

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Jaroslav Pačes

K osmdesátinám akademika Petra Leonidoviče Kapici

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 19 (1974), No. 6, 308--312

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138419>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1974

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>

K osmdesátinám akademika Petra Leonidoviče Kapici

Jaroslav Pačes, Praha)*



Osmdesáté narozeniny slaví většina lidí na odpočinku, věnuje se vzpomínkám a nanejvýš píše paměti. Takový program není však v souladu s životním stylem Petra Leonidoviče. Píší tyto řádky krátce před jeho jubileem, a protože mám možnost ho občas vidět, mohu o tom vydat svědectví celkem bezprostřední. Pravda, moje pozorování jsou pouze nahodilá, protože není mým úkolem dívat se z okna laboratoře, i když vede na křižovatku cest, po kterých akademik Kapica denně chodí. Každý den vchází do budovy Fyzikální laboratoře AV SSSR, která je jakousi autonomní součástí Ústavu fyzikálních problémů AV SSSR. A stejně pravidelně stoupá po zadním schodišti do ředitelny. Ano, dodnes aktivně řídí ústav, který před 40 lety založil.

Pro ilustraci toho, co bylo řečeno, i pro představu o tom, co považuje akademik Kapica jako ředitel za důležité, uvedu dvě zajímavosti: Sám přijímá i zkouší aspiranty. Při zkoušce nedává otázky, které lze namemorovat, ale předkládá problémy, při jejichž řešení musí zkušební nejen prokázat znalosti, ale hlavně schopnost vědecky hodnotit. Tedy výběr talentů a jejich výchovu považuje na úkol nadmíru závažný. Sám také schvaluje zakázky do dílen. Na první pohled se to zdá poněkud malicherné, ale na vybavení dílen je vidět, jaké mají v ústavu důležité postavení jako technologická základna experimentátorů. Dodnes pracuje aktivně a intenzívně vědecky. Krátce před svým jubileem obhajoval na vědecké radě ústavu práci o ohřevu plazmatu magnetoakustickými kmity. Referoval sám, bylo patrné, že si na práci zakládá. Je hlavním redaktorem Časopisu experimentální a teoretické fyziky, členem presidia AV SSSR, zcela nedávno byl v Indii, kde v podstatě na vládní úrovni projednával otázky vědeckotechnické spolupráce. Zdá se být neuvěřitelné, že může ve svém pokročilém věku všechno stačit. Klíčem k pochopení snad může být stručný přehled toho, co stačil vykonat do své osmdesátky.

První práci uveřejnil ještě jako student petrohradské polytechniky. Po jejím absolvo-

*) T. č. na studijním pobytu v IFP AV SSSR, Moskva.

vání byl r. 1921 poslán na studijní pobyt do Anglie. Před odjezdem sepsal spolu s N. N. SEMJONOVEM práci, v níž navrhuje metodu na určení magnetického momentu atomu. Práce vyšla 1922, v roce, kdy STERN a GERLACH popsali své historické experimenty založené na téže myšlence.

V Anglii pracoval P. L. Kapica v Cavendishově laboratoři Cambridgeské university. Její ředitel E. RUTHERFORD si velice vážil mladého talentovaného fyzika. Už v roce 1924 ho jmenuje svým zástupcem. E. Rutherford, jenž se zapsal do historie fyziky svými pracemi o struktuře atomů, kterou zkoumal pomocí rozptylu částic α , mu navrhl, aby se věnoval studiu vlastností těchto částic.

Aby mohl získat úplnější informace o vlastnostech částic α , rozhodl se Kapica umístit Wilsonovu mlžnou komoru do magnetického pole. Směr zakřivení dráhy dovoluje určit znak náboje na první pohled a z poloměru křivosti lze snadno spočítat poměr hybnosti k velikosti náboje. Tento princip dovedený do pohádkové dokonalosti je dodnes nejdůležitější experimentální metodou fyziky elementárních částic. Dnes se zdá být samozřejmé, že vlastnosti a reakce elementárních částic lze vyčíst z jejich drah v magnetickém poli. Před půl stoletím to nijak samozřejmé nebylo. Nebyly tehdy ani vhodné zdroje magnetického pole. Největší magnety dávaly pole několika desítek kiloerstedů a to ještě ve velmi malém objemu.

P. L. Kapica vypracoval proto novou a zcela originální metodu na vytváření silných magnetických polí: cívkou s poměrně malým počtem závitů propouštěl krátkodobý (několik milisekund) impuls silného proudu (až 10 000 A). Za tak krátkou dobu průchodu proudu se materiál nestačil roztavit, vinutí vydrželo i mechanické namáhání. Zdrojem proudu byl zpočátku speciálně konstruovaný akumulátor, později generátor, který byl roztočen na vysoké obrátky a po odpojení motoru zkratován přes cívku. V této úpravě dosahoval Kapica polí 320 kOe. V práci věnované této metodě navrhuje použít rovněž výboje kondenzátoru. Před 50 lety nebylo ještě možné akumulovat v baterii kondenzátorů potřebné množství energie. Dnes, kdy jsou k dispozici kvalitní vysokonapěťové kondenzátory, našel právě tento poslední způsob široké uplatnění. Dovoluje získávat impulsní pole do 300 až 400 kOe, a to poměrně levně, takže ho mohou použít i nevelké laboratoře. Pro srovnání: supravodivé cívky dosahují dnes standardně polí asi 80 kOe, rekordně s použitím dosud vzácných materiálů něco přes 100 kOe; klasické cívky vytvářející tato pole v dlouhodobém provozu jsou už složitá a nákladná zařízení. Hybridní soustavy (měděná cívka uvnitř cívky supravodivé) dosahují asi 150 kOe. Existuje několik klasických a hybridních cívek na pole vyšší než 200 kOe. Jsou to už soustavy technologicky velice složité a neuvěřitelně nákladné. Je tedy patrné, že půl století prudkého vědeckého a technologického pokroku výsledky mladého Kapici podstatně nepřekonal.

P. L. Kapica věnoval výsledkům výzkumu částic α v silných magnetických polích jednu obsažnou práci a potom obrátil pozornost k pevným látkám. Studoval v silných magnetických polích elektrické i magnetické vlastnosti a magnetostrikci paramagnetických a diamagnetických látek. Tyto fundamentální práce, jimž se věnoval několik let, vyžadovaly jednak vypracování metodiky měření krátkodobých jevů, jednak nízké teploty. Tepelná energie totiž konkuruje uspořádávajícímu působení magnetického pole.

A tak fyzika a technika nízkých teplot se stala druhou oblastí, do jejíž historie se P. L. Kapica nesmazatelně zapsal. Ještě v Anglii změnil převratným způsobem konstrukci héliových zkapalňovačů. Při zkapalňování je třeba ochladit stlačený plyn pod inverzní teplotu, aby pak Joule-Thompsonova expanze (při níž se plyn rozpíná do vakua) snížila dále jeho teplotu. Inverzní teplota hélia činí asi 40 K, ale má-li se dosáhnout toho, aby dostatečná část expandovaného plynu zkapalnila, je ho třeba ochladit alespoň na 15 K. Stlačené hélium se tedy postupně chladí v lázni kapalného dusíku (asi 77 K), kapalného dusíku vroucího za sníženého tlaku (asi 64 K), kapalného vodíku (asi 20 K) a kapalného vodíku vroucího při sníženém tlaku (asi 15 K). Zkapalňovače této konstrukce jsou poměrně složité (vyžadují zejména mnoho periferního zařízení), a protože vodík tvoří se vzduchem výbušnou směs, jsou i nebezpečné.

Kapicovo zlepšení spočívalo v tom, že část plynu byla po ochlazení kapalným dusíkem přinucena konat práci. Při adiabatické expanzi se práce koná na úkor vnitřní energie soustavy, a proto se teplota snižuje vždy. Tento princip nebyl nový. Nikdo se však neodvážil použít ho pro zkapalňování hélia, protože tam musí expanzní stroj („detander“) pracovat až do 10 K (expandovaný plyn chladí v protiproudovém výměníku tepla stlačený plyn postupující k detanderu, jeho teplota postupně klesá a ustálí se na takové hodnotě, že na výstupu detanderu má plyn asi 10 K). Při této teplotě jsou už všechny látky kromě hélia v tuhém stavu a píst není čím mazat. Geniální nápad je obvykle velmi jednoduchý. Kapicovo řešení tohoto problému zní: nechť si hélium maže píst samo. Ukázalo se, že píst pečlivě opracovaný a opatřený kruhovými drážkami se ve válci skutečně nezadírá. Zavedení pohybujících se součástí bylo více než vykoupeno tím, že místo dvou kompresorů a dvou vývěv nyní stačil jeden kompresor a že i sám zkapalňovač se stal mnohem kompaktnějším. To umožnilo zavedení sériové výroby zkapalňovačů hélia.*) Rychlý pokrok fyziky, zejména fyziky pevných látek, byl v poválečném období umožněn i tím, že héliové teploty přestaly být výsadou několika specializovaných laboratoří.

Na počátku třicátých let byla jedním z takových elitních pracovišť Mondova laboratoř Královské společnosti, vybudovaná v roce 1930 v Cambridge pro výzkum v silných magnetických polích a nízkých teplotách. Jejím ředitelem byl jmenován P. L. Kapica. Zůstal jím do r. 1934, kdy se vrátil do SSSR a na tehdejší okraji Moskvy počal budovat Ústav fyzikálních problémů AV SSSR. Stavbě ústavu, výběru zařízení, vědeckému programu a výběru pracovníků věnoval veliké úsilí. Podrobně o tom psal v obsáhlém článku a zejména zdůraznil, že se ústav bude zabývat základním výzkumem, zpočátku v oblasti silných magnetických polí a nízkých teplot. Podrobně zdůvodnil i to, že zařízení bylo nakoupeno většinou v Anglii, a vyjádřil dík Rutherfordovi, že získal souhlas Královské společnosti s prodejem zařízení Mondovy laboratoře. A tak si návštěvník Ústavu fyzikálních problémů může prohlédnout historickou cívku i první detanderové zkapalňovače hélia.

Přesto, že se Ústav fyzikálních problémů programově věnoval základnímu výzkumu, dosáhl jeho ředitel vbrzku významného úspěchu v oboru techniky. Fyzika nízkých

*) Zkapalňovač hélia vyráběný v děčínském Feroxu je založen na dokumentaci předané z iniciativy akademika Kapici Ústavem fyzikálních problémů AV SSSR.

teplot se sice zabývá problémy, které vypadají exoticky (před 40 lety byla i supravodivost stále ještě záležitostí zcela nepraktickou), ale její rozvoj jde ve zřetelné interakci s nízkoteplotní technikou. A ta kromě chladírenství našla nejrozsáhlejší použití při dělení směsí plynů. Prakticky všechno to obrovské množství kyslíku, které se spotřebuje v metalurgii, pro sváření, v raketové technice a v chemickém průmyslu, se dnes získává rektifikací vzduchu. O převrat v této důležité oblasti techniky se zasloužil akademik Kapica koncem třicátých let konstrukcí turbodetanderu. Je to turbína či spíše turbínka, kterou expandující plyn roztáčí na vysoké obrátky. Má malé rozměry, ale veliký význam. Jednak má vysokou účinnost (80 až 85%), jednak pracuje při poměrně nízkém tlaku (35 atm místo 150 atm, kterých bylo třeba pro pístové detandery). Bylo tedy možné nahradit i pístové kompresory rotačními, které mají vyšší účinnost, jsou kompaktnější a mohou být konstruovány na vysoké výkony.

Téměř současně – v r. 1937 – učinil P. L. Kapica fundamentální objev v oblasti čisté vědy: zjistil, že pod tzv. bodem λ (2,19 K) klesá viskozita hélia při protékání malými otvory na neměřitelně nízkou hodnotu. Sérií elegantních experimentů určil základní vlastnosti hélia v tomto novém stavu, který nazval supratekutostí. Zejména dokázal, že v tomto stavu je hélium směsí dvou kapalin – normální a supratekuté komponenty, které mají natolik rozdílné fyzikální vlastnosti, že mohou v jedné trubce proudit proti sobě tak, že se navzájem prostupují. Ještě jeden vážný objev učinil v období výzkumu hélia. Zjistil, že při přechodu tepla mezi pevnou látku a kapalným héliem vzniká na rozhraní konečný teplotní rozdíl, který je tím větší, čím nižší je teplota. Tento jev našel teoretické vysvětlení teprve asi po dvaceti letech: při nízkých teplotách se přenos tepla uskutečňuje vyzařováním a pohlcováním fononů. Protože akustické impedance obou prostředí nejsou nikdy dokonale přizpůsobeny, nastává na rozhraní rozptyl fononů, který se projevuje jako odpor teplotnímu toku. Kapica experimentálně určil závislost teplotního skoku na teplotě a zavedl teplotně nezávislou konstantu, která je dnes obecně nazývána Kapicův odpor.

Za války byl ústav evakuován do Kazaně, P. L. Kapica organizoval práce důležité pro obranu země, zejména práce spojené s výrobou kyslíku.

Akademik Kapica nesložil ruce v klín, ani když byl v letech 1946 až 55 odvolán z funkce ředitele ústavu. Pokračoval ve vědecké práci v laboratoři, kterou si zařídil na své „dáčce“. Tam také vznikl nigotron (to divné jméno zřejmě připomíná název místa – Nikolina Gora) – vysokofrekvenční generátor, který dosahuje výkonu 175 kW v nepřetržitém režimu. Je to opět rekord v dalším oboru – elektronice vysokých výkonů. Do této oblasti vstoupil P. L. Kapica zpočátku jako teoretik, vyřešiv matematicky obtížnou úlohu o pohybu elektronů v generátorech magnetronového typu.

Když se záření nigotronu vede do rezonátoru, naplněného plynem, vzniká ve středu rezonátoru intenzivní výboj, ve kterém se plazma silně zahřívá. Bude to schůdná cesta k řízení termonukleární reakci? Jak ukazuje název poslední práce, který jsme uváděli v úvodu, zabývá se akademik Kapica v současné době touto otázkou.

Při sledování vědecké činnosti P. L. Kapici jsme si mohli všimnout jen těch prací, které znamenaly v rozvoji vědy nebo techniky přelom. Z toho, co bylo řečeno, se nám rýsuje obraz vynalézavého experimentátora s geniální intuicí a se zřetelně vyjádřenými inženýrskými sklony. Není to obraz úplný. V seznamu prací najdeme teoretickou práci

o rozptylu elektronů na stojatých světelných vlnách (společně s DIRACEM), dále některé práce matematického charakteru. Zabýval se však i otázkou vzniku vln na moři při větru a podstatou kulového blesku (na střeše ústavu je dosud parabolická anténa, která sloužila výzkumu blesků), jakož i některými otázkami mechaniky a hydrodynamiky.

Akademik Kapica věnoval mnoho pozornosti i organizaci a plánování vědy. Některé jeho úvahy na toto téma byly publikovány i u nás. Nejsou to jenom úvahy akademické. Prakticky je uskutečňoval v Ústavu fyzikálních problémů, který se stal pracovištěm ojedinělých kvalit. Ústav je nevelký (celkem asi 300 lidí), nemá ani nějaké zvláštní vybavení, ale má podstatně vyšší hustotu vynikajících fyziků, než je obvyklé. Nadto kolem něho stále krouží jeho bývalí spolupracovníci a odchovanci, často rovněž znamenití fyzici. Co je přitahuje? Zřejmě jakási přirozená tvořivá atmosféra, neboť zde se téměř nemluví o ničem jiném než o fyzice.

I stručný přehled životního díla akademika Kapici ukazuje, že až dosud toho vykonal ve vědě tolik, že by to stačilo na několik úspěšných životů. Na tomto místě by se patřilo udělat hlubokou analýzu, ze které by si čtenář odnesl podrobný recept na to, jak dosahovat úspěchů ve vědě. Tento úkol nezbude než přenechat pisatelům povolanějším, nicméně o jakousi charakteristiku se pokusit můžeme.

Vedle talentu, hlubokých znalostí a houževnatosti se zdají být pro akademika Kapicu charakteristické tyto vlastnosti: Především je to novátorství, které je třeba chápat jako naprostou nezávislost na jakékoliv autoritě, jakékoliv vyšlapané pěšince, jakémkoli klíší. Je s podivem, že i zprávu o zahraniční cestě nebo referát k výročí Akademie dovede přednést tak, že posluchač vidí známý předmět v nezvyklém pohledu, který odhaluje cosi nového. Není náhodou, že posluchárna ústavu je vždy zcela naplněna, má-li akademik Kapica učinit nějaké sdělení. Za druhé je to přesnost. Jejím vnějším projevem je třeba to, že semináře zahajuje i uzavírá úderem kladívka na vteřinu přesně ve stanovenou dobu nebo že se velice přesně vyjadřuje. Třetí charakteristickou vlastností je odvaha. Nebojí se realizovat riskantní experiment, nebojí se vyslovit originální myšlenku, byť byla v té době kacířskou. Čtvrtou vlastností je důkladnost. Zdá se, že ani nedovede zůstat na povrchu či jenom na jednom aspektu zkoumané otázky. Je to vidět i na stylu a formě jeho publikací. Za páté – postup své práce podřizuje především logice zkoumaného problému a nerozpakuje se změnit stanovený program, narazí-li neočekávaně na novou zajímavou otázku. Dalších pět bodů by mělo platit lidským (tj. mimo-fyzikálním) vlastnostem jubilanta. Teprve potom by asi byl obrázek připraven pro studium příčin úspěchů. Bohužel, materiál pro tuto polovinu je až příliš zprostředkovaný a dokonce rozporný, od této části musíme upustit.

Akademik Petr Leonidovič Kapica, výrazná a do značné míry svérázná postava světové vědy dvacátého století, člen mnoha akademií a učených společností*), dovršil v plné svěžesti a plné práci 8. 7. 1974 osmdesát let plodného života.

*) Marně jsem hledal v jejich seznamu ČSAV.