IZDAJA DRUŠTVO MATEMATIKOV, FIZIKOV IN ASTRONOMOV SR SLOVENIJE

OBZORNIK
ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

1970
Letnik 17
4

OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

Tehnični in odgovorni urednik

Kvaternik Franc, Gimnazija Poljane, Ljubljana

Uredniški odbor

Blinc Robert, FNT univerze v Ljubljani
Bohte Zvonimir, FNT univerze v Ljubljani
Avsec France, gimnazija Kranj
Moljk Anton, FNT univerze v Ljubljani
Pahor Jože, Nuklearni inštitut »J. Štefan« v Ljubljani
Garb France, gimnazija Ravne
Rosina Mitja, FNT univerze v Ljubljani
Strnad Janez, FNT univerze v Ljubljani
Uršič Stanko, Zavod za šolstvo SR Slovenije
Vidav Ivan, FNT univerze v Ljubljani

Izdaja Društvo matematikov, fizikov in astronomov SRS 4-krat letno. Članarina je 10 din in jo nakazujte na čekovni račun Obzornika. Člani društva prejemajo Obzornik za matematiko in fiziko zastonj.

Naročnina je

za nečlane 15 din
za dijake 5 din
za ustanove in podjetja 20 din
za inozemstvo 25 din (2 $)
posamezna številka 5 din

Dopise pošiljajte in list naročajte na naslov: **Obzornik za matematiko in fiziko, Ljubljana, poštni predal 227.** Čekovni račun Obzornika je 501-8-240/1.

OBZORNIK

ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

1970 LJUBLJANA LETNIK XVII

Tehnični in odgovorni urednik:
Kvaternik Franc, Gimnazija Poljane, Ljubljana

Uredniški odbor:

Blinc Robert, FNT univerze v Ljubljani
Bohte Zvonimir, FNT univerze v Ljubljani
Avsec France, gimnazija Kranj
Moljk Anton, FNT univerze v Ljubljani
Pahor Jože, Nuklearni inštitut »J. Stefan« v Ljubljani
Garb France, gimnazija Ravne
Rosina Mitja, FNT univerze v Ljubljani
Strnad Janez, FNT univerze v Ljubljani
Uršič Stanko, Zavod za šolstvo SR Slovenije
Vidav Ivan, FNT univerze v Ljubljani

Izdalo Društvo matematikov, fizikov in astronomov SR Slovenije
Natisnila tiskarna Ljudske pravice v Ljubljani

VSEBINA

Članki

Novice

Šola

Tekmovanja

Domače vesti

PRIHODNOST FIZIKE*

UDK 53:001

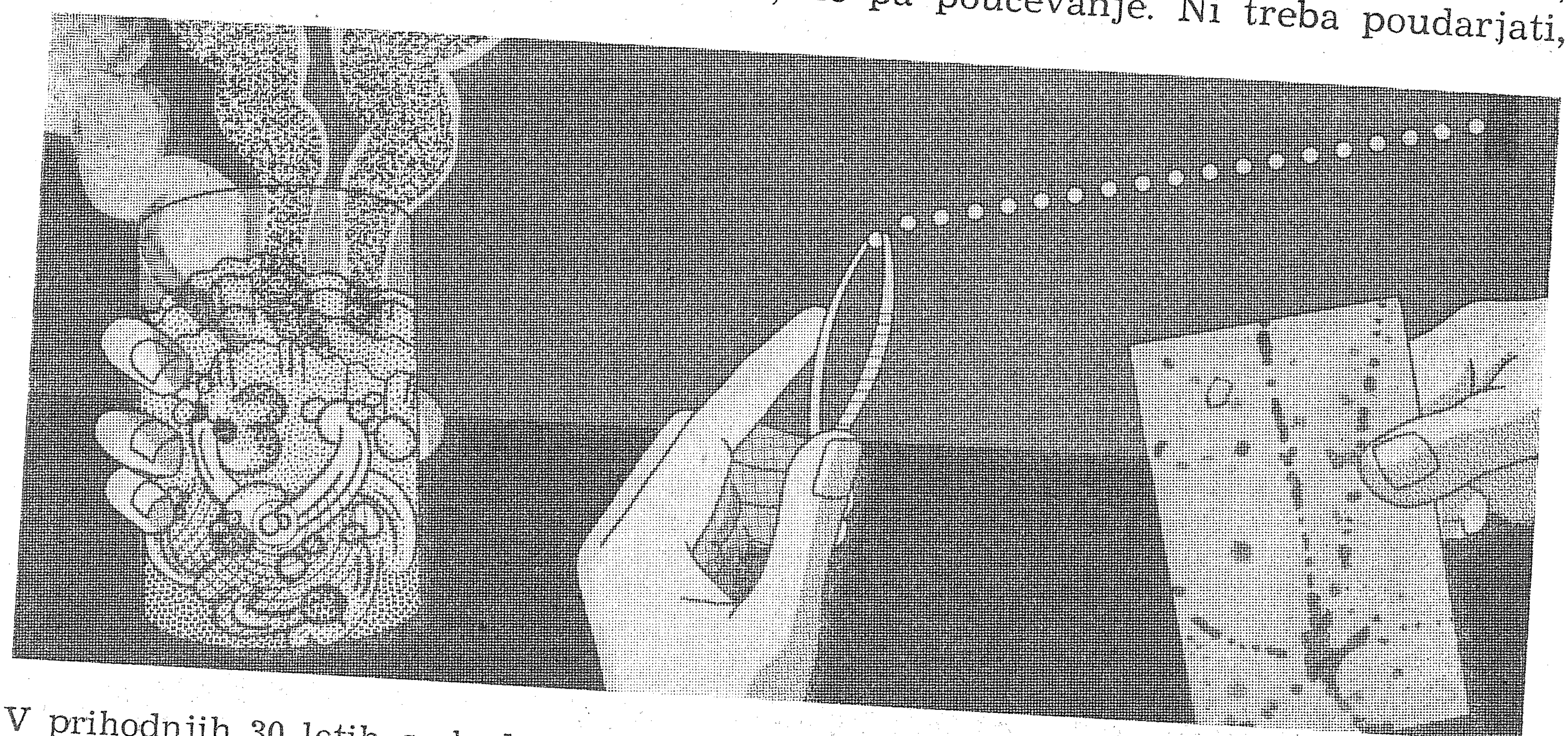
FREEMAN J. DYSON

Mnogi fiziki se bodo verjetno začeli ukvarjati z molekularno biofiziko, pulzarno astronomijo in s problemi onesnaženja okolja, podobno kot so se pred 25 leti nekateri usmerili v radioastronomijo in računalniško tehnologijo.

S kakšno fiziko naj bi se ukvarjali od sedaj do konca tega stoletja? To sem se vprašal pred kratkim, ko smo v Princetonu odprli novo zgradbo za fiziko; kaj bodo lahko ljudje v tej zgradbi počeli za časa svojega življenja?

Tu je nekaj mojih odgovorov na ta vprašanja. Skušal bom prikazati fiziko v naslednjih 30 letih, ne da bi se popolnoma izognil spekulaciji; pač pa se bom v glavnem posvetil praktičnim vprašanjem, ki so že danes pred nami. Moje trditve imajo seveda subjektiven značaj, toda osnovne misli naj bi veljale za kogarkoli, kjerkoli.

Namesto, da bi poskušal vse opisati, kar se dogaja v zgradbi za fiziko, bom obravnaval le raziskovalno delo, ne pa poučevanje. Ni treba poudarjati,



V prihodnjih 30 letih se bodo fiziki morda ukvarjali z poživljenim blatom, z določanjem razporeda v velikih molekulah nukleinskih kislin, z raziskavami s kozmičnimi žarki . . .

da mora biti izbor raziskovalnih področij tak, da bodo privlačila študente in jim omogočila aktivno sodelovanje. To bom upošteval v svojih predlogih. Bom pa pristranski še na drug način, kakor bo razvidno iz nadaljnjega.

* The Future of Physics. Physics Today 23, No. 9 (Sept. 1970), 23. Članek je povzet po govoru ob otvoritvi nove stavbe (Jadwin and Fine Halls) na Univerzi v Princetonu, marca 1970. Prevedla Martina in Ivan Kuščer.

Profesorju Dysonu in uredništvu revije Physics Today, ki sta dovolila objavo prevoda, se za prijaznost lepo zahvaljujeva.

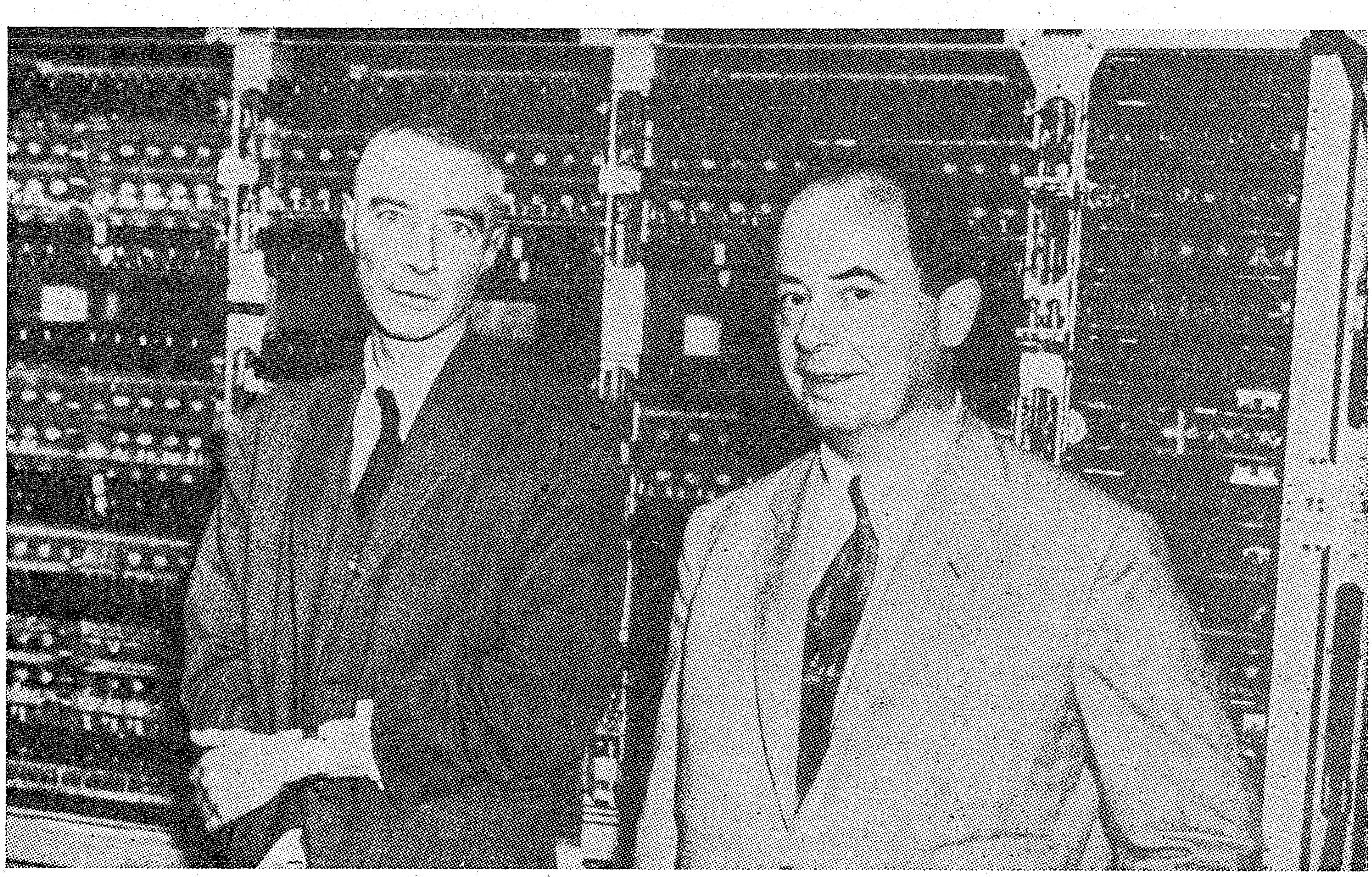
1

Poudaril bom eksperimentalno delo in malo govoril o teoretičnem. Razlog temu ni, da bi imel teorijo za nepomembno. Elegantna teorija, ki združuje matematično lepoto in fizikalno resnico, je končni smoter vseh naših naporov v fiziki. Toda če so teorije končni izdelek znanosti, so eksperimenti pogonska sila.

Čudna skupina v Cambridgeu

Začel bom s primerom iz preteklosti, ki pokaže, da je pogled za 30 let naprej včasih mogoč in da je lahko zelo koristen. Ko sem pred 24 leti prišel v angleški Cambridge kot podiplomski študent, je večina mojih prijateljev preklinjala ime Sira Laurencea Bragga, direktorja Cavendish Laboratory. Bragg je postal direktor l. 1938, leto po smrti Ernesta Rutherforda. V kratkem času brez vodstva je Cavendish propadel z izjemno naglico. Pod Rutherfordom je bil ta laboratorij svetovni center za visokoenergijsko fiziko, pri čemer je »visoko energijski« tedaj pomenilo karkoli nad 100 keV. Ko je Bragg prevzel to podrtijo, so P. M. S. Blackett, James Chadwick in večina odličnih mladih ljudi, ki so bili delali z Rutherfordom, že odšli. Zasedli so mesta na drugih univerzah, kjer so ustanavljali svoje lastne raziskovalne šole. Vodstvo v visokoenergijski fiziki je prešlo v Berkeley. V začudenje tistih, ki so ostali v Cambridgeu, se Bragg ni niti najmanj potrudil, da bi kaj obnovil. Niso ga resno zanimali načrti za nov pospeševalnik. Sedel je v svoji pisarni na Cavendishu in govoril: »Zelo uspešno smo svet naučili, kako se dela jedrska fizika. Naučimo jih sedaj še kaj drugega.«

Ljudje, ki jih je Bragg podpiral, so bili čudna skupina; začeli so stvari, katere bi visokoenergijska družba komaj pripoznala za fiziko. V tej skupini



John von Neumann (desno) stoji z J. Robertom Oppenheimerjem pred prototipom elektronskega računalnika v Princetonu. Posnetek je bil narejen okrog leta 1950.

so bili: Martin Ryle, ki se je bil vrnil iz vojne s polnimi kamioni razbite elektronske ropotije, ki jo je skušal izkoristiti za odkrivanje radijskih izvorov v vesolju; Max Perutz, ki se je že 10 let ukvarjal z rentgensko analizo strukture hemoglobinske molekule in je pripominjal veselo, da jo bo dokončno določil najkasneje v 15 letih; potem pa čudni Francis Crick, za katerega se je zdelo, da je izgubil prav vse zanimanje za fiziko. Kot večina mojih prijateljev teoretikov sem sprevidel, da se nimam kaj naučiti od te skupine klovnov in sem prišel v Ameriko, da bi bil tam, kjer so se še ukvarjali s pravo fiziko.

Sedem let kasneje je Bragg šel v pokoj s Cavendishevega laboratorija. Takrat je bilo že vsakomur jasno, da se ni samo hvalisal, ko je rekel, da bo naučil svet še česa drugega. Ko je zapustil Cambridge, je bil to center visoke aktivnosti in prvorazrednega mednarodnega položaja v dveh področjih raziskovanja, ki sta verjetno vsaj tako pomembni kot visokoenergijska fizika: radioastronomija in molekularna biologija[1]. Nobena teh novih znanosti ni imela niti imena, preden je bil Bragg imenovan l. 1938. Leta 1953 so se na Rylovo natančno karto radijskih izvorov v vesolju že oslanjali astronomi po vsem svetu. Največji in najbolj skrivnostni energijski izvori v vesolju, radijske galaksije in kvazarji imajo sedaj ponavadi imena kot 3C9 ali 3C273, kjer »C« pomeni »Cambridge«. Tudi molekularni biologi na Cambridgeu so imeli uspehe že l. 1953. Ni mi treba opisovati, kako so odkrili strukturo molekule DNA. Kdor bi rad vedel, kako so se počutili molekularni biologi na Cambridgeu l. 1953, lahko prebere knjigo Jamesa Watsona »The Double Helix« (Dvojna vijačnica)[2]. Mnogi so resno ugovarjali načinu, kako je bila knjiga napisana, toda nihče, ki jo je prebral, ni mogel trditi, da je Cambridge iz leta 1953 trpel zaradi duhovnega mrtvila.

V nasprotju z Rutherdorfom Bragg ni zapustil razpadajočega imperija. Nasprotno, v 17 letih od njegove upokojitve je Cambrigde v molekularni biologiji in radioastronomiji obdržal svoj sloves kljub naraščajoči konkurenci v svetu. Ne znam več prešteti, koliko mojih starih prijateljev iz Cambridgea je dobilo Nobelovo nagrado. Pred dvema letoma so Ryleovi radioastronomi dokazali, da so še vedno prvi, s tem da so odkrili prve pulzarje. Vesel sem, da je Bragg pri svojih 80 letih še vedno pri dobrem telesnem in duševnem zdravju in da lahko uživa ob zadnjih uspehih svojih varovancev.

Ta zgodovina zadnjih 30 let na Cambridgeu je malo preveč poenostavljena. Toda mislim, da vsebuje nauke, ki so pomembni za nas danes. Kaj so ti nauki? Kako je Bragg uspel tako dobro v okoliščinah, ki so bile l. 1938 videti obupne? Na splošno menim, da je uspel z naslednjimi tremi pravili:

Ne poskušaj oživljati minule slave.

Ne delaj stvari samo zato, ker so moderne.

Ne boj se posmeha teoretikov.

Razen tega, da je sledil tem prepovedim, je imel Bragg še nekatere druge bolj pozitivne prednosti. Živel je še v starem evropskem sistemu, ki je dajal direktorju laboratorija oblast, da je delal, kar je hotel, ne da bi upošteval ugovore svojih kolegov. Dobršen del svojega časa je delal v okolju, kakršnega je prinesla vojna in v katerem so bile odstranjene nekatere običajne birokratske omejitve. Predvsem pa je imel še veliko srečo. Toda tolikšna sreča ne doleti človeka dvakrat v življenju, razen če jo zasluži.

Kako je bilo s Princetonom?

Mislim, da je pošteno, če povemo, da na Princetonu v zadnjih 30 letih nismo tako dobro uspeli, kakor je Bragg. Če govorim samo o svoji ustanovi, to je Institute for Advanced Study, lahko rečem, da zaslužimo precej točk po Braggovem prvem pravilu — da ne skušamo oživljati minule slave. Že od l. 1946 nismo imeli profesorja, ki bi delal na področju splošne relativnosti. Zdelo se nam je nespametno pričakovati, da bi lahko našli koga, ki bi bil na tem posebnem področju zares tako dober kot Einstein. Po drugem pravilu, da naj ne bi delali samo modernih stvari, smo dosegli poprečje. Vedno smo imeli prostor za nekaj nemodernih mož, kot je Joe Weber; toda zaskrbljujoče visok odstotek naših objavljenih del je z modernega področja fizike delcev. Ta dela se zame ne razlikujejo od del dvajset drugih ustanov za teoretično fiziko.

Po tretjem pravilu, da se ne smemo bati posmeha snobov, smo se zelo slabo odrezali. Najbolj originalno, ne po modi usmerjeno in vredno delo, ki ga je inštitut opravil, odkar se je Einstein upokojil, sta bila načrt in konstrukcija John von Neumannovega prototipa elektronskega računalnika, MANIAC. V desetih letih po drugi svetovni vojni je skupina okoli von Neumanna vodila svet z idejami o razvoju in uporabi računalnikov. Po svoje je bila to prav tako velika stvar kot molekularna biologija ali radioastronomija. Toda snobi na našem inštitutu nismo mogli prenašati ob sebi elektroinženirjev, ki so s svojimi umazanimi rokami omadeževali čistočo našega učenega ozračja. Von Neumann je bil kot Bragg dovolj močan, da se ni zmenil za ta odpor. Toda ko je von Neumann tragično umrl, so se snobi maščevali in se znebili računalniškega projekta v celoti.

Vedno sem čutil, da je propad naše računalniške skupine pomenil nesrečo ne samo za Princeton, ampak za vso znanost. Zaradi tega v kritičnem obdobju petdesetih let ni bilo akademskega centra, kjer bi se za računalništvo zainteresirani ljudje vseh strok lahko sešli na najvišjem intelektualnem nivoju. Področje, ki smo ga zapustili, je prevzel IBM. Čeprav je IBM v mnogih pogledih odlična organizacija, ne moremo pričakovati, da bi zagotovila atmosfero intelektualne plodnosti, kakršno je tukaj ustvaril von Neumann. Imeli smo priložnost in smo priložnost zavrgli.

Toliko o preteklosti. Kaj pa prihodnost? Žal mi je bilo, ko je bil uničen naš računalniški projekt, kajti bil je nekaj edinstvenega in je prehiteval tedanji čas. Priznati moram, da mi ni enako žal ob novici, da bodo prihodnje leto opustili pospeševalnik Princeton-Pennsylvania. Ne da bi imel kako sadistično veselje pri težavah svojih prijateljev. Verjamem pa, da prihaja Princeton z izgubo pospeševalnika v položaj, ki je v nekaterih pogledih podoben kot v Cambridgeu l. 1938. Vodstvo pospeševalniške fizike prehaja sedaj v Batavio, kot je tedaj prešlo v Berkeley. Mi pa imamo priložnost, da začnemo kaj drugačnega.

Princeton se odlikuje s tradicijo, da ljudje niso preveč specializirani. Gotovo ne bomo popolnoma opustili visoko energijske fizike samo zato, ker so nas vrgli s pospeševalniškega posla. Tako začenjam svojo napoved bodočnosti z domnevo, kaj bi se lahko zgodilo v naslednjih 30 letih v visokoenergijski fiziki.

Pospeševalniki in kozmični žarki

Poznamo dva glavna načina dela v visoko energijski fiziki. Bogataški način je, da gradijo pospeševalnike, ki dajejo močne curke delcev z natančno kontrolirano energijo. Način revnih pa je, da uporabljajo kozmične žarke, ki prihajajo kot dež izpod neba enako za bogate in reveže, ki pa imajo zelo majhno intenziteto in čisto nekontrolirano energijo. Mislim, da je celo večja možnost za glavna odkritja v naslednjih tridesetih letih v visokoenergijski fiziki prav s kozmičnimi žarki. Zato si upam reči, da je morda dobro za nas, v znanstvenem pogledu, da smo revni.

Prav lahko se zgodi, da se motim z obljubo o fiziki s kozmičnimi žarki. Podati se v neko področje raziskovanja je vedno tvegana igra. Vendar v tem primeru menim, da bo tveganje razumno.

Pospeševalnik z največjo energijo je sedaj v Serpuhovu v Sovjetski zvezi; doseza energijo 70 GeV. Batavijski stroj bo dosegel vsaj šestkrat toliko, ko bo začel obratovati prihodnje leto. Uspeh ogromne investicije denarja in talenta v Bataviji bo torej razširitev energijskega območja fizike nekako za faktor 10.

Mi vsi vdano upamo, da je narava pripravila pomembne nove pojave, ki jih lahko odkrijemo v območju tega faktorja 10. Če se izkaže, da je res tako naredila, ne bo škoda napora, ki ga vlagamo v gradnjo stroja. Če pa ne bo novih temeljnih odkritij ravno v tem energijskem območju, bo gradnja stroja velikanski polom. Nič ne stavim, kako bo. Čutim pa, da dolgoročni obeti za nadaljevanje pospeševalniške fizike v tem slogu niso dobri. Celo če bodo realizirane najbolj optimistične domneve o batavijskem stroju in bomo našli razburljiv nov svet pojavov v območju nekaj sto GeV, se vendar zaman upiramo dejstvu, da je tu za enak denar vedno manj koristi. Da bi znanstveno napredovali za dober korak prek Batavije, bi morali iti v območje 1000 GeV, kar bi stalo milijarde dolarjev. Razen če bodo dosegli kake radikalne izboljšave v pospeševalniški tehnologiji, se zdi, kot da bo Batavija konec razvoja kar za precej časa.

Primerjajmo to s stanjem raziskav s kozmičnimi žarki! Tukaj je zastonj zagotovljeno znatno število delcev z energijami okrog 10^{15} eV, ki so več tisočkrat večje, kot jih bodo lahko dobili v Bataviji. Problem je zgraditi detektorje, ki bi lahko razbrali, kaj se dogaja pri teh skrajnih energijah. Ker so bili kozmični žarki doslej delovno področje reveža, so bili detektorji večinoma primitivni in neprimerni za kvantitativne visokoenergijske eksperimente. Pospeševalniki so lahko proizvedli toliko več dobre fizike v zadnjih 20 letih samo zato, ker so ljudje, ki so delali s pospeševalniki, vložili ogromne napore v gradnjo celic na mehurčke, iskrnih celic, priključenih računalnikov (on-line computers) in drugih rafiniranih detekcijskih priprav. Menda bo najboljši način dela v visoko energijski fiziki v naslednjih 30 letih, da se lotimo kozmičnih žarkov v istem iznajdljivem in rahlo megalomanskem slogu, ki je značilen za vodilne pospeševalniške laboratorije. Delo s kozmičnimi žarki v tem slogu bo drago, toda še zdaleč ne tako kot gradnja novih pospeševalnikov. To je vrsta raziskovanja, kakršnega se upravičeno lahko loti univerzni inštitut namesto velikega nacionalnega laboratorija.

Ta ocenitev bodočnosti visokoenergijske fizike temelji na filozofskem stališču, ki je precej različno od stališča nekaterih propagandistov za pospeševalnike. Slišal sem nekaj pospeševalniških navdušencev govoriti, kakor da resno pričakujejo, da bodo z zgraditvijo še enega stroja in z merjenjem nekaj presekov razvozlali vse pomembne uganke narave. Ne verjamem, da bi mogel kdo kar tako preprosto prebrati božje namere. Dosedanje izkušnje v visoko energijski fiziki so nas izučile, da se pojavijo novi problemi in nove zapletenosti vsakokrat, ko razširimo območje opazovanj. Bil bi razočaran in bi smatral, da je Stvarniku primanjkovalo domišljije, če bi se izkazalo, da ni več presenečenj v neizmernem področju energij onstran dosega pospeševalnikov. Moje filozofsko razpoloženje do fizike se precej približuje razpoloženju, ki ga je lepo opisal Giuseppe Cocconi iz CERN v nedavnem članku[3]: »Vloga zapletenosti v naravi«. Kakor Cocconi upam in verjamem, da se bo izkazal svet visokih energij za prav tako neizčrpen kot svet astronomije in svet čiste matematike.

Poživljeno blato

Kaj naj bi delali fiziki poleg študija kozmičnih žarkov? Ena možnost je, da se pridružijo tistim, ki delajo zoper onečiščenje narave. Sam sem nekaj malega delal na tem, ko sem mesec dni delil svoj kabinet s profesorjem za sanitarno tehniko, ki me je naučil vse o BOD (Biological Oxygen Demand) in o poživljenem blatu. Bilo je zelo zabavno in moj tovariš v kabinetu je bil bolj bister kot večina fizikov, ki jih poznam. Svetoval bi vsakemu fiziku, ki ga zares skrbi, kako bo z naravnim okoljem, da si vzame čas in poizve, kakšni so problemi na področju poživljenega blata. Ugotovil bo tudi, ali lahko kaj koristnega prispeva k reševanju teh problemov.

Posamezni fizik lahko v tesnem sodelovanju z inženirji, kemiki in biologi veliko prispeva. Vendar pa naj ne pričakuje, da bo njegov prispevek na tem področju v glavnem fizika. Če je človek kaj prida, bo porabil svojo fiziko le kot kulturno osnovo pri premišljevanju o problemih, ki so v glavnem kemijski, biološki ali politični. Mislim torej, da bi bila napaka za kak fizikalni oddelek na univerzi, če bi se kot oddelek močno zaposlil s takim delom. Delo proti onečiščenju okolja je primerno za posamezne fizike kot člane interdisciplinarne skupine, ne pa za osrednjo aktivnost kakega fizikalnega oddelka. Oddelek, ki sili v ekološko delo samo zato, ker je moderno, krši drugo izmed treh Braggovih pravil.

Bodi v stiku z biologijo

Rad bi dal vsaj en konkreten nasvet za novo smer, v kateri bi se fizika lahko gibala in uspevala v naslednjih 30 letih. Tukaj je torej nekaj idej, ki se mi zdijo važne za bodočnost. Če bi bil sam eksperimentalni fizik, bi poskusil slediti tej liniji.

Menda je samo po sebi umevno, da fizika ne more uspevati izolirana od ostale znanosti. Fizika naj bo zlasti v tesnem stiku z biologijo, kajti verjetno bo biologija, prej kot fizika, osrednje področje v napredku znanosti v preostalem delu našega stoletja. Že l. 1946 je Bragg to razumel, ko je dal denar Perutzu za rentgensko analizo hemoglobina, namesto da bi ga dal za nov pospeševalnik. Kakor l. 1946 je tudi sedaj res, da obstaja velikanska priložnost za pomemben napredek v mikrobiologiji z uporabo fizikalne tehnike. Dober začetek so naredili s programom MAN v Oak Ridge National Laboratory[4].

Biokemiki so odkrili, da imajo velike molekule, ki upravljajo osnovne življenjske procese, preprosto zgradbo. Te molekule so dveh vrst, beljakovine in nukleinske kisline, in obojne so linearne verige. Nukleinska kislina je veriga enot, katerih vsaka enota je iz enega od štirih nukleotidov. Čeprav so beljakovinske in nukleinsko kislinske verige zavite na zamotan način, kadar so v živi celici, se zdi, da so njihove lastnosti enolično določene z zaporedjem enot v verigi.

Dosedaj smo imeli dva načina za določevanje zgradbe teh molekul. Prvi je rentgenska kristalografija, ki jo je Perutz uporabil na hemoglobinu in ki je Cricka in Watsona pripeljala do dvojne vijačnice. Drugi način se opira na kemijo vodnih raztopin. Pri tem namakamo molekule z raznimi reagenti, dokler ne razpadejo na odlomke, analiziramo odlomke s kromatografijo in končno izpeljemo zaporedje v prvotni molekuli iz tega, kako se prekrivajo razni odlomki. Obe metodi so uspešno uporabili pri beljakovinah in pri majhnih molekulah nukleinskih kislin. Obe metodi so sijajno izpopolnili v zadnjih letih, tako da razpored v beljakovinski molekuli, kakršna je hemoglobin, ki ga je Perutz razvozlal šele po 25 letih dela, dandanes lahko razberemo v manj kot enem letu.

Vendar imata obe metodi dve osnovni pomanjkljivosti, ki ju je težko premagati. Prvič: obe metodi zahtevata makroskopske množine molekul v očiščeni obliki. Večino biološko pomembnih molekul pa dobimo v neznatnih količinah pomešane v brozgi drugih molekul, iz katere jih je težko izločiti. Drugič: obe metodi odpovesta pri velikih molekulah nukleinskih kislin, ki so s fundamentalnega vidika najbolj zanimive, kajti te predstavljajo genetsko snov.

Situacija je res zapeljiva za fizika. Po eni strani se obeta ogromno bioloških odkritij prvemu, ki bo znal določiti zaporedje v posamezni molekuli beljakovine ali nukleinske kisline, ne da bi se moral mučiti s kemičnim čiščenjem makroskopskega vzorca. Po drugi strani pa se zdi, da je določanje razporeda v posamezni molekuli, če vemo, da je molekula linearna veriga, takšne vrste naloga, za katero so moderne fizikalne metode posebno pripravne. V bistvu gre za problem sortiranja in štetja enot, iz katerih je molekula zgrajena. Sortiranje in štetje pa sta ravno nalogi, ki ju jedrski fiziki dobro obvladajo.

Izbiranje, sortiranje in štetje

Naj poskusim natančneje razložiti, kako si predstavljam možno rešitev problema. Recimo, da hočemo določiti natančno zaporedje nukleotidov v molekulah DNA, ki predstavljajo genetsko snov v živi celici. Najprej je treba najti način za izločitev posamezne molekule DNA. Treba bi bilo molekulo izdvojiti iz njenega vodnega okolja in jo pritrditi v vakuumu, ne da bi jo poškodovali. Molekulo je treba z enim koncem prilepiti na trdno podlago, medtem ko naj bi preostali del molekule prosto visel v vakuumu, raztegnjen s pomočjo električnega polja. Potem bi bilo treba odlomiti nukleotidne gradnike drugega za drugim s prostega konca verige. To je odločilni in brez dvoma najtežji korak. Odlomljene gradnike je treba ionizirati, da jih lahko napeljemo v masni spektrometer. Končno sledi najlažji del celotne naloge, ko mora masni spektrometer sortirati ionizirane gradnike v štiri kanale, zaznamovane »adenin«, »citozin«, »guanin« in »timin«. Števci, nameščeni na vsakem kanalu, bi avtomatično zapisovali zaporedje prihajajočih gradnikov.

Ključ do takega načina analize je, da se naučimo rokovati z velikimi molekulami v vakuumu, in sicer na tak način, da bi natančno vedeli, kje so. Ne vem, kako bi se to naredilo, toda ne bo me začudilo, če bo kdo v naslednjih desetih letih odkril tak način. Verjetno bo to dosegel fizik, ki bo zadosti širokosrčen, da bo znal obvladati kemično preobčutljivost nukleotidov, poleg fizike delno mokrih površin.

Če se bo izkazalo, da je res mogoče s fizikalnimi metodami določati razpored v posameznih molekulah bodisi na način, ki sem ga opisal ali kako drugače, bomo doživeli presenetljive posledice. Ne samo, da bodo lahko razvozlali dosti več raznovrstnih molekul. Tudi postopek bo izredno hiter, če se bo sploh posrečil. Po eni ali drugi izmed obstoječih metod je določanje zaporedja v eni beljakovini velika naloga, ki zaposli cel team talentiranih ljudi za leto dni ali več. V nasprotju s tem si pa lahko predstavljamo fizikalno napravo za določanje zaporedja, ki odlamlja in sortira nukleotide s hitrostjo po več gradnikov na sekundo, tako da bi bila velika molekula DNA dokončno analizirana v eni uri.

Pri delu s posameznimi molekulami si težko predstavljamo, da bi bil postopek kaj boljši, če bi bil počasen. Povečana hitrost analize bi povzročila pravcato revolucijo v mikrobiologiji. En sam laboratorij bi lahko določil razpored pri več tisoč molekulah na leto namesto pri dveh ali treh. Zamislimo si lahko, da bi se lotili cele žive celice in določili razpored v vseh njenih beljakovinah in nukleinskih kislinah. Ne morem si predstavljati, kaj bi biologi počeli z vsemi temi podatki. Gotovo pa bi lahko zvedeli kaj zanimivega o raku, če bi natančno primerjali sestavine rakaste celice s sestavinami normalne celice iste živali.

Toda ali je to »dobra fizika«

Nekateri med vami boste oporekali taki smeri raziskovanja, češ da je to lahko dobra biologija, da pa ni fizika. Prav to smo mnogi rekli za Bragga in Perutza leta 1946. Prepričan sem, da smo se korenito motili. Mnenje, da mora biti fizika čista, če naj bo dobra, in da je delo na meji med fiziko in biologijo pod častjo resničnega fizika, je bilo napačno leta 1946 in je napačno še danes. Nedavni članek[5] Williama Spohna z naslovom »Can Mathematics Be Saved« (ali se da matematika rešiti) je povzročil nekaj razburjenja med matematiki. Spohn trdi, da so puristi, ki vladajo v matematiki, tako popolnoma odtujili matematiko od drugih delov človeške kulture, da je matematika sama v nevarnosti, da postane neplodna. Večji del njegovih trditev je prav tako resničen, če spremenimo naslov njegovega članka v »Ali lahko rešimo fiziko«, in vstavimo fiziko visokih energij, kjer pravi »moderna matematika«. Po mojem je najbolj zanesljiva pot, da rešimo fiziko pred precej katastrofalnim zastojem ali nazadovanjem v naslednjih 30 letih, da zaposlimo mlade fizike na mejnih področjih, kjer se fizika prepleta z drugimi znanostmi, kot sta astronomija in biologija.

Kot možen primer takega dela sem opisal analizo velikih molekul, s tem da jih fizično trgamo. Lahko si zamislimo druge primere. Ena možnost, o kateri so molekularni biologi dosti razpravljali, je razvoj elektronske mikroskopije do take stopnje, da bi neposredno videli strukturo posameznih molekul. Na ta način bi bilo možno doseči nedestruktivno analizo velikih molekul, ki bi bila prav tako vsestranska in hitra kot opisana destruktivna analiza.

Bilo bi brez smisla, če bi poskušal sestaviti popoln seznam pomembnih reči, ki jih bodo delali fiziki v naslednjih desetletjih. Prav gotovo bodo najbolj razburljive tiste reči, ki se jih nisem spomnil. Zase mislim, da je prav sedaj najbolj razburljivo področje fizike na meji astronomije, kjer smo ravnokar imeli nevrjetno srečo z odkritjem pulzarjev. Pulzarji so se izkazali kot laboratoriji, v katerih lahko študiramo lastnosti snovi in sevanja pod milijonkrat bolj ekstremnimi pogoji, kot so nam bili prej na razpolago. Ne razumemo še, kako pulzarji delujejo, toda domnevati smemo, da so to pospeševalniki, v katerih Bog dela kozmične žarke. Pulzarji bodo ne samo oskrbovali fizike s kozmičnimi žarki, ampak bodo v naslednjih 30 letih omogočili odločilne preizkušnje teorije v mnogih delih fizike, od supraprevodnosti do splošne relativnosti.

Poskusil sem iskreno oceniti tiste tendence v fiziki, ki se mi zdijo dobre ali slabe. Nisem pesimist glede bodočnosti fizike. Soglašam s senatorjem Mansfieldom, da znižanje ravni pri financiranju fizike ne bi bila narodna nesreča. Po mojem sta samo dve stvari, ki bi bili res pogubni za bodočnost fizike. Ena je, da bi rešili vse velike nerešene probleme. To bi bila res nesreča. Vendar se ne bojim, da se bo to zgodilo v bližnji bodočnosti. Druga nevarnost bi bila, če bi postali tako čisti in izolirani od praktičnih problemov, da nobeden izmed najbolj sposobnih in požrtvovalnih študentov ne bi več hotel študirati fizike. Zadnja nevarnost se mi zdi stvarna. Do tega ne bo prišlo, če bomo obdržali raznolikost dela, če bomo poudarjali delo, ki ima pomembno uporabo izven fizike, predvsem pa, če bomo sledili tretjemu Braggovemu pravilu: »Ne boj se posmeha teoretikov.«

NAVEDENI ČLANKI

[1] E. L. Hess: Origins of Molecular Biology. Science **168**, 664 (1970).

[2] J. D. Watson: The Double Helix. Atheneum, New York, 1968.

[3] G. Cocconi, v »Evolution of Particle Physics« (M. Conversi, ed.). Academic Press, New York (1970).

[4] N. G. Anderson in J. L. Liverman, Scientific Research, maj 1968, str. 37.

[5] W. G. Spohn, Jr., Notices Am. Math. Soc. **16**, 890 (1969).

NOVICE

REŠITEV POSEBNEGA SISTEMA LINEARNIH ENAČB

Prispevek podaja rešitev posebnega sistema linearnih enačb. Značilnost tega sistema je, da predstavljajo koeficienti pred neznankami geometrijsko zaporedje. Koreni imajo nepričakovano preprosto obliko, čeprav gre lahko število enačb in neznank preko vsake meje.

Solution of a special system of Linear equations

In this article the solution of a special system of linear equations is described. The characteristic of the system are coefficients preceeding unknowns, forming geometric sequence. Roots have an unexpectedly simple form, though the number of equations and unknowns can extend over all limits.

Obravnavanje tirnih tokokrogov železniških varnostnih naprav me je nekajkrat privedlo do zanimivega sistema linearnih enačb. V bistvu gre za sistem n linearnih enačb z n neznankami, kjer je n lahko poljubno realno število. Izključen je le primer $n = 1$, ker privede do sistema, čigar sistemska determinanta ima vrednost 0. Posebnost tega sistema so koeficienti pred neznankami, ki predstavljajo geometrijsko zaporedje. Na prvi pogled nelahka naloga privede do tako presenetljivo preproste rešitve, da si jo je vredno ogledati.

Podan je sistem n linearnih enačb z n neznankami:

$$\begin{gathered}
x_1 + ax_2 + \ldots a^{i-1} x_i + \ldots + a^{n-1} x_n = b_1 \\
ax_1 + x_2 + \ldots + a^{i-2} x_i + \ldots + a^{n-2} x_n = b_2 \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
a^{i-1} x_1 + a^{i-2} x_2 + \ldots + x_i + \ldots + a^{n-i} x_n = b_i \\
a^{n-1} x_1 + a^{n-2} x_2 + \ldots a^{n-i} x_i + \ldots + x_n = b_n
\end{gathered}$$

Vrednost poljubne neznanke x_i izračunamo takole:

Zapišimo tri zaporedne enačbe našega sistema:

$$\begin{gathered}
a^{i-2} x_1 + a^{i-3} x_2 + \ldots + x_{i-1} + ax_i + \ldots + a^{n-i+1} x_n = b_{i-1} \\
a^{i-1} x_1 + a^{i-2} x_2 + \ldots + ax_{i-1} + x_i + \ldots + a^{n-i} x_n = b_i \\
a^i x_1 + a^{i-1} x_2 + \ldots + a^2 x_{i-1} + ax_i + \ldots a^{n-i-1} x_n = b_{i+1}
\end{gathered}$$

Če pomnožimo prvo in zadnjo enačbo z a in ju seštejemo, dobimo

$$(a^2 + 1) (a^{i-1} x_1 + \ldots + ax_{i-1} + ax_{i+1} + \ldots a^{n-i} x_n) + 2 a^2 x_i = a (b_{i-1} + b_{i+1})$$

Z upoštevanjem srednje enačbe sledi od tod

$$(a^2 + 1) (b_i - x_i) + 2 a^2 x_i = a (b_{i-1} + b_{i+1})$$

Iz te enačbe izračunamo vrednost neznanke x_i

$$x_i = \frac{b_i (1 + a^2) - a (b_{i-1} + b_{i+1})}{1 - a^2}$$

Zanimiva je ugotovitev, da vrednost neznanke x_i ni odvisna od števila enačb n, ampak samo od ustreznega koeficienta b_i, obeh sosednjih koeficientov b_{i-1} in b_{i+1} in koeficienta a. Izjemo predstavljata v našem računu le prva in zadnja neznanka x_1 in x_n, ki nimata obeh sosednjih koeficientov. Zato si ju izračunamo posebej.

Če pomnožimo drugo enačbo sistema z a in jo odštejemo od prve dobimo takoj

$$x_1 = \frac{b_1 - ab_2}{1 - a^2}$$

Če pa predzadnjo enačbo pomnoženo z a odštejemo od zadnje dobimo še

$$x_n = \frac{b_n - ab_{n-1}}{1 - a^2}$$

Vrednost neznanke x_i bi si lahko izračunali tudi kot kvocient determinant $x_i = D_i/D$, pri čemer je D sistemska determinanta. D_i pa je determinanta, ki jo dobimo iz D tako, da i-ti stolpec nadomestimo z vrednostmi b_k. Od tod dobimo

$$D = (1 - a^2)^{n-1}$$

$$D_i = (1 - a^2)^{n-2} [b_i (1 + a^2) - a (b_{i-1} + b_{i+1})]$$

in še

$$D_1 = (1 - a^2)^{n-2} (b_1 - ab_2) \text{ ter } D_n = (1 - a^2)^{n-2} (b_n - ab_{n-1})$$

Koreni obravnavanega sistema linearnih enačb imajo nepričakovano preprosto obliko. Pri vsem tem je število enačb lahko poljubno, v skrajnem primeru gre lahko preko vsake meje.

Bruno Ravnikar,
Višja železniška tehniška šola, Ljubljana

»KEMIJSKO VEZANI NEVTRONI«

Obzornik doslej ni poročal o slepih ulicah pri raziskovalnem delu — o odkritjih, za katera se je kmalu pokazalo, da so brez trdnejše osnove. To pot se bomo izneverili temu običaju in na kratko poročali o takem odkritju. Vzbudilo je precejšnjo pozornost in utegne marsikoga zanimati.

Na koncu prejšnjega leta sta T. J. Grant in J. W. Cobble poročala, da sta opazila *kemijsko vezane nevtrone.*[1] Tanke ploščice, ki so bile izrezane iz velikega monokristala litijevega fluorida, sta najprej obsevala z žarki γ. Pri tem so se ploščice rožnato obarvale, kar je pričalo, da so nastali v kristalu centri F ali barvni centri. Tako imenujemo sestav anionske luknje v kristalni mreži in elektrona, ki je ujet v tej luknji.* Gostota barvnih centrov je bila od 10^{17} do 10^{18} cm^{-3}, kakor sta ugotovila z merjenjem absorpcijskega koeficienta za vidno svetlobo. Tako pripravljene ploščice sta v posebni dvojni Dewarjevi

* Glej na primer V. Kraševec: Nastajanje barvnih centrov v plastično deformiranih ionskih kristalih, Obz. mat. fiz. **10**, 72 (1963)!

posodi ohladila s tekočim helijem skoraj do 4 K. Ploščico v posodi sta nato kako minuto obsevala s fluksom $2.10^6\ cm^{-2}\ s^{-1}$ termičnih nevtronov. Nevtroni so nastali pri jedrski reakciji v nevtronskem generatorju in se zavrli v velikem kosu parafina. V tem kosu parafina je bila luknja, v katero sta namestila posodo s ploščico med obsevanjem. Po obsevanju sta vzela ploščico iz Dewarjeve posode in jo položila v nevtronski spektrometer. Od konca obsevanja do začetka štetja nevtronov je poteklo okoli 40 sekund. Nato sta 10 minut štela nevtrone. Že na začetku tega štetja se je ploščica segrela na sobno temperaturo. Spektrometer je imel tanek kristal litijevega jodida iz izotopa ^{6}Li s sledovi evropija in je bil zelo občutljiv za termične nevtrone.* Umerili so ga s termičnimi nevtroni, ki so jih dobili iz nevtronskega izvira s kalifornijem. Skupni izkoristek spektrometra je bil okoli 20 %. Skrbno sta merila tudi ozadje, ki je bilo v poprečju okoli 1 nevtron/10 minut.

Poskus sta ponovila 53-krat. Pri vsakem poskusu je spektrometer v poprečju zaznal dodatno po 2 termična nevtrona. Pri vseh poskusih je bilo 93 takih nevtronov. Napravila sta tudi vrsto kontrolnih poskusov. Najprej sta obsevala s termičnimi nevtroni ploščico z barvnimi centri pri sobni temperaturi. Nato sta obsevala s termičnimi nevtroni pri 4 K ploščico, ki sta jo poprej z gretjem razbarvala, da v njej ni bilo več ujetih elektronov. Naposled sta napravila vrsto poskusov prav tako kot na začetku, a sta med ploščico in spektrometer položila folijo iz kadmija, ki absorbira termične nevtrone. V vseh teh primerih nista dobila več kot nekaj dodatnih termičnih nevtronov na deset poskusov.

Na osnovi tega sta Grant in Cobble sklepala, da se nevtroni vežejo na elektrone barvnih centrov v kristalu in ostanejo vezani več kot 40 sekund. Domnevala sta, da gre za »spojino« n^-, ki da ni stabilna, ampak razpada z razpolovnim časom okoli pol minute. Vezalna energija elektrona in nevtrona v njej naj bi imela velikostno stopnjo 0,1 eV.

Slabe tri mesece pozneje pa so V. E. Krohn in sodelavci sporočili, da niso mogli potrditi obstoja »kemijsko vezanih« nevtronov.[2] Novi poskusi se niso bistveno razlikovali od prejšnjih. Kristale LiF je izdelal isti proizvajalec. Gostota barvnih centrov pa je bila $4.10^{18}\ cm^{-3}$. Tudi fluks termičnih nevtronov je bil večji: $3.10^9\ cm^{-2}\ s^{-1}$. Dobili so ga iz termične kolone jedrskega reaktorja. Zato pa je bil čas obsevanja samo okoli 20 s. Po končanem obsevanju so ploščico v 35 s prenesli do spektrometra. Sestavljala sta ga majhna proporcionalna števca na ^{3}He s skupnim izkoristkom 4 %.** Ozadje termičnih nevtronov je bilo v poprečju 0,3 nevtrona na 10 minut. Napravili so še več poskusov v spremenjenih okoliščinah. Izboljšali so izkoristek spektrometra, zmanjšali gostoto barvnih centrov v ploščicah, zmanjšali nevtronski fluks in povečali čas obsevanja. Vendar pri vseh 23 poskusih niso zaznali v celoti več kot 2 nevtrona, medtem ko bi jih iz ozadja pričakovali 6.

Krohn in sodelavci bi morali zaznati pri vsakem poskusu več kot tisoč nevtronov, če bi bila merjenja Granta in Cobbla zanesljiva in če bi bilo število kemijsko vezanih nevtronov sorazmerno z gostoto barvnih centrov, z nevtronskim fluksom in časom obsevanja in z izkoristkom spektrometra. Tudi če ne

---

* Tak scintilacijski števec izkorišča reakcijo $n + {}^6Li \rightarrow {}^3H + {}^4He + \gamma$.

** Ti števci izkoriščajo reakcijo $n + {}^3He \rightarrow p + {}^3H$. Števec je napolnjen z mešanico neona, helija 3 in metana.

bi bilo sorazmernosti, bi morali še vedno zaznati več kot deset nevtronov pri enem poskusu. Toda število termičnih nevtronov se pri nobenem poskusu ni povzpelo nad ozadje.

Isaak in sodelavci so prav tako zaman iskali »kemijsko vezane« nevtrone.[3] Tudi njihovi poskusi so se od prvih razlikovali samo po podrobnostih. Hitre nevtrone so dobili pri reakcijah, ki so jih sprožili s ciklotronom. Zavrli so jih v vodi. S fluksom $7.10^7\,\mathrm{cm^{-2}\,s^{-1}}$ termičnih nevtronov so obsevali ploščico v kriostatu kako minuto. Nato so jo prenesli do spektrometra in začeli štetje že 25 s po prenehanju obsevanja. Uporabili so pet proporcionalnih števcev BF_3 z borovim izotopom 10.* Pri nobenem od poskusov število nevtronov ni presegalo ozadja. Sklepali so, da je verjetnost za nastanek spojine n^- vsaj petdesetkrat manjša, kakor sta trdila Grant in Cobble. Po merskih podatkih Krohna in sodelavcev in Isaaka in sodelavcev je obstoj kemijsko vezanih nevtronov neverjeten.

*

Grant in Cobble nista kemijsko vezanih nevtronov iskala popolnoma na slepo. Že dolgo je bilo znano, da deluje med elektronom in nevtronom šibka privlačna sila. Pri tem ne mislimo na interakcijo med magnetnima momentoma, ki spominja na interakcijo dveh majhnih magnetnic in je odvisna od orientacije spinov obeh delcev in od njune relativne hitrosti. Sipanje hitrih elektronov na vodiku in devteriju je pokazalo, da ima nevtron — podobno kot proton — notranjo zgradbo.** Nevtron sestavljajo tri koncentrične plasti, ki imajo od središča navzven pozitiven, negativen in zopet pozitiven naboj. Skupni naboj teh plasti je seveda enak nič. A naboj elektrona, ki leti skozi nevtron, občuti naboje posameznih plasti. Račun pokaže, da je prostorski integral ustreznega potenciala elektrona v polju nevtrona $\int V(r)\,d^3r$ sorazmeren z »vztrajnostnim radijem« (drugim momentom: $\int R^2 \varrho_e(R)\,d^3R$) naboja v nevtronu.[4] Na drugi strani dobimo v Bornovem približku za zelo počasne nevtrone za ta integral $h^2(-a)/2\pi m$. Tu je m masa nevtrona in a amplituda ali sipalna dolžina za sipanje elektrona na nevtronu (ali nevtrona na elektronu) zaradi omenjene interakcije. Krajevne odvisnosti potenciala $V(r)$ za zdaj ne poznamo. Zaradi krajšega izražanja pa uvedemo efektivni potencial V_0 s privzetkom, da sega konstantni potencial do klasičnega elektronskega radija $r_0 = 2{,}8.10^{-15}$ m. Efektivni potencial lahko izračunamo iz enačbe $V_0 = 3h^2(-a)/8\pi^2 r_0^3 m$, če poznamo ustrezno sipalno dolžino.

Sipalno dolžino moramo dobiti z merjenjem. Merijo na več načinov. Pri prvem izkoristijo pojav, da vsebuje totalni sipalni presek za nevtrone s kinetično energijo pod 0,1 eV interferenčni člen med prispevkoma sipanja na jedru in na elektronih, medtem ko pri kinetični energiji nad 10 eV ni več drugega prispevka. Iz razlike obeh presekov sklepajo na sipalno dolžino a. Pri drugem načinu merijo mejni kot totalnega odboja za curek termičnih nevtronov na meji med bizmutom in tekočim kisikom. Razlika lomnih kvocientov za nevtrone med bizmutom in tekočim kisikom gre v glavnem na račun sipanja na elektronih. Zato lahko iz mejnega kota dobijo sipalno dolžino.

---

* Števci izkoriščajo reakcijo $n + {}^{10}B \rightarrow {}^{7}Li + {}^{4}He + \gamma$.

** Glej na primer prispevek Elektromagnetna struktura nukleonov, Obz. mat. fiz. **8**, 120 (1961)!

Najnatančnejše rezultate da tretji način. Pri tem merijo asimetrijo diferencialnega sipalnega preseka v smeri naprej—nazaj pri sipanju termičnih nevtronov na atomih v razredčenih žlahtnih plinih. V težiščnem sistemu je presek za sipanje počasnih nevtronov na jedru simetričen okoli sipalnega kota 90^0. Prispevek sipanja na elektronih pa prinese majhno asimetrijo. V. E. Krohn in G. R. Ringo sta merila s štirimi števci na ^{3}He razliko diferencialnih sipalnih presekov pri 45^0 in 135^0. Ta je v zvezi z interferenčnim členom med prispevkom sipanja na jedru in na elektronih. Tako sta dobila za sipalno dolžino pri sipanju počasnih nevtronov na elektronih $1{,}34.10^{-18}$ m. S tem podatkom bi dobili za efektivni potencial $V_0 = -3700$ eV. Vendar temu rezultatu ne kaže zaupati brez pridržkov in ga proglasiti za potencial nevtrona v bližini osamljenega elektrona, kot sta storila Grant in Cobble. Bolje je trditi, da dajo merjenja za integral $\int V(r)\, d^3 r$ v poprečju prek vsega atoma $3.74.10^{-10}$ eVÅ^3. Poprečni potencial nevtrona v elektronskem oblaku atoma tedaj ne bi bil znatno večji kot 10^{-10} eV, če upoštevamo, da meri radij oblaka nekaj ångstrømov. To pa je precej manj od poprečne kinetične energije termičnih nevtronov pri 4 K. Po tem torej tudi s teoretičnega stališča ni razloga, ki bi govoril za obstoj kemijsko vezanih nevtronov.

J. Strnad

LITERATURA

[1] T. J. Grant, J. W. Cobble: Evidence for Discovery of Chemically Bound Neutrons, Phys. Rev. Letters **23**, 741 (1969).

[2] V. E. Krohn, G. J. Perlow, C. G. Ringo, S. L. Ruby: Search for Chemically Bound Neutrons, Phys. Rev. Letters **23**, 1475 (1969).

[3] G. R. Isaak, N. Berovic, P. D. Dunscombe, C. E. Gough, D. Hacking, M. R. Hawkersworth, J. S. C. McKee, B. L. Reece, T. J. Solaija: A Search for Chemically Bound Neutrons in LiF at 4 °K, Phys. Letters **31 B**, 63 (1970).

[4] L. L. Foldy: Neutron-Electron Interaction, Rev. Mod. Phys. **30**, 471 (1958).

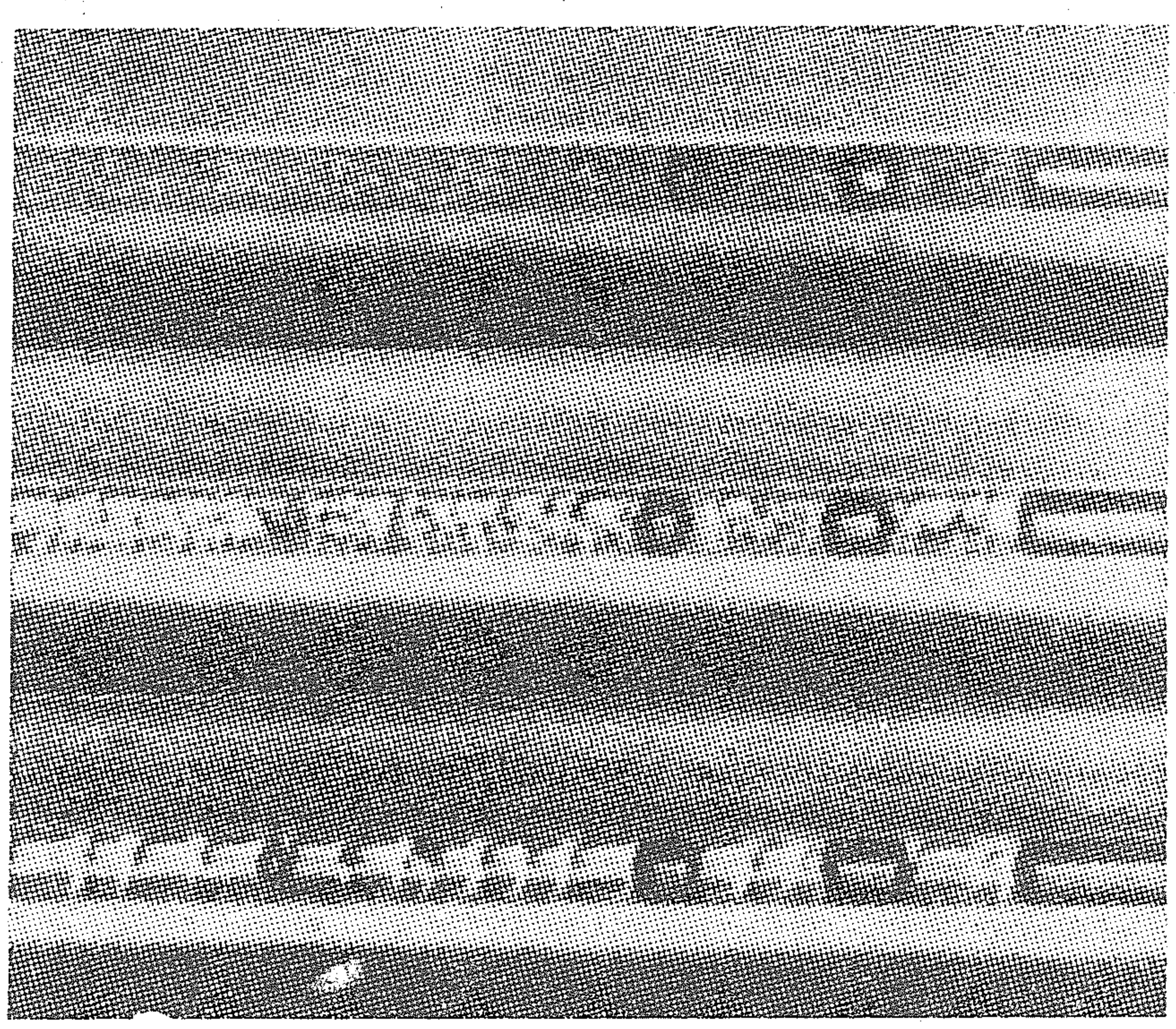
[5] V. E. Krohn, G. R. Ringo: Measurement of the Electron-Neutron Interaction by the Asymmetrical Scattering of Thermal Neutrons by Noble Gases, Phys. Rev. **148**, 1303 (1966).

»ANOMALNA« VODA IN »POLIVODA«

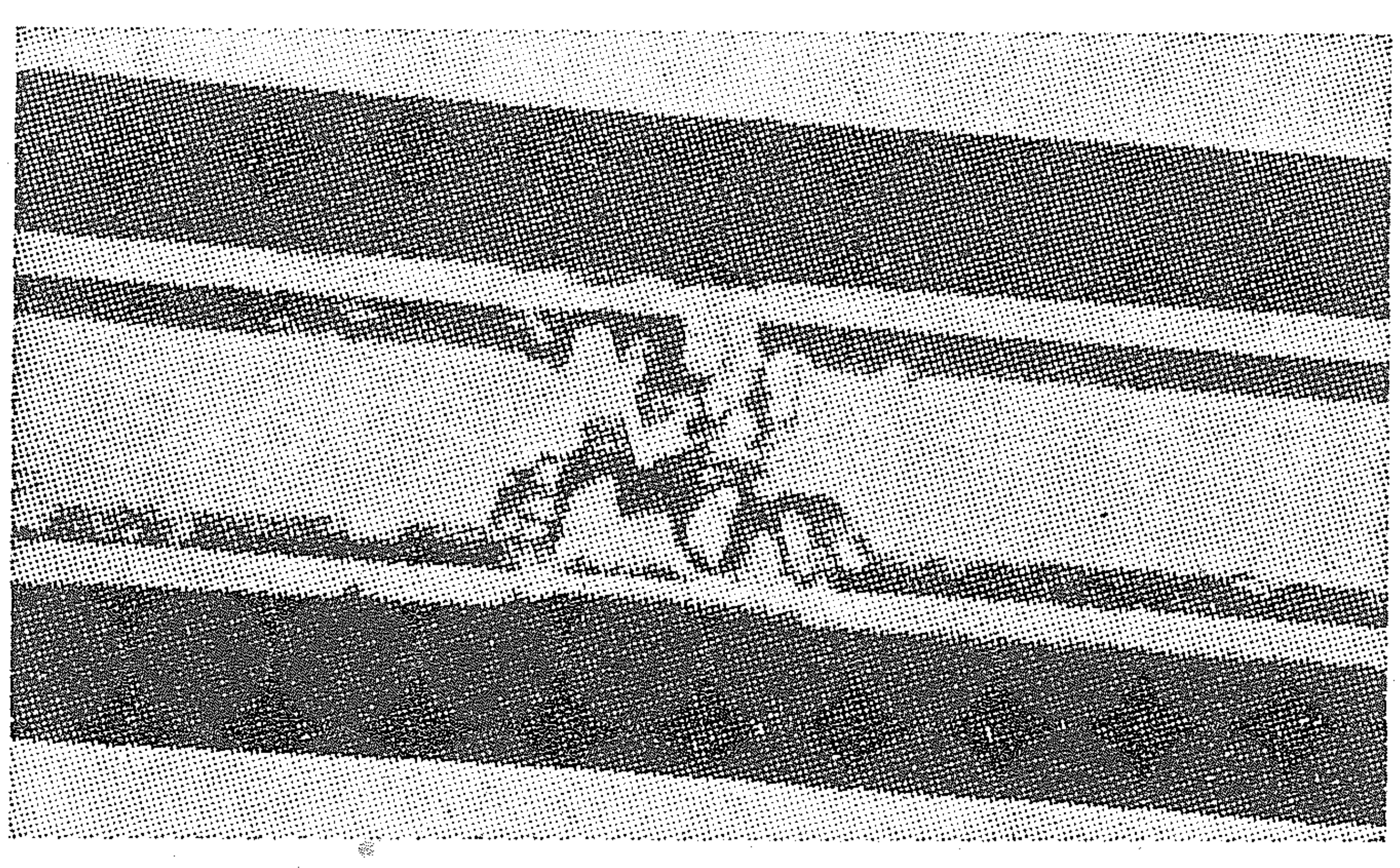
Anomalna voda in *polivoda* sodita podobno kot kemijsko vezani nevtroni v vrsto dvomljivih odkritij. Razlika je v tem, da je prišlo zaradi anomalne vode do pravega razburjenja. Voda naj bi imela v navadnih okoliščinah poleg znane *navadne* še drugo stabilno kapljevinsko obliko. Imenovali so jo *anomalno vodo* ali *supervodo*. Tisti raziskovalci, ki so poskušali pojasniti njeno zgradbo s polimerizacijo navadne vode, pa so govorili o *polivodi*. Zgodba tega odkritja je poučna in zanimiva. Pri tem ne moremo slediti vsem podrobnostim, saj je originalnih objav, ki se tako ali drugače dotikajo polivode, že za celo knjigo.

Pred osmimi leti so B. V. Derjagin in njegovi sodelavci v SZ prvič naleteli na nenavadno vodo.[1] Voda, ki se je izločila iz navadne vodne pare v kapilarah iz stekla pireks ali iz kremena s premerom od nekaj mikronov do nekaj sto mikronov, je imela nenavadne lastnosti. Imela je precej manjši nasičeni parni tlak, večjo viskoznost (do petnajstkrat), večjo gostoto (do 1,4 g/cm^3), drugačno temperaturno odvisnost prostornine — nižjo temperaturo, pri kateri je bila gostota največja (do $-11\,^0$C), nižje zmrzišče in večji lomni kvocient (do 1,5) kot navadna voda. Lastnosti kapljevine v kapilarah so se od primera do primera nekoliko spreminjale. Zato so domnevali, da gre za mešanico navadne in anomalne vode. Pri tem so z imenom *anomalna voda* označili kapljevino s skrajnimi vrednostmi za naštete snovne konstante. Glavna težava je bila v izredno majhni masi razpoložljive anomalne vode. Raziskovalci so se morali običajno zadovoljiti s stotinkami mikrograma. Le izjemoma so zbrali znatno večjo maso.

Podrobneje so se začeli zanimati za anomalno vodo s precejšnjo zamudo šele pred dobrima dvema letoma. Od tedaj pa je zanimanje nenehno naraščalo. Med prvimi, ki so na zahodu ponovili Derjaginove poskuse in analizirali anomalno vodo, so bili E. Willis in sodelavci.[2] Anomalno vodo so pridobili v pireksovih kapilarah s premerom od 10 do 100 μ. Pravkar izvlečene kapilare so namestili v eksikatorju, v katerem je bil tlak vodne pare samo malo manjši od nasičenega. Po nekajdnevnem čakanju so opazili, da se je v nekaterih kapilarah — v poprečju samo v vsaki dvajseti — izločila kapljevina. Po temperaturni odvisnosti višine kapljevinskega stolpca so določili temperaturni koeficient prostorninskega raztezka. Največjo gostoto je imela kapljevina pri temperaturi okoli —10 °C. Pri temperaturah pod ničlo sta se pogosto pojavili dve fazi (sl. 1). Po izparevanju je preostala v kapilari optično anizotropna želatinozna snov (sl. 2). V zataljeni kapilari so s segrevanjem na prvem krajišču lahko premestili kapljevinski stolpec na drugo krajišče. Med evakuiranjem kapilare se je postopno zmanjševala višina kapljevinskega stolpca, sprva hitro,



Sl. 1. Fotografija stolpca anomalne vode v pireksovi kapilari s premerom 20 μ pri —27 °C (zgoraj), —15 °C (sredina) in —5 °C (spodaj).[2]



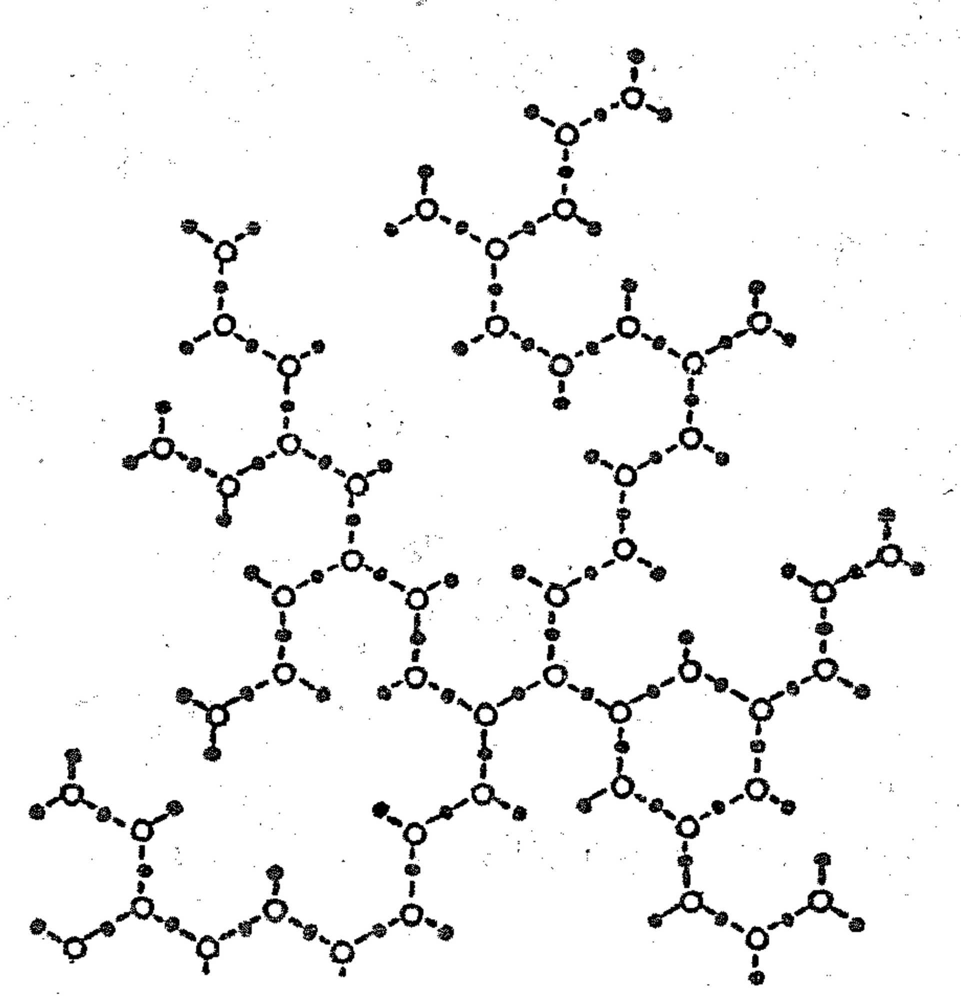
Sl. 2. Fotografija preostanka anomalne vode po odhlapevanju navadne vode. Preostanek ima konsistenco vazeline. Premer kapilare je 200 μ.[15]

nato vse počasneje. Naposled je preostal stolpec z lomnim kvocientom 1,5 in s kako desetino začetne višine. Stolpec je bil stabilen pri tlaku 10^{-2} tora.

V masnem spektrogramu sta se pokazala vrhova pri 17 in 18 a. e. m. kot pri navadni vodi. Preiskava z jedrsko magnetno resonanco je dala enak rezultat kot pri navadni vodi. Tudi infra rdeči spektrum se ni razlikoval od spektra navadne vode. Vendar so bila vsa ta merjenja nezanesljiva zaradi majhne mase anomalne vode. Willis in sodelavci so dopustili možnost, da bi nastala anomalna voda, ko bi se v navadni vodi raztopili silikati iz stekla. Ugotovili so, da je imela 25-odstotna raztopina vodnega stekla (Na_4SiO_4) podobne lastnosti kot anomalna voda. Tej razlagi je nasprotovalo dejstvo, da je navadna voda, ki so jo s silo spravili v kapilare, obdržala svoje lastnosti in ni postala anomalna.

E. R. Lippincottu in sodelavcem je uspelo dobiti precej boljše infra rdeče spektre.[3] Pri tem so morali premagati precej težav zaradi majhne mase anomalne vode. V infra rdečem spektru anomalne vode niso opazili absorpcijskega pasu pri obratnih vrednostih valovnih dolžin med 3000 in 4000 cm^{-1}, ki je značilen za skupino OH. Opazili pa so nov absorpcijski vrh pri 1600 cm^{-1} in dva pri 1400 cm^{-1}. Optični absorpcijski spektrum in emisijski iskrni spektrum sta pokazala od nečistoč v anomalni vodi samo silicij in natrij, ne pa halogenskih in drugih elementov. Po plamenskem emisijskem spektru so ugotovili, da je koncentracija natrija manjša kot 0,5 ‰.

Opazovanega infra rdečega spektra niso mogli pripisati nobeni drugi znani snovi. Zato so sklepali, da je anomalna voda čista snov z značilno zgradbo. Po daljšem iskanju so predlagali razvejano šesterokotno polimerno zgradbo (sl. 3). Zanjo naj bi bile značilne močne simetrične vezi O-H-O z vezalno



Sl. 3. Predlagana zgradba anomalne vode: polivoda. Polni krožci so atomi vodika, krožci so atomi kisika. Razmik med dvema sosednjima kisikovima atomoma je 2,3 Å. Sama mreža ni nevtralna, ampak ima negativni naboj. Zato si je treba misliti dodane še pozitivne ione, na primer ione $H^{\cdot}$.[3]

energijo elektronvolt ali več. Razdalja med sosednjima atomoma kisika naj bi bila 2,3 Å in razdalja med atomom kisika in atomom vodika 1,15 Å. Take vezi med atomoma vodika in atomoma kisika doslej niso poznali, znane pa so podobne vezi med atomom vodika in atomoma fluora.

Delo Lippincotta in sodelavcev je vzpodbudilo precej raziskovalcev, da so krenili po podobni poti. Misel o polivodi se je močno razširila. Nekateri fizikokemiki so predložili bolj zapletene modele za njeno zgradbo.[4–8] Nekateri modeli so izhajali od zgradbe navadnega ledu. Drugi so predpostavili, da nastanejo molekule anomalne vode zaradi sil med steno kremenove kapilare in molekulami navadne vode in da njihova zgradba odraža zgradbo kremena. Ta trditev je zadela na nasprotovanje, ko je uspelo dobiti anomalno vodo tudi v 25 μ široki reži med ploščicama kalcijevega fluorida.[9] Infra rdeči spektrum te anomalne vode je bil podoben spektru anomalne vode iz kremenčevih kapilar, le da so bili značilni absorpcijski pasovi nekoliko premaknjeni.

Raziskovalci koronskega toka po vlažnem zraku so že pred tem ugotovili, da so glavni nosilci naboja ioni $(H_2O)_nH^{\cdot}$ z n od 1 do 9. Zaradi sorodnosti med zgradbo teh ionov in predlagano zgradbo anomalne vode so poskusili sintetizirati anomalno vodo v koronskem toku po vlažnem zraku.[10] Nastala kapljevina je imela podoben infra rdeči spektrum kot anomalna voda. Ob tem pa so ugotovili, da ima podoben spektrum tudi 30-odstotna solitrna kislina. Ta vrsta poskusov je dala vsaj spoznanje, da spektrum anomalne vode ni tako izjemen, kakor so mislili Lippincott in sodelavci.

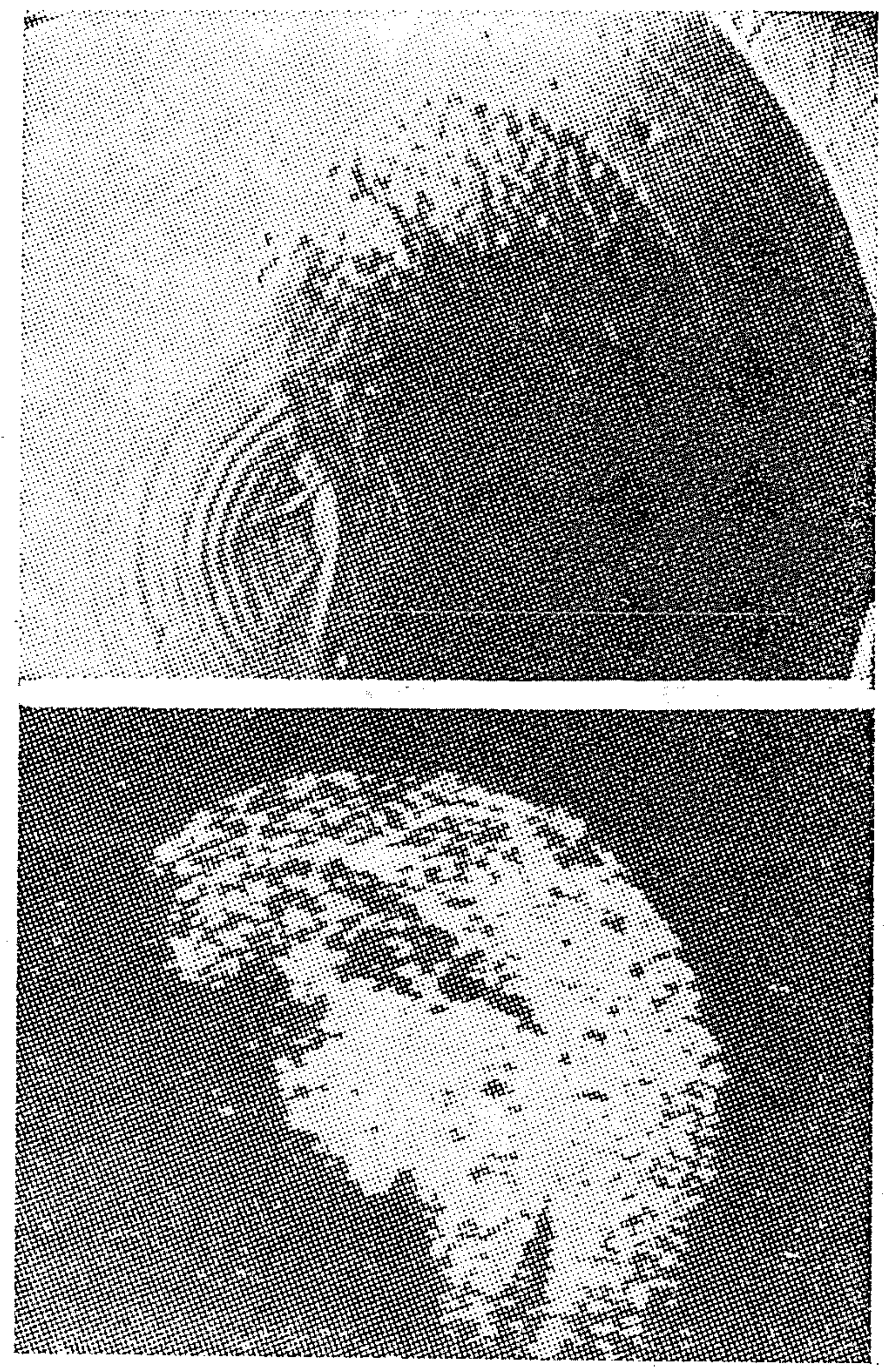
A. J. Minton je podrobno preučil teoretične možnosti za polimerizacijo molekul H_2O.[11] Računal je v približku, ki je dal dobro ujemanje med izmerjenimi in napovedanimi razdaljami in koti med atomi v molekulah H_2O in H_2O_2. Vzel je, da je molekula polimera sestavljena iz delov H_2O in izračunal vezalne energije teh delov za vse mogoče razporeditve. Pokazalo se je, da je sila med atomoma kisika v razdalji 2,3 Å v vsakem primeru močno odbojna. Skupna energija sestavnih delov za vse modele za zgradbo anomalne vode je bila večja kot ustrezna skupna energija molekul vode. Po tem spoznanju torej molekule navadne vode ne morejo polimerizirati.

Že prej so se pojavila svarila pred preuranjenimi domnevami. Vse domneve o zgradbi anomalne vode bi namreč postale nepotrebne, če bi se pokazalo, da anomalna voda ni čista snov. A. Cherkin je sodil, da utegne biti anomalna voda gel.[12] Ta naj bi nastal, ko se v navadni vodi raztopi silicijeva kislina iz stekla. V. V. Morariu in sodelavci so se poskusili o tem prepričati in so na novo preiskali lastnosti anomalne vode.[14] Pri njihovih merjenjih je preostal v kapilari po izparitvi navadne vode stolpec s polovico ali s tretjino prvotne višine. Gostota kremena je okoli 2,3 g/cm^3. Po tem bi pričakovali, da je gostota anomalne vode med 1,6 do 1,4 g/cm^3. Nižja vrednost se dobro ujema z izmerjeno.

S. L. Kurti in sodelavci so sumili, da je anomalna voda hidrosol.[13] Izmerili so dielektričnost anomalne vode, da bi izvedeli nekaj o dipolnem momentu njenih molekul. S posebnim kondenzatorjem so merili dielektričnost dveh mm^3 anomalne vode pri frekvenci od 10 do 10^7 s^{-1}. Na tem območju je dielektričnost padala z naraščajočo frekvenco od 10^7 do približno 100, medtem ko je bila dielektričnost navadne vode konstantna (okoli 80). Po tej odvisnosti so sklepali, da utegne biti anomalna voda dvofazni sistem iz trdnih delcev, suspendiranih v navadni vodi. Zares so dobili s suspenzijo kremenovih kroglic s premerom 2 μ in s premerom 20 μ v vodni raztopini kuhinjske soli podobno frekvenčno odvisnost dielektričnosti kot pri anomalni vodi.

Delce s približno tolikšnimi radiji so zares zasledil z elektronskim mikroskopom v trdnih preostankih anomalne vode. V njih so ugotovil znaten delež klora in kalija. Domnevali so, da sta v njih še dušik in kisik, vendar s svojo napravo tega niso mogli preveriti. Absorpcijski pas pri 1400 cm^{-1} v infra rdečem spektru jih je namreč spominjal na spektrum kalijevega nitrata. Zdelo se jim je tudi, da so lastnosti anomalne vode bistveno odvisne od načina pridobivanja. Stene sveže izvlečenih kapilar imajo namreč submikroskopsko hrapavo in zelo reaktivno površje. Na tem površju lahko pride do nastanka sola. Lastnosti anomalne vode bi po njihovem mnenju utegnili pojasniti z močno hidratiziranimi oblikami sola.*

D. L. Rousseau in S. P. S. Porto sta skrbno ponovila skoraj vse poskuse z anomalno vodo.[14] Njuni stolpci anomalne vode so imeli v kapilarah s premeri od 10 do 300 μ višino od nekaj milimetrov do 5 cm in več. Po enem tednu je delež navadne vode odhlapel. Ostanek s konsistenco vazeline je bil zelo higro-



Sl. 4. Analiza z elektronsko mikrosodno. Spodnja slika je napravljena z natrijevo črto K_α, zgornja pa je elektronsko-mikroskopski posnetek z odbitimi elektroni. Trdni preostanek anomalne vode je počival na platinski ploščici.[15]

skopen. V pol ure je absorbiral toliko vode, da se je stolpec tridesetkrat podaljšal. Zmrzišča nista mogla ugotoviti, pač pa je prehod v trdno stanje potekal postopno na širokem temperaturnem intervalu okoli —15 °C. Infra rdeči spektri, ki sta jih dobila, so se v glavnih potezah ujemali z Lippincottovimi. Z elektronsko mikrosondo sta ugotovila, da je v anomalni vodi le malo silicija, da pa je v njej mnogo natrija.**

Z nevtronsko aktivizacijsko analizo sta dognala, da je bilo natrija celo od 20 do 60 %. Klora in iona SO_4'' pa je bilo po 15 %. Masni spektrogram

* *Hidratacija* je obešanje ionov na molekule topila — vode. En ion se lahko združi z večjim številom vodnih molekul. Vez med temi delci je navadno elektrostatična, včasih pa tudi kovalentna.

** Elektronska mikrosonda je naprava, v kateri elektronski curek s premerom okoli 1 μ avtomatično otipa do 0,5 mm^2 velik del površja vzorca (podobno kot otipa curek zaslon v televizorju). Kinetična energija elektronov je dovolj velika, da seva zadeti del vzorca značilno rentgensko svetlobo. To svetlobo sprejme kristalni sprektrometer, ki je kot monokromator naravnan na primer na črto K_α izbranega elementa. Svetloba z valovno dolžino, ki jo prepusti monokromator, zadene proporcionalni števec. Le-ta s svojim izhodom krmili svetlost pege na zaslonu katodne cevi. Svetlost zaslona v vsaki točki določa torej koncentracijo izbranega elementa v ustrezni točki vzorca. Elektrone, ki se na vzorcu sipajo nazaj, pa zaznava scintilacijski števec, ki s svojim izhodom krmili drugo katodno cev. Na zaslonu te vidimo preiskani del površja podobno kot na fotografiji, ki bi jo dobili z elektronskim mikroskopom.

je potrdil te zaključke. Zato sta avtorja sodila, da anomalna voda ni čista snov in da je obstoj polivode zelo neverjeten.

Njuno delo sta še izpopolnila S. W. Rabideau in A. E. Florin.[15]* Na vse dosegljive načine sta skrbno preiskala lastnosti anomalne vode. Najprej sta z občutljivo tehtnico (obratna vrednost občutljivosti je bila 10^{-9} g na delec skale) stehtala trdni preostanek anomalne vode. Prepričala sta se, da je njegova masa približno enaka stotinki začetne mase. Analiza preostanka z elektronsko mikrosodno je pokazala natrij, bor in kisik. Klora in silicija je bilo zelo malo. Podobne rezultate sta dobila, ko sta za kontrolo preiskala ostanek 1-odstotne vodne raztopine boraksa ($Na_2B_4O_7 . 10\,H_2O$). Ta ostanek je imel celo skoraj prav tak infra rdeči spektrum kot anomalna voda.

Avtorja nista trdila, da je anomalna voda raztopina ene same soli. Dokazala pa sta, da je v njej znaten delež anorganskih snovi.

Po tem je skoraj gotovo, da polivoda ne obstaja in da so lastnosti anomalne vode posledica v navadni vodi raztopljene ali suspendirane snovi. Manj jasno je, kako dospejo te snovi v vodo. Navadna voda jih ne more razstopiti iz stene kapilar. Vse mogoče izvire nečistoč pa so pri poskusih skrbno izločili. O tem priča postopek, ki sta ga uporabljala Rabideau in Florin. Kremenove cevke s premerom 0,5 mm sta najprej očistila s fluorovodikovo in žvepleno kislino in sprala v dvakrat destilirani vodi. Nato sta nad acetilenskim plamenom izvlekla kapilare s premerom od 2 do 70 μ. 25 cm dolge kapilare sta na obeh krajiščih zatalila in očistila po vrsti v acetonu, alkoholu in etru. Šele po tem sta kapilare razrezala na 6 cm dolge odseke in jih dala v posodo z nasičeno vodno paro.

Možno je, da dospejo anorganske snovi v kapilare po tanki plasti vlage, ki se izloči na stenah velike posode, v kateri je nasičena para. Snovi poprej raztopi voda iz sten velike posode. (Pogosto so v veliki posodi namesto čiste vode uporabljali nasičene raztopine soli, na primer natrijevega sulfata, da so znižali nasičeni tlak vodne pare.) Tako misel sta nakazala že Rousseau in Porto, a preizkusila sta jo prva Rabideau in Florin. Pri ponovljenih poskusih sta kapilare obesila s pokrova velike posode, tako da niso prišle v dotik s steno. V tem primeru niti v eni kapilari nista zasledila nenavadne vode. Odločilna vloga plasti vlage in dotika kapilare s steno posode brž pojasni različne vrednosti za delež kapilar, v katerih se pojavi anomalna voda. Razni avtorji so navedli zanj od nekaj odstotkov do več deset odstotkov. S tem pojavom razjasnimo tudi precej različne podatke, ki so jih za anomalno vodo namerili v različnih laboratorijih.

Pred kratkim so objavili kratka poročila o simpoziju o anomalni vodi in polivodi.[17, 18] Ta simpozij je junija letos organiziralo ameriško kemijsko društvo. Na njem so raziskovalci v glavnem ponovili svoje prejšnje trditve. Vendar so zagovorniki polivode morali priznati, da niso dobili enakih rezultatov pri vseh poznejših poskusih. E. R. Lippincott je povedal, da so bili nekateri njegovi vzorci nečisti. Vztrajal pa je pri trditvi, da v najbolj čistih ni bilo mogoče odkriti nečistoč. P. A. Kollman in L. C. Allen sta opustila misel, da bi igrala v polivodi odločilno vlogo simetrična vez O—H—O. Dopustila pa sta možnost, da obstaja nesimetrična vez te vrste. B. V. Derjagin je poročal o destilaciji anomalne vode od krajišča zataljene kapilare do drugega. Pri temperaturi med 200 in 300 °C je imel destilat lastnosti anomalne vode. Če pa je bil med

* The New Scientist je zapisal, da je to delo hladna prha za polivodo.

krajiščema predel, v katerem je bila temperatura od 700 do 800 °C, se je izločil kot navadna voda. A. E. Florin je na to pripomnil, da je vsaj ena od glavnih nečistoč, ki so jih opazili v anomalni vodi, to je brom, hlapna. S. W. Rabideau pa je poudaril, da pri tako visokih temperaturah ni prave destilacije, ampak se kapljevina lahko prenaša po tankih curkih ob steni.

T. F. Page in R. L. Jackson sta poročala o poskusih, pri katerih sta pridobila anomalno vodo v kapilarah s premerom 2 mm. Pri vsakem poskusu jima je uspelo pridobiti 10 do 15 mg anomalne vode. V emisijskih spektrih preiskanih vzorcev nista mogla zaslediti nečistoč silicija, aluminija ali bora ali organskih spojin.

F. M. Fowkes in R. W. Lovejoy sta dobila anomalno vodo s kondenzacijo navadne vode na kremenovem prahu. Pridobila sta več kot gram snovi, ki je imela nekatere lastnosti anomalne vode. Njenega sestava še nista preiskala, prepričana pa sta, da so v kapljevini nečistoče.

S. B. Brummer s sodelavci F. H. Cocksom, G. Entineom in J. Butlerjem ni uspel, da bi pridobil anomalno vodo na veliko. Ugotovili pa so, da nastane anomalna voda pogosteje v kapilarah, katerih stene so poprej omočili z vodo. Prav tako je anomalna voda pogosteje nastala v kapilarah, če so med enotedenskim poskusom spreminjali temperaturo za pol stopinje okoli ravnovesne temperature. Uspeh je bil tem boljši, čim hitreje so spreminjali temperaturo. (Pri najpočasnejših spremembah so spreminjali temperaturo vsaki dve uri, pri najhitrejših pa vsake četrt ure.)

R. Strombergu ni uspelo dobiti anomalne vode v posodah s stenami iz čistega litega kremena, ki je bil brez natrija in nekaterih drugih nečistoč.

D. L. Rousseau je poročal o poskusih s težko anomalno vodo. V infra rdečem spektru težke polivode bi morale biti črte, ki bi ustrezale nihanjem atomov težkega vodika, premaknjene proti nižjim frekvencam glede na ustrezne črte, ki bi ustrezale nihanjem vodikovih atomov v navadni polivodi. Vendar ni bilo mogoče opaziti pričakovanega premika črt.

R. L. Davis, R. Board in D. L. Rousseau so uverjeni, da je anomalna voda koncentrirana vodna raztopina raznih soli. To je pokazal nov način analize — *elektronska spektroskopija za kemično analizo,* s katerim je bilo mogoče preiskati celo samo 10^{-8} g snovi. V svojih vzorcih so dokazali natrij, kalij, sulfatni, karbonatni, kloridni, nitratni, boratni in silikatni ion v znatnih koncentracijah in sledi drugih nečistoč, med njimi organsko vezanega ogljika.

R. L. Rousseau, S. Meboom in R. Hewitt so celo pridobili anomalno vodo, ne da bi se voda kondenzirala iz pare. Z destilirano vodo so spirali očiščeno stekleno čašo, nastalo kapljevino pa so zgostili z destilacijo. Gosta kapljevina je imela prav takšen infra rdeči spektrum, kot so ga dobili drugi raziskovalci z anomalno vodo, ki se je izločila v kapilarah.

Na simpoziju ni prišlo do odločitve. Zdi pa se, da je po njem že dokončno zmagalo prepričanje, da anomalna voda ni čista snov. Zvedelo se je, da so do podobnega prepričanja že prej prišli tudi nekateri ruski fiziki.[19, 20, 23] V. L. Talrose je preiskal 25 Derjaginovih vzorcev anomalne vode z maso od 10^{-8} do 10^{-6} g. Z natančnim masnim spektrografom je ugotovil, da so v preiskanih vzorcih organske nečistoče v znatni koncentraciji. Opazil je precej maščob in njihove derivate s fosforno kislino, ki so zastopani na primer v človeškem potu. Ni pa mogel zaznati ionov $H_3O^{\cdot}$, $(H_2O)_2^{\cdot}$ ali $(H_2O)_2H^{\cdot}$, ki bi morali biti vsekakor zastopani, če bi bila anomalna voda polimer navadne vode.

Posebno pozornost in nekaj veselosti je povzročila opomba S. M. Edelsteina, da je anomalna voda že pred dvema stoletjema povzročala žolčne razprave.[21] A. in J. Godfrey, sinova znanega Boylovega pomočnika, — tudi Boyle se je udeleževal razprav — sta 1747 poročala o zanimivem poskusu. V podolgovato posodo s prostornino kakih sto cm^3 iz debelega flintskega stekla sta zatalila okoli 30 g vode. Posodo sta dala v peč, ki jo je bilo treba nalagati samo vsakih 12 ur. Pri dnu posode je voda počasi izparevala, na vrhu pa se je para utekočinjala in polzela po stenah navzdol. Po petnajstih mesecih se je kapljevina v posodi močno zgostila in ni nič več vrela. Kakih dvajset let pozneje je Lavoisier dokazal, da je do tega pojava prišlo zaradi raztapljanja sestavin stekla v vodi. Vendar mu vsi zagovorniki *trdne* ali *zemeljske vode*, kakor so tedaj imenovali anomalno vodo, niso verjeli. Razprava se je polegla šele pred kakimi sto leti.

Nasprotniki polivode so dobili v zadnjem času izdatno podporo od vrste strokovnjakov. J. H. Hildebrand je na primer pribil, da sta bila navadna voda in kremen v naravi dovolj dolgo v tesnem stiku.[22] Zato bi vsekakor morala nastati anomalna voda, če bi kremen zares povzročal prehod navadne vode v to bolj stabilno obliko. R. E. Davis, ki je z natančnimi poskusi želel dokazati, da je anomalna voda raztopina soli, pa sodi, da je bilo vse to delo zapravljanje časa.[23]

Zdaj naglo pojema število pristašev polivode. Razprava se je utišala in revije ne priobčujejo več člankov o anomalni vodi. Precej laboratorijev je opustilo poskuse z anomalno vodo. To ne pomeni, da je podrobno pojasnjen mehanizem, po katerem dospejo soli iz stekla ali od drugod v vodo. Temu bo treba v prihodnosti posvetiti še nekaj pozornosti.

J. Strnad

LITERATURA

[1] B. V. Derjagin, N. N. Fedjakin: Osobye svojstva i vjazkost židkostej skondensirovavšihsja v kapilljarah, Dokl. Akad. Nauk **147**, 403 (1962).

B. V. Derjagin, N. V. Čuraev, N. N. Fedjakin, M. V. Talaev, I. G. Eršova: Modificirovannoe sostojanie vody i drugih židkostej, Izvestija Akad. Nauk, Ser. him. 2178 (10), (1967).

[2] E. Willis, G. K. Rennie, C. Smart, B. A. Pethica: »Anomalous« Water, Nature **222**, 159 (1969).

[3] E. R. Lippincott, R. R. Stromberg, W. H. Grant, G. L. Cessac: Polywater, Science **164**, 1482 (1969).

[4] K. S. Chua: Structure of Anomalous Water and its Mechanism, Nature **227**, 834 (1970).

[5] L. C. Allen: A Bonding Model for Anomalous Water, Nature **227**, 372 (1970).

[6] J. W. Linnett: Structure of Polywater, Science **167**, 1719 (1970).

[7] S. R. Erlander: Structure of Super Water, Phys. Rev. Letters **22**, 177 (1969).

[8] S. R. Erlander: Correlation of Proposed Structure for Superwater with Observed Spectra, Phys. Rev. **1**, 868 (1970).

[9] J. Middlehurst, L. R. Fisher: A New Polywater, Nature, **227**, 57 (1970).

[10] A. G. Leiga, D. W. Vance, A. T. Ward: Polywater: An Attempt at Synthesis in a Gas Discharge, Science **168**, 114 (1970).

[11] A. P. Minton: Can Water Polymerize? An Inquiry into the Possible Existence of Strong Bonds between Water Molecules, Nature **226**, 151 (1970).

[12] A. Cherkin: Anomalous Water: a Silica Dispersion? Nature **224**, 1293 (1969).

[13] V. V. Morariu, R. Mills, L. A. Woolf: Equivalence of Anomalous Water and Silicic Acid Solutions, Nature **227**, 373 (1970).
[14] S. L. Kurtin, C. A. Mead, W. A. Mueller, B. C. Kurtin, E. D. Wolf: »Polywater«: A Hydrosol? Science **167**, 1720 (1970).
[15] D. L. Rousseau, S. P. S. Porto: Polywater: Polymer or Artefact? Science **167**, 1715 (1970).
[16] S. W. Rabideau, A. E. Florin: Anomalous Water: Characterization by Physical Methods, Science **169**, 48 (1970).
[17] Polywater: Existence is Still Unsettled, Chem. & Eng. News **48** (30), 29 (1970).
[18] Anomalous Water: Polywater or Impurities? Phys. Today **23** (10), 17 (1970).
[19] Soviets Debate Polywater, Chem. & Eng. News **48** (35), 56 (1970).
[20] V. Žvirblis, Himija i žizn **5** (12), 37 (1969).
[21] S. M. Edelstein: Polywater in History, Chem. & Eng. News **48** (41), 73 (1970).
[22] J. H. Hildebrand: »Polywater« is Hard to Swallow, Science **168**, 1397 (1970).
[23] R. E. Davis, Chem. & Eng. News **48** (41), 73 (1970).

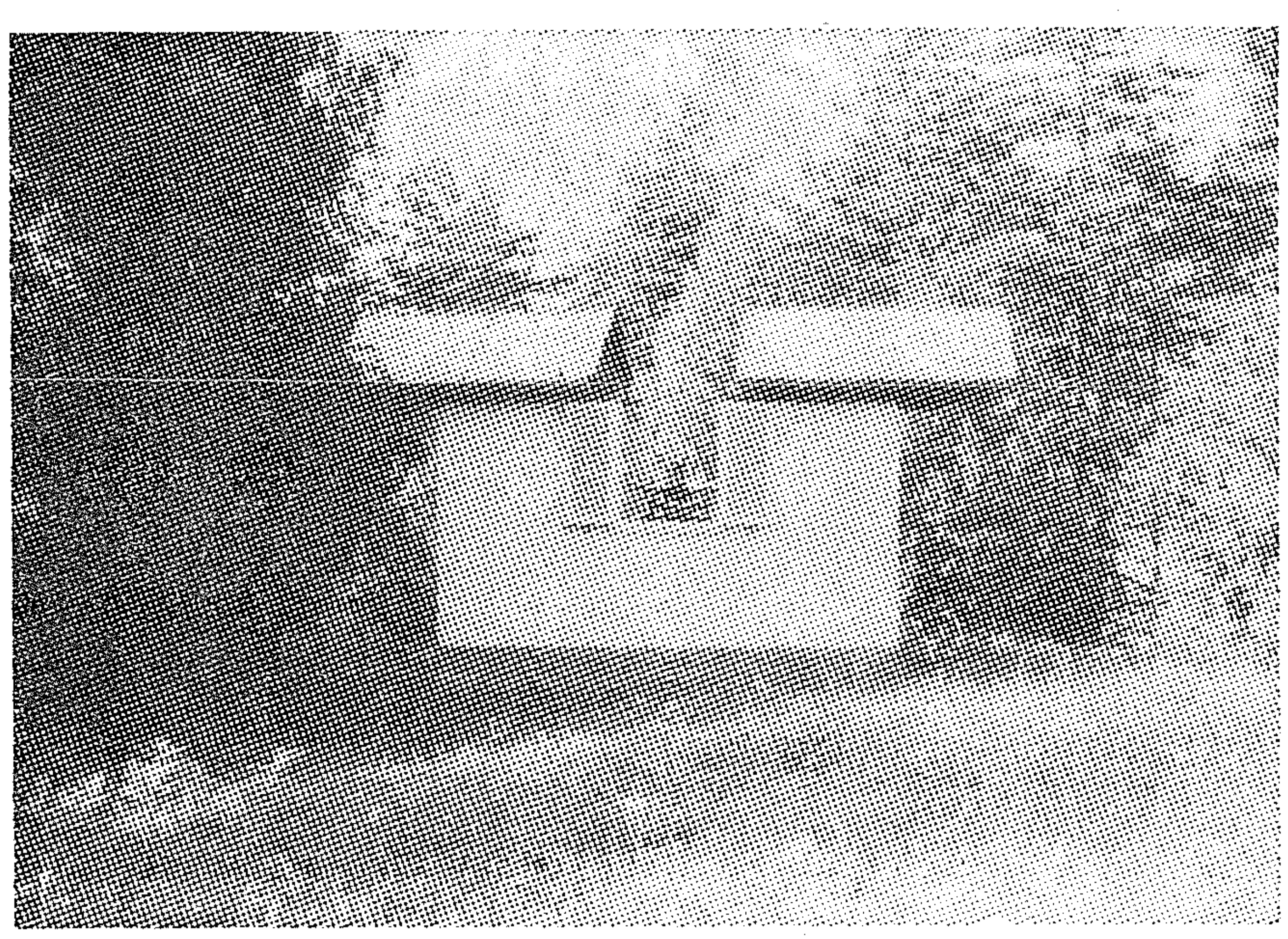
ZEMLJEPISNA DOLŽINA IN ŠIRINA ASTRONOMSKO-GEOFIZIKALNEGA OBSERVATORIJA V LJUBLJANI*

During the years 1963/69 the longitude and latitude measurements of the Astronomical and Geophysical Observatory in Ljubljana were carried out with the broken transit instrument Askania No 63 826 (aperture 7 cm, focal length 70 cm, and magnifying power 40 ×).

Obtained and definitive assumed values for the longitude and the latitude of the pier of the transit instrument at the Astronomical and Geophysical Observatory in Ljubljana are

$$\lambda = -58^m\,6{,}563^s \quad \text{and} \quad \varphi = +46^0\,2'\,37{,}46''$$

Na IV. kongresu matematikov, fizikov in astronomov Jugoslavije v Sarajevu (1965) smo poročali[1] o določitvi preliminarne vrednosti zemljepisne dolžine



Sl. 1. Pasažni instrument AGO je postavljen v paviljonu, ki je oddaljen dvajset metrov severozahodno od glavne stavbe observatorija. Streho paviljona je mogoče odpreti 1,2 m na široko v smeri meridiana

Astronomsko-geofizikalnega observatorija v Ljubljani (AGO). Današnje poročilo pa zajema zaključne meritve (od 1965 do 1969) zemljepisne dolžine in širine na našem observatoriju.

Meritve smo izvedli z lomljenim pasažnim instrumentom Askania št. 63 826. Instrument z odprtino 7 cm, gorišćno razdaljo 70 cm in 40-kratno

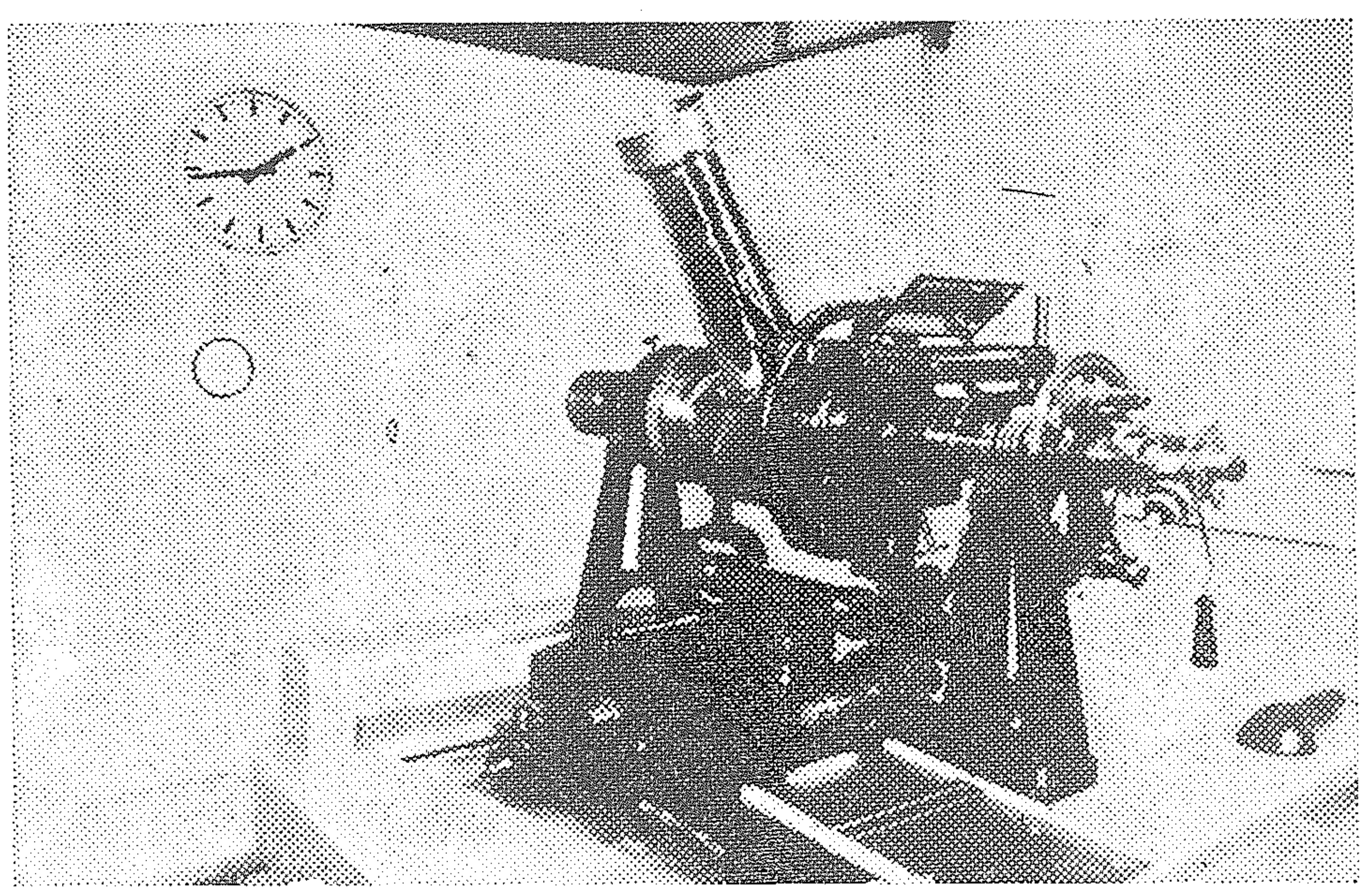
* Skrajšano poročilo, ki ga je imel na V. kongresu MFA Jugoslavije na Ohridu (1970) prvoimenovani avtor.

povečavo je opremljen z visečo libelo, dvema Talcottovima libelama (od katerih pa je uporabna le ena, z impersonalnim in personalnim okularnim mikrometrom.

Vrednost parsa libel smo določali po *Jordanovi* in *Vasiljevi metodi*, vrednost obrata mikrometrskih vijakov pa po metodah, ki jih poznamo iz osnovnih učbenikov astronomije. Vrednost parsa viseče libele je 1,08″, uporabne Talcottove libele pa 1,10″. Vrednost obrata impersonalnega okularnega mikrometra je 158,87″, personalnega pa 79,70″.

Zemljepisno dolžino smo določali iz meridianskih prehodov zvezd s pomočjo impersonalnega okularnega mikrometra pasažnega instrumenta. Zvezde za te meritve smo izbrali iz kataloga.[2] Meritve smo reducirali po *Mayerjevi metodi* in jih z upoštevanjem premikov Zemljinih polov in sezonskih nepravilnosti v rotaciji Zemlje prevedli na uniformni čas UT_2. Primerjava tega časa s časovnimi signali geodetskega instituta v Potsdamu (DIZ, 4525 kHz) je pri upoštevanju, da signali kasnijo zaradi končne hitrosti širjenja radijskih valov in zaradi sprejemne aparature, dala vrednosti zemljepisne dolžine.

Leta 1963 (v sistemu FK 3) določeno preliminarno vrednost zemljepisne dolžine[1] $-58^m\,6{,}570^s \pm 0{,}015^s$, smo z meritvami *v* letu 1967 (v sistemu FK 4) v mejah natančnosti meritev potrdili: dobili smo vrednost $-58^m\,6{,}563^s \pm 0{,}009^s$.



Sl. 2. Pasažni instrument stoji na opečnatem stebru. Od neposrednih mehaničnih udarcev ga ščiti lesena obloga, ki pa se stebra ne dotika. Steber je fundiran v globino 2,4 m na živo skalo in s paviljonom ni povezan

Zemljepisno širino smo določali iz meritev zenitnih razdalj zvezd ob kulminaciji s pomočjo personalnega okularnega mikrometra pasažnega instrumenta. Delali smo po *Talcottovi metodi*. Upoštevali smo progresivno in periodično napako okularnega mikrometra ter vpliv krivine paralela. Rezultate smo prevedli na srednji pol. Za meritve v letih 1965 in 1966 smo izbrali zvezde iz kataloga (prevedene v sistem FK 3).[3]

V letu 1965 smo dobili za zemljepisno širino vrednost $+46^0\,2'\,37{,}48''$ $\pm 0{,}10''$, leta 1966 pa $+46^0\,2'\,37{,}37'' \pm 0{,}07''$.

Leta 1969 pa smo izvedli ponovne meritve zemljepisne širine. Zvezde za te meritve smo izbrali iz kataloga[2] po strogo določenih kriterijih (v sistemu FK 4). Za zemljepisno širino smo dobili vrednost $+46^0\,2'\,37{,}46'' \pm 0{,}05''$.

Tako sta končno privzeti vrednosti za zemljepisno dolžino in širino stebra pasažnega instrumenta AGO v Ljubljani:

$$\lambda = -58^m\,6{,}563^s \quad \textit{in} \quad \varphi = +46^0\,2'\,37{,}46''$$

Meritve in redukcije sta opravila dva astronoma. Ves potek dela pa je opisan v dveh obširnih publikacijah Astronomsko-geofizikalnega observatorija v Ljubljani [4, 5]. Delo je finansiral *Sklad Borisa Kidriča.*

Marijan Prosén in Pavle Ranzinger

LITERATURA

1 *Pavla Ranzinger,* Izvođenje polazne vrednosti longitude AGO u Ljubljani, Publ. AO u Beogradu, sv. 16, str. 9—10 (Radovi prikazani na IV. kongresu matematičara, fizičara i astronoma oktobra 1965 u Sarajevu), Beograd, 1969.

2 Apparent Places of Fundamental Stars, Heidelberg, Astronomisches Rechen — Institut (za leto 1963 oz. 1969).

3 *N .V. Cimmerman:* Katalog 2957 jarkih zvezd so sklonenijami ot —10° do +90°, Trudy Gl. astronomičeskoj observatorii v Pulkove, Tom 61, Leningrad 1948.

4 *Pavla Razinger* in *Marijan Prosén,* Določitev zemljepisne širine AGO v Ljubljani, Publ. AGO št. 2, Partizanska knjiga, Ljubljana 1970, 105 strani.

5 *Pavla Ranzinger* in *Marijan Prosén,* Določitev zemljepisne širine AGO v Ljubljani, Publ. AGO št. 2, Partizanska knjiga, Ljubljana 1970, 105 strani.

ŠOLA

GIBANJE TELESA V GRAVITACIJSKEM POLJU

V času vesoljskih poletov zbudi predavanje o gibanju telesa v gravitacijskem polju drugega telesa zanimanje študentov. Obenem je to prvi problem dveh teles, na katerega naletimo, in edini praktično pomembni problem dveh teles, ki ga lahko rešimo do kraja. Zato mu kaže posvetiti pri fiziki v prvem letniku vso pozornost. V večini novejših uvodnih univerzitetnih učbenikov, ki jih je rodilo prizadevanje, da bi postala fizika zanimivejša, je ta problem obdelan dokaj izčrpno.[1] Vendar je pri naših predavanjih težava v tem, da pride gravitacija na vrsto kmalu po začetku šolskega leta. Začetniki tedaj še ne morejo slediti reševanju diferencialnih enačb, na kakršne navadno naletimo ob problemu dveh teles.[2, 1] Na srečo je podroben časovni potek gibanja, ki bi ga pri tem dobili, precej manj pomemben kot oblika tira, po katerem se giblje telo. Zato našim namenom najbolj ustreza pot, po kateri pridemo naravnost do oblike tirov, ne da bi se bilo treba lotevati sorazmerno zapletenih diferencialnih enačb. O eni izmed takih poti je pred kratkim poročal C. A. Uses.[3] Usesov račun je narejen kot nalašč za naše namene, zato ga na kratko obnovimo in nato razvijemo dalje, kakor ustreza našemu razporedu snovi.

Zanimajmo se za gibanje telesa v gravitacijskem polju drugega telesa! Računi so preglednejši, če vzamemo, da je masa prvega telesa mnogo manjša od mase drugega in da drugo telo miruje. (Tudi če razmerje mas obeh teles ni zelo majhno, ni bistvenih zapletov; upoštevati moramo pač, da miruje težišče sistema). Telesi smemo obravnavati kot točkasti, če sta zelo majhni ali če sta kroglasti in če je v njiju gostota snovi odvisna samo od radija. Gibanje opišemo v ravninskem polarnem koordinatnem sistemu, katerega izhodišče postavimo v sredino težjega telesa.

Med telesoma deluje privlačna gravitacijska sila $F = \varkappa\, m\, m'/r^2$. Tu je $\varkappa$ gravitacijska konstanta, m masa lažjega, m' masa težjega telesa in r velikost radijvektorja do lažjega telesa. Gravitacijska potencialna energija je negativno delo gravitacijske sile: $-\int_r^\infty F\, \mathrm{d}r = -\varkappa m\, m'/r$, če izberemo za energijo v zelo veliki razdalji vrednost nič. Skupna energija sistema obeh teles je sestavljena iz kinetične energije lažjega telesa in iz potencialne energije. Skupna energija je konstantna, če ne deluje na sistem nobena zunanja sila.

Hitrost lažjega telesa v razstavimo v komponento v smeri naraščajočega radijvektorja $v_\mathrm{r} = \mathrm{d}r/\mathrm{d}t = \dot{r}$ in v komponento, ki je pravokotna na radijvektor v smeri naraščajočega polarnega kota φ: $v_\varphi = r\,\dot{\varphi}$. Zapisani zvezi za komponenti hitrosti je mogoče nazorno raztolmačiti brez daljšega računanja. S kvadratoma teh komponent izrazimo kvadrat hitrosti v kinetični energiji, pa dobimo za skupno energijo

$$W = \tfrac{1}{2}\, m\, \dot{r}^2 + \tfrac{1}{2}\, m\, r^2\, \dot{\varphi}^2 - \varkappa m\, m'/r \tag{1}$$

Privlačna sila leži na zveznici obeh teles. Njen navor glede na izhodišče je tedaj ves čas enak nič. Po izreku o vrtilni količini se zato ohrani skupna vrtilna količina, ki se za naš primer ujema z vrtilno količino lažjega telesa

$$\Gamma = m\, r\, v_\mathrm{r} = m\, r^2\, \dot{\varphi} \tag{2}$$

Poleg skupne energije je torej tudi vrtilna količina konstanta gibanja. Vrtilna količina je konstantna tudi po smeri, zato se giblje lažje telo v ravnini, ki je pravokotna na smer vrtilne količine. To smo vnaprej privzeli, ko smo vpeljali ravninski koordinatni sistem.

V enačbo (1) vstavimo $r\dot{\varphi} = \Gamma/m\,r$ iz enačbe (2):

$$W = \tfrac{1}{2} m\,\dot{r}^2 + \tfrac{1}{2}\Gamma^2/m\,r^2 - \varkappa\, m\, m'/r$$

Zdaj bi radi skupno energijo zapisali kot vsoto dveh kvadratnih členov. V primerih, v katerih se to posreči, lahko namreč uporabimo preprost nastavek.* Najprej izpopolnimo zadnja dva člena do kvadrata binoma in prenesemo dodatni konstantni člen na levo stran:

$$W + \tfrac{1}{2}\varkappa^2 m^3 m'^2/\Gamma^2 = W' = \tfrac{1}{2} m\dot{r}^2 + (\tfrac{1}{2}\Gamma^2/m)\,(1/r - \varkappa\, m^2 m'/\Gamma^2)^2$$

W' je nova konstanta. Nato enačbo nekoliko preuredimo

$$((\tfrac{1}{2} m/W')^{1/2}\,\dot{r})^2 + ((\tfrac{1}{2}\Gamma^2/mW')^{1/2}\,(1/r - \varkappa\, m^2 m'/\Gamma^2))^2 = 1$$

Po znani enačbi $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$ poskusimo dobiti enačbo za gibanje telesa z nastavkom

$$\dot{r} = (2\,W'/m)^{1/2}\sin\alpha, \qquad 1/r - \varkappa\, m^2 m'/\Gamma^2 = (2\,m\,W'/\Gamma^2)^{1/2}\cos\alpha \tag{3}$$

Novo vpeljani kot α je prav tako, kot sta r in $\dot{r}$, odvisen še od časa. To odvisnost spoznamo, če poiščemo r iz druge enačbe (3) in ga postavimo v prvo. Dobimo $(1/r)^{\cdot} = -\dot{r}/r^2 = -(2\,m\,W'/\Gamma^2)^{1/2}\sin\alpha\,.\,\dot{\alpha}$ in $r^2\,(2\,m\,W'/\Gamma^2)^{1/2}\sin\alpha\,.\,\dot{\alpha} = (2\,W'/m)^{1/2}\sin\alpha$. Iz tega sledi $\dot{\alpha} = \dot{\varphi}$, če upoštevamo, da je po enačbi (2) $\Gamma/r^2 = m\,\dot{\varphi}$. Končno dobimo $\alpha = \varphi - \varphi_0$; pri tem je φ_0 integracijska konstanta. Po tem sklepamo, da smo smiselno izbrali nastavek in znake pri korenjenju.

Vidimo, da je časovna odvisnost α skrita v časovni odvisnosti φ in da čas ne nastopa eksplicitno. Zato je enačba za tir na dlani:

$$1/r = [1 + (2\,\Gamma^2 W'/\varkappa^2 m^3 m'^2)^{1/2}\cos(\varphi - \varphi_0)]/(\Gamma^2/\varkappa\, m^2 m')$$

V tej enačbi spoznamo splošno polarno enačbo stožnice

$$1/r = [1 + \cos(\varphi - \varphi_0)]/p$$

Pri tem je ekscentričnost

$$\varepsilon = (2\,\Gamma^2 W'/\varkappa^2 m^3 m'^2)^{1/2} = (1 + 2\,m\,\Gamma^2 W/\varkappa^2 m^4 m'^2)^{1/2} \tag{4}$$

in parameter stožnice

$$p = \Gamma^2/\varkappa\, m^2 m' \tag{4'}$$

Na srečo so se študenti že v gimnaziji seznanili s takimi enačbami.[4]

---

* O tem se prepričamo na primer pri nihalu na vijačno vzmet. (Najbolje je, da storimo to kdaj pri vajah, potem ko smo izpeljali enačbo za nihanje nihala poprej že na kak drug način.) Konstantna skupna energija nihala je sestavljena iz kinetične energije uteži in prožnostne energije vzmeti: $W = \frac{1}{2} m\,v^2 + \frac{1}{2} k\,x^2$. Enačbo zapišemo nekoliko drugače $((\frac{1}{2} m/W)^{1/2}\,v)^2 + ((\frac{1}{2} k/W)^{1/2}\,x)^2 = 1$. Po enačbi $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$ poskusimo obvladati gibanje nihala z nastavkom $x = (2\,W/m)^{1/2}\sin\alpha$, $v = (2\,W/k)^{1/2}\cos\alpha$. Kot α, ki ga pri tem vpeljemo, je enako, kot sta x in v, odvisen še od časa. To odvisnost poiščemo z enačbo $v = \dot{x}$, ki ji je ustreženo z $-\dot{\alpha} = (k/m)^{1/2} =$ konst. Konstanto imenujemo ω, tako da je $\varphi = \omega t + \varphi_0$, če je $\varphi_0 = \varphi\,(t = 0)$. Končno pridemo do enačbe za nihanje nihala $x = x_0\cos(\omega t - \varphi_0)$. Amplituda je dana z energijo $x_0 = (2\,W/k)^{1/2}$, koeficient φ_0 pa z odmikom nihala v trenutku, v katerem začnemo meriti čas.

Stožnica je elipsa (ali krog) za $\varepsilon < 1$, parabola za $\varepsilon = 1$ in hiperbola za $\varepsilon > 1$.

Kot φ_0 določa nagib simetrale — pri elipsi in hiperboli je to simetrala, ki gre skozi gorišči — proti ničelni smeri v našem koordinatnem sistemu. Z zasukom koordinatnega sistema je vedno mogoče doseči, da postane argument kosinusa enak novemu polarnemu kotu. Ne sme nas čuditi, da je znak pred ekscentričnostjo izbran drugače, kot je navada.[4] Pri naši izbiri znaka je za $\varphi_0 = 0$ izhodišče v desnem gorišču elipse ali v levem gorišču hiperbole, pri nasprotnem znaku pa je obratno. Prvi primer prevedemo v drugega z zasukom koordinatnega sistema za kot π.

Zanima nas, po kakšnem tiru se giblje lažje telo, ki ima v razdalji r_1 od težjega telesa hitrost v_1. To najlaže ugotovimo, če najdemo zahtevo, ki naj bo izpolnjena, če naj bo $\varepsilon = 1$. Iz enačbe (4) sledi, da mora biti v tem primeru $W = \frac{1}{2} m v_1^2 - \varkappa m m'/r_1 = 0$ ali

$$v_1 = (2 \varkappa m'/r_1)^{1/2}.$$

Telo se giblje po paraboli, če je izpolnjena ta zahteva. Telo se giblje po hiperboli, če je $\varepsilon > 1$ in $W > 0$ ali $v_1 > (2 \varkappa m'/r_1)^{1/2}$, in po elipsi (ali krogu), če je $\varepsilon < 1$ in $W < 0$ ali $v_1 < (2 \varkappa m'/r_1)^{1/2}$.

Telesa, ki se gibljejo po elipsah, so vezana na težje telo, okoli katerega se gibljejo. Zanje je skupna energija manjša kot nič; absolutna vrednost potencialne energije v katerikoli točki tira je večja kot kinetična energija. Telesa, ki se gibljejo po parabolah ali hiperbolah, niso vezana na težje telo. Težje telo samo zmoti njihovo gibanje, ko se mu približajo iz zelo velike oddaljenosti in odletijo v zelo veliko oddaljenost. Zanje je skupna energija večja kot nič, absolutna vrednost potencialne energije je v katerikoli točki tira manjša kot kinetična energija. Mejo med obema vrstama gibanja — to je med vezanim in prostim — določa v razdalji r_1 *parabolična hitrost* $(2 \varkappa m'/r_1)^{1/2}$. S to enačbo si pomagamo pri računanju ubežnih hitrosti.

Posvetimo se gibanju planetov okoli Sonca! Za elipso sta ekscentričnost in parameter določena z veliko polosjo a in z malo polosjo b prek enačb[4] $\varepsilon = (1 - b^2/a^2)^{1/2}$ in $p = a(1 - \varepsilon^2) = b^2/a$. Iz teh enačb in iz enačb (4) ni težko izraziti velike in male polosi s konstantama gibanja W in Γ:

$$a = \tfrac{1}{2} \varkappa m m'/(-W) \qquad b = \Gamma/(\tfrac{1}{2} m(-W))^{1/2}$$

Iz prve enačbe sledi $W = -\frac{1}{2} \varkappa m m'/a$. Iz te zveze razberemo, da je kinetična energija planeta v razdalji a od Sonca enaka polovici absolutne vrednosti potencialne energije. Iz druge enačbe pa dobimo zanimivo zvezo $b = (a/\varkappa m')^{1/2} \Gamma/m$. Obe nazadnje navedeni enačbi koristita pri Bohrovemu in pri Sommerfeldovemu modelu atoma. Seveda pa je treba poprej količine, ki se tičejo gravitacijskega polja, nadomestiti z ustreznimi količinami, ki se tičejo električnega polja: $\varkappa m m' \rightarrow e_0^2 \, Z/4 \pi \varepsilon_0$. S to zamenjavo dobimo še iz enačb za gibanje po hiperboli zveze, ki koristijo pri obravnavanju Rutherfordovega sipanja delcev α na atomskem jedru.

Po tem ko smo zapisali nekaj enačb za gibanje planetov, pa izpeljimo še *Keplerjeve izreke*. S prvim ni težav: težje telo sovpada z goriščem elipse v izhodišču. Planeti se torej gibljejo po elipsah, v gorišču katerih je Sonce.

Uvedimo ploščinsko hitrost, to je časovno spremembo ploščine, ki jo opiše radijvektor od Sonca do planeta! Ploščinski element je v polarnih koordinatah

$d\,S = \frac{1}{2}\,r^2\,d\varphi$. (To je ploščina majhnega krožnega izseka s središčnim kotom $d\varphi$ in stranico r.) Ploščinska hitrost je tedaj $\dot{S} = dS/dt = \frac{1}{2}\,r^2\,\dot{\varphi}$. Iz enačbe (2) razberemo, da je ta hitrost konstantna, saj je $\dot{S} = \frac{1}{2}\,\Gamma/m$ konstantno zaradi ohranitve vrtilne količine. To je drugi Keplerjev izrek.

V enem obhodnem času t_0 opiše radijvektor ravno vso ploščino elipse $S = \pi\,a\,b$. Konstantno ploščinsko hitrost dobimo, če delimo to ploščino z obhodnim časom: $\dot{S} = \pi\,a\,b/t_0 = \frac{1}{2}\,\Gamma/m$. Uporabimo še zvezo med b in Γ, $b = (a/\varkappa\,m')^{1/2}\,\Gamma/m$, pa sledi po kvadriranju in preureditvi $a^3/t_0^2 = \varkappa\,m'/4\,\pi^2$. Razmerje med kubom velike polosi in kvadratom obhodnega časa je za vse planete enako. To je tretji Keplerjev izrek.

Naposled lahko poiščemo še podroben časovni potek gibanja. V ta namen izračunamo iz enačbe (2) $dt = (m/\Gamma)\,r^2\,d\varphi = (m/\Gamma)\,d\varphi/[1 + \varepsilon\cos(\varphi - \varphi_0)]^2$. Pri integriranju naletimo na eliptični integral, ki smo se mu po naši poti doslej lahko izognili. Ne moremo pa se mu več izogniti, če nas zanima podroben časovni potek gibanja.

J. Strnad

Literatura

[1] C. Kittel, W. D. Knight, M. A. Ruderman: Mechanics, Berkeley Physisc Course, Vol. I., New York (McGraw-Hill), 1965;
R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands: The Feynman Lectures in Physics, Vol. I., Reading, Mass. (Addison-Wesley), 1964;
R. L. Armstrong, D. J. King: Mechanics, Waves and Thermal Physics, Englewood Cliffs (Prentice-Hall), 1970.
[2] W. Weizel: Lehrbuch der theoretischen Physik, Berlin (Springer), 1955 in drugi učbeniki teoretične fizike.
[3] C. A. Uses: Simplified Treatment of Kepler Motion, Am. J. Phys. **38**, 659 (1970).
[4] F. Križanič: Aritmetika, algebra in analiza, III. del, Ljubljana (DZS) 1969, str. 123.

KAKO IZBOLJŠATI POUK MATEMATIKE IN FIZIKE NA NAŠIH ŠOLAH

Predlogi za akcijo

Vsi se strinjamo z ugotovitvijo, da nas je premalo in da smo neenotni in slabo povezani. O tem je pisal Obzornik in nekaj misli v zvezi s tem smo prebrali tudi na straneh Dela in Naših razgledov. Za nevšečnosti krivimo prenizke plače in premajhen ugled našega poklica. Toda za porast plač in povečanje ugleda bi se moral v glavnem boriti sindikat. Društvo matematikov, fizikov in astronomov pa naj bi se posvetilo bolj strokovnim vprašanjem. Ni namreč mogoče zanikati, da smo nekaterih napak in pomanjkljivosti krivi sami. Profesor Dominko je poudaril na občnem zboru: »Če vas v srednji šoli kaka reč tišči in žuli, nikar ne pričakujte, da vam jo bomo začeli reševati na univerzi. Pobudo morate dati sami.« To mi je dalo pogum, da sem zapisal nekaj predlogov. V glavnem so nastali med razpravljanjem, ki se je razvilo v vlaku na povratku s 5. kongresa matematikov, fizikov in astronomov. Nekaj misli pa izvira od poznejših debat s kolegi.

O koristnosti uvedbe poklicnih stopenj za učitelje na srednjih šolah smo slišali prvič na novogoriškem občnem zboru. Konkreten predlog ima štiri stopnje: *učitelj-pripravnik, učitelj, mentor, svetnik.*

Prehod od prve na drugo stopnjo naj bi bil urejen s strokovnim izpitom in učno prakso. Z njim bi bilo zvezano povečanje dohodkov za okoli eno desetino. *Mentor* naj bi bil učitelj, ki bi bil sposoben uvajati v poklic novince. Moral bi imeti daljšo učno prakso (na primer vsaj 5 let), aktivno bi moral sodelovati v strokovnem društvu in se udeleževati strokovnih izpópolnjevanj in moral bi imeti pregled nad domačo strokovno literaturo. Prehod na to stopnjo naj bi kontroliralo društvo ob pomoči univerze in obeh akademij in šolske nadzorno-svetovalne službe, ki naj bi ocenila kandidata po pedagoški plati. Dohodki naj bi se pri tem prehodu povečali za kaki dve desetini. *Svetnik* naj bi bil sposoben strokovno in pedagoško svetovati kolegom. Za to stopnjo naj bi bilo predpisano uspešno dokončano dodatno izobraževanje. Potrebna naj bi bila 7-letna učna praksa, sodelovanje pri izobraževanju učiteljev v okviru društva in zavodov za šolstvo in pregled nad domačo in tujo strokovno literaturo. Pomembno vlogo bi imele tudi kandidatove strokovne objave in prispevki pri gradnji novih naprav ali pri uvajanju sodobne tehnike poučevanja. Prehod na to stopnjo naj bi kontrolirala predvsem univerza in akademiji s sodelovanjem društva in zavodov za šolstvo. Dohodki naj bi se povečali pri prehodu za okoli tri desetine.

Za napredovanje bi se moral potegovati kandidat sam. Povečanje osebnih dohodkov naj bi bilo določeno s šolskimi pravilniki. Sredstva za povečanje naj bi dajala izobraževalna skupnost posebej. Podrobnejši načrt bi lahko napravili po zgledih v nekaterih drugih poklicih pri nas in v šolniških organizacijah drugod po svetu. Seveda bi bilo treba za akcijo pridobiti poprej tudi učitelje drugih strok.

Drugi predlog zadeva organizacijo in učne programe za izobraževanje učiteljev na univerzi in na akademijah. Posebno pomembna je tesnejša povezava med odsekoma za matematiko in fiziko in inštitutom za pedagogiko na eni strani in med matematiki in fiziki na drugi strani.

Tretji predlog je v zvezi z organizacijo dodatnega izobraževanja. To izobraževanje naj bi bilo prostovoljno. Poleg dosedanjega občasnega izpopolnjevanja naj bi univerza in akademiji uvedle še tečaje, na katerih bi kontrolirali kandidatov uspeh. Čas za to so lahko sobote ali morda eno popoldne v tednu in deli počitnic. Prav tu se pokaže, da je potrebna boljša povezava med stroko in šolništvom.

Šolanje učitelja naj bi obsegalo študij predmeta, ki naj bi bil tako razčlenjen in metodično podan, da bi učitelj brez težav uporabil tisti del snovi in tisto metodo, ki bo najbolj ustrezala njegovi nalogi. Velik del tradicionalne metodike pouka naj bi bil torej vsebovan v predmetu samem. Pomemben del učiteljeve izobrazbe je tudi preučevanje otroka: razvoja, sposobnosti in interesov, vloge emocionalnih in socialnih dejavnikov ter motivacije in ugotavljanja učnih uspehov. K temu je treba dodati še organizacijo šolskega sistema, predmetnikov in učnih načrtov ter izobraževalnih in vzgojnih smotrov.

Čas je že, da končamo debato o tem ali je važnejše za učitelja, da pozna svoj predmet ali da pozna otroka. Oboje skupaj je komaj potrebni pogoj za učiteljevanje in za oboje naj bi poskrbelo šolanje: redno in dopolnilno. Za zdaj lahko trdimo, da šolanje učitelju ne omogoča izpolniti teh dveh potrebnih pogojev. Korak naprej bi bil, če bi dosegli, da bi imel učitelj rad svoj predmet in otroke.

Bistveno bi pripomogla k uveljavitvi dopolnilnega izobraževanja učiteljev ustanovitev učiteljskega izobraževalnega centra. Nekateri osnovni pogoji za to so že izpolnjeni. Na razpolago je prostor za člane društva. Na univerzi nameravajo začeti s sistematičnim zbiranjem učnih pripomočkov za šole. Isto stvar delata tudi akademiji in podoben načrt ima republiški zavod za šolstvo skupaj s proizvajalci učil. Najbrž bi koristila združitev sil. K centru naj bi spadala tudi ustrezna učiteljska knjižnica, o kateri govorimo že nekaj let.

Povzetek. Za izboljšanje pouka matematike in fizike na naših šolah je potrebno sočasno začeti akcijo na več straneh. Utrditi je treba položaj našega poklica in z uvedbo poklicnih stopenj pritegniti vanj več sposobnih ljudi. Izboljšati in izpopolniti bi bilo treba izobraževanje učiteljev med študijem. Poskrbeti bi morali še za razširitev dosedanjih oblik dopolnilnega izobraževanja učiteljev in jim dodati še možnost izrednega študija na delovnem mestu. Vse te akcije zahtevajo živahno delovanje društva in sodelovanje z matematično-fizikalnim oddelkom fakultete za naravoslovje in tehnologijo in akademijama. Prav mogoče to ni čisto po tradicionalnem okusu. Toda problemi so prerasli običajne društvene okvire. Če jih bomo skušali reševati samo v društvu, se utegne zgoditi, da bomo prestopali na mestu.

J. Ferbar

ZNANJE IN VZGOJA OB POUKU FIZIKE

K izdelavi učnega načrta za fiziko v osnovni šoli

Po vsem svetu je danes gibanje za šolsko reformo ali pa se le-ta že izvaja. Razloga za to gibanje sta dva: nujnost prilagoditve pouka sodobnim znanstvenim dosežkom ter zahteva po intenzivni vključitvi šole v proces vzgajanja in oblikovanja osebnosti mladega človeka.

Nikaka skrivnost ni, da je naša današnja šola usmerjena pretežno k poučevanju. Vsak predmet je zase znanost, teh pa je deset ali še več, in vsak učitelj vidi le svojo stroko. Tako preostaneta učencem le dve poti: ali kampanjsko učenje, ko se dijak pripravlja za enega ali dva predmeta, ostale pa zanemarja; ali »stremuštvo«, ko skuša biti dijak vsak dan pripravljen za vse predmete, kar pa za večino dijakov pomeni celodnevno garanje brez oddiha in prostega časa. Prav gotovo ne eno ne drugo ni smoter šole, ki mora omogočiti mlademu človeku, da se razvija ne le intelektualno, ampak tudi telesno, moralno in socialno.

Posledice kampanjskega učenja so daljnosežne in se poznajo tudi na univerzi: mladi abiturienti ne poznajo elementov svoje stroke in si niso pridobili v srednji šoli osnovne izobrazbe in osnovnih navad, ki so jim za uspešno nadaljnje delo potrebne. To pa je tudi eden od vzrokov velikega osipa na visokih šolah.

Pa tudi pretirana zahtevnost posameznih učiteljev, ki vidijo le svoj predmet in se ne ozirajo na druge, ne vodi k pravemu cilju. Koliko dijakov ima ob vstopu v gimnazijo odločen namen, da se po končani maturi posveti študiju matematike in fizike! Koliko se jih prav zaradi tega vpiše na intenzivno matematično smer, kjer le-ta obstaja, pa se spričo prevelikih zahtev drugih predmetov v gimnazijskih letih preusmerijo, ker nimajo časa, da bi se v matematiki in fiziki poglobili! Prav to je eden od vzrokov sedanjega pomanjkanja kadra v naših disciplinah: mnogo talentov se v srednji šoli izgubi zaradi neustreznega šolskega sistema.

Ob takem stanju v današnji šoli je očitno, da nekaj ne ustreza. Kaj je ta »nekaj«? Francoski pedagogi odgovarjajo: »Vzrok poloma starega šolskega sistema je v tem, da smo znanost napravili za cilj, namesto da bi nam bila sredstvo; da smo pozabili na temeljni smoter srednje šole, ki ni znanje, ampak vzgoja! Tradicionalna šola in stare vzgojne metode ne ustrezajo več. Šola ima prvenstveno vzgojno poslanstvo, v njej imata vzgoja in oblikovanje osebnosti odločen poudarek pred učnim programom in predmetnikom.«

Če zdaj tudi pri nas govorimo o reformi osnovne in srednje šole, ne smemo iti mimo načel, ki danes vodijo šolsko reformo drugod po svetu. Ta načela morajo prevevati vse predmete, tudi fiziko. Zato bi moral biti cilj vseh debat vnesti v pouk nekaj tega »reformatorskega« duha. Ne gre torej za oklepanje »klasičnih« metod ali za ubiranje »modernih« potov. Le kolikor bo naš novi učni program za fiziko ustrezal vzgojnemu poslanstvu fizike v šoli, toliko bo napreden, pa naj bo »klasičen« ali »moderen«.

Franc Kvaternik

LASER PRI POSKUSIH V ŠOLI

Laser PL-6 Iskre — Zavoda za avtomatizacijo je namenjen za šolski pouk kot svetilo pri poskusih s koherentno svetlobo. Z njim preprosto in nazorno pokažemo poskuse iz optike: odboj, lom, uklon, interferenco, polarizacijo.

Osnovni sestavni del laserja PL-6 je cev z mešanico helija in neona, po kateri teče električni tok. Krajišči cevi sta zaprti z Brewstrovima okencema (curek svetlobe je zato linearno polariziran), cev sama pa je zavarjena v večjo nosilno cev, na kateri sta pritrjeni resonatorski zrcali. Pri taki izvedbi ni treba naknadno justirati resonatorskih zrcal. To zagotavlja dolgo življenjsko dobo cevi. Lasersko cev in napajalnik obdaja kovinsko ohišje, ki ima na dnu trn s premerom 14 mm za pritrditev na jezdeca na optični klopi. Priložena je knjižica z navodili za poskuse. Kot zgled navedimo enega izmed njih!

Interferenca na planparalelni plošči

Svetlobni curek, ki pada na planparalelno stekleno ploščo, se odbije na obeh mejnih ploskvah. Gostoti svetlobnega toka v obeh odbitih curkih sta skoraj enaki, če je vpadni kot dovolj majhen (manjši kot 20°). V območju, na katerem se prekrivata odbita curka, pride do interference. Na krajih, kjer je razlika optičnih poti mnogokratnik valovne dolžine, se valovanji ojačita, na krajih, kjer je razlika optičnih poti lih mnogokratnik polovične valovne dolžine, se valovanji oslabita.

Na optični klopi postavimo v razdalji 24 cm od laserja razpršilne leče z goriščno razdaljo 20 cm. Na nasprotnem krajišču klopi pritrdimo malo nagnjeno stekleno ploščo, tako da pada nanjo divergentni svetlobni curek. Curka, ki se odbijata na plošči, prestrežemo z zaslonom ob optični klopi. Druga razpršilna leča z goriščno razdaljo 10 cm v razdalji 50 cm od laserja — ta leča ni na optični osi — še dodatno razprši odbita curka, tako da vidimo na zaslonu močno povečano interferenčno sliko. Sestavlja jo niz svetlih in temnih prog. Razmik med njimi je odvisen od debeline plošče in od vpadnega kota curka na plošči. Plošča je lahko precej debela — 1 cm in več. Na taki plošči opisani poskus z navadno svetlobo ne bi uspel.

Opozorilo. Pri delu z laserjem moramo paziti, da izhodni curek ne pade v oko opazovalca; več kot 1 s trajajoča osvetlitev lahko povzroči trajno okvaro očesa. Opazovanje sipane laserske svetlobe na zaslonu ali gledanje v razpršeni curek s presekom nad 1 cm^2 pa je povsem neškodljivo.

Elektrooptika
ISKRA — Zavod za avtomatizacijo

IZ NAŠIH AKTIVOV

AKTIV MATEMATIKOV IN FIZIKOV
dne 14. okt. 1970 od 17.00 do 19.00 v Ljubljani

Na dnevnem redu je bilo predavanje dr. Sava Poberaja o plazmi. Plazma je zmes elektronov, pozitivno nabitih ionov in v splošnem tudi nevtralnih delcev. Dobiti jo je moč s segrevanjem plina na visoko temperaturo, kar se da v laboratoriju doseči npr. s pošiljanjem električnega toka skozi plin. Proste poti delca v plazmi ni moč definirati kot pot med dvema zaporednima trkoma. V plazmi je tesnih trkov manj, pomembnejši so »šibki« trki, pri katerih se delec odkloni za nek kot $\triangle\vartheta$. Prosta pot je v plazmi definirana kot tista razdalja, na kateri delec doživi tako število trkov, da je vsota kvadratov posameznih odklonov enaka $\pi/2$. Pri obravnavanju plazme je pomemben pojem kinetične temperature, ki je podana z izrazom $3\,kT/2 = \int \frac{1}{2} \cdot mv^2 \cdot f(v)\, dv$, kjer je $f(v)$ porazdelitvena funkcija. Kinetična temperatura se s pojmom navadne temperature ujema, ko je porazdelitvena funkcija Maxwellova, sicer pa ne. Tako je v fluorescenčni cevi temperatura elektronov 20000 ^{0}K, medtem ko je temperatura ionov okrog 300^0.

V plazmi se lahko širijo valovi, ki jih povzročijo nihanja v posameznih komponentah, npr. nihanje skupine elektronov ali pa ionov.

Zanimivo je obnašanje plazme v magnetnem polju. Tako npr. je magnetno polje v plazmi z visoko električno prevodnostjo »zamrznjeno« v njej, kar skušajo izrabiti za izoliranje plazme od sten. Magnetno polje ustvarijo npr. v toroidu, v njem pa proizvajajo plazmo. Ker »zamrznjenje« polja v plazmi ni popolno, se ukvarjajo s proučevanjem take konfiguracije magnetnega polja, pri kateri plazma ne bo uhajala iz njega. Potem bo med drugim šele omogočena fuzija, stapljanje vodika v helij in s tem kontrolirano pridobivanje jedrske energije. S tem v zvezi je predavatelj pokazal slike nekaterih priprav, ki jih uporabljajo laboratoriji, kjer raziskujejo plazmo.

V našem inštitutu raziskujejo nekatere nestabilnosti v plazmi.

Sestanku je prisostvovalo 37 članov.

AKTIV MATEMATIKOV IN FIZIKOV
dne 23. okt. 1970 ob 16.00 v Mariboru

Dnevni red: 1. Katodni žarki in njihove lastnosti (demonstracija učil firme TELTRON, London)
2. Razno

Sestanku je prisostvovalo 21 članov.

1. Janez Ferbar in Dušan Modic sta ponovila predavanje, ki je bilo maja v Ljubljani (gl. Obzornik, 1970/17/2/82).
2. V nadaljevanju sestanka so se navzoči zavzeli za reorganizacijo univerzitetnega študija. Organizirati bi bilo potrebno seminarje za tiste, ki so »na pol poti«. Pedagoška skupina matematike in fizike naj ne bo samo »privesek« tehniške skupine. Več pozornosti je treba posvetiti pripravi za vzgajanje, ne se zgolj omejevati na stroko. Prav tako bi morala univerza kaj storiti za izredni študij.

Poseben problem so strokovne šole. Za nje se nihče ne briga. Učni načrti so neurejeni in v vsaki šoli drugačni.

Učna obveznost učiteljev fizike je previsoka glede na zahteve za eksperimentiranjem, izvajanjem vaj z učenci, šolske naloge. Potrebno bi bilo doseči znižanje tedenske obveznosti.

Zaradi prehoda na petdnevni teden je potrebno določiti, kaj naj se v posameznih razredih spusti, prenese v višje razrede in podobno. Treba je to vskladiti na vseh šolah.

V zvezi z materialnim položajem šol je treba doseči, da bi mogle šole dobiti del sredstev za materialne izdatke v devizah, s katerimi bi mogle nabavljati inozemska učila.

Naš poklic je treba napraviti privlačnejši. Morda je dejstvo, da učitelj ne more postati »več«, tudi ovira. Zakaj ne bi uvedli nekaj nazivov? Saj sta že zdaj dva — učitelj pripravnik poleg učitelja. Razen tega pa obstaja možnost, da postane učitelj tudi pedagoški svetnik. Doseči bi bilo treba, da bi izobraževalne skupnosti priznale te razlike tudi materialno.

Sestanek je bil končan ob 19.15.

AKTIV MATEMATIKOV IN FIZIKOV
dne 24. okt. 1970 ob 10.00 v Murski Soboti

Na sestanek so bili povabljeni učitelji iz Pomurja. Udeležilo se ga je 34 učiteljev z osnovnih in srednjih šol.

Dnevni red: 1. Katodni žarki in njihove lastnosti
(demonstracija učil firme TELTRON, London)
2. Razno

1. Janez Ferbar in Dušan Modic sta ponovila predavanje, ki je bilo maja v Ljubljani, vendar z dopolnitvami o uporabi v osnovni šoli.
2. Navzoči so se zedinili, da bodo ustanovili podružnico DMFA v Murski Soboti, ki naj bi združevala vse, ki se ukvarjajo z matematiko, fiziko in astronomijo v vseh štirih pomurskih občinah. Izvolili so odbor, ki mu je na čelu Čisar Aleksander z murskosoboške gimnazije. Stopili bodo v stik z odborom društva v Ljubljani, da jim bo pri organizaciji pomagal. V stiku bodo tudi z zavodom za šolstvo. Ena od možnih akcij je obisk fizikalnega inštituta v Ljubljani, zlasti oddelka v Podgorici.
Bili so mnenja, da bi morala obstajati komisija, ki bi svetovala pri nakupu učil. Učila naj bodo ocenjena in priporočena.

AKTIV MATEMATIKOV IN FIZIKOV
dne 11. nov. 1970 od 17.00 do 19.30 v Ljubljani

Na dnevnem redu je bilo razmišljanje Janeza Ferbarja ob tujih projektih za modernizacijo fizikalnega pouka »Tuje izkušnje in naša šolska praksa«.

Predavatelj je na primeru predloga učnega načrta za fiziko v osnovni šoli pokazal, kako naj bi bil sestavljen učni načrt. Poskusil je pogledati v ozadje tujih učnih načrtov za modernizacijo fizikalnega pouka in opozoril na kriterije, ki so bili pri njihovem sestavljanju uporabljeni.

Glede na smotre fizikalnega pouka v osnovni šoli (učenci naj se pri pouku fizike seznanijo z nekaterimi najpomembnejšimi konceptualnimi shemami in procesi sodobne fizike v taki obliki in na tak način, ki sta zanje smiselna; učenci naj pri pouku razvijejo racionalno mišljenje; seznanijo naj se z nekaterimi tehnološkimi, socialnimi in etičnimi implikacijami fizike kot naravoslovne znanosti in nauče naj se fiziko ter naravoslovne znanosti vrednotiti tako, da bodo sposobni in voljni zavzeti pozitivno stališče do njih) je postavil tri konceptualne sheme, okrog katerih naj bi bila nanizana snov fizike v osnovni šoli:

— energija in masa se v zaključenem sistemu ohranjata,
— energija lahko spreminja pojavne oblike in je prenosljiva,
— svet je narejen iz elementarnih delcev, ki se na različne načine gibljejo.

Tak razpored učne snovi okrog najpomembnejših konceptualnih shem temelji na izsledkih moderne teorije smiselnega učenja, po kateri je naučeno snov možno najdlje ohraniti, če jo podredimo nekaterim enostavnim toda pomembnim »sidrnim« idejam. Konceptualne sheme morajo biti tako izbrane, da predstavljajo najpomembnejše strukturalne principe fizike.

Glede na različne spoznavne stopnje učencev o fizikalnih pojavih ne moremo vsakega pojma obravnavati na enakem nivoju. Zato naj bo obravnava razporejena spiralno; namesto klasične sistematike in urejenosti (mehanika, kalorika, optika, elektrika, atomika) bodo posamezni pojmi obravnavani vzporedno, pa čeprav iz različnih področij, če le sodijo k isti konceptualni shemi. (Npr. poglavje o tokovih kot vrsti transporta snovi in energije, tekočinski tokovi, toplotni tok, električni tok.) Bistven element so vaje učencev, pri katerih se le-ti seznanjajo z vsemi zanje neobičajnimi pojavi in pojmi. Način poučevanja s poudarkom na eksperimentiranju učencev je poleg že prej omenjenih razlogov izbran zato, da učencem predstavi procese moderne fizike, brez katerih bi bila znanost zanje le organiziran nabor dejstev.

V razpravi, ki je sledila, sta F. Plevnik in F. Kvaternik, ki sta tudi sestavila predloge za nov učni načrt za fiziko v osnovni šoli, pojasnila svoja stališča. Njuna predloga sta še vedno »klasična«, čeprav je iz načrta odstranjeno gradivo, ki je nepomembno in preživelo. Nista pa se hotela preveč oddaljiti od sedanjih učnih načrtov, ker bi bila vsaka izvedba brez preizkusov tvegana.

J. Ferbar se je strinjal z mnenjem, da je dvomljivo, če je možno tak načrt izvesti. Zato naj bi bilo to predvideno kot končni cilj. Naj bi najprej uvajali v šole demonstracijske eksperimente in vadili učitelje, kasneje pa uvajali vaje učencev.

Pomembnejši spremembi, ki bi jo predlagani učni načrt vnesel v našo osnovno šolo, sta pravzaprav le dve. Prva se nanaša na razpored učne snovi (spiralna subsumacijska porazdelitev okrog sidrnih idej, ki so hkrati najpomembnejše konceptualne sheme), druga pa poskuša spremeniti metodologijo pouka tako, da bi fiziko predstavila kot živo znanost, ki se stalno prenavlja in izpopolnjuje.

Spremembe učne snovi, ki jih prinaša predlog, so manj pomembne in bi jih kazalo prerešetati s fiziki in nato s preizkusom ugotoviti, kako jih učenci sprejemajo.

Tudi ostali udeleženci, ki so sodelovali v razpravi, so bili mnenja, da je potrebno vsak nov načrt prej preizkusiti, potem pa ga uvesti v šole s potrebnimi popravki.

Sestanku je prisostvovalo 50 članov.

Predavanje je bilo ponovljeno 18. nov. 1970 na aktivu v Celju.

Dušan Modic

DOMAČE VESTI

SEZNAM DIPLOMANTOV IZ MATEMATIKE, FIZIKE IN ASTRONOMIJE TER DOKTORSKIH DISERTACIJ

Naša revija je že nekajkrat objavila seznam diplomiranih matematikov in fizikov (fizika: letnik VI, str. 171., letnik X, str. 175., letnik XI, str. 48., letnik XIII, str. 94.; matematika in astronomija: letnik XIV, str. 85., pedagoška akademija v Ljubljani: letnik XVI, str. 139. ter disertacije iz matematike in fizike: letnik XVI, str. 30.) Danes pa dopolnjujemo omenjene sezname. Prvič objavljamo tudi seznam diplomantov pedagoške akademije iz Maribora ter III. stopnje na FNT. Veliko število diplomskih del II. in III. stopnje ter doktorskih del je bilo izvršenih na Inštitutu »Jožef Stefan«.

Ciril Velkovrh

Pedagoška akademija Maribor — matematika — fizika

1.	Slomšek Josip	1961
2.	Korpar Marija	1963
3.	Prah Emil	1964
4.	Sivka Rado	1964
5.	Majhen Ana	1964
6.	Nežmah Karel	1964
7.	Gajzer Alojz	1964
8.	Erjavec Sonja	1964
9.	Pavalec Justina	1964
10.	Taks Franc	1965
11.	Gomolj Jože	1965
12.	Mejovšek Marjetka	1965
13.	Manfreda Jasna	1965
14.	Kukovec Anica	1965
15.	Krajnc Jože	1965
16.	Galun Ivan	1966
17.	Širec Lojze	1966
18.	Plemenitaš Verena	1966
19.	Kocbek Uta	1966
20.	Krajnčič Branko	1966
21.	Fekonja Ljudmila	1966
22.	Torič Franc	1966
23.	Centrih Andrej	1966
24.	Bežan Vilko	1966
25.	Peitler Ivana	1966
26.	Kotnik Ingrid	1966
27.	Navršnik Adolf	1966
28.	Krejan Antonija	1966
29.	Petelinc Jerica	1966
30.	Tibaut Lojze	1967
31.	Skaza Hilda	1967
32.	Nekrep Adela	1967
33.	Lorger Jerica	1967
34.	Volentar Franc	1967
35.	Stupan Zlatka	1967
36.	Milič Božena	1967
37.	Pečnik Franjo	1967
38.	Plečko Angela	1967
39.	Tamše Alenka	1967
40.	Nemeth Elizabeta	1967
41.	Mauko Gustav	1968
42.	Rotar Ljudmila	1968
43.	Brglez Martin	1968
44.	Žid Danuška	1968
45.	Prša Jožef	1968
46.	Krajnc Gorazd	1968
47.	Hartner Emil	1968
48.	Šoster Anton	1968
49.	Majcen Gabrijela	1968
50.	Petrovič Jožef	1969
51.	Ogrizek Olga	1969
52.	Kovačič Frida	1969
53.	Čiček Marija	1969
54.	Sever Alojz	1969
55.	Krajnc Milena	1969
56.	Jerčič Marjana	1969
57.	Zabovnik Helena	1969
58.	Požar Jožefa	1969
59.	Valant Marija	1969
60.	Bohak Anton	1969
61.	Pehant Ivan	1970
62.	Tonejc Branko	1970

63.	Marš Adolf	1970	66.	Bürmen Franc	1970
64.	Skok Boris	1970	67.	Sarjaš Marjeta	1970
65.	Predikaka Franc	1970			

Pedagoška akademija Ljubljana — matematika — fizika

215.	Krek Franc	1969	233.	Curl-Blatnik Jožica	1969
216.	Treven Marijana	1969	234.	Režek Jože	1969
217.	Starc Anica	1969	235.	Prezelj Emil	1969
218.	Pučko Marija	1969	236.	Vozel Marija	1969
219.	Jamar Nada	1969	237.	Žnidar Janina	1970
220.	Saksida Marija	1969	238.	Torkar Nevenka	1970
221.	Brečko Franc	1969	239.	Denžič-Jalovec Marija	1970
222.	Flajs Irena	1969	240.	Stopar Evgen	1970
223.	Mandelj Marko	1969	241.	Kočevar Tatjana	1970
224.	Mlakar Janez	1969	242.	Štefančič Marija	1970
226.	Čemažar Marija	1969	243.	Zorko Marija	1970
227.	Leban Nuša	1969	244.	Felicijan Marija	1970
228.	Mlakar Metka	1969	245.	Košir Manica	1970
229.	Fink Sonja	1969	246.	Roškar-Skušek Stana	1970
230.	Podlunšek Davorina	1969	247.	Cunja Albin	1970
231.	Klinkon Marija	1969	248.	Orešnik Božidar	1970
232.	Blažič Marijan	1969			

Pedagoška akademija Ljubljana — tehnična vzgoja — fizika

1.	Slapšak Boris	1961	8.	Čadež Janez	1968
2.	Ravnikar Božidar	1961	9.	Mlekuž Andrej	1968
3.	Pelko Miloš	1962	10.	Ranzinger Jože	1969
4.	Klun-Casagrande Alenka	1963	11.	Brinovec Olga	1969
5.	Bažec Ivan	1967	12.	Tomič Savo	1969
6.	Košak Jože	1968	13.	Štefančič Jože	1970
7.	Fajfar Anton	1968			

Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo

Matematika — pedagoška smer

219.	Štrubelj Janez	1968	224.	Kacl Gvidon	1969
220.	Mihevc-Pavlišič Justina	1968	225.	Vukman Joso	1969
221.	Štendler Ernest	1968	226.	Butinar Branko	1970
222.	Romih Milan	1969	227.	Hvastija Darka	1970
223.	Kuzman Andrej	1969	228.	Lampret Vito	1970

Matematika — tehniška smer

14.	Birk Ivana	1967	Optimalna detekcija motenih signalov
15.	Nadrah Ignacij	1967	Nekateri problemi v zvezi s slučajnim gibanjem

16. Petek Peter	1967	Sferične funkcije na Liejevih grupah
17. Kmet Andrej	1968	Invariantni podprostori linearnih omejenih operatorjev
18. Globevnik Josip	1968	Hilbertovi prostori z jedrom
19. Dacar Franc	1968	Formalna aritmetika A (S, +, x)
20. Seliškar Marjan	1969	Izreki o fiksnih točkah operatorjev
21. Bole Velimir	1969	Testiranje statističnih hipotez
22. Kozak Jernej	1969	Uporaba splinov v numerični analizi
23. Alif Metod	1969	Fundamentalne grupe
24. Malešič Jože	1970	Markovski procesi in verige v teoriji množične strežbe
25. Čepar Drago	1970	Statistično ocenjevanje parametrov porazdelitvenega zakona
26. Simončič Marjan	1970	Aproksimacija funkcij dveh spremenljivk, podanih s tabelo
27. Kramar Edvard	1970	Fredholmove integralske enačbe prve vrste
28. Kavkler Ivan	1970	Upodobitev enostavno povezanih Riemannovih ploskev

Astronomija

5. Mastnak Martin	1967	Določitev eliptičnih elementov tira Ceresa s pomočjo treh opazovanj in brez upoštevanja motenj
6. Koncilja Gilbert Alojz	1969	Instrumenti astronomske navigacije, ki so danes v rabi

Fizika — pedagoška smer

32. Zucchiati Aleš	1964	33. Jalen Ivan	1970

Fizika — tehniška smer

126. Cvikl Bruno	1966	Študij gradienta električnega polja v $NaD_3(SeO_3)_2$ na vodikovih jedrih s kvadrupolno moteno jedrsko magnetno resonanco
127. Gogala Borut	1967	Preprost model za vpliv motnje na obliko in širino resonance
128. Tiringer Miran	1967	Polprevodniški Si števci za protone do 20 MeV
129. Zupan Marija	1967	Meritve kotnih distribucij in koleracij vzbujenih nivojev ^{30}P
130. Žumer Slobodan	1967	Študij gibanja jeder v feroelektričnih kristalih s pomočjo jedrske magnetne resonance
131. Vilfan Igor	1967	Študij gibljivosti sten domen feroelektričnih kristalov

132.	Orel Boris	1967	Spremembe v infra rdečem spektru kristala KH_2PO_4 v okolici feroelektričnega prehoda
133.	Potočnik Vinko	1967	Problemi gašenja kratkostičnega obločnega plamena enosmernega toka v območju 1000 A in 250 V
134.	Mankoč Norma	1968	Določitev razpadne sheme vzbujenih nivojev 7,03 MeV in 7,06 MeV v jedru P 30
135.	Borštnik Branimir	1968	Elektronska konfiguracija in torzijski potencial pri benzaldehidu ter njegovih halogenskih derivatih
136.	Skaza Branko	1968	Vpliv medija na Ramanski resonančni efekt nitrifenela
137.	Jamšek Marija	1968	Kvadrupolna relaksacija v rochellski soli
138.	Gašperšič Jože	1968	Struktura tankih plasti katodno napršenih tantalovih oksidov
139.	Nemec Boris	1968	Meritev preseka za zajetje nevtronov energije 14 MeV na jodu
140.	Peternelj Jože	1968	Energijska usmeritev Van de Graaffovega pospeševalnika
141.	Lleshi Zija	1968	Preiskava gibanja idealne nestisljive tekočine skozi vodilnik cevne turbine z ravnimi lopatami. Določitev tokovnih razmer pred vstopom v rotor in ocenitev glede na možnosti čim večjega izkoristka
142.	Podgoršek Ervin	1968	Termoluminescenca v ionskih kristalih (CaF_2:Mn)
143.	Recelj Tone	1968	Strukturni defekti v teluridih niklja
144.	Kanduč Miran	1968	Vibracijski problemi molekule CH_2NOH
145.	Križman Milko	1968	Infra rdeči spekter in analiza po normalnih koordinatah bistrifluor acetatnega iona
146.	Skulj Tomaž	1968	Tok idealne tekočine skozi ravno kaskado in odvisnost hidravličnih lastnosti od debeline profilov
147.	Grešovnik Ferdinand	1968	Merjenje brezodrivne resonančne absorpcije z železom 57 v absorberjih tipa $Fe_2O_3 . A_2O_3$, kjer je A eden izmed elementov iz grupe redkih zemelj
148.	Gostiša Ivo	1968	Magnetni separater vodikovih ionov
149.	Peterman Branko	1968	Enokristalni spektrometer za hitre nevtrone
150.	Budnar Miloš	1968	Usmeritev izkoristka teleskopskega scintilacijskega parskega spektrometra
151.	Kumperščak Vito	1968	Meritev fotoprotonov iz berilija

152.	Čuk-Juhart Alenka	1968	Določanje koncentracij alita in belita v portland cementnih klinkerjih z difrakcijo rentgenskih žarkov
153.	Žižek Marjan	1968	Ramanski spektri trdih snovi
154.	Pratneker Daniel	1968	Strukturni defekti v kristalih kompleksnih sulfidov
155.	Marušič Marjan	1968	Študij strukture nizko temperaturne faze $NaH_3(SeO_3)_2$ z elektronsko spinsko resonanco
156.	Zajec Janez	1969	Merjenje preseka radiativnega zajetja nevtronov v železu in bakru
157.	Bajc Dušan	1969	Neelastično sipanje hladnih nevtronov na triglicerin sulfatu
158.	Možina Janez	1969	Relaksacijske dolžine pri transportu nevtronov
159.	Stanković Arandjel	1969	Merjenje električne upornosti in Hallove napetosti
160.	Pavlišič Jože	1969	Radiativno zajetje hitrih nevtronov v ^{51}V in ^{59}Co
161.	Koller Jože	1969	Elektronska konfiguracija HF in HF_2 s semiempiričnima SCF metodama
162.	Osredkar Radko	1969	NMR monokristala glicina
163.	Možina Bojan	1969	Relaksacijske dolžine pri transportu nevtronov
164.	Gros Andrej	1969	Vpliv ukrivljenosti skeletnice na hidravlične lastnosti ravnih kaskad
165.	Pirš Janez	1969	Raziskovanje narave liotropnih tekočih kristalov z metodo jedrske magnetne resonance
166.	Kunič Jože	1969	Meritev eksitacijske krivulje za reakcije $^{35}Clp\ ^{36}Ar$ in meritev ter analiza razpadlih shem nekaterih nivojev v ^{36}Ar
167.	Pavšlar Boris	1969	Izdelava programa proračuna tokovnih razmer v vodilniku in medprostoru Kaplanovih turbin za računski stroj Z-23, določitev eksperimentalno porazdelitev hitrosti za model in primerjava s teoretičnimi rezultati
168.	Klobčar Jože	1969	Merjenje spektra hitrih nevtronov v eksperimentalnih kanalih reaktorja TRIGA MARK II.
169.	Stare Gojko	1969	Gibljivost elektronov v kristalih z ozkimi energijskimi pasovi pri močnih električnih poljih
170.	Rupnik Peter	1969	Umeritev Ge (Li) števca
171.	Rebić Milenko	1969	Študij faznih prehodov v rochellski soli in ND_4DSO_4 s pomočjo meritve kvadrupolne relaksacije ^{23}Na in ^{2}D"

172. Šulek Drago	1969	Absorpcija rentgenske svetlobe v območju majhnih energij
173. Miljković Ljubiša	1970	Raziskava feroelektričnega faznega prehoda DTGS s kvadrupolno moteno devteronsko magnetno resonančno absorpcijo
174. Tavzes Radovan	1970	Merjenje elektronske hitrosti porazdelitve funkcije v plazmi s pomočjo elektrostatičnih sond
175. Čadež Matjaž	1970	Strukturni defekti v kristalih tipa Ni_3Ti
176. Krmelj Franc	1970	Preučitev vibracije lopatic in kolesa Peltonovega gonilnika za hidroelektrarno Peručica in primerjanje eksperimentalnih rezultatov z izračunanimi
177. Stanovnik Aleš	1970	Meritev in analiza protonskih spektrov pri reakciji ^{40}Ca (γ, p)
178. Zorko Zoran	1970	Določitev presekov za reakcije ^{40}Ca (γ, n) in ^{40}Ca (γ, p) in aktivnost β^+ in deekscitacijskih žarkov gama
179. Žaucer Matjaž	1970	Vpliv vodikove vezi na kemični premik protona SCFMO račun
180. Kovačič Iztok	1970	Preučitev osnov hidrodinamičnega preračuna lopatic rotorjev turbinskih strojev in sestava programa za numerično določevanje toka na elektronskem računalniku
181. Pucelj Bogdan	1970	Analiza aktivnosti beta pri fotonuklearnih reakcijah na cirkoniju
182. Strobl Gorazd	1970	Določitev pridelka deekscitacijskih žarkov gama pri reakcijah Ca^{40} (γ, p) in Ca^{40} (γ, n)

Fizika — III. stopnja (specializacija iz nuklearne tehnike)

1. Ogrin Rudi	1963	Regulacija reaktorjev z regulacijskimi palicami
2. Gavrilovič Milan	1963	Atenuacija nevtronov
3. Voj Peter	1963	Optimizacija temperaturnih padcev primarnega in sekundarnega kroga
4. Stoviček Svato	1963	Analiza parametrov in določitev osnovnih dimenzij naprav za izmenjavo goriva pri projektu NTE 300 MWt
5. Alujević Andrej	1963	Analiza prehodnih pojavov
6. Kalin Tomaž	1963	Pulzne meritve odvisnosti difuzijskega koeficienta od zastrupitve
7. Mandič Vencelj	1963	Atenuacija žarkov gama
8. Žerdin Franc	1963	Generacija toplote v biološkem ščitu
9. Vuković Veljko	1963	Zaščita stanja za izmenjavo goriva

10.	Hudina Marjan	1964	Analiza temperaturnih padcev primarnega kroga
11.	Dimic Viktor	1964	Meritev temperature izotopskega spektra nevtronov v odvisnosti od zastrupitve in geometrije moderatorja
12.	Mihelčič Bogomir	1964	Izračun porazdelitve hitrega in termičnega fluksa v podkritični kopi z upoštevanjem prvih trkov nevtronov in izvora in ocenitev napake v določitvi materialne konstante v odvisnosti od dimenzij kope
13.	Sušnik Janez	1965	Eksperimentalni program za podkritično grafitno kopo
14.	Črepinšek Ljubomir	1969	Efektivni preseki za reakcije s hitrimi nevtroni na dušiku, kisiku, fosforu, žveplu in železu

Fizika — III. stopnja — Magisteriji

1.	Pintar Milan	1964	Jedrska magnetna resonanca polikristaličnih paramagnetov
2.	Kernel Gabrijel	1965	Meritev absorpcije žarkov gama s Comptonovim spektrometrom
3.	Pirc Raša	1967	Interakcija paraelastičnega centra O_2 v kristalih alkalnih halogenidov s fononi
4.	Burg Hanžel Danica	1968	Brezodrivna resonančna absorpcija v nekaterih železnih absorberjih
5.	Justin Desan	1968	Popravki stanj modela neodvisnih delcev jedra s primesmi 2 delca — vrzel
6.	Pregl Gvido	1968	Meritev radialnega difuzijskega koeficienta grafitnega sistema s kanali
7.	Hudoklin-Božič Jelena	1968	Račun matričnih elementov za dipolne prehode pri radiativnem zajetju nevtronov energije 14,1 MeV
8.	Grabec Igor	1968	Elektrostatska nihanja v pozitivnem stebru
9.	Trontelj Zvonko	1968	Spekter jedrske magnetne resonance skoraj linearnega sistema petih delcev s spinom $^1/_2$
10.	Gros Mladen	1970	Makroskopski preseki za termične nevtrone
11.	Kump Peter	1970	Meritve kratkih življenjskih dob vzbujenih stanj v ^{35}Cl
12.	Stepišnik Janez	1970	Študij feroelektričnih faznih prehodov v $NaH_3(SeO_3)_2$ in $NaD_3(SeO_3)_2$ z metodami jedrske magnetne resonance
13.	Žekš Boštjan	1970	Dušenje kvazispinskih valov v feroelektričnih kristalih z vodikovo vezjo

32.	Božič-Hudoklin Alenka	27. 6. 1969	Radioaktivno zajetje nevtronov energije 14,1 MeV in dipolna veleresonanca
33.	Lukman Beno	28. 10. 1969	Uporaba metod kvantne teorije polja v molekulskih sistemih
34.	Pregl Gvido	28. 10. 1969	Vpliv anizotropije sipanja na komponente difuzijskega tenzorja v heterogenih sistemih s periodično strukturo
35.	Grabec Igor	25. 9. 1970	Elektrostatska nihanja v pozitivnem stebru

UTRINKI

O RAZISKOVALNEM KARIERIZMU

... Tu bi rad vključil kratko razpravo o raziskovalstvu ali o tem, kako napravite raziskovalno kariero. Prva možnost je, da napravite originalno odkritje ali izrečete originalno idejo. Toda to je težavno, niti zagotovo ne vodi k uspehu. Lahko da nimate potrebnega materiala, poleg tega pa so skoraj vse predlagali ali celo poskusili že pred vami. Odkritje ali misel morata priti o pravem času, ko je znanstvena skupnost zanj zrela. Sicer ga bodo spregledali ali pozabili, dokler ga čez deset ali dvajset let ne bo ponovil srečnejši raziskovalec.

Druga možnost za pot na vrh, ki pa je skoraj vedno uspešna, je ta, da objavite množico člankov ali imate množico predavanj, ki med seboj niso povezani. Če dosti objavljate, se tudi kdaj zmotite zaradi napačnih merjenj ali zaradi prenagljenih sklepov. Vendar vam tega sploh ne bodo šteli v zlo. Kritizirali vas bodo ali zavračali in pri tem citirali vaš članek. Poleg tega lahko objavite odgovor na kritiko in pridete tako do nove objave brez novih podatkov ali idej. Kakovost in resnicoljubnost sta skoraj nepomembni, če ste izbrali pot množičnih objav. Človek s kančkom politične prebrisanosti in smisla za trgovino bo po tej poti zagotovo postal ugleden, če že ne razvpit. Kmalu utegne igrati vlogo na širšem odru znanstvene politike. Morda je to izpolnitev njegovih vročih želja, lahko pa je tudi prednost za znanost v celoti, saj zapusti s tem skupino objavljajočih raziskovalcev. Toda, žal, mnogi že čakajo, da ga nasledijo.

Te migljaje o lestvici uspeha za nadobudne mlade raziskovalce utegnejo imeti nekateri za cinične, drugi pa za znamenje slabega okusa. Toda priložnostno že kaže poudariti, da imata znanost in tehnika, ti veroizpovedi 20. stoletja, svoje šarlatane in samozvance, enako kot prejšnje veroizpovedi in sploh vse ljudske dejavnosti ...

H. Fraenkel-Conrat

Iz knjige *Design and Function at the Threeshhold of Life: The Viruses*, New York ((Academic Press), 1962, str. 84, 85. (Prevod je nekoliko skrajšan.)

CVETKE IZ FIZIKE

Nekaj odgovorov novincev z matematično-fizikalnega oddelka pri preskusni pismeni vaji iz fizike I jeseni 1969.

Prvi Newtonov zakon pove odnos mas pred reakcijo in po njej.
Toplota je energija, ki se izraža v pospešenem gibanju molekul v določeni snovi,
Toplota je kinetična energija telesa.
Toplota: trenje atomov med seboj.
1 amper je napetost med poloma galvanskega člena.
Amper je tok tiste jakosti, ki segreje liter vode za 1 °C.
Svetoba je 2.10^{6}-ti del sončnega sevanja, ki pade na zunanje dele ozračja.
Svetloba je roj fotonov, ki se gibljejo sinusoidalno.
Svetloba je ultra vijolično valovanje.
Svetloba je refleksija telesnih atomov.
Po čem se razlikujeta radijsko valovanje in vidna svetloba? Radijskega valovanja ne vidimo.
Svetloba je premo gibanje, radijsko valovanje pa valovno gibanje.
Radijsko valovanje je elektromagnetno, svetloba pa ne.
Radijsko valovanje in vidna svetloba se razlikujeta po lastnostih.
Radijsko valovanje in svetloba se razlikujeta po smeri valovanja.
Različki kemične formule za etan: HCOOH, Et, CH_3, C_2H_5, C_4H_8, CH_4, CH_2, N_2H_5, C_2H_5OH, CH_2N, C_6H_6.

Nekaj odgovorov študentov z matematično-fizikalnega oddelka po prvem letniku in študentov kemije po drugem letniku pri ustnih izpitih iz fizike I v zadnjih petih letih.

Drugi Newtonov zakon velja, če se telo giblje s konstantno hitrostjo.
Kotna hitrost je sprememba poti v določenem času.
Izrek o kinetični energiji ne velja za togo telo, če je trenje.
Težni pospešek merimo s Cavendishevo tehtnico.
Ko gre fizično nihalo skozi ravnovesno lego, je sila teže enaka centrifugalni sili.
Viskoznost je hitrost premikanja na enoto dolžine.

Delo centripetalne sile pri enem obhodu med kroženjem točkastega telesa je $F \cdot 2\pi r = 2\pi mv^2$ in se uporabi za premagovanje trenja in upora; na račun tega dela se tudi poveča kinetična energija krožečega telesa.

Pri necetralnem trku se gibalna količina ne ohrani, ampak se spremeni v vrtilno količino.

Potujoče in stoječe valovanje se ločita po amplitudi.

Teža potopljenega telesa je vedno enaka teži izpodrinjene tekočine.

Raztezni koeficient idealnega plina pri O °C je 1/273, pri 100 °C pa je stokrat večji.

Prostornina in temperatura idealnega plina sta sorazmerni pri absolutni ničli.

Pri enoatomnem plinu je specifična toplota pri konstantni prostornini enaka specifični toploti pri konstantnem tlaku.

Delo, ki ga odda plin, je enako spremembi prostornine.

Pri stiskanju plina se pojavi temperatura.

Pri izotermni spremembi je notranja energija enaka opravljenemu delu.

Pri izparevanju vode se temperatura ne spremeni, zato je tudi sprememba entalpije enaka nič.

Sprememba notranje energije pri izparitvi 1 kg vode pri vrelišču pri tlaku 1 kp/cm^2 je 373 kcal, ker vre voda pri 373 K.

Pri toplotnem stroju se pretaka energija, oddano delo je izkoristek tega stroja.

Pri izotermni spremembi je toplota nič, saj sistem nič toplote ne odda, ker je toplota sorazmerna z razliko temperature.

Carnotov stroj je idealizacija, zato ker se pri njem pri idealni krožni spremembi ne spremeni entropija, medtem ko se pri pravi krožni spremembi spremeni entropija.

Izkoristek toplotnega stroja je razmerje med oddano in prejeto toploto, kar je enako razmerju med oddanim in prejetim delom.

Ko spravimo naboj na prevodnik, naboj najprej vdre v prevodnik, nato se porazdeli po površju; to je influenčni naboj.

1 volt je napetost med točkama v razdalji 1 meter. Napetost je vektor.

Ampermeter mora imeti čim manjši upor, da teče skozenj čim manjši tok.

Pri transformatorju sta tokova v obratnem razmerju števil ovojev, ker se poveča upor, če povečamo število ovojev.

Pri prehodu skozi prizmo se curek svetlobe vzporedno premakne.

Pri projekcijskem aparatu je slika tem večja, čim manjše je svetilo.

Pri pirometru v bistvu primerjamo valovne dolžine.

Hitrost svetlobe v snovi je večja kot v vakuumu.

Pri fotoefektu izbija svetloba elektrone iz atomskih jeder.

Kinetična energija fotona je mc^2.

Masno število je enako valenci.

V Braggovi enačbi $2\,d \cos \alpha = N \lambda$, je d debelina kristala.

Nekatere od cvetk so zabavne, nekatere pa žalostne. Pri preskusni pismeni vaji nepravilen odgovor sploh ni imel nobenih posledic. Prav tako noben študent zaradi ene same cvetke ni padel pri ustnem izpitu. Pri cvetkah iz druge skupine ni šlo za trenutne spodrsljaje, saj so študenti vztrajali pri svojih trditvah še po opozorilu, da so se verjetno zmotili. Nikakor ne bi smeli znanja študentov ocenjevati samo po takih trditvah. Na hitro pa se da morda iz prve skupine odgovorov izluščiti sklep, da je nevarno samo verbalno poučevati pojme o zgradbi snovi iz atomov. Iz druge skupine odgovorov pa morda sledi, da je toplota za študente v prvem letniku dokaj težavna.

J. S., M. G., A. K.

NOVE KNJIGE

NOVE REVIJE V MATEMATIČNI KNJIŽNICI

Obzornik za matematiko in fiziko je v prvih treh številkah XII. letnika objavil seznam revij v matematični knjižnici. Ker pa smo v zadnjih letih naročili nekaj novih, njihove naslove v tem dodatku objavljamo.

1. Aequationes mathematicae. Basel, Birkhäuser 1968. Vol. 1.*
2. Aplikace matematiky. Praga, Československa academia ved 1968. Vol. 13.
3. Avtomatika i vyčislitel'naja tehnika. Riga, Zinatne 1968. g. 2.
4. BIT. København, Nordisk Tidskrift Informationbehandlung 1968. Bd. 8.
5. Cahiers de topologie et géométrie différentielle. Paris, Dunod 1968. Vol. 10.
6. Communications of the Association for Computing Machinery. New York, ACM 1966. Vol. 9.
7. Communications in Mathematical Physics. Berlin, Springer 1965. Vol. 1.
8. The Computer Bulletin. London, The British Computer Society 1965. Vol. 9.
9. Computer Survey. London, United Trade Press 1966. Vol. 5.
10. Computing. Archive for Electronic Computing. Wien-New York, Springer 1966. Vol. 1.
11. Contents of Contemporary Mathematical Journals. Providence, American Mathematical Society 1969. Vol. 1.
12. Časopis pro pestovani matematiky. Praga, Československa akademia ved 1954. r. 79.
13. Doklady AN Tadžinskoj SSR. Dušanbe 1970. T. 13.
14. Dopovidi AN Ukrainskoj RSR. Ser. A.: fizika, mehanika i matematika. Kiev 1967.
15. L'Éducation mathématique. Paris, Vuibert 1959/1960. Année 62.
16. Educational Studies in Mathematics. Dordrecht, D. Reidel Publ. Comp. 1968/1969. Vol. 1.
17. Ekonomika i matematičeskie metody. Moskva, Nauka 1965.
18. Funkcional'nyj analiz i ego priloženija. Moskva, AN SSSR 1967. T. 1.
19. Indagationes Mathematicae. Amsterdam-London, North-Holland Publ. Comp. 1966. Vol. 28.
20. International Journal of Computer Mathematics. New York, Gordon and Breach 1968. Vol. 2.
21. Inventiones Mathematicae. Berlin, Springer 1966. Vol. 1.
22. Izvestija AN Armjanskoj SSR. Ser.: matematika. Erevan 1968. T. 3.
23. Izvestija AN Azerbajdžanskoj SSR. Ser.: fiziko-tehničeskih i matematičeskih nauk. Baku 1965.
24. Izvestija AN Estonskoj SSR. Tallin 1970. T. 19.
25. Izvestija AN Kazahskoj SSR. Ser.: fiziko-matematičeskih nauk. Alma-Ata, Nauka Kazahskoj SSR 1965.
26. Izvestija AN Uzbeskoj SSR. Ser.: fiziko-matematičeskih nauk. Taškent 1965.
27. Journal of Algebra. New York, Academic Press 1964. Vol. 1.
28. Journal of Approximation Theory. New York, Academic Press 1968. Vol. 1.
29. The Journal of the Australian Mathematical Society. Sydney, University of Queensland 1967. Vol. 7.
30. Journal of Differential Equations. New York, Academic Press 1965. Vol. 1.
31. Journal of Functional Analysis. New York, Academic Press 1967. Vol. 1.
32. Journal of the Institute of Mathematics and its Applications. London, Academic Press 1965. Vol. 1.
33. Journal de mathematiques élémentaires. Paris, Vuibert 1965/1966. Année 90.
34. Journal of Symbolic Logic. Providence, Association for Symbolic Logic 1965. Vol. 30.
35. Kibernetika. Kiev, AN Ukrainskoj SSR 1965.
36. Linear Algebra and its Applications. New York, Elsevar Publ. Comp. 1968. Vol. 1.
37. Litovskij matematičeskij sbornik. Vil'njus, Izd-vo »Mintis« 1967. T. 7.
38. Manuscripta Mathematica. Berlin, Springer 1969. Vol. 1.
39. Matematičeskie zametki. Moskva, Nauka 1967. T. 1.
40. Mathematica Scandinavica. København, Societates mathematicae Daniae, Fenniae, Islandiae, Norvegiae, Sveciae 1965. Vol. 16.

* Pri vsakem naslovu revije smo navedli prvi letnik, od katerega dalje to revijo dobivamo.

41. Mathematical Spectrum. Oxford, Oxford Univ. Press 1969/1970. Vol. 2.
42. Mathematics of Computation. Providence, American Mathematical Society 1965. Vol. 19.
43. New Publications. Providence, American Mathematical Society 1968.
44. Nordisk Mathematisk Tidskrift. Oslo, Matematisk Institutt 1965. Bd. 13.
45. Novoe v žizni i tehnike. Ser.: Matematika, kibernetika. Moskva, Izd-vo »Znanie« 1968.
46. Novye knjigi za rubežom Ser.: A. Moskva, Izd-vo Mir 1967.
47. Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. Cambridge, Cambridge Univ. Press 1965. Vol. 61.
48. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Sec. A.: Mathematical and Physical Sciences. Edinburgh 1963/1965. Vol. 67.
49. Rendiconti dell'Istituto di matematica dell'Università di Trieste. Trieste. Istituto di matematica dell'Università 1969. Vol. 1.
50. Siam Journal on Applied Mathematics. Philadelphia, Society for Industrial and Applied Mathematics 1966. Vol. 14. (Prej glej: Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics.)
51. SIAM Journal on Numerical Analysis. Philadelphia, Society for Industrial and Applied Mathematics 1966. Vol. 3. (Prej glej: Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics. Ser.: B. Numerical Analysis.)
52. Soobščenija AN Gruzinskoj SSR. Tbilisi 1970. T. 57.
53. Studies in Applied Mathematics. Cambridge, The MIT Press 1969. Vol. 48. (Prej glej: Journal of Mathematics and Physics.)
54. Teoretičeskaja i matematičeskaja fizika. Moskva, Izd-vo Nauka 1970. T. 2.
55. Vestnik AN SSSR. Moskva, Izd-vo Nauka 1965. g. 35.
56. Vestnik vysšej školy. Moskva, Vysšaja škola 1965. g. 23.
57. Vyčislitel'naja tehnika. Moskva, VINITI 1970.
58. Zeitschrift für Wahrscheinlichkeitstheorie und verwandte Gebiete. Berlin, Springer 1962. Vol. 1.

Ciril Velkovrh

DOSTOPNEJŠE NOVE KNJIGE V MATEMATIČNI KNJIŽNICI

Danes objavljamo tretji seznam nekaterih novih knjig, ki smo jih prejeli v zadnjem letu v matematični knjižnici. Te knjige priporočamo kolegom v srednjih šolah, da si jih ogledajo in če so izbrane po njihovem okusu, tudi preberejo. Če si jih ne boste naročili sami, si jih lahko izposodite v matematični knjižnici, Ljubljana, Jadranska c. 19.

Poleg teh knjig vas opozarjamo še na slovensko knjižno zbirko SIGMA, ki je v tem seznamu ni, pač pa smo jo objavili v drugih številkah naše revije.

Resnično in prav toplo vabimo vse, ki imajo kakršnokoli željo v zvezi z matematičnimi knjigami, da nam jo sporočijo oz. da se osebno oglasijo. Z veseljem vam bomo ustregli, če bo le v naših močeh.

1. Zbirnik zadač respublikans'kih matematičeskih olimpiad. Kiev, Viša škola 1969. 120 str. 8°. ((cir.)
2. Uvođenje mladih u naučni rad. VI. Beograd, Zavod za izdavanje udžbenika (1969). 232 str. 8°. Matematička biblioteka (br.) 41.
3. Izbrana poglavja iz matematike. III. Beograd, Zavod za izdavanje udžbenika (1970). 160 str. 8°. Matematička biblioteka (br.) 42.
4. Fuše A.: Pedagogika matematiki. Moskva, Prosveščenie 1969. 128 str. 8°. (cir.)
5. Fomin S. V.: Sistemi sčislenija. Moskva, Nauka 1968. 48 str. 8°. (cir.) Populjarnye lekcii po matematike. Vyp. 40.
6. Kalužnin L. A.: Osnovnaja teorema arifmetiki. Moskva, Nauka 1969. 32 str. 8°. (cir.) Populjarnye lekcii po matematike. Vyp. 47.
7. Solodovnikov A. S.: Sistemy linejnyh neravenstev. Moskva, Nauka 1969. 80 str. 8°. (cir.) Populjarnye lekcii po matematike. Vyp. 48.
8. Gel'fand I. M., E. G. Glagoleva, E. E. Šnol': Funkcii i grafiki. Moskva, Nauka 1968. 96 str. 8°. (cir.) Biblioteka fiz.-matematičeskoj školy. Vyp. 12.

9. Vasil'ev N. B., V. L. Gutenmaher: Prjamye i krivye. Moskva, Nauka 1970. 112 str. 8°. (cir.) Biblioteka fiz.-matematičeskoj školy. Vyp. 4.
10. Jaglom I. M.: Kak razrezat' kvadrat? Moskva, Nauka 1969. 112 str. 8°. (cir.)
11. Schuh F.: The master book of mathematical recreations. New York, Dover (1968). XVI + 430 str. 8°.
12. Graham L. A.: The surprise attack in mathematical problems. New York, Dover (1968). VII + 125 str. 8°.
13. Zalogin M. S.: Konkursni zadači po matematiki. Kiev, Viša škola 1969. 504 str. 8°. (cir.)
14. Kaplan I. A.: Praktičeskie zanjatija po vyssej matematike. Har'kov, Izd. gos. univ. 1970. 576 str. 8°. (cir.)
15. Vasilevskij A. B.: Metody rešenija geometričeskih zadač. Minsk, Vyšejšaja škola 1969. 232 str. 8°. (cir.)
16. Šoke G.: Geometrija. Moskva, Mir 1970. 240 str. 8°. (cir.)
17. Meschkowski H.: Noneuclidean geometry. New York, Academic press (1964). VIII + 104 str. 8°.
18. Singer I. M.: Lecture notes on elementary topology and geometry. (Glenview), Scott, Foresman and comp. (1967). (VI) + 214 str. 8°.
19. Vilenkin N. Ja.: Rasskazy o množestvah. Moskva, Nauka 1969. 160 str. 8°. (cir.)
20. Vilenkin N. Ja.: Stories about sets. New York, Academic press (1968). XIII + 152 str. 8°.
21. Adler I.: Groups in the new mathematics. New York, The John Day comp. (1967). 274 str. 8°.
22. Kreko B.: Linearno programiranje. Beograd, Savremena administracija 1966. VIII + 440 str. 8°.
23. Zaslavskij Ju. L.: Sbornik zadač po linejnomu programmirovanju. Moskva, Nauka 1969. 256 str. 8°. (cir.)
24. Vadnal A.: Izbrana poglavja iz linearnega programiranja. Ljubljana, Ekonomska fakulteta 1970. (III) + 156 str. 4°.
25. Wilf H. S.: Programming for a digital computer in the Fortran language. Reading, Addison-Wesley (1969). VII + 86 str. 8°.
26. Knuth D. E.: The art of computer programming. Vol. 1, 2. Reading, Addison-Wesley 1969. 8°.
27. Bork A. M.: Using the IBM 1130. Reading, Addison-Wesley (1968). (IX) + 198 str. 4°.
28. Kalihman I. L.: Sbornik zadač po linejnoj algebre i programmirovaniju. Moskva, Vyssaja škola 1969. 160 str. 8°. (cir.)
29. Dodd K. N.: Computer programming and languages. London, Butterworths (1969). VIII + 140 str. 8°.
30. Herschel R.: ALGOL-Übungen. München, R. Oldenbourg-Verlag 1969. 136 str. 8°.
31. Pušnik I. FORTRAN IV za elektronski računalnik IBM 1130. Trbovlje, IBT 1969. 100 str. 4°.
32. Mališić J. D.: Zbirka zadataka iz teorije verovatnoće sa primenama. Beograd, Građevinska knjiga 1970. (VII) + 256 str. 8°.
33. Lipschutz S.: Probability. New York, Schaum (1968). V + 153 str. 4°.

V matematični knjižnici redno prejemamo naslednje revije, ki so namenjene tudi srednji šoli. V njih lahko najdete večje število posebno zanimivih matematičnih nalog in raznih problemov kakor tudi razne metodične prispevke.

1. The American Mathematical Monthly. Washington, The Mathematical Association of America. (Izhaja 10 × letno)
2. L'education mathematique. Paris, Vuibert. (Izhaja 20 × letno)
3. Elemente der Mathematik. Basel, Birkhäuser Verlag. (Izhaja 6 × letno)
4. Journal de mathematiques elementaires. Paris, Vuibert. (Izhaja 20 × letno)
5. Matematika v škole. Moskva, Pedagogika. (Izhaja 6 × letno)
6. Matematika ve škole. Praha, Statni pedagogicke nakladatelstvo. (Izhaja 10 × letno)
7. Rozhledy. Matematicko-fyzikalni. Praha, Statni pedagogicke nakladatelstvo. (Izhaja 10 × letno)

Ciril Velkovrh

OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

XVII. LETNIK — 4. ŠTEVILKA

IZDAJA DRUŠTVO MATEMATIKOV, FIZIKOV IN ASTRONOMOV SR SLOVENIJE
LJUBLJANA, DECEMBER 1970

VSEBINA

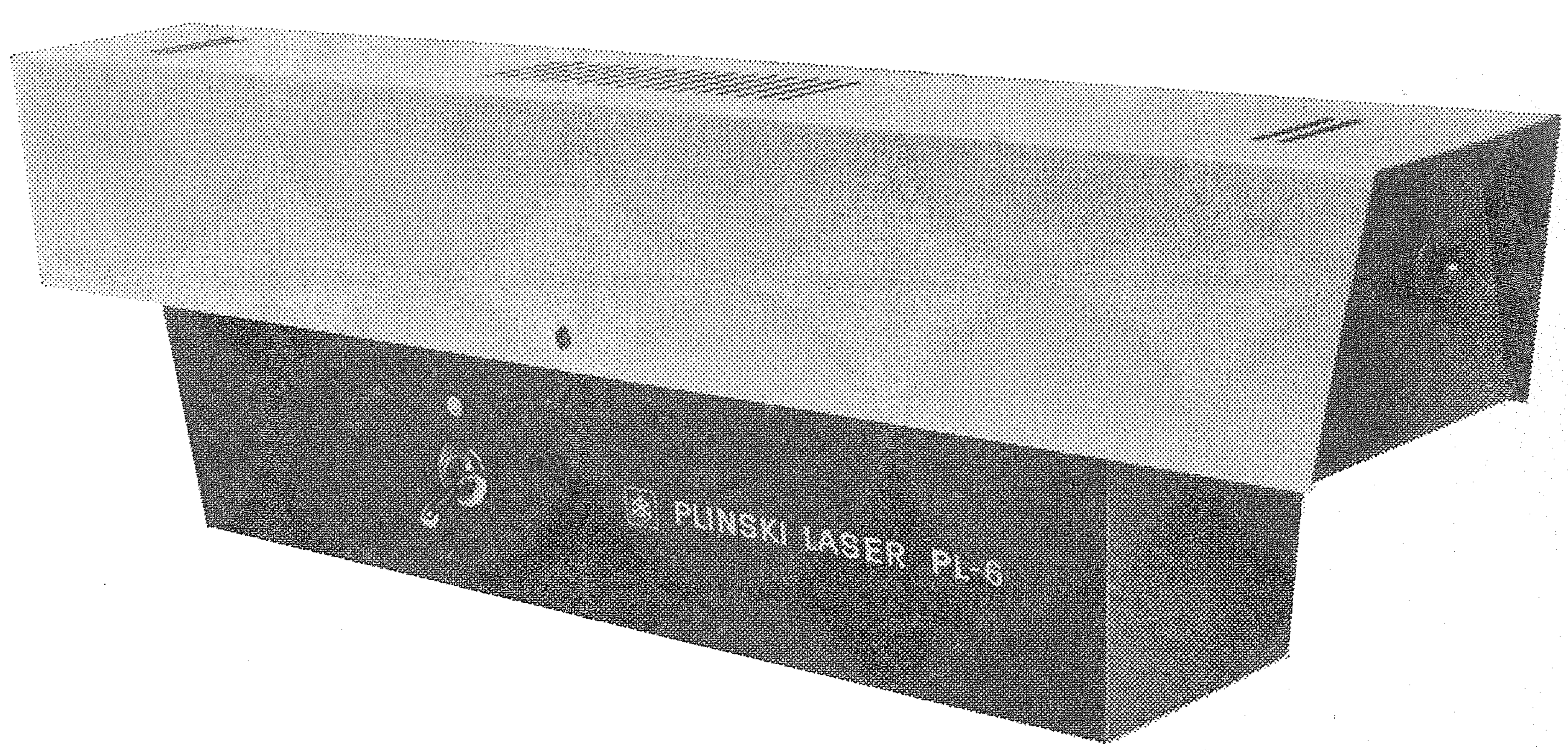
CONTENTS

Iskra — Zavod za avtomatizacijo
Ljubljana, Tržaška 2

Šole — fizikalni laboratoriji!

V našem proizvodnem programu je tudi He-Ne plinski laser PL-6, ki je namenjen za šolski pouk.

Laser med drugim dobavljamo zahodnonemški firmi PHYWE AG Göttingen, ki ga uspešno prodaja na zahodnem tržišču.



S pomočjo našega šolskega laserja, ki služi kot svetlobni vir, lahko enostavno in nazorno prikažemo poizkuse s področja optike kot so: odboj, uklon, interferenca, polarizacija in holografija.

Naročila sprejema ISKRA — Zavod za avtomatizacijo, Ljubljana, Tržaška 2; za vse podrobne informacije pa se izvolite obrniti na Elektrooptiko, Ljubljana, Rimska 23.