechávajíc stranou matematickou stránku věci můžeme zdůraznit, že jejím důležitým obecným výsledkem je důkaz toho, že pro soustavy hmotných bodů vyplývá z rovnic teorie relativity nejen Newtonův zákon vzájemného přitahování mezi hmotnými tělesy, ale i Newtonův zákon pohybu každého z těles soustavy pod vlivem ostatních těles.

V kvantové teorii, po úspěšném kvantování zobecněného modelu atomu analogického atomu vodíku (eliptické orbity), vznikl problém, jak nalézt obecné principy kvantování soustavy s mnoha stupni volnosti. Tento problém se řešil na podkladě vynikající Ehrenfestovy hypotézy „adiabatických

invariantů“. Tato hypotéza byla nejúplněji a nejhlouběji rozvinuta v rozsáhlé práci Ju. A. Krutkova, která byla uveřejněna jako monografie „Adiabatické invarianty a jejich použití v teoretické fyzice“.

Soudobá kvantová mechanika nebo, jak ji zpočátku nazývali, nová kvantová mechanika (za starou byla považována teorie Bohra a Sommerfelda) byla vytvořena během dvacátých let v pracích L. de Brogliea, E. Schrödingera, W. Heisenberga, P. A. M. Diraca, které následovaly rychle za sebou. Co se týče formulace základních myšlenek a rovnic kvantové mechaniky, byli to sovětští teoretici, kteří se neaktivněji zúčastnili propracování přibližných metod řešení Schrödingerovy rovnice a použití metody kvantové mechaniky při řešení rozmanitých zvláštních problémů. V této části uvedeme jen souhrnný přehled prací, které mají nejobecnější charakter.

Práce takového druhu jsou práce V. A. Foka, věnované rozvoji přibližné metody řešení Schrödingerovy rovnice pro případ mnoha těles. Schrödingerova rovnice umožňuje jak známo řešit v zásadě libovolný úkol kvantové fyziky. Avšak pro soustavu mnoha těles stává se úkol na tolik složitým, že prakticky jej není možno řešit. Ve skutečnosti však nepotřebujeme absolutně přesné řešení takových úkolů, neboť výsledky měření mají vždy omezenou přesnost. Proto mají větší význam vhodné přibližné metody. Takovou spolehlivou metodou v kvantové mechanice je Hartreeova-Fokova metoda, zpočátku navržená Hartreem, ale kterou V. A. Fok v podstatě natolik zlepšil, že se nyní často uvádí jenom jako metoda Fokova. Podstata této metody spočívá na modelu tzv. „samo sobě odpovídajícího pole“, ve kterém na příklad při řešení případu atomu s mnoha elektrony se uvažuje pohyb každého elektronu jako pohyb v poli jádra a v poli, vytvořeném ostatními elektrony. Podstatné zlepšení, které provedl V. A. Fok, vede k rovnicím pro vlnové funkce jednotlivých elektronů, obsahujícím kromě členů z předcházejících rovnic ještě i členy, odpovídající interakci mezi elektrony a zvlášť výměnné interakci. Řešení těchto rovnic umožňuje v případě atomu výpočet energetické hladiny a intenzity spektrálních čar. Touto metodou vyřešil V. A. Fok a M. A. Petrašeň na příklad problém atomu sodíku, při čemž se zjistila hodnota základního termu a ionizačního potenciálu sodíku s přesností na 2%. Mezi základní práce, ve kterých se řešily obecné problémy kvantové fyziky, patří práce L. I. Mandelštama a M. A. Leontoviče o chování kvantové částice, která se nachází v prostoru potenciální bariéry. Tato práce obsahovala základy teorie „tunelových přechodů“ — zcela zvláštního jevu, který měl jak známo velmi důležitou úlohu ve velkém množství atomárních procesů, které patří mezi základní jevy atomové fyziky a elektroniky.

V posledních letech směřovalo úsilí teoretiků k obecnému propracování relativistické kvantové mechaniky a kvantové elektrodynamiky, nebo přesněji obecné kvantové teorie pole (máme-li na zřeteli nejen elektromagnetické, ale i mesonová pole). V těchto složitých problémech, v nichž se používá nejjemnějších matematických metod, se sovětští teoretici cítili „jako doma“ a přispěli podstatným podílem (práce N. N. Bogoljubova, L. D. Landaua, I. J. Tamma, M. A. Markova, I. Ja. Pomerančuka a jejich žáků). Nemůžeme zde podat ani přibližný obraz výsledků, jichž zde bylo dosaženo, připomeňme však alespoň metodu řešení rovnic kvantové mesodynamiky, kterou vyvinul I. J. Tamm a která se liší od obvyklé používané teorie poruch (tzv. metoda Tammova-Dankova; analogickou metodu použil již dříve V. A. Fok při řešení některých úloh kvantové elektrodynamiky).

V oboru obecných problémů elektrodynamiky a statistiky měly velký význam práce L. D. Landaua v termodynamické teorii fázových přeměn druhého řádu, k nimž patří některé přeměny slitin, přeměny feromagnetik v paramagnetika a vůbec přeměny souvisící s Curieho body.

Fundamentální práce o základech statické mechaniky podali N. N. Bogoljubov a M. A. Leontovič, B. I. Davidov a jiní věnovali své práce statické teorii nevratných dějů.

Současný výzkum nových nestabilních částic (mesonů  $K$ , tzv. problém  $\tau - \theta$ ) přinesl nové překvapení, které se připojilo k řadě nesčetných překvapení fyziky 20. století v teorii relativity a v kvantové mechanice. Experimentálně zjištěné nesrovnalosti, které sejevily v chování mesonů  $K$ , vysvětlili T. D. Lee a C. N. Yang za předpokladu, že neplatí jeden z nejdůležitějších zákonů o zachování při rozpadu mesonů  $K$ , a to zákon zachování „parity“. Podstata principu zachování parity je, názorně řečeno, v požadavku „pravo-levé“ symetrie objektu nebo jevu, nebo jinak — v požadavku, aby předmět a jeho zrcadlové zobrazení si vzájemně odpovídaly, nebo konečně v požadavku invariantnosti formulace přírodních zákonů vůči zrcadlovému zobrazení. Neplatnost principu zachování parity, který byl uveden na začátku jako hypotéza pro vysvětlení speciálního případu rozpadu mesonů  $K$ , byla během krátké doby přesvědčivě dokázána experimenty C. S. Wu a skupiny spolupracovníků z *International Bureau of Standards* v USA pomocí rozpadu beta orientovaných jader  $\text{Co}^{60}$ ,<sup>5)</sup>

V souvislosti s tímto problémem předložil L. D. Landau neobyčejně zajímavý princip, podle něhož „pravo-levá“ asymetrie souvisí s elektrickým nábojem. To znamená, že je-li částici s kladným nábojem, např. protonu, vlastní prostorová asymetrie určitého druhu, řekněme pravotočivost, pak antiprotonu, majícímu záporný náboj, musí být vlastní opačná asymetrie, tj. levotočivost. Poněvadž levotočivá šroubovice je zrcadlovým obrazem pravotočivé šroubovice pak částice a antičástice jakoby přecházely jedna v druhou při zrcadlovém zobrazení. Tedy obě asymetrie, které existují v přírodě — asymetrie elektrického náboje a prostorová „pravo-levá“ asymetrie se kombinují v jakýsi nový druh symetrie, která se projevila v principu, nazvaném podle Landaua „principem kombinované parity“, v jehož důsledku zrcadlové zobrazení libovolného procesu je možné za podmínky, že všechny náboje budou nahrazeny opačnými<sup>5)</sup> V této poutavé oblasti, kde se projevují základní přírodní zákony, nacházíme se možná na prahu nových důležitých objevů.

### Atomové jádro a kosmické paprsky

V této nejdůležitější a zároveň i nejobtížnější oblasti soudobé fyziky byly dosaženy tak velké úspěchy, že pozvedly Sovětský svaz na jedno z nejpřednějších míst ve světové vědě. Na ženevské konferenci pro mírové využití atomové energie, konané v roce 1954, předložili sovětští fyzici 102 velmi důležitých prací z této oblasti, což může posloužit alespoň jako vnější charakteristika rozsahu prací v tomto oboru. První průmyslová atomová elektrárna na světě, různorodé práce s použitím uměle radioaktivních isotopů, atomový ledoborec, který se úspěšně dokončuje, důležité výzkumy ve fyzice částic s velkými energiemi, které byly provedeny na šestimetrovém synchrocyclotronu a konečně největší urychlovač elementárních částic na světě, synchrofázotron pro energie

<sup>5)</sup> Viz o tom např. článek *K otázce zachování parity*, v tomto časopise, III (1958).



až 10 BeV, který byl spuštěn v minulém roce — to jsou jen nejdůležitější vymoženosti v oblasti mírového využití atomové energie v poslední době.

Uvedeme nejdůležitější práce, které byly provedeny během uplynulých čtyřiceti let.

V roce 1932 zformuloval D. D. Ivaněnko představu o tom, že atomová jádra neobsahují elektrony, ale že se skládají z kladně nabitých protonů a nenabitých neutronů. I. J. Tamm podrobně rozvinul (v roce 1934) v nynější obecně přijatou představu o vzniku nukleárních sil v důsledku přeměn částic. I když původní předpoklady o tom, že se tato přeměna uskutečňuje pomocí elektronů a neutronů, připouštějí, jak ukázaly výpočty I. J. Tamma, existenci sil, které jsou co do velikosti o mnoho řádů menší než reálné síly ovládající atomové jádro, základní myšlenky této teorie zůstaly dosud v platnosti.

Velké množství prací v oblasti nukleární fyziky a kosmických paprsků provedli experimentální fyzici. L. V. Mysovskij vykonal četné práce v oboru kosmických paprsků v prvních etapách tohoto výzkumu. Spolu s Čižovem propracoval r. 1925 metodu nukleárních emulzí pro zkoumání rychlých částic, která v posledních letech doznala širokého použití. Tato metoda, kterou A. P. Ždanov zdokonalil, umožnila jemu, P. I. Lukirskému a N. A. Perfilovovi objevit „hvězdy“, které vytvořily kosmické paprsky ve fotoemulsi. Mezi nejdůležitější práce v oblasti kosmických paprsků patří výzkumná práce D. V. Skobelcyna, který první pozoroval v roce 1927 ve Wilsonově komoře spršky kosmických paprsků. Metoda Wilsonovy komory, umístěné v magnetickém poli, byla při těchto pracích v tehdejší době velice používaná.

V posledních letech byly vykonány rozsáhlé práce, které zkoumají jevy vznikající při interakci primárních kosmických paprsků s atomovými jádry. (D. V. Skobelcyn, N. A. Dobrotin, G. T. Zacepin, S. N. Vernov.)

Jeden z řady důležitých výsledků těchto prací je objev tzv. elektronukleárních spršek. Tento objev podstatně prohloubil naše představy o kaskádním mechanismu vzniku spršek, ježto ukázal, že počátečním článkem kaskády jsou elektronukleární procesy při vysokých energiích a nikoli elektromagnetické procesy.

Velký zásadní význam měl pokus A. I. Alichanjana, A. I. Alichanova a L. A. Arcimoviče (1936), v němž byla přesně dokázána platnost zákona zachování impulsu při annihilaci dvojice elektron-positron. N. A. Vlasov, B. S. Dželepov později (v roce 1950) velmi přesně ověřili, že je splněn zákon zachování impulsu při annihilaci positronů rozpadu  $\beta^+$   $\text{Cu}^{64}$ . A. I. Alichanov, A. I. Alichanjan se svými spolupracovníky vykonali řadu důležitých experimentálních prací ve zkoumání rozpadu  $\beta$  (spektra  $\beta$ , vnitřní konverse) pomocí magnetického spektrografu  $\beta$  A. I. Alichanova. Důležitou etapou v experimentálních důkazech existence neutrina byly pokusy A. I. Lejpunského, které dokázaly, že zákon zachování impulsu není splněn v soustavě elektron-jádro.

V roce 1935 objevili V. V. Kurčatov, I. V. Kurčatov, L. I. Rusinov a L. V. Mysovskij pozoruhodné jevy nukleární isomerie radioaktivních prvků. Na příkladu isotopu bromu bylo ukázáno, že existují radioaktivní jádra, která se jeví jako isotopy i jako isobary, to jest, mají přesně stejné složení, ale různé poločasy rozpadu. Tak na příklad isotop bromu má dva poločasy rozpadu: 18 minut a 4,4 hodin. Ukázalo se, že tento jev je mezi radioaktivními jádry velmi častý. V důsledku jisté analogie s isomerií, což je známý jev v organické chemii, kde molekuly mají stejné složení, ale různou stavbu, byl i tento jev

nazván nukleární isomerií. Avšak příčina nukleární isomerie nespočívá v různé stavbě isomerních jader, nýbrž v existenci metastabilních nukleárních hladin záření gama, z nichž je přechod do normálního stavu více nebo méně „zakázán“: v důsledku malé pravděpodobnosti přechodu, jádra, která se octnou na takových metastabilních vzbuzených hladinách, přejdou do dřívějšího stavu, při čemž vyzáří paprsky gama během dlouhotrvajícího časového intervalu.

Po vynalezení betatronu sovětsí fyzici dokázali, že „strop“ urychlení elektronu betatronem je podmíněn tím, že urychlované elektrony musí na konec v důsledku zákonů klasické elektrodynamiky vyzařováním elektromagnetických vln začít ztrácet energii. (D. D. Ivaněnko, I. Ja. Pomerančuk a A. A. Sokolov, později L. A. Arcimovič a I. Ja. Pomerančuk).

Rozhodující úspěch při stavbě soudobých výkonných urychlovačů, potřebných pro zkoumání nukleárních procesů, byl dosažen zásluhou prací V. I. Vekslera, který předložil a zdůvodnil tzv. princip synchronisace (v roce 1944). Ukázalo se, že je možné díky tomuto principu překonat omezení použitím rezonanční metody urychlení, způsobené relativistickou závislostí hmoty na rychlosti. Zařízení, která byla sestavena na tomto principu — synchrotrony, fázotrony (nebo synchrocyclotrony) a konečně synchrofázotrony — umožnila přejít od energií, dosahujících desítky milionů elektronvoltů k energiím o mnoha stech milionů a dokonce miliard elektronvoltů. Tak na příklad synchrocyclotron Ústavu nukleárních problémů AV SSSR poskytuje toky částic o energii až 700 MeV.

Vytvoření takových výkonných zařízení, kterými byly získány v laboratorních podmínkách toky částic o velmi vysokých energiích, blízkých se energiím kosmických paprsků, umožnilo aktivně rozvinout novou oblast fyziky, fyziku částic o vysokých a velmi vysokých energiích. Tento vědní obor je ještě velmi mladý — jeho historie sotva dosáhla jednoho desetiletí; jeho předmětem je zkoumání podstaty a vlastností nejjednodušších strukturních prvků hmoty — nukleonů, mesonů, hyperonů. Na vzniku této nové vědy mají sovětsí fyzici podstatný podíl. Jejich zkoumání interakce elementárních částic v širokém energetickém intervalu šla třemi směry: byl zkoumán pružný rozptyl nukleonů nukleony (rozptyly *pp*, *np*, a *nn*), vznik nabitých a neutrálních mesonů při srážkách nukleonů, interakce mesonů s nukleony. Všechna tato zkoumání přinesla mnoho cenných svědectví o struktuře elementárních částic a v podstatě nukleárních sil. Experimentální práce byly prováděny v řadě ústavů pod vedením V. I. Vekslera, V. P. Dželepova, B. M. Pontekorva, M. G. Meščerjakova a teoretické pod vedením I. Ja. Pomerančuka a jinými.

Největším úspěchem v oblasti získávání částic o velmi vysokých energiích je spuštění (duben 1957) gigantického synchrofázotronu Spojeného ústavu pro jaderný výzkum.<sup>9)</sup> Toto zařízení bylo vybudováno společnou prací velkého kolektivu sovětských fyziků a inženýrů pod vedením V. I. Vekslera, D. V. Jefremova, J. G. Komara, kolektivu pracovníků radiotechnické laboratoře Akademie věd SSSR v čele s A. L. Mincem a za účasti řady jiných vědeckotechnických ústavů (Lebeděvův fyzikální ústav Akademie věd SSSR, Vsesvazový elektrotechnický ústav aj.). O mohutnosti a přitom neobyčejné přesnosti práce tohoto zcela unikátního zařízení můžeme soudit podle těchto údajů: váha kruhového elektromagnetu synchrofázotronu je 36 000 t, střední průměr ocelového prstence dosahuje skoro 60 m; tlak uvnitř vakuové komory

<sup>9)</sup> O tomto stroji viz např. článek *Synchrofázotron AV SSSR*, v tomto časopise, II (1957), č. 1.

vyčerpávané 56-ti mohutnými čerpadly, dosahuje  $10^{-9}$  at. Urychlované protony musí za 3,3 vteřiny udělat uvnitř této vakuové komory 4,5 milionů obrátek a proběhnouti při tom dráhu milionů kilometrů. Na tomto zařízení se z počátku podařilo získat protony s energií 8,3 miliard elektronvoltů, a později 10 miliard elektronvoltů — nejvyšší energii, kterou se doposud fyzikům podařilo získat.

Konec 30. a začátek 40. let je charakterisován intenzivním vývojem prací, v nichž bylo zkoumáno štěpení jader těžkých prvků. Sovětští fyzici získali v této době řadu důležitých výsledků, které měly podstatnou úlohu při řešení úkolu, jak získat a využít nukleární energii. Jak je známo, podstata nukleárních štěpných reakcí spočívá v dělení těžkých jader pomocí neutronů. V roce 1939 podal poprvé Ja. I. Frenkel kvalitativní vysvětlení tohoto jevu ze stanoviska elektrokapilárního modelu (současně a nezávisle rozvinuli tuto představu N. Bohr a J. Wheeler). K. A. Petržak a G. N. Flerov ukázali v roce 1940, že proces dělení uranu je spontánní, i když jeho pravděpodobnost je velmi malá. Hned po tom ukázali Ja. B. Zeldovič a Ju. B. Chariton (1939—1940), že při nevelkém obohacení přírodní směsi isotopů uranu lehkým isotopem  $U^{235}$  může vzniknout štěpný proces při použití obyčejné vody jako moderátoru.

Sovětští vědci (I. V. Kurčatov, A. I. Alichanov, V. Š. Fursov, A. P. Alexandrov, D. I. Blochincev, N. A. Dolležal a jiní) vytvořili mnoho experimentálních nukleárních reaktorů pro vědeckovýzkumné účely a provedli četná zkoumání nejdůležitějších problémů nukleární fyziky. Tyto práce položily základ pro rozvoj aplikované nukleární fyziky. Nejdůležitějším výsledkem v této oblasti byl — jak již bylo dříve řečeno — rozvoj nukleární energetiky, při čemž zkušenost s využitím první atomové elektrárny, vybudované v SSSR, umožnila sestavit velký program rozvoje nukleárního energetického průmyslu. To, že bylo získáno pomocí nukleárních reaktorů velké množství umělých radioaktivních isotopů, vedlo k rozsáhlému rozvoji metody „značkových atomů“ v metalurgii, biologii, medicíně a v zemědělství. Důležitá zkoumání byla provedena v otázce řízených termonukleárních reakcí. Zde je zapotřebí uvést teoretickou práci A. D. Sacharova a I. J. Tamma a pokusy, provedené pod vedením L. A. Arcimoviče a M. A. Leontoviče s mohutným výbojem ve zředěných plynech. Koncentrací náboje v jakousi tenkou plasmatickou nit pomocí magnetického pole podařilo se poprvé získat v laboratorních podmínkách teplotu řádově jeden milion stupňů a objevit vznik volných neutronů. Práce, kterou vykonali fyzikové a inženýři na poli ovládnutí nukleární energie, patří plným právem mezi nejdůležitější úspěchy sovětské vědy.

*(Pokračování)*