

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

E. V. Špolskij

Čtyřicet let sovětské fyziky [Dokončení]

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 3 (1958), No. 6, 672--688

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138053>

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>

FYSIKA

ČTYŘICET LET SOVĚTSKÉ FYSIKY

E. V. ŠPOLSKIJ

(Dokončeno)

Optika

Na jaké úrovni byl v předrevolučním Rusku optický průmysl? V tomto směru existuje autentické svědectví D. S. Rožděstvenského⁷⁾: „Co se týče roku 1917, bylo by vhodnější vyjmenovat to, co tehdy neexistovalo ...“. Rožděstvenskij dále uvádí, že v té době existovaly neveliké řemeslnické dílny s celkovým počtem pracovníků menším než tisíc. „Nikde se nevyráběly geodetické přístroje, fotografické aparáty, kinematografické aparáty, mikroskopy ani vědecké přístroje.“

Podle údajů v téže stati dochází však již v roce 1933 k podstatným změnám. V opticko-chemickém průmyslu pracovalo již 7 závodů, ve kterých bylo zaměstnáno 11 tisíc pracovníků, vyrábějících různé optické přístroje pro vojenské, vědecké a civilní účely.

Od té doby uplynulo již 25 let; optický průmysl zásobuje nyní úplně sovětskou armádu, námořnictvo a letectvo všemi potřebnými přístroji, vyrábí různé dokonalé moderní fotografické aparáty se znamenitými objektivy, vyrobenými ze sovětského optického skla, různé vědecké přístroje — mikroskopy, astronomické dalekohledy, spektrální aparatury atd.

V tomto bouřlivém rozvoji optického průmyslu měl velikou úlohu Státní optický ústav S. I. Vavilova, vedený jeho zakladatelem D. S. Rožděstvenským a později jeho nástupcem S. I. Vavilovem.

Jeden z prvních úkolů, který pro organizaci Státního optického ústavu vytyčila skupina nadšenců sovětské optiky pod vedením D. S. Rožděstvenského, spočíval v propracování vlastních metod výroby optického skla, metod založených na solidním základě rozsáhlých vědeckých fyzikálně-chemických výzkumů tohoto procesu a ne na „záhadných přísných tajemstvích“, na nichž byl založen výrobní postup u zahraničních firem. Velký kolektiv vědeckých pracovníků, zejména J. V. Grebenščikov, N. N. Kačalov, A. A. Lebeděv, A. I. Stožarov, mají zásluhu o propracování a dobudování těchto metod. Kontrolní proces byl usnadněn díky důvtipné metodě J. V. Obreimova, pomocí níž se rychle zjišťoval index lomu skla. Zásluhou všech těchto prací nebyl Sovětský svaz již v roce 1925 závislý na dovozu optického skla.

Velký význam pro rozvoj aplikované optiky mělo založení sovětské optické školy (A. I. Tudorovskij, G. G. Sljusarev, J. G. Jachontov a jiní). Vypracováním původní metody výpočtů a sestavením pomocných tabulek byla usnadněna volba různých druhů skla a postup výpočtů. Konstrukce

⁷⁾ Д. С. Рождественский, *Sudby optiki v SSSR. „XV let Gosudarstvennogo optičeskogo instituta“*. Sborník statěj pod redakcijej S. S. Vavilova, ONTI, 1934, str. 25.

zrcadlových objektivů (J. M. Brumberg a S. A. Geršgorin) přispěla k sestrojení originálního typu mikroskopu pracujícího v ultrafialové oblasti. (J. M. Brumberg). Dále byla vypracována řada originálních konstrukcí fotografických objektivů (M. M. Rusinov, D. S. Volosov a jiní). V. P. Linnik navrhl způsob kontroly optických systémů a spolu s A. A. Lebeděvem řadu původních konstrukcí optických přístrojů. Za nejdůležitější úspěch poslední doby lze však považovat sestrojení vysoce kvalitních sovětských difrakčních mřížek, které byly vyrobeny v GOI pod vedením F. M. Gerasimova.

Důležité odvětví aplikované optiky představuje světelná technika a fotometrie, která s ní přímo souvisí. Pro teoretické základy světelné techniky, má velký význam teorie světelného pole, kterou vypracovali sovětsí vědci, zvláště V. A. Fok, A. A. Geršun, M. M. Gurevič a N. V. Boldyrev. Význam těchto prací jasně formuloval Parry Mun, redaktor anglického překladu Geršunovy knihy „Teorie světelného pole“, vydané v USA. Parry Mun zdůraznil, že teorie, vyložená v této knize jedním z jejich průkopníků, představuje vlastně první důležitý krok ve fotometrii od dob, kdy vyšla práce P. Bugera (tj. od poloviny 18 století).

V oblasti spektroskopie atomů měly vynikající význam práce D. S. Rožděstvenského, publikované již ve 20. letech. Na příkladu atomu lithia a jiných žíravých zemin byla v těchto pracích ukázána blízká analogie vyšších hladin těchto jednovalenčních atomů s termy atomů podobajících se vodíku. Na tomto základě byl jasně formulován tak zvaný model zářícího elektronu. Srovnáním spektra ionisovaného horčíku se spektrem helia byl stanoven tak zvaný „spektroskopický posuvný zákon“, podle něhož spektrum jednou ionisovaného atomu s atomovým číslem Z odpovídá spektru neutrálního atomu s atomovým číslem $Z - 1$. V souvislosti s pracemi D. S. Rožděstvenského je třeba připomenout dvě okolnosti. Za prvé, i když práce Rožděstvenského spočívaly celkem na Bohrově teorii atomu, model optického elektronu a spektroskopický posuvný zákon si zcela zachovaly svůj objevitelský význam a slouží dodnes jako vodítko pro experimentátory v oboru spektroskopie. Za druhé, z historického hlediska, měly tyto práce zvláštní význam pro sovětskou fyziku. Byly vykonány v období blokády, v úplném odloučení sovětských vědců od zahraniční vědy. Avšak po zrušení blokády se zjistilo, že tytéž výsledky získali Sommerfeld, Schrödinger a jiní západní vědci. Skutečnost, že mladá sovětská věda dokázala v úplném odloučení od vyspělých zahraničních vědeckých škol vytyčit a rozřešit nejdůležitější problémy této doby, byla pro nás zdrojem radosti a víry ve vlastní síly.

Konečný cíl spektroskopického výzkumu spočívá ve stanovení posloupnosti termů atomu, to jest ve stanovení schematu jeho energetických hladin. Uvedené schema hladin může rovněž být přímo experimentálně zkontrolováno pomocí vybuzení atomů do definovaného vyššího stavu stanovením následujících sestupných přechodů. Samo buzení může být uskutečněno buď bombardováním elektrony, nebo opticky. Ve 20. letech byla velmi populární metoda bombardování elektrony, která byla s velkým úspěchem použita v klasických pracích J. Franka a H. Hertze. Přes veškerý význam prvních prací, které se zabývaly zmíněnou problematikou, pozdější práce vedly k dosti hrubým kvantitativním výsledkům, které ani kvalitativně nedávaly vždy jasnou interpretaci. Mnohem přesnější byla metoda optického buzení, kterou rozsáhle použil A. N. Těrenin v celé řadě svých významných prací. Díky různým zdokonalením, která navrhl v experimentální technice, podařilo se mu podrobně prozkou-

mat schema hladin a vyšetřit přechody mezi rozličnými hladinami celé řady atomů, rtuti, kadmia, thalia, vizmutu, olova, zinku a rovněž prostudovat tak zvané stupňovité buzení, při kterém již vybuzený atom pohlcuje ještě kvantum energie a přechází na vyšší hladinu. Tyto představy vešly dnes již tak do „krve“ fysiků, že je těžko si uvědomit, jak velký význam měly uvedené práce, které umožnily s krajní srozumitelností pochopit nové ideje, jež pronikly do spektroskopie s rozvojem kvantové teorie atomu.

Je přirozené přejít od studia optického buzení atomu, ke zkoumání optického buzení molekul. Zásadní význam v tomto oboru mají výzkumy A. N. Těrenina a jeho spolupracovníků, které vysvětlují mechanismus elementárního fotochemického procesu pomocí spektroskopického studia buzených molekul. Ačkoli zkoumání fotochemických procesů je téměř tak staré jako lidstvo samo, přesto před rozvojem dnešní spektroskopie, s jejími dokonalými experimentálními metodami a jasnými teoretickými perspektivami, nemohl být uspokojivě fysikálně formulován základní problém mechanismu elementárního fotochemického procesu.

V posledních letech soustředili badatelé zájem na studium složitých molekul, zejména organických, místo dřívějšího studia prostých dvouatomových molekul. Jako příklad uveďme zajímavou práci B. S. Něporenta o zkoumání a interpretaci širokých absorpčních pásů v parách organických sloučenin.

Naproti tomu v první fázi organické krystaly a ztuhlé roztoky při největším možném ochlazení a za určitých podmínek dávají spektra, skládající se z ostrých čar. Je zřejmé, že zkoumání spekter složitých molekul je důležité za těch okolností, kdy se na jedné straně projevují individuální vlastnosti molekul a na druhé straně objevuje možnost zkoumat nepatrné působení krystalického pole na vyšetřovanou molekulu. Zkoumání absorpčních spekter, luminiscence, jakož a disperse řady aromatických uhlovodíků v krystalickém stavu (I. V. Obreimov, A. F. Prichotko a jejich spolupracovníci) a ve ztuhlých roztocích některých speciálních rozpouštědel (E. V. Špolskij se spolupracovníky) otvírá mnohoslabné cesty pro hluboké studium těchto důležitých molekul. Interpretace výsledků četných prací pojednávajících o spektroskopii složitých molekul, vypracovaných v SSSR i v zahraničí, je dnes založena na teorii spekter molekulárních krystalů, kterou vypracoval A. S. Davydov.

Fluorescence v roztocích a pevných látkách, dlouhodobá luminiscence — fosforescence — mají velký význam jak z teoretického tak u z praktického hlediska. I v tomto oboru přispěli sovětsí fysikové podstatným podílem. S. I. Vavilov, V. L. Levšin a jejich spolupracovníci podrobili fluorescenci v roztocích všestrannému a pečlivému zkoumání.

Důležitý jev polarisace fluorescence, který v roce 1920 objevil F. Weigert, podrobili S. I. Vavilov a V. L. Levšin všestrannému zkoumání v řadě základních prací.

Zejména důležitou a zajímavou ukázala se výrazná závislost stupně polarisace na budící délce vlny, objevená S. A. Vavilovem, při čemž u některých vlnových délek polarisace luminiscence dokonce mění znaménko, to jest stává se zápornou. Na podkladě této závislosti je možné stanovit novou charakteristiku vlastností molekul, právě tak důležitou jako jsou absorpční a luminiscenční spektra, zejména polarisační spektra, jejichž poznání umožňuje udělat závěry o struktuře fluoreskujících molekul. Možnosti, které odhaluje poznání polarisace fluorescenčních spekter, ukázal žák S. I. Vavilova, P. P. Feofilov,

který prozkoumal a podal interpretaci spekter polarisace velkého množství složitých organických molekul. P. P. Feofilovovi náleží také řada obširných prací o polarisaci luminiscence v krystalech a roztocích.

Sovětští fyzici provedli četná zkoumání luminiscence krystalofosforu (V. V. Antonov-Romanovskij, V. L. Levšin a jiní).

Soudobá teorie luminiscence krystalofosforů byla založena na tak zvané pásové teorii krystalů. Tato teorie, která spočívá na soudobých představách o elektrických vlastnostech pevných látek, ukázala se velmi užitečnou pro pochopení mechanismu luminiscence krystalofosforu. Přes její jen přibližný charakter je pásová teorie v nynější době nezbytnou pracovní pomůckou pro teoretiky a experimentátory, kteří se zabývají zkoumáním a technickým užitím krystalofosforů. Význam této teorie pro teoretickou interpretaci zákona luminiscence, zejména pro kinetiku doznívání luminiscence krystalofosforu byl ukázán v řadě prací D. I. Blochinceva, S. I. Pekara, E. I. Adiroviče.

Experimentální a teoretická bádání v oblasti luminiscence krystalofosforů, vypracování technologie výroby krystalofosforů a zkoumání luminiscenčních podmínek záření při výboji v plynech umožnila průmyslu osvojit si výrobu hospodárných lamp, zářivek, které doznaly nejšířšího použití.

Zásluha o rozvoj a zdomácnění rozličných metod spektrální analýsy a pomoc při projekci a výrobě všech druhů soudobých spektrálních aparatur a pomocných přístrojů spektrální analýsy patří jak moskevské (G. A. Landsberg, S. L. Mandelštam, N. N. Sobolev, A. K. Rusanov a jiní) tak i leningradské škole fyziků (A. N. Filipov, V. K. Prokofjev, S. E. Friš a jiní).

V poslední době získávají zároveň s metodami atomové spektrální analýsy stále větší význam a uplatnění metody molekulární spektrální analýsy (infračervená a ultrafialová absorpční spektra, spektra kombinovaného rozptylu, luminiscenční analýsa). Pro tyto metody otvírá se nové široké pole působnosti: medicína a biologie, naftový, farmaceutický, potravinářský průmysl a zemědělství. Velkou zásluhu na vypracování a zavedení příslušných metod má V. M. Čulanovský.

Molekulární rozptyl světla je oblast, v níž sovětští fyzici dosahují významných úspěchů. Připomeňme především, že se dlouhou dobu pochybovalo o existenci molekulárního rozptylu. K vysvětlení podmínek, za nichž může nastat molekulární rozptyl světla, bylo zapotřebí práce tak významných vědců, jako je lord Rayleigh, M. Smoluchovskij, A. Einstein. K rozboru této složité otázky podstatně přispěly náročné práce L. I. Mandelštama, provedené již před revolucí. V roce 1920 podařilo se francouzskému fyziku Cabannovi poprvé realizovat nebeskou modř v laboratoři, to jest podrobně prozkoumat skutečný molekulární rozptyl v plynech. Brzy na to v roce 1927 G. S. Landsberg bezpečně dokázal existenci molekulárního rozptylu v pevných látkách — v krystalickém křemenu.

Spolu s L. I. Mandelštamem pokračoval G. S. Landsberg ve studiu tohoto jevu a objevil, že ve spektru molekulárního rozptylu světla zároveň s neposunutými spektrálními čarami je rovněž možno pozorovat jejich posun do červené a fialové oblasti. Objev tohoto jevu, který je v SSSR obvykle nazýván kombinovaný rozptyl světla, je jedním z nejdůležitějších a nejužitečnějších objevů ve fyzice 20. století.

Metoda experimentálního stanovení vlastních kmitočtů molekul, založená na kombinovaném rozptylu, poskytla nesmírné možnosti fyzice a fyzikální, organické a neorganické chemii.

Téměř současně s Landsbergem a Mandelštamem a nezávisle na nich, objevili v Indii kombinovaný rozptyl světla Raman a Krišnan, kteří uveřejnili svou první zprávu dříve než sovětští vědci. Z toho důvodu bývá tento efekt v zahraniční literatuře obvykle nazýván, podle stávající tradice, Ramanovým efektem. Avšak tato čistě technická okolnost — termín publikace — nikterak nezmenšuje zásluhu sovětských fyziků, kteří kromě toho, že objevili nový zjev, mají velkou zásluhu i na vypracování jeho přesné teorie (L. I. Mandelštam, M. A. Leontovič, G. S. Landsberg, I. J. Tamm).

Pro sovětské vědce nebyla neočekávaná ta skutečnost, že molekulární rozptyl světla bude souviset se změnou délky vlny. Při vyšetřování molekulárního rozptylu, jako interferenčního odrazu světla na debeyerských pružných tepelných vlnách, dokázali nezávisle na sobě L. I. Mandelštam a L. Brillouin již v roce 1918, že při podobném rozptylu v prostředí s indexem lomu n , budící vlna λ_0 se musí rozštěpit na dvě vlny, posunuté vzhledem k λ_0 o veličinu

$$\Delta\lambda = \pm 2\lambda_0 n \frac{v}{c} \sin \frac{\Theta}{2},$$

kde v je rychlost zvuku v prostředí a Θ úhel rozptylu. Součinitel v/c způsobuje, že posunutí $\Delta\lambda$ je řádově menší, než posunutí v kombinovaném rozptylu. Přes to však byl i tento těžko prokazatelný jev experimentálně zjištěn J. F. Grossem.

Velký význam mají také práce J. F. Grossa, M. F. Vuksa a jejich spolupracovníků, věnované studiu tak zvaných „křidel“ Rayleighova rozptylu. Tato zkoumání vedla k objevu velmi pomalých kmitů (o frekvenci řádově 50 cm^{-1}), které byly připsány kmitům celých molekul v krystalické mřížce. Zkoumáním těchto tak zvaných „grossových“ kmitů, byla vysvětlena podstata kapalných a krystalických stavů.

Jeden z nejdůležitějších objevů v oblasti optiky udělal v roce 1934. P. A. Čerenkov, který byl v té době aspirantem Fyzikálního ústavu Akademie věd SSSR. Manželé Curieovi zjistili již při prvních pozorováních vlastností radioaktivních látek, že roztoky některých minerálních solí slabě září vlivem radioaktivních látek. Tato záření byla pokládána za fluorescenci.

V roce 1934 ukázal však P. A. Čerenkov, že působením paprsků gama nejen roztoky (jako např. roztoky uranylových solí, jejichž fluorescenci Čerenkov studoval), ale i čisté kapaliny — jako např. destilovaná voda, xylol, toluol, glycerin, rozličné alkoholy — dávají slabé záření. Toto záření se svými vlastnostmi jasně liší od fluorescence: ke zhasnutí nedošlo ani pod vlivem nejsilnějších „tlumičů“ fluorescence (roztok KJ a jiné), jeho polarisace se podstatně lišila od polarisace fluorescence. S. I. Vavilov, který vedl Čerenkovovu práci, správně rozpoznal v této luminiscenci nový efekt, který nespojoval s vlastními paprsky gama, ale s volnými elektrony, uvolněnými v prostředí pomocí paprsků gama.

Kvantitativní teorií záření Vavilova-Čerenkova (v literatuře je častěji nazýváno „zářením Čerenkova“) vybudovali J. M. Frank a I. J. Tamm (později v ještě přesnějším tvaru I. J. Tamm) a ve všech podrobnostech experimentálně potvrdil P. A. Čerenkov. Frank a Tamm vysvětlili vznik tohoto záření z hlediska klasické elektromagnetické teorie jako vlnu provázející elektron, který se rovnoměrně pohybuje s rychlostí větší, než je fázová rychlost světla v daném prostředí, to jest s rychlostí větší než je $\frac{c}{n}$ (n — index

lomu prostředí). Podmínka koherentnosti elementárních Huygensových vln vznikajících při pohybu elektronu v prostředí s rychlostí

$$\beta = \frac{v}{c} \sin \Theta = \frac{1}{\beta n},$$

kde Θ je úhel, který svírá normála (k čelu vlny) se směrem pohybu. Z toho vyplývá, že elektron, pohybující se rychlostí $v > \frac{c}{n}$, je doprovázen vlnou ve tvaru V; názornou analogií může být nárazová vzduchová vlna, provázející střelu s rychlostí větší než rychlost zvuku, nebo vlna, provázející pohyb lodi, když rychlost lodi převyšuje rychlost vln na povrchu vody.

V. L. Ginzburg podal kvantové vysvětlení efektu Vavilova-Čerenkova, při čemž použil zákona zachování energie a impulsu na pohybující se částici, uvolňující foton. Ginzburg rovněž dokázal, že Čerenkovovo záření se musí pozorovat při pohybu nabitě částice, při povrchu dielektrika, rovnoběžně s ním, Ginzburg při tom dokázal, že je tímto způsobem možno vytvořit zdroj mikrovlnného elektromagnetického záření takových vlnových délek, které se jiným způsobem těžko získávají.

Na základě Čerenkovova efektu byly v poslední době sestrojeny počítače rychlých částic, které mají neobyčejně rozsáhlé uplatnění v nukleárních výzkumech. Takový počítač se skládá na příklad z čisté kapaliny (třeba vody) nebo z plexiskla ve tvaru válce, a fotonásobiče, který registruje spršku záření.

Nakonec uvedeme dva zásadně důležité experimenty, které názorně ukazují kvantovou podstatu světla. První pokus, který provedl A. F. Joffe a A. N. Dobronravov, odhalil fluktuaci „dopadu“ fotonů velmi slabého rentgenového záření na ultramikroskopickou nabitou vizmutovou pilinku, vznášející se v Millikanově kondensátoru.

Druhý pokus, který provedl S. I. Vavilov se svými spolupracovníky (J. M. Brumberg, Z. M. Sverdlov), odhalil statistickou fluktuaci množství fotonů viditelného světla velmi slabé intensity, které dopadá na sítnici oka (oko adaptované na tmu bylo zvoleno za detektor pro jeho neobyčejnou citlivost, která předčí citlivost jakýchkoli laboratorních přístrojů). Kromě jejich zásadního významu pro stanovení podstaty světla ukazují tyto práce novou cestu pro zkoumání činnosti oka.

Přehled prací, které pojednávají o fyzikální optice, zakončíme pracemi, věnovanými okrajovým oblastem spektra. Optická povaha rentgenových paprsků byla stanovena objevem interference rentgenových paprsků v krystalech. Klasické interferenční a difrakční pokusy s rentgenovými paprsky jsou však těžko realizovatelné, jelikož rentgenové paprsky mají malou délku vlny. Přes tuto obtíž se podařilo V. P. Linnikovi realizovat pomocí rentgenových paprsků interferenční pokus, který je obměnou Fresnelova pokusu s dvěma zrcadly a podle vzdálenosti interferenčních pásů přímo definovat délku vlny rentgenových paprsků.

Zásluhou prací A. A. Glagolevové-Arkadjějové a M. A. Levitské, provedených naprosto nezávisle na sobě, byla objevena oblast spektra, která leží na druhé straně jeho viditelné části, zejména část mezi dlouhými infračervenými a krátkými elektromagnetickými vlnami. Důmyslnou metodou buzení paprsků, ležících v této oblasti, podařilo se zcela přesvědčivě dokázat její existenci a tím vyplnit poslední mezeru v jednotné škále elektromagnetických vln.

Radiofysika a teorie kmitů

Začátkem 20. století neexistovala ještě radiotechnika jako samostatná technická věda, neexistovaly ani termíny „radiotechnika“ a „radiofysika“. Ještě byla velmi mladá část fyziky, zvaná „elektromagnetické kmity a vlny“, jež měla praktické použití jako „bezdrátová telegrafie“. Nicméně předrevoluční Rusko, země, kde A. S. Popov vynalezl „bezdrátové spojení“, zaostávalo i v tomto oboru. Před první světovou válkou nebyly v Rusku ani speciální laboratoře, ani katedry na vysokých školách, kde by se propracovávaly problémy z oboru radiofyziky a neexistoval ani vlastní průmysl „bezdrátové telegrafie“. Za důležitou událost lze označit vydání první původní radiofyzikální příručky v ruském jazyce – knihy A. A. Petrovského „Vědecké základy bezdrátové telegrafie“ (1907).

Jisté oživení práce v oblasti radiofyziky nastalo již v období první světové války v letech 1914–1918 zásluhou činnosti M. V. Šulejkina, N. D. Papaleksiho a jejich spolupracovníků. Stejně jako v optice, začíná však intensivní rozvoj radiofyziky a radiotechniky po Říjnové revoluci. V první etapě tohoto vývoje měla velkou úlohu Nižněgorodská radiolaboratoř vedená Bonč-Brujevičem, která byla vybudována na osobní příkaz V. I. Lenina. Přibližně v téže době vzniká v jiných městech řada radiofyzikálních a radiotechnických středisek, hlavně na nově vytvořených katedrách vysokých škol. Taková byla katedra M. V. Šulejkina v Moskvě, katedra L. I. Mandelštama a N. D. Papaleksiho v Oděse, radiolaboratoř, kterou založil A. A. Černyšev na Leningradském polytechnickém institutě.

Konečně v roce 1923 bylo v Leningradě vytvořeno mohutné středisko – Ústřední radiolaboratoř, v níž pracovali význační odborníci jako D. A. Rožanskij, L. I. Mandelštam, N. D. Papaleksi, M. A. Bonč-Brujevič a jiní.

Byly to především fyzikové, kteří měli vyřešit některé důležité problémy, jež měly fundamentální význam pro radiotechniku, jako na příklad problémy obecné teorie kmitů, šíření radiových vln ap.

V oblasti teorie kmitů, jejíž význam pro fyziku a techniku daleko přesahuje meze radiotechniky samé, měly význačnou úlohu práce L. I. Mandelštama, N. D. Papaleksiho a jejich školy.

Klasická teorie kmitů je jak známo především teorií lineárních kmitů, to jest kmitů, které jsou popsány lineární diferenciální rovnicí s konstantními koeficienty. Ještě před padesáti lety byla klasická teorie lineárních kmitů prakticky schopna uspokojit všechny požadavky fyziky a techniky. Avšak s objevením elektronky, jejíž funkce je založena na nelineárnosti, bylo zapotřebí vyřešit prvořadý úkol, který spočíval v propracování teorie nelineárních kmitů.

Největší zásluhu o rozvoj teorie nelineárních kmitů má Van-der-Pol, který vytvořil v Holandsku vědecké středisko, kde se řešily tyto otázky. Zásluhou prací školy Mandelštama a Papaleksiho (A. A. Andronov, A. A. Vitt G. S. Gorelik, S. M. Rytov, S. E. Chajkin, S. P. Strelkov a jiní) přesunulo se těžiště prací v oboru nelineárních kmitů z Holandska do Sovětského svazu. Je zajímavé, že matematický aparát, který se používá v teorii nelineárních kmitů, existoval, jak bylo zjištěno, již dávno. Byl obsažen jednak v pracích Henri Poincaréa, jednak v pracích vynikajícího ruského matematika A. M. Ljapunova. Avšak ani jeden ani druhý ve svých pracích neměli na zřeteli teorii nelineárních kmitů: Poincaré vypracoval svůj matematický apa-

rát pro řešení problémů nebeské mechaniky, Ljapunov se zabýval čistě matematickými problémy stability řešení nelineárních diferenciálních rovnic. Zásluha o spojení problémů nelineárních kmitů s pracemi Poincarého a Ljapunova patří A. A. Andronovi; po vydání jeho prací nastal intenzivní rozvoj jak matematických metod, tak i fyzikálních aplikací teorie nelineárních kmitů.

Později byly vyvinuty i jiné matematické metody, adekvátní problémům nelineárních kmitů. Tak na příklad byla použita metoda malého parametru, vybudovaná v souvislosti s problematikou nebeské mechaniky, mnohými zakladateli klasické mechaniky, počínaje Eulerem a Lagrangem a konče Poincarém. Velmi užitečnou se ukázala metoda „linearisace“, která spočívá v tom, že příslušná nelineární závislost, obsažená v problému, se aproximuje řadou úseček, které se potom „sešívají“ za jistých požadavků na spojitost.

Zároveň s pracemi školy Mandelštama-Papaleksiho-Andronova byly vypracovány rozsáhlé matematické metody a problémy teorie nelineárních kmitů v dílech N. M. Krylova a N. N. Bogoljubova, Ju. B. Kobzareva, B. V. Bulgakova, K. F. Teodorčika.

Sovětská vědci pracovali velmi úspěšně i v jiné oblasti radiofyziky, v teorii šíření elektromagnetických vln, která je velmi důležitá pro všechny druhy radiového přenosu. Jak je známo, šíření radiových vln, které umožňuje radiové spojení na velké a malé vzdálenosti, je ze stanoviska fyziky podmíněno dvěma jevy — difrakcí a refrakcí, které závisí podstatně na vzdálenosti, anebo přesněji na poměru vzdálenosti k délce vlny. Matematický problém šíření radiových vln je však natolik složitý, že jeho řešení vyžadovalo úsilí tak vynikajících představitelů matematické fyziky jako A. Sommerfelda v Německu a V. A. Foka v SSSR. Při tom podnětem pro začátek prací V. A. Foka byla okolnost, že v roce 1926 objevil ve všeobecně užívaném Sommerfeldově řešení z roku 1909 velmi podstatnou chybu, která byla později uznána samotným autorem. Práce V. A. Foka, která opravovala celou řadu nepřesností dřívějších prací, byla v konečném znění uveřejněna v roce 1933. Řada jiných problémů, jako na příklad problém tak zvané „pobřežní“ refrakce, byl vyřešen v pracích M. A. Leontoviče, G. A. Grinberga a J. L. Fejnberga.

Při studiu šíření radiových vln se obvykle zajímáme jenom o amplitudy elektromagnetických vln. L. I. Mandelštam a N. D. Papaleksi objevili nové pole bádání tím, že soustředili pozornost na šíření fáze kmitů. Jako výsledek hluboké analýzy vlastností interference radiových vln a srovnáním s interferencí v optice zjistili, jakým způsobem je možno měřit rychlost šíření pomocí interference radiových vln a nebo vzdálenost při známé rychlosti šíření.

Tato metoda byla v praxi použita jak pro měření vzdáleností, tak i pro měření rychlosti šíření. Pro měření vzdáleností sestrojili Mandelštam a Papaleksi speciální zařízení — radiový dálkoměr, pomocí něhož lze měřit vzdálenosti řádově sto kilometrů během čtyř až pěti minut s přesností na setinu procenta. Toto zařízení se používalo při měřeních na moři a při geodetickém mapování.

Uvedené práce zdaleka nevyčerpávají bádání v oboru šíření radiových vln, prováděná v Sovětském svazu. Dále uvedeme některé práce, které se zabývají studiem šíření metrových vln, na nichž pracoval B. A. Vveděnskij se spolupracovníky. Nejúplnější a nejexaktnější teorii difrakčního šíření radiových vln vypracoval V. A. Fok. Řada jiných významných experimentálních a teoretických prací o šíření (M. A. Bonč-Brujevič, B. A. Vveděnskij, A. N. Šukin a jiní) přesahuje rámec tohoto článku.

Omezíme se rovněž jen na krátkou zmínku o experimentálních a teoretic-

kých pracích, na nichž se intensivně pracuje v oboru radioastronomie (S. E. Chajkin, I. S. Šklovskij a jiní). Význačným úspěchem poslední doby je práce N. G. Basova a A. M. Prochorova na sestrojení „molekulárního generátoru“, který se může použít jako absolutní časový etalon o vysokém stupni přesnosti (podle údajů autorů — nejméně 10^{-9}).

Nízké teploty

V této oblasti byl prováděn výzkum ve dvou velkých centrech. V Ústavu fyzikálních problémů AV SSSR v Moskvě pod vedením P. L. Kapici a v laboratorii fyzikálně technického ústavu AV USSR v Charkově.

Práce P. L. Kapici představují velký krok vpřed při výrobě strojů nového typu pro technickou výrobu tekutého vzduchu.

Ochlazování v Lindových strojích, které se používaly do nedávné doby se, provádělo pomocí vnitřní práce neideálního plynu (efekt Joula-Thompsona). P. L. Kapica šel jinou cestou: podstata konstrukce strojů, které sestrojil, spočívá na principu ochlazování pomocí vnější práce vykonané plynem.

Podstatné úspěchy byly dosaženy při řešení důležitého úkolu, jak oddělit plyny atmosféry, zejména jak získat kyslík přímo ze vzduchu pomocí zařízení s vysokou účinností.

Ž vědeckého hlediska má zvláště velký význam zkoumání pozoruhodných vlastností helia II, které může sloužit jako představitel „kvantové kapaliny“ (1938). Pozoruhodné chování helia II, které paradoxním způsobem spojuje tepelnou supravodivost s nepatrně malou viskositou, bylo zcela vysvětleno náročnými Kapicovými experimenty, které ukázaly, že se toto chování nemůže vysvětlit tepelnou supravodivostí, nýbrž supratekutostí.

Tento nový důležitý jev, objevený P. L. Kapicou, byl později všestranně zkoumán v řadě složitých experimentálních prací, které vykonali jak sám P. L. Kapica se svými spolupracovníky (P. G. Strelkov, E. L. Andronikašvili, V. P. Peškov), tak i v laboratorii Ukrajinského fyzikálně-technického ústavu A. K. Kikoín a B. G. Lazarev. Pozorované jevy vysvětlil ve svých teoretických pracích L. D. Landau, jenž vytvořil teorii pohybu kvantové kapaliny (1941—1944), která vysvětlovala nejen všechny jevy, pozorované při jejím zpracovávání, ale předpovídala i řadu nových jevů. Zejména zajímavý závěr teorie Landaua je v tom, že v lithiu II existuje zároveň s obvyklým neboli „prvním zvukem“ ještě i tak zvaný „druhý zvuk“ (tepelné vlny, šířící se rychlostí podstatně odlišnou od rychlosti prvního zvuku; L. M. Lifšic) byl zcela potvrzen v pracích V. P. Peškova.

Úspěšně byla zkoumána supravodivost; zde je třeba zvláště vyzdvihnout teoretické práce L. D. Landaua, experimentální práce A. I. Šalnikova, N. J. Alexejevského v Moskvě, a B. G. Lazareva a jeho spolupracovníků v Charkově (UFTJ).

Práce Landaua byly věnovány přechodnému stavu mezi supravodivostními a nesupravodivostními stavy. Ve shodě s jeho teorií představuje mezilehlý stav směs supravodivých a normálních vrstev vzájemně se střídajících. Tato vrstevnatá struktura byla zcela potvrzena pokusy A. I. Šalnikova. Ze stanoviska teorie supravodivosti bylo důležité zkoumání supravodivých vlastností bezvadně čistých, velmi tenkých kovových destiček, A. I. Šalnikovi se prvnímu podařilo získat tenké kovové destičky o tloušťce $5 \cdot 10^{-7}$ až $3 \cdot 10^{-5}$ cm a prozkoumat jejich povrchovou vodivost (1946).

Velký úspěch v teorii supravodivosti představuje mikroskopická teorie, kterou v poslední době propracoval N. N. Bogoljubov, a jejíž základ položili Bardin a Couper.

Fysika pevných látek

Důležité poznatky o mechanických vlastnostech pevných látek získal A. F. Joffe a jeho rozsáhlá škola.

Skutečné pevné látky, s kterými přicházíme do styku v technice a v každodenním životě, se svými vlastnostmi silně odlišují od ideálních krystalů.

Na příklad ideální krystalická látka po přerušení deformace musela by se ihned vrátit do původního stavu, ale ve skutečnosti zanechává každá deformace v pevné látce jen pomalu mizející stopy — dopružování. Jak vysvětlit tento protiklad? Především, pevné látky, v nichž se pozoruje dopružování, únava a jiné jevy, nejsou ve skutečnosti úplně homogenní. V jedné ze svých prvních prací ukázal A. F. Joffe, že v krystalu křemene nebylo pozorováno skutečné dopružování. Všechny jevy, které nastávají za mezí pružnosti, jsou tedy výsledkem fyzikální nehomogenity pevných látek.

Při dostatečně velké deformaci začíná pevná látka téci jako viskosní kapalina. Mechanismus této plastické deformace objasnil rovněž A. F. Joffe, který za tím účelem první použil rentgenografické analýsy. Na fluorescenčním stínítku pozoroval Laueho obraz při roztažení kamenné soli. Rentgenografickou metodou se zjistilo, že mechanismus plastické deformace spočívá v tom, že celistvý krystal se rozpadá na jednotlivé drobné krystalky, které se mění a vzájemně vůči sobě pootáčejí. Tyto práce A. F. Joffeho daly podnět k rozvoji celé nové oblasti (rentgenografická analýsa plastické deformace), již byly věnovány stovky prací ve všech zemích. Není zde možno charakterisovat četné další práce, které na tomto poli vykonali žáci a spolupracovníci A. F. Joffeho. Uvedeme jen dvě skutečnosti. Za prvé, I. V. Obreimov ukázal přesnou optickou metodou, kterou sám vypracoval, že posunutí podél definovaných krystalografických ploch začínají mnohem dříve, než se začnou pozorovat změny na rentgenografickém snímku. Za druhé, A. F. Joffe objevil a M. V. Klassen-Někljudova podrobně prozkoumala zcela nový efekt: nestejněměrnost procesu deformace. Při rovnoměrném zatížení postupuje deformace skoky, což se opakuje po velmi přesných intervalech. Sama deformace je provázena lehkým zvukem, připomínajícím tikot hodin. Tento jev byl zkoumán jak celou řadou sovětských vědců (N. N. Daviděnkov, A. V. Stěpanov), tak i v zahraničí.

Mechanickým vlastnostem pevných látek bylo věnováno velké množství prací, provedených také v jiných laboratořích. Připomeňme zde četné práce V. D. Kuzněcova a jeho spolupracovníků, kteří vypracovali vhodné metody pro měření tvrdosti a jiných mechanických konstant pevných látek, prozkoumali vliv různých faktorů na mez pružnosti, povrchovou energii pevných látek atd. Výsledky všech prací byly shrnuty V. D. Kuzněcovem v monografii „Fysika pevných látek“.

Použitím rentgenografické analýsy ke zkoumání mechanických vlastností pevných látek se zabývalo tak velké množství prací sovětských fyziků, že zde není možno je zhodnotit, ani jmenovat autory. Uvedeme jen několik prací, které mají průkopnický charakter.

S. T. Konobějevskij a N. J. Uspenskij první použili rentgenografické

analyses ke zkoumání vnitřního mechanismu procesů při zpracovávání kovů (válcování). N. J. Seljakov a G. V. Kurdjumov první poukázali na to, že kalená ocel má krystalickou mřížku, která se liší od mřížky železa. Ve fyzice kovů — metalografii — dosáhla velkého významu rentgenostrukturní metoda. Zvláště všestranná a obšírná zkoumání provedl v této oblasti G. V. Kurdjumov se svými četnými spolupracovníky. Tyto práce, z vědeckého a praktického hlediska velmi důležité, byly věnovány složení slitin, podstatě kalení, odpichu a jiným problémům, které mají velký význam pro metalurgii.

Pomocí rentgenostrukturní analýzy byla definována struktura mnohých silikátů a propracovány obecné úvahy o významu silného obalu ve struktuře neorganických sloučenin (N. V. Bělov); o stavbě organických krystalů byly získány nové poznatky (A. I. Kitajgorodskij); G. S. Ždanov vypracoval systematiku použití rentgenostrukturní analýzy v teoretické chemii.

Jako samostatná metoda strukturní analýzy byla vypracována elektrografická analýza (V. J. Laškarev, Z. G. Pinsker, N. A. Šišakov, B. K. Vajnštejn a jiní), pomocí níž byla definována struktura řady neorganických i organických sloučenin. Zevrubný přehled sovětských prací v této oblasti podal Z. G. Pinsker v monografii „Difrakce elektronů“ (Moskva 1949).

Značnou pozornost v SSSR i v zahraničí vzbudily práce A. F. Joffeho o pevnosti pevných látek. Teorie krystalické mřížky, vypracovaná Bornem umožnila vypočítat, jakých sil je třeba k rozštěpení krystalu. Vypočtené síly byly však mnohokrát větší, než síly ve skutečnosti pozorované. Tak na příklad kamenná sůl musí teoreticky vydržet napětí až 200 kg/mm², avšak ve skutečnosti se přetrhne již při zatížení 400 g/mm². A. F. Joffe ukázal, že tento rozdíl je možno vysvětlit povrchovými vlastnostmi krystalu. Ponořením krystalu kamenné soli do teplé vody dosáhl 10 až 12-ti násobného zpevnění. Toto zpevnění vysvětlil A. F. Joffe rozpuštěním povrchových vrstev a tím i vymizením povrchových trhlinek, které silně snižují mez pevnosti. Tyto práce vyvolaly v celém světě velký ohlas a živou diskusi, jejímž výsledkem bylo potvrzení jak experimentálních výsledků, tak i teoretických předpokladů A. F. Joffeho.

Uvedme dále práce P. A. Rebinděra, který objevil význam povrchových podmínek pro plastické vlastnosti vzorku: nepatrné množství povrchově aktivních látek, nanesených na povrch, mnohokrát snižuje mez tečení.

Rozsáhlý experimentální materiál vedl P. P. Kobeka, A. P. Alexandrova, J. V. Kuvšinského a jiné k širokým zobecněním a novému názoru na elasticko-relaxační vlastnosti vysokomolekulárních sloučenin pryžového druhu.

Z prací, které jsou blízké krystalografii, uvedme práce A. V. Šubnikova, který ukázal na důležitou úlohu pojmu antisymetrie při popisování vlastností krystalů. Dosáhl také řady úspěchů v oblasti teorie experimentální realizace růstu krystalů. Pracemi Krystalografického ústavu AV SSSR pod vedením A. V. Šubnikova byl domácí průmysl na poli pěstování monokrystalů zajištěn krystaly korundu, důležitými pro výrobu hodiněk, piezoelektrickými, polovodičovými a jinými krystaly.

Tepelným vlastnostem pevných látek byly věnovány velmi náročné práce P. G. Strelkova. V. G. Tarasovi se podařilo najít důležitou formuli pro specifické teplo vrstevnatých mřížek.

Fyzika dielektrik

Rovněž v této oblasti dosáhla škola A. F. Joffeho podstatných úspěchů. Již ve svých prvních pracích, provedených společně s V. K. Roentgenem,

A. F. Joffe ukázal, že ačkoli elektrická vodivost dielektrických krystalů má převážně iontový charakter, fotovodivost přirozeně zbarvené kamenné soli, nebo soli ozářené rentgenem, je způsobována elektrony. V souvislosti s tím komplikovaný obraz, pozorovaný při průchodu proudu dielektrikem, je způsoben převážně prostorovými náboji, které se hromadí v různých místech.

Tak na příklad, zmenšení proudu během doby, pozorované u většiny dielektrik, se vysvětluje vznikem opačné elektromotorické síly vyvolané prostorovými náboji, nahromaděnými v blízkosti elektrod. Přítomnost nepatrného množství cizích příměsí vyvolává shluky iontů, které vytvářejí prostorový náboj a zkomplikovávají průchod proudem.

Velká pozornost byla věnována elektrické pevnosti. Teoretické práce V. A. Foka, věnované tehdy vládou tak zvané tepelné teorii průrazu a přímo s nimi související práce N. N. Semenova ukázaly mez použitelnosti této teorie a ukázaly, že za obvyklých podmínek při pokojové teplotě musí být mechanismus průrazu jiný. Následkem toho rozvinul A. F. Joffe teorii průrazu, založenou na představě o lavinovité ionisaci. Ačkoli naděje na možnost získat „tenkovrstevné izolace“, vzniklá v souvislosti s touto představou a se studiem tak zvané vysoké voltové polarisace v dielektrických krystalech, nebyla splněna, obsáhlá práce o studiu dielektrických vlastností krystalů, tenkých vrstev a průrazu dielektrik přinesla mnoho cenných výsledků. P. P. Kobeko, A. P. Alexandrov, S. N. Žurkov a jiní provedli užitečná zkoumání dielektrických vlastností amorfních látek z vědeckého a technického hlediska.

Se zkoumáním dielektrik a polovodičů těsně souvisí studium tak zvaných seignettoelektrik. Jejich typickým představitelem je Seignettova sůl, vyznačující se neobyčejně vysokou dielektrickou konstantou a existencí hysterese — vlastnostmi, charakteristickými pro feromagnetické látky, následkem čehož Seignettova sůl a podobné látky se v poslední době často nazývají feroelektrika. První zevrubné experimentální a teoretické zkoumání Seignettovy soli provedli I. V. Kurčatov a P. P. Kobeko v letech 1930—1932.

V roce 1945 objevili B. M. Vul a I. M. Goldman nové seignettoelektrikum — titanát baria, vyznačující se mnohými příznivými vlastnostmi ve srovnání se Seignettovou solí a s isomorfními krystaly. Tento objev dal popud k četným pracím, které se zabývají zkoumáním seignettoelektrik nového typu, při čemž se ukázalo, že titanát baria je pouze jedním z mnoha seignettoelektrik tohoto typu. V poslední době jsou seignettoelektrické materiály používány v různých technických oborech.

Fysika polovodičů

Výzkum polovodičů se v poslední době zařadil mezi nejdůležitější vědecké a vědecko-technické problémy. Z hlediska elektrických vlastností zahrnují polovodiče nejrozmanitější druhy látek, nacházejících se v přírodě. Na vlastnostech polovodičů jsou založena četná technická zařízení — usměrňovače, fotonky, termistory, polovodičové triody (transistory) a řada jiných. Zájem o fyzikální vlastnosti a technické použití polovodičů je tak velký, že tento obor v poslední době začíná konkurovat fyzice atomového jádra, k níž se dosud poutala největší pozornost. Sovětští fyzici dosáhli v tomto oboru mnoha úspěchů. Zejména práce A. J. Joffeho, Ja. I. Frenkela, V. P. Žuzea, V. J. Laškareva, S. I. Pekara, S. G. Kalašnikova a jiných přinesly řadu důležitých výsledků.

Základem fyzikálního chápání vlastností polovodičů je — při všech jejich nedostatech a omezené platnosti — pásová teorie krystalů. Zkoumání podstaty nositelů proudu v polovodičích Cu_2O , Se, V_2O_5 , Cu_2S a jiných, vedlo k předstávě o „elektronovém“ a „děrovém“ mechanismu vodivosti a umožnilo rozdělit zkoumané polovodiče na tyto dvě skupiny — na polovodiče „elektronové“ a „děrové“. V. P. Žuze, B. V. Kurčatov, B. M. Gochberg a jiní podrobně zkoumali mechanismus vodivosti a závislost na různých faktorech.

Práce, věnované tak zvané teorii „polaronů“ rovněž souvisí s pásovou teorií krystalů. Elektron, který se pomalu pohybuje ve vodivostním pásu iontového krystalu, nachází se v poli, jehož potenciál je podmíněn polarisací prostředí a na druhé straně coulombovské pole elektronu působí na polarisaci prostředí. Při pomalém pohybu elektronu se pohybuje současně s ním i jím vyvolaná polarisace, tj. stačí se nastavit rovnováha mezi polem elektronu a polarisací prostředí, kdežto oblasti, které elektron opustí, se vrací do původního stavu. Takovýto útvar, skládající se z elektronu a pole, které je s ním v rovnováze a který se pomalu pohybuje krystalem, nazývá se polaron. S. I. Pekar podrobně propracoval teorii polaronů, N. N. Bogoljubov a S. V. Tjablikov podali matematicky velmi přesné řešení problému pomalého pohybu elektronu v polarisovaném prostředí.

Zkoumání procesů absorpce světla v krystalech přivedlo Ja. I. Frenkela k vypracování hypotézy o existenci zvláštních vybuzených stavů, pohybujících se krystalem, což však není spojeno s přenosem náboje. Tyto stavy, nazvané Frenkelem excitony, tj. vybuzené stavy, jsou útvary, skládající se z elektronů a nedělitelně s nimi spjatých kladných „děr“. Jejich optické vlastnosti jsou podobné vlastnostem vodíkového atomu. Tato hypotéza se ukázala neobyčejně užitečnou a nachází nové a nové použití při vysvětlování elektrických a optických vlastností krystalů. Jeden z nejvýznačnějších výsledků poslední doby, experimentální objev (J. F. Gross a spolupracovníci) spektra některých krystalických polovodičů, které „se podobá spektru vodíku“, považuje se za experimentální důkaz existence excitonů.

Rovněž procesy, které vznikají při spojení dvou různých polovodičů, nebo polovodiče s kovem (A. F. Joffe, A. V. Joffe, teoretické práce D. I. Blochinceva, B. I. Davydova, S. I. Pekara), jakož i jevy na povrchu polovodiče byly podrobeny důkladnému zkoumání. I. J. Tam m dokázal, že na vnějším povrchu krystalu musí vznikat zvláštní „povrchové“ energetické hladiny, které mají velký význam při vysvětlování různých složitých jevů v reálných polovodičích.

Ja. G. Dorfman předpověděl objev tak zvané cyklotronové resonance, která vyvolala v posledních letech velkou pozornost.

Zároveň s úspěchy vědeckého charakteru je zapotřebí uvést i řadu praktických úspěchů (Ústav polovodičů Akademie věd SSSR a Fyzikální ústav Ukrajinské Akademie věd): vypracování nových fotonek s uzavírací vrstvou (poskytující velké výhody při vzniku proudu) a vývoj usměrňovačů. Polovodičové termočlánky (Ústav polovodičů AV SSSR) byly použity při výrobě termobaterie, s úspěchem používané jako zdroj proudu v radiových přijímačích. Opačný efekt — termoelektrické ochlazování — je s nemenším úspěchem využíván v ústavě polovodičů při výrobě polovodičových chladniček, které ukázaly „reálnou možnost výroby termoelektrických chladniček“ v průmyslu, mnohem hospodárnějších, než chladničky absorpčního typu.

Elektronika

Studium vnějšího fotoefektu umožnilo rozvoj kvantové teorie světla. Mělo proto zásadní význam přesné prozkoumání Einsteinovy fotoelektrické rovnice. P. I. Lukirskij a S. Š. Priležajev vyřešili tento úkol důvtipným použitím sférického kondensátoru, který sestrojil P. I. Lukarskij. Tito badatelé rovněž získali nejpresnější hodnotu Plankovy konstanty. Kvantově mechanická teorie vnějšího fotoefektu byla poprvé rozvinuta v roce 1931 I. J. Tammem a S. P. Šubinem. Sovětští vědci provedli také četná zkoumání fotonek s vnějším fotoefektem, kysličníkesiových (I. V. Timofějev) a antimonocesiových (P. I. Lukirskij, S. A. Vekšinskij, S. Ju. Lukjanov, N. S. Chlebnikov, N. D. Murgulis a jiní).

Fotonásobič, který v poslední době doznal rozsáhlého použití v měřicí technice, byl poprvé vynalezen a vyroben s SSSR (L. A. Kubeckij).

Vnitřní fotoefekt v dielektrikách a polovodičích byl rovněž předmětem velkého množství důležitých prací (A. F. Joffe, A. V. Joffe, P. S. Tartakovskij a jiní). Zajímavý fotomagnetický efekt objevil I. A. Kikoin a M. M. Noskov: při osvětlení krystalu kysličníku mědi, nacházejícího se v příčném magnetickém poli, vzniká elektromotorická síla řádově jeden volt.

Po objevu elektronové difrakce vykonali sovětští fyzici řadu průkopnických prací (P. S. Tartakovskij, V. J. Laškarev, A. I. Alichanjan). V oblasti elektronové optiky vykonal důležité teoretické práce G. A. Grinberg, který vypracoval (1942) obecnou teorii fokusace elektronů v elektrických a magnetických polích.

L. A. Arcimovič se zabýval elektrooptickými vlastnostmi, tak zvaných emisních soustav, skládajících se z prvků, které jsou zdroji pomalých elektronů. Konečným výsledkem práce v oblasti experimentální elektronové optiky byla vlastní konstrukce modelu elektronového mikroskopu, kterou vytvořil se svými spolupracovníky A. A. Lebeděv.

Značnou pozornost vyvolal v posledních letech problém elektrické vodivosti v plynech a to z teoretického i z praktického hlediska. Velké úspěchy v oblasti zkoumání stavby hmoty a vypracování nejnáročnějších experimentálních metod na jedné straně umožnilo položit otázku o elementárních procesech při výboji v plynech, z druhé strany význam výboje v plynech v rozličných elektrovakuových přístrojích (zesilovače, thyatrony, fanotrony atd.) a intenzivní propracovávání otázek, souvisejících s konstrukcí nových hospodárných zdrojů světla, připoutalo pozornost ke zkoumání makroskopických charakteristik výboje v plynech. Z prací sovětských fyziků v této oblasti uvedeme práce N. A. Kapcova (zapálení výboje v plynech, korona), G. V. Spivaka (úloha metastabilních atomů ve výboji v plynech, teorie sond, koeficienty akomodace), N. D. Morgulise (katodové rozprašování) V. L. Granovského (plasma plynového výboje). Z prací, souvisejících s problémem konstrukce hospodárných zářivek je zapotřebí uvést práci V. A. Fabrikanta (zkoumání výboje v kovových parách).

Magnetismus

V oblasti teorie magnetismu uvedeme nejprve tři důležité práce, pojednávající o magnetismu elementárních částic. V roce 1920, rok po uveřejnění známé práce Gerlacha a Sterna (1921) vypracovali P. L. Kapica a N. N. Semenov návrh metody, jak stanovit magnetický moment atomu pomocí měření

odklonu atomového svazku v nehomogenním magnetickém poli, s úplným propočtem aparatury. Je to právě metoda, pomocí níž Gerlach a Stern experimentálně dokázali existenci prostorového kvantování nezávisle na sovětských fyzicích.

Jiná zásadně důležitá práce, vztahující se k magnetismu elementárních částic, patří L. D. Landauovi, který dokázal, že plyn volných elektronů musí mít diamagnetický efekt.

B. G. Lazarev a L. V. Šubnikov provedli a v roce 1937 uveřejnili neméně důležitou práci. Jak je známo, spinový paramagnetismus elektronu je velmi slabý jev. Avšak ještě hůře pozorovatelný je nukleární paramagnetismus, protože je způsobován vlastními magnetickými momenty protonu a neutronu, což jsou veličiny řádově přibližně tisíckrát menší než magnetický moment elektronu. Proto, když se Lazarevovi a Šubnikovovi podařilo objevit a přímo experimentálně změřit (pomocí magnetických vah) nukleární susceptibilitu pevného vodíku ochlazeného na 2°K , může se tento výsledek měřit s největšími úspěchy experimentální techniky. Není náhoda, že jeden z nejvýznačnějších současných specialistů v této oblasti, americký fyzik Purcell, nazval Lazarevův a Šubnikovův pokus „triumfem experimentální fyziky“.

Připomeňme, že předpoklad o existenci magnetického momentu a neutronů, který se zdá na první pohled paradoxní, poprvé vyslovil (1934) I. J. Tamm a S. A. Altšuler, kteří správně určili i znaménko tohoto momentu.

Jeden z nejvýznačnějších úspěchů ve fyzice za posledních dvacet let byl objev J. K. Zavojského, který v roce 1945 zjistil tak zvanou paramagnetickou resonanci (v nynější době častěji nazývaná elektronová spinová resonance na rozdíl od nukleární magnetické resonance).

Tento objev, odměněný v SSSR v roce 1956 Leninovou cenou, připoutal k sobě neobyčejně velkou pozornost a v posledních letech získává stále větší a větší použití, jako neobyčejně citlivá analytická metoda. Intenzivní provádění metody paramagnetické resonance a jejího použití se provádí v SSSR v Kazaňské pobočce Akademie věd pod vedením B. M. Kozyreva a S. A. Altšulera. Podobný jev jako je elektronová resonance paramagnetika, musí být pozorovatelný i u feromagnetik. Feromagnetickou resonanci experimentálně objevil rovněž J. K. Zavojskij (a nezávisle na něm Griffith v USA). Avšak teorii feromagnetické resonance vybudovali L. D. Landau a J. M. Lifšic již v roce 1945. Samu ideu magnetické resonance vytyčil a zdůvodnil v roce 1923 Ja. G. Dorfman, který poukázal na význam Arkadjevova objevu selektivní absorpce elektromagnetických vln v kovových vodičích již z roku 1913, jež Arkadjev nazval „magnetickým spektrem“.

Velmi důležitým problémem ve studiu magnetismu je objasnění silné susceptibility železa a jiných feromagnetik. Již na počátku dvacátého století bylo jasné, že příčinou tohoto silného zmagnetování musí být zvláštní molekulární pole, avšak fyzikální podstata tohoto pole v rámci klasické fyziky nemohla být uspokojivě objasněna: na jedné straně z pokusů s gyromagnetickými jevy (pokus Einsteina — de Haase, pokus Barnetta) vyplývalo, že nositelé elementárního magnetického momentu („elementární magnety“) ve feromagnetiku jsou elektronové spiny, a na druhé straně magnetická interakce mezi elektrony je příliš slabá, aby pomocí ní bylo možno vyložit podstatu molekulárního pole. Tato záhada byla kvalitativně vyřešena pomocí skvělé ideje Ja. I. Frenkela, který poukázal na to, že mnohem silnějším interakcím, než čistě magnetickým, musí být podrobeny elektrony v důsledku jevů kvantově

mechanické přeměny, která je řádově stejně velká jako elektrostatická interakce. Při tom energeticky nejvýhodnější může být takový stav, při němž spiny elektronů jsou rozloženy paralelně. Jak je známo, na téže ideji je založena kvantová teorie feromagnetismu, kterou později vybudoval Heisenberg.

Řadu důležitých prací v teorii feromagnetismu vykonali S. V. Vonsovskij, N. S. Akulov, J. M. Kondorskij a jejich spolupracovníci. Široké použití v průmyslu získaly magnetické metody kontroly jakosti kovů (magnetická defektoskopie). Základní práce v tomto směru vykonal V. K. Arkadjev a P. I. Janus.

Akustika

Práce N. N. Andrejeva byly věnovány nejružnějším odvětvím akustiky — počínaje obecnou teorií akustiky pohybujícího se prostředí a konče problémem architektonické akustiky a praktickou metodou přesných měření akustických veličin. Jím byla založena velká škola sovětských akustiků, kteří vypracovávají teoretické otázky šíření zvuku v nehomogenním a vrstevnatém ohraničeném prostředí (L. M. Brechovskich), otázky tak zvané zvukové optiky, vztahující se k lomu a fokusaci zvukových vln (L. D. Rosenberg), problémy ozvučení otevřených prostorů a místností (Ju. M. Sucharevskij, B. D. Tartakovskij); otázky akustiky šumu (V. S. Grigorjev). Rozsáhlá zkoumání byla provedena v letech 1930—1940 v oblasti hudební akustiky skupinou pracovníků vědecko-výzkumného ústavu hudebního průmyslu (A. V. Rimskij-Korsakov, A. A. Čarkevič, V. P. Konstantinov, N. A. Djakonov, A. I. Bělov, I. G. Rusakov, P. A. Matvějev a jiní). Zmíněné práce se týkaly fyziky hudebních nástrojů, jejich materiálu, konstrukce a akustických vlastností. Řada prací, pojednávajících o architektonické akustice, byla provedena v souvislosti s projekcí Paláce Sovětů. S. N. Rževkin a G. D. Maljužiněc provedli řadu teoretických a experimentálních prací o zvláštních resonančních zeslabovačích, umožňujících úspěšně rozřešit problém pohlcování zvuku ve velmi velkých sálech. V oblasti ultrazvuku je třeba uvést práce P. A. Bažulina o absorpci ultrazvukových vln v kapalinách a práce S. Ja. Sokolova, který vytvořil původní metodu ultrazvukové defektoskopie.

III. Závěr

Nyní můžeme shrnout a znovu se vrátit k tomu, co bylo řečeno na začátku článku. Předcházející zdaleka neúplný nástin rozvoje fyziky v SSSR během 40-ti let mluví sám za sebe: „přínos v oblasti vědy“ (slova N. A. Umova) sovětských fyziků v hojné míře splnil to, co byla naše země dlužna dějinám vědy. Práce našich fyziků zahrnuje všechny oblasti vědy a neexistuje žádný obor, v němž by jejich práce nepřinesly mnoho podstatně nového. Důležité objevy, kterých bylo v naší zemi dosaženo, prokrestily vědě nové cesty a vytvořily nové směry, jež ve značné míře rozvinuli jak sovětští tak i zahraniční vědci.

Nyní již téměř v každém důkladném přehledu mají sovětské teoretické a experimentální práce významnou úlohu, v některých případech vedoucí.

To však ještě není všechno. V předválečném Rusku byla fyzika prakticky soustředěna na universitních katedrách, jejichž počet byl na nesmírnou rozlohu země velmi nepatrný, a rovněž tematika práce se určovala zcela živelně. Avšak po revoluci, když těžiště výzkumné práce bylo přeneseno na stovky

velkých a malých výzkumných ústavů, kde vědecký pracovník mohl a musel věnovat všechn svůj čas badatelské práci, ježto byl ve všech směrech zabezpečen státem, vznikla přirozeně potřeba plánovitého rozvoje vědy. Idea plánování v thematicke vědeckého bádání se původně setkala s nedůvěrou: zdálo se, že je protichůdná povaze vědeckého bádání; nebyly hned nalezeny ani nejhodnější formy plánování. Avšak tyto potíže se vyskytly jen na samém začátku a plánovitý rozvoj vědy se brzy osvědčil a během uplynulých let se stal předností sovětské vědy. Ba dokonce důležitost plánovitého rozvoje vědy při kolosální úloze, kterou v současné době má věda v životě státu, pochopili, byť i ne najednou, i v zahraničí.

Jiná přednost organisace vědy v SSSR je její těsné spojení s životními zájmy lidu, s požadavky výroby. Již organisátoři prvních fyzikálních ústavů v SSSR — D. S. Rožděstvenskij, A. F. Joffe, P. P. Lazarev — správně chápali důležitost spojení fyziky s životními zájmy, jelikož toto spojení nejen odpovídá požadavkům státu, ale ukazuje i vědě samé nové problémy a idee.

V současné době, po dvacátém sjezdu KSSS, který položil vědcům úkol neustále zvyšovat podíl vědy při řešení praktických úkolů komunistické výstavby, spojení mezi rozvojem fyziky a potřebami průmyslu neustále stoupá.

A na konec, sovětská věda vůbec a zvláště fyzika je mocná svým spojením s lidem. Věda již není záležitostí nevelké skupiny lidí; nesmírnému množství talentovaných pracovníků dělnického a rolnického původu bylo umožněno „zabývat se vědou“. A pozměníme-li jen poněkud výrok D. I. Mendělejeva, jež byl vzat jako epitaf tohoto článku, můžeme plným právem říci: „opravdu, vědecká setba vzešla, aby ji národ sklízel“.

Překlad a úprava Jana Lončarová