# OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

1952 LJUBLJANA 1

# VSEBINA


**Članki:**

Moderne vakuumske črpalke (P. G. in I. K.) . . . . . 1
Manometri za vakuum (A. Belič) . . . . . 10

**Novice:**

Nove metode za merjenje svetlobne hitrosti (B. Kvaternik) . . 20
Drobne vesti . . . . . 24

**Novi instrumenti:**

Nov aparat za elektroforezo (P. Dolar) . . . . . 25
Fotometer z elektronsko pomnoževalko (S. Kandare) . . . 27

**Pouk:**

Pravila za določanje smeri pri elektromagnetnih pojavih (S. Breskvar) . . . . . 28

**Iz naših šol:**

Katere tuje revije za matematiko in fiziko imamo v Ljubljani (B. Dobovišek) . . . . . 30
O pouku teoretične fizike . . . . . 36
Razgovor o matematiki in fiziki v naših šolah:
1. O pouku matematike na visokih šolah (O. Sajovic) . . 37
2. O pouku fizike na visokih šolah (I. Kuščer) . . . . 38
3. Pouk matematike v srednji šoli (I. Molinaro, L. Gabrovšek, F. Ahlin) . . . . . 39
4. Pouk fizike v srednji šoli (I. Štalec) . . . . . 41

**Dopisi** . . . . . 42
**Utrinki** . . . . . 43
**Nove knjige** . . . . . 44
**Odgovori** . . . . . 46
**Vprašanja** . . . . . 48


## Sodelavcem

Ponovno se obračamo na vse, ki lahko kaj prispevajo, da se oglasijo vsaj s kakšno drobno novico. Tudi kratki članki, ki obravnavajo probleme naših šol, so dobrodošli. Članki naj ne bodo pisani poljudno, vendar naj ne zahtevajo specialnega predznanja. Vse sodelavce prosimo, da se pri izdelavi rokopisa, risb, pisavi formul itd. ravnajo po navodilih, ki so bila objavljena na ovitkih lanskih štirih številk.

*V prihodnji številki boste med drugim brali*

Uporaba vakuuma v industriji — Vpeljava Giorgijevega sistema — Radioaktivnost nevtrona — Ultracentrifuga Spinco — Eksperimentalna potrditev Fresnelove uklonske teorije — Model katodne cevi z vodnim curkom — O številu $\pi$ —

LETO II
1 9 5 2

*Obzornik za matematiko in fiziko*

ŠTEV. 1
1. IV. 1952

# MODERNE VAKUUMSKE ČRPALKE

D. R. Goddard, M. Sc., A. Inst. P., British-American Research Ltd. —
Priredila P. G. in I. K.*

Z razvojem različnih vakuumskih črpalk in z njihovo vedno širšo uporabo je nastala nova industrija vakuumske tehnike, katere rast so močno pospešile potrebe elektronske in kemične industrije. Danes je v industriji že malo področij, kjer vakuuma ne uporabljajo.

Če govorimo o *vakuumu*, mislimo s tem na pritisk plina, ki je manjši od navadnega atmosferskega pritiska. Napredek vakuumske tehnike pa je bil največji v območju pritiskov pod 1 tor**. Zgodovina vakuumske črpalke se sicer prične že v 17. stoletju s Torricellijevimi poskusi in z Guerickejevo batno črpalko, vendar pa sta nam moderne rotacijske črpalke in črpalke na parni curek dala v glavnem šele Gaede in Langmuir. Mogoče ne bo odveč pripomba, da so se osnovna načela prvotne Gaedejeve rotacijske ali Langmuirjeve difuzijske črpalke zelo malo spremenila, čeprav so med silnim razvojem poslednjih dvajset let, posebno pa še med vojno, nastajale vedno večje in večje črpalke, ki jih še stalno izpopolnjujejo. Na trgu dobiš danes črpalke vseh vrst in za vsakovrstne uporabe.

V tem pregledu si bomo ogledali predvsem moderne črpalke, njihove konstrukcijske posebnosti in faktorje, ki vplivajo na njihovo delovanje.

Razlikujemo dve vrsti črpalk: *mehanske črpalke* in *črpalke na curek*. Mehanske črpalke delimo na *navadne rotacijske* in *molekularne;* batnih vakuumskih črpalk ne uporabljajo skoraj nikjer več. Črpalke na curek pa delimo v *ejektorje* in *difuzijske črpalke*. Mehanske črpalke in ejektorji delajo najbolje nad $10^{-2}$ tor, difuzijske črpalke pa v območju pod $10^{-3}$ tor. Medtem ko je pri mehanskih črpalkah pritisk na izhodni strani lahko atmosferski, je pri difuzijskih potreben *predvakuum* $10^{-3}$ do $10^{-1}$ tor. Čeprav je mogoče z mehanskimi črpalkami in ejektorji doseči tudi pritiske, ki so precej pod $10^{-3}$ tor, delamo pod tem pritiskom po navadi s kombinacijo mehanskih in difuzijskih črpalk. Mehanska črpalka služi kot *predčrpalka* in skrbi za predvakuum pri difuzijski črpalki.

---

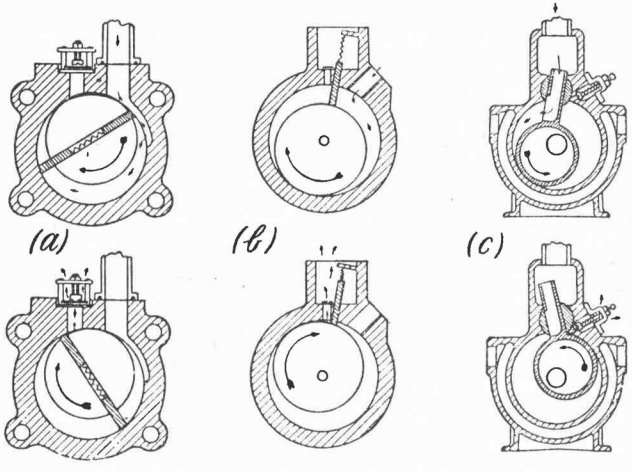
* S tem člankom pričenjamo vrsto razprav iz vakuumske tehnike, ki jih bomo objavili v tej in v naslednji številki. Članki so povzeti iz simpozija »Vacuum Physics«, ki je izšel kot poseben zvezek revije Journal of Scientific Instruments (Supplement No. 1, 1951). Objavili bomo prevode tehle člankov: D. R. Goddard: Modern vacuum pumps; T. S. Millen: The design of industrial vacuum systems; W. Steckelmacher: Review of vacuum gauges; J. Blears: General principles of leak detection; L. Holland: Recent advances in vacuum coating plants and techniques; E. D. Malcolm: Melting and sintering of metals in vacua. V prevodih bodo izpuščene nekatere tehnične podrobnosti, dodana pa manjša pojasnila in več slik.

Uredniku omenjene revije, prof. H. R. Langu, ki nam je dovolil objavo prevodov, kakor tudi izdajatelju — The Institute of Physics, 47, Belgrave Square, London, S. W. 1. — se na tem mestu najlepše zahvaljujemo. Pri izdajatelju se dobi originalni Vacuum Physics Supplement za ceno 15 s 10 d.

** 1 tor = 1 mm Hg pri $0^0$ C.

## Rotacijske črpalke

Navadna rotacijska črpalka je sestavljena iz *rotorja*, ki se vrti v ohišju. Ta je postavljen ekscentrično in se na eni strani dotika ohišja. Vmesni prostor ima v preseku obliko luninega krajca. Najbolj običajna rotacijska črpalka (sl. 1a) ima na rotorju dve loputi, ki ju vzmet pritiska ob steno ohišja. Loputi delita prostor na dvoje. Ko se rotor zavrti, stiska loputa plin v enem delu prostora; ventil se odpre in plin izteče. Druga loputa pa medtem vsrka novo množino plina iz posode, ki jo evakuiramo. Ko se rotor dovolj zasuče, se vsrkani plin prične stiskati in se končno potisne ven.




Sl. 1. Tipi rotacijskih črpalk: a) z dvema loputama v rotorju, b) z eno loputo v statorju, c) Kinneyeva črpalka (rotirajoči bat, ki ga ekscenter vleče po steni ohišja, nadomešča lopute).

Delovanje tega in še dveh drugih tipov rotacijske črpalke kaže sl. 1. Črpalka je obdana z oljem ali pa se olje stalno doliva. To je potrebno zaradi tesnitve, mazanja in hlajenja. Za zadostno tesnitev je potrebno tudi to, da se gibljivi deli ujemajo na 0,01 mm natančno.

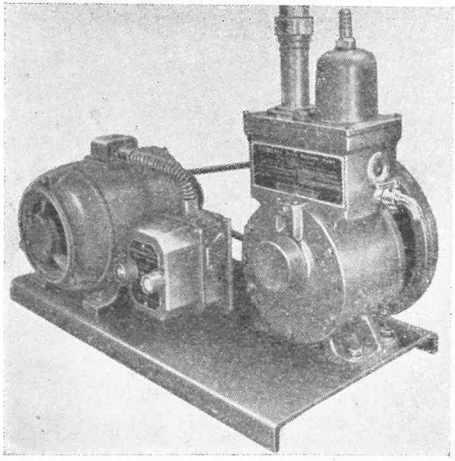
Črpalka izčrpa pri vsakem vrtljaju enako prostornino plina. Med seboj se črpalke razlikujejo po *črpalni hitrosti* in po njeni odvisnosti od pritiska (t. j. po *karakteristiki* črpalke). Črpalna hitrost je prostornina plina, ki jo črpalka izčrpa na sekundo. Dosegljivi vakuum črpalke je omejen prvič zato, ker ima mehanska obdelava praktično mejo, in zaradi obrabe; plin namreč uhaja nazaj mimo loput in rotorja v evakuirani prostor. Druga omejitev je parni pritisk olja in, kar se še bolj pozna, parni pritisk razne nesnage, ki se nabira v olju. Tretjič pa zmanjšuje dosegljivi vakuum zrak, ki se je pri atmosferskem pritisku raztopil v olju. Ta zrak olje odda, ko priteče v vakuumsko stran črpalke.

Če priključimo zaporedno dve ali več črpalk, lahko zmanjšamo vpliv puščanja zaradi mehanskih napak in vpliv v olju raztopljenega zraka. Tako dosežemo pritisk tudi pod $10^{-3}$ tor, medtem ko pridemo z enostopnimi črpalkami navadno kvečjemu le do $5 \cdot 10^{-3}$ tor. Več stopenj lahko združimo v agregat s skupno gredjo. Majhne množine vodnih hlapov tudi pri večstopnih črpalkah zelo zmanjšajo dosegljivi vakuum. Pomagamo si lahko n. pr. s fosforjevim pentoksidom, ki posuši zrak, preden gre v črpalko. Sušilno snov pa je treba stalno menjavati. Težava je še v tem, ker olje vodo in razno nesnago emulgira in je tudi s prepihovanjem zraka ni več mogoče odstraniti. Poznamo pa rotacijske črpalke, pri katerih hlapi ne motijo. Taka je n. pr. Leyboldova *Gasballastpumpe*, pri kateri se med kom-

presijo spušča nekaj zunanjega zraka v izstopno stran črpalke, tako da mešanica pri izstopu ni nasičena s hlapi.

Mnoge črpalke imajo *regeneratorje olja*, v katerih izparijo kondenzirane pare z električnim ali parnim gretjem. Olje se nato hladi in gre nazaj v črpalko. Lahko pa ločimo nesnago od olja tudi s centrifugo. Takšne črpalke so v industriji zelo razširjene pri vakuumskem sušenju in pri impregnaciji. Nekatere rotacijske črpalke delajo z oljem, ki je segreto približno do 110° C, tako da gredo vodni hlapi nemoteno skozi in se ne kondenzirajo v olju. Takšne rotacijske črpalke zmorejo več kg vodne pare na uro in obdržijo vakuum do $3 . 10^{-2}$ tor. Za rotacijske črpalke rabimo navadno lažja naftina olja dobre kvalitete, ki ne vsebujejo frakcij z višjim parnim pritiskom. Za grobo vakuumsko delo pa je dobro skoraj vsako olje.

Tovarniško izdelujejo rotacijske črpalke vseh velikosti, s črpalno hitrostjo nekaj desetink litra na sekundo pa vse do kakih 300 l/s. Kakšno črpalko si izberemo, je odvisno od uporabe. Upoštevati moramo območje pritiska, ki ga hočemo doseči, ter črpalno hitrost, ki jo zahtevamo. To pa je odvisno od velikosti posode, ki jo evakuiramo, in od časa, v katerem hočemo doseči zaželeni vakuum. Kadar rabimo rotacijsko črpalko le kot predstopnjo pri difuzijski črpalki, se moramo seveda ozirati na velikost le-te.



Sl. 2. Industrijska rotacijska črpalka *Speedivac IS450A* tvrdke W. Edwards & Co., London, S. E. 26. — Črpalna hitrost: 7,5 l/s; dosegljivi vakuum: 5.10—3 tor; moč motorja: 1 kW,

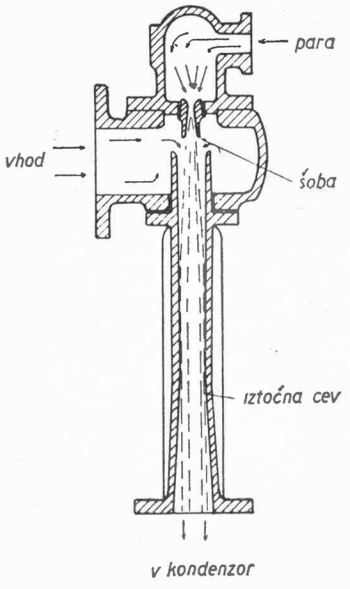
Poleg navadne rotacijske črpalke imamo še Gaedejevo molekularno črpalko, ki jo pa manj uporabljajo. Pri tej črpalki vleče hitro se gibajoči rotor s svojo površino, ki je zelo blizu mirujoče površine statorja, plinske molekule zaradi trenja s seboj. Če delamo z rotorji ali ploščami, ki se zelo hitro vrtijo (okoli 10 000 vrtljajev na minuto), če so statorji polirani in če je razdalja med statorjem in rotorjem nekaj stotink mm, dosežemo črpalno hitrost do 80 l/s in zelo visok vakuum (pod $10^{-6}$ tor). Prednost teh črpalk je, da črpajo pline in tudi hlape, tako da ne potrebujemo pasti za pare in sušilnih posod. Poleg tega črpajo te črpalke težke pline hitreje kot lahke, kar je prav obratno kot pri difuzijskih črpalkah. Zaradi tega so predlagali da bi jih uporabljali pri ciklotronih, kjer je potreben določen pritisk vodika ali devterija pri kolikor mogoče majhni množini težjih plinov. Ker pa morajo biti te črpalke zelo natančno izdelane, ne morejo tekmovati z rotacijskimi in jih uporabljajo samo v laboratorijih.

## Črpalke na curek

Črpalke na curek delimo v ejektorje in difuzijske črpalke. Pri obojih črpamo s curkom, ki ima veliko hitrost. Glavna dela teh črpalk sta šoba in iztočna cev. Med ejektorje štejemo črpalko na vodni curek, ki je tu ne

bomo obravnavali, ter ejektorje na vodno in oljno paro. Difuzijske črpalke delajo z živosrebrno ali z oljno paro.

*Parni ejektorji.* V šobi se energija, ki jo ima para zaradi pritiska, spremeni v kinetično energijo curka. Pri slabšem vakuumu (n. pr. okoli 1 tor) je prosta pot* molekul majhna v primeri s šobo in zato veljajo tam zakoni hidrodinamike. Če je celotni pritisk plina in pare v curku manjši od pritiska v posodi, ki jo evakuiramo, priteka iz nje plin v curek. Na površini curka stalno nastajajo vrtinci, ki zajemajo plin. Curek potegne posrkani plin s seboj in ga potisne skozi iztočno cev.



Sl. 3. Skica ejektorja na vodno paro.

Ejektorje uporabljamo navadno samo pri višjem pritisku. Če jih pa vežemo več v seriji, z vmesnimi kondenzorji, lahko dobimo pritisk do 0,05 tor in to z veliko črpalno hitrostjo. Ejektorje mnogo uporabljajo v kemični industriji za frakcionirno destilacijo in za sušenje v velikem obsegu ter v živilski industriji. Najbolj ekonomični so za pritisk nad 0,5 tor.

*Difuzijske črpalke* so namenjene za pritisk pod $10^{-3}$ tor. Pri tem pritisku je prosta pot plinskih molekul velika v primeri s šobo. Hitrost iztekajoče se pare mora biti nadzvočna, kar dosežemo z divergentno obliko šobe. Čim daljša je šoba, tem večjo hitrost ima iztekajoča se para. Tako je hitrost curka lahko tudi precej večja kot povprečna hitrost, ki jo imajo molekule zaradi toplotnega gibanja.** Večina molekul pare se giblje kljub toplotnemu gibanju približno v isto smer in jih le malo uhaja iz curka v posodo, ki jo evakuiramo. Zato je gostota pare v okolici curka tako majhna, da je prosta pot plinskih molekul tam še dovolj velika, da te lahko vdirajo skozi redki parni plašč v sredino curka. Parni curek potegne plinske molekule s seboj. Pri difuzijskih črpalkah je torej lahko pritisk pare v curku mnogo večji od pritiska plina v izčrpani posodi. Pritisk plina raste vzdolž curka od najmanjše vrednosti, ki jo ima tik šobe, do maksimalne vrednosti pred vstopom v predvakuumsko črpalko, ki črpa stisnjeni plin iz curka. Gibalna količina curka mora biti dovolj velika, da potegne plin v smer naraščajočega pritiska. Zaradi tega moramo pri nizkem vakuumu imeti zadosten tok pare, pri višjem pa mora biti hitrost pare dovolj velika, da stisnjeni plin ne difundira nazaj. Gostota in hitrost parnega curka določata območje pritiska, pri katerem črpalka deluje, določata pa tudi pritisk, ki sme biti v predvakuumu. Pri nezadostnem predvakuumu uhaja plin ob curku nazaj v posodo, ki jo izčrpavamo. Če vežemo več difuzijskih črpalk v seriji, tako da vsaka skrbi za predvakuum naslednje stopnje, zadošča pri prvi stopnji že slabši predvakuum. Namesto serije črpalk konstruiramo seveda raje

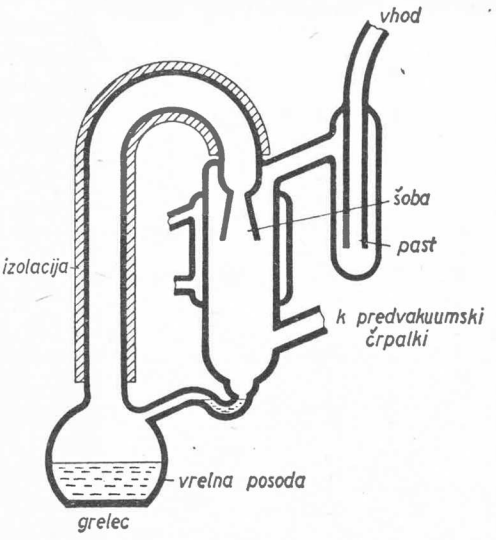
* Glej pripombo na str. 11 pod črto.

** Pri enoatomnem plinu je povprečna hitrost molekul = 1,2 × zvočna hitrost. Pri drugih plinih je razmerje obeh hitrosti med 1,3 in 1,5.

večstopno črpalko kot eno samo enoto. Pri prvi stopnji oblikujemo včasih šobo tako, da deluje kot ejektor.

Nekatere difuzijske črpalke delujejo pri nizkem vakuumu kot ejektorji, pri visokem pa kot difuzijske črpalke. Čim močnejše je gretje, do tem večjega vakuuma je delovanje teh črpalk enako delovanju ejektorjev.

Najnižji dosegljivi pritisk je odvisen od parnega pritiska tekočine v črpalki in tudi od difuzije plinskih molekul nazaj v vakuum. Črpalna hitrost je približno sorazmerna velikosti kolobarjaste odprtine med šobo in steno črpalke; skozi to odprtino priteka plin v curek. Za eksakten račun je črpalka prekomplicirana, pač pa lahko izračunamo pretok plina v temle idealnem primeru: Plin uhaja iz posode skozi luknjo v steni; na drugi strani je popoln vakuum; luknja je majhna v primeri s prosto potjo molekul, tako da so hitrosti molekul v bližini luknje ravno take kot drugje v posodi in ni hidrodinamičnega pretoka. Če bi se vse molekule gibale v smeri normale na luknjo, bi bil pretok plina na ploskovno enoto kar enak povprečni hitrosti molekul $v$ ($v = \sqrt{8kT/\pi m}$). Ker pa imajo molekule najrazličnejše smeri, smemo za pretok skozi luknjo upoštevati samo projekcije hitrosti na normalo. Tako dobimo za gostoto plinskega toka (t. j. prostornino plina na sekundo na ploskovno enoto):



Sl. 4. Živosrebrna difuzijska črpalka

$$q = \int v \cos\vartheta \, d\Omega/4\pi = \tfrac{1}{2}\int_0^{\pi/2} v \cos\vartheta \sin\vartheta \, d\vartheta = v/4$$

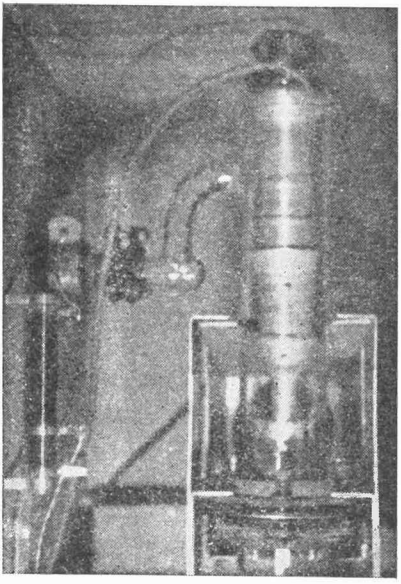
Pri zraku (20° C) je $v = 464$ m/s, torej $q = 116$ m/s $= 11{,}6$ litra/cm²s. Dobre črpalke dosezajo največ polovico te teoretične vrednosti, kar je pač odvisno od oblike šobe in bližnjih delov črpalke. Razmerje med resnično črpalno hitrostjo in gornjo vrednostjo je tudi dobro merilo za kakovost črpalke.

Dobro delovanje difuzijske črpalke je zelo odvisno od gretja. Množina dovedene toplote določa hitrost in gostoto in s tem kinetično energijo parnega curka, od česar sta nadalje odvisna največji dovoljeni pritisk v predvakuumu in črpalna hitrost. S tem vpliva gretje posredno tudi na najnižji dosegljivi pritisk, ker je ta odvisen od pritiska v predvakuumu.

Živosrebrne difuzijske črpalke se v glavnem uporabljajo za laboratorijsko delo ter pri izdelavi žarnic in elektronk. Najbolj običajna taka črpalka ima kolobarjasto šobo, ki nastane s tem, da je na koncu cevi, ki dovaja paro, dežniku podobna kapa (gl. sl. 5 in 6!). Včasih pa imamo vrsto šob razporejenih v krogu ob cevi za paro. Druge črpalke imajo navadno divergentno šobo, kot jo kaže sl. 4. Vse difuzijske črpalke imajo hladilnik, ki utekočini paro po opravljenem delu. Po navadi hladimo z vodo.

V nekaterih primerih zadostuje že zračno hlajenje, ki ima lahko še celo to prednost, da zagotovi nekoliko večjo koncentracijo pare ob stenah in s tem prepreči difuzijo plina nazaj.

Difuzijske črpalke so steklene ali pa iz jekla. Imamo najrazličnejše konstrukcije takih črpalk, ker so jih laboratoriji navadno gradili sami za lastno uporabo. Vendar dobimo na trgu standardne živosrebrne črpalke. Pri večini živosrebrnih črpalk je črpalna hitrost le nekaj l/s, samo v izjemnih primerih so dosegli nekaj sto l/s. Med novejšimi konstrukcijami je še morda najboljša dvostopna kovinska črpalka, ki jo je zgradil Alexander na podlagi svoje teorije difuzijskih črpalk. Premer črpalke pri prvi šobi je približno 30 cm, črpalna hitrost za pritisk od $10^{-4}$ do $10^{-2}$ tor pa okoli 800 l/s. Poleg premajhne črpalne hitrosti je glavni nedostatek živosrebrnih črpalk visok parni pritisk živega srebra, ki je pri navadni temperaturi okoli $10^{-3}$ tor. Nižji pritisk lahko dosežemo le tako, da kondenziramo živosrebrne pare s hlajenjem (n. pr. s tekočim zrakom ali z mešanico trdnega ogljikovega dioksida z acetonom) v posebni pasti za pare, ki jo priključimo med difuzijsko črpalko in posodo, kjer hočemo imeti vakuum. Tako past za pare vidimo na sliki 4, kjer pa hladilna posoda okoli nje ni narisana, in na sliki 11, kjer moli posoda s tekočim zrakom v past, tako da past obdaja hladilno posodo. Past na sl. 11 je priključena med difuzijsko črpalko in predvakuumsko rotacijsko črpalko; ta past preprečuje, da bi se v rotacijski črpalki nabrale snovi z visokim parnim pritiskom.

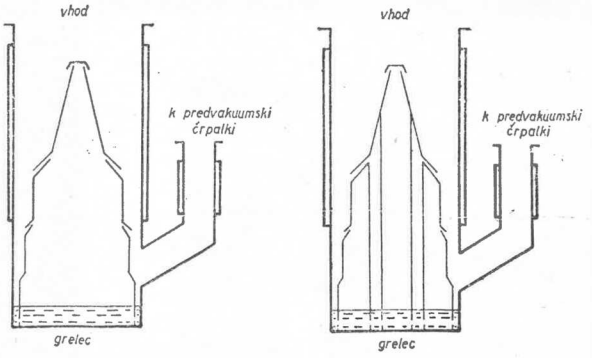


Sl. 5. Tristopna oljna difuzijska črpalka. Črpalna hitrost: 32 l/s pri $10^{-5}$ tor; dosegljivi vakuum: $4.10^{-7}$ tor; potrebni predvakuumski pritisk: $2.10^{-2}$ tor; gretje: 170 W; višina: 40 cm. Ohišje črpalke je iz stekla, notranji deli iz aluminija. Zgoraj je priključek za visoki vakuum, spodaj desno pa za predvakuum.

Področje uporabe visokega vakuuma se je znatno razširilo z razvojem velikih *oljnih difuzijskih črpalk* z ogromno zmogljivostjo (glej sl. 8!). V njih uporabljamo olja, ki imajo pri navadni temperaturi dosti nižji parni pritisk kot živo srebro, tako da največkrat niso več potrebne pasti za pare. Le kadar hočemo dobiti zelo visok vakuum (pod $10^{-6}$ tor) in kadar hočemo preprečiti difuzijo oljnih par nazaj v evakuirano posodo, jih moramo še vedno uporabljati. Namesto pasti se uporabljajo tudi zaslonke najrazličnejših konstrukcij, ki preprečijo difuzijo oljnih par, vendar gre to na škodo črpalne hitrosti. Zaslonke so priključene na vhod črpalke. Difuzijsko črpalko z zaslonko vidimo na sl. 11; pri tej črpalki se da odprtina zaslonke spreminjati.

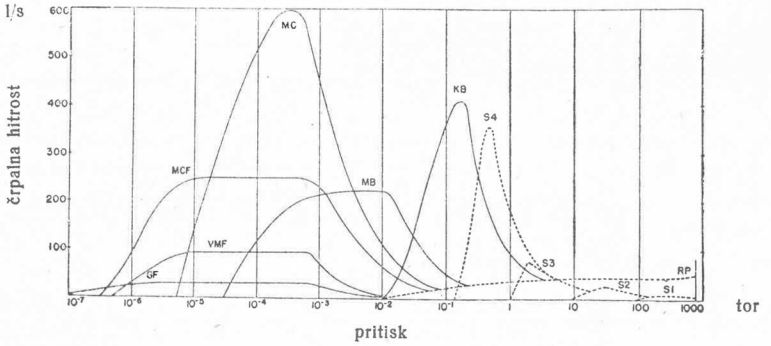
Dushman je na podlagi podatkov, ki so bili objavljeni za različne tipe črpalk, pokazal, da imajo v splošnem črpalke z oljem večjo črpalno hitrost, kakor enake črpalke, ki delajo z živim srebrom. Seveda je konstrukcija pravih oljnih črpalk zaradi posebnih lastnosti olja v podrobnostih drugačna

od konstrukcije živosrebrnih črpalk. Olje rado v vročini razpade. Zaradi tega morata biti posoda, v kateri vre olje, in dovodna cev za paro tako veliki, da dovajata šobam dovolj pare, ne da bi za to potrebna previsoka temperatura v vrelni posodi. Prostornina olja v posodi naj bo čim manjša, da s tem preprečimo kopičenje prevelikih količin razpadnih produktov, ki imajo velik parni pritisk.



Sl. 6. Oljna difuzijska črpalka: a) navadna, b) frakcionirna.

Uporabljajo se tudi steklene oljne difuzijske črpalke, vendar je večina črpalk narejena iz kovine, običajno iz jekla. Normalno imajo dve ali tri stopnje šob v seriji. Njihov premer variira od 3 do 90 cm. Ustrezne črpalne hitrosti pa so od nekaj litrov na sekundo do 1500 l/s. Za te črpalke rabijo največkrat v vakuumu destilirana mineralna olja, ki imajo pri sobni temperaturi parni pritisk okoli $10^{-5}$ do $10^{-7}$ tor. Znani sta olji *Apiezon A* in *B*. Poleg teh dobimo sedaj še olje *Apiezon C*, ki ima parni pritisk $10^{-8}$ tor in ga zato uporabljamo za zelo visok vakuum. Zelo razširjena so sintetična olja, n. pr. višji estri kakor dibutilni, diamilni ter posebno dioktilni ftalat in sebakat. Sedaj uporabljajo tudi silikonska olja,



Sl. 7. Karakteristike različnih vakuumskih črpalk. RP — rotacijska črpalka; S 1, S 2, S 3, S 4 — eno-, dvo-, tri- in štiristopni ejektor na vodno paro; KB — oljni ejektor; MB — oljna difuzijska črpalka; MC — oljna difuzijska črpalka; MCF — frakcionirna črpalka; VMF — frakcionirna črpalka; GF — tristopna steklena frakcionirna črpalka.

ki so baje bolj odporna proti oksidaciji. Olje iz kloriranih ogljikovodikov (n. pr. iz kloriranega difenila) je tudi zelo odporno in nerado razpada. Po svoji odpornosti proti oksidaciji in parnemu pritisku se navedena olja razmeroma malo razlikujejo in zato je črpalna hitrost malo odvisna od izbire olja.

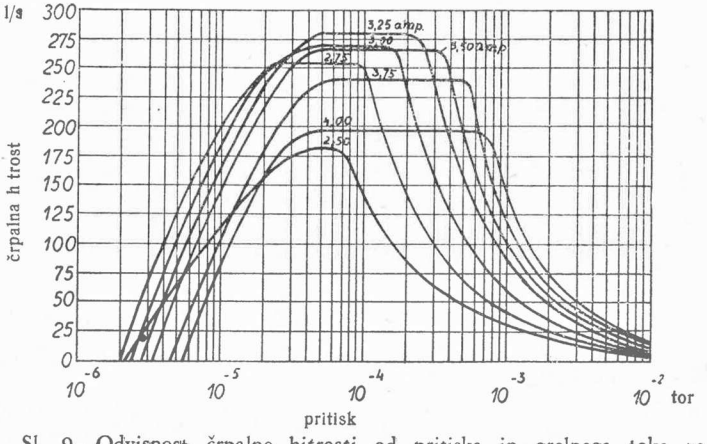
Neprijetnostim, ki nastanejo zaradi razpadanja olja, se deloma izognemo z uporabo posebnih frakcionirnih črpalk. Posoda, v kateri vre

olje, je pri teh večdelna in je tako konstruirana, da gre kondenzirano olje najprej v tisti del, ki daje paro za zadnjo šobo. Tu izparijo lažje komponente, ki jih odstrani predvakuumska črpalka. Do naslednjih šob pridejo že frakcije z nižjim parnim pritiskom. Na ta način pride do prve stopnje samo frakcija olja z najnižjim parnim pritiskom. S tem dosežemo boljši vakuum. Tudi pri navadnih črpalkah se olje v neki meri stalno frakcionira in zato se vsa olja z uporabo izboljšujejo, če le niso preveč izpostavljena zraku.

Sl. 8. Oljne difuzijske črpalke tvrdke W. Edwards & Co. Leva ima premer vhoda 40 cm, desna 60 cm, v sredini pa drži mož v roki črpalko s premerom vhoda 2,5 cm.

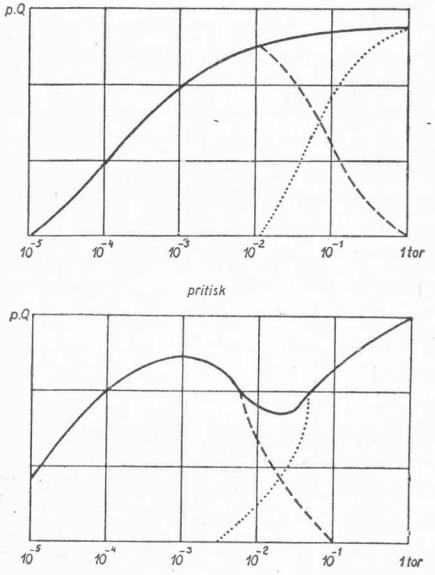
Pri izbiri difuzijske črpalke se moramo ozirati na črpalno hitrost, na najnižji dosegljivi pritisk, ki je odvisen od vrste olja in konstrukcije črpalke, in karakteristiko predvakuumske črpalke. V splošnem zadošča črpalna hitrost 1 l/s za vsak liter evakuirane prostornine. Če hočemo hitreje črpati, ali če se v evakuirani posodi razvijajo plini, moramo črpalno hitrost še povečati. Tudi izbira predvakuumske črpalke je zelo važna. Odvisna je od predvakuuma, ki ga zahteva difuzijska črpalka, in od črpalne hitrosti difuzijske črpalke. Črpalna hitrost je kolikor toliko neodvisna od pritiska v predvakuumu, seveda dokler ta ne prekorači dovoljene meje. Vendar je vakuum slabši, če nimamo dovolj nizkega pritiska v predvakuumu. Večina modernih difuzijskih črpalk zahteva predvakuum od 0,2 do 0,5 tor. Tak predvakuum dosežemo z vsako količkaj dobro rotacijsko črpalko.

Včasih nas ne zanima prostornina plina, ki jo črpamo na sekundo, temveč na sekundo izčrpana masa. Takrat bomo namesto s črpalno hitrostjo $Q$ raje računali s produktom $pQ$, saj je ta sorazmeren masi na sekundo; imenujmo ga *zmogljivost*. Če ho-

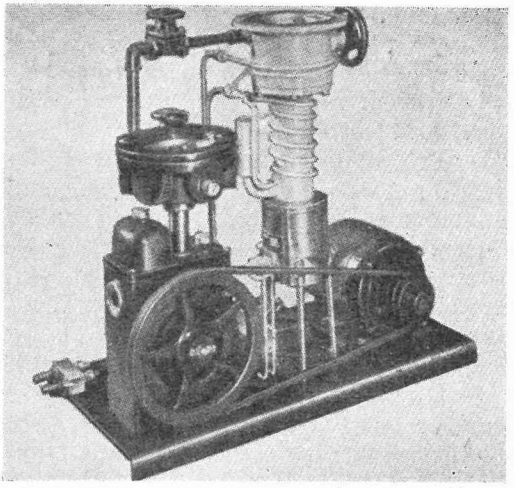



Sl. 9. Odvisnost črpalne hitrosti od pritiska in grelnega toka za oljno črpalko. Črpalna hitrost predvakuumske črpalke: 1 l/s.

čemo, da bo črpalka stalno vlekla, mora biti zmogljivost predvakuumske črpalke pri tistem pritisku, pri katerem začne zmogljivost difuzijske črpalke pojemati, večja kakor zmogljivost difuzijske črpalke. Bolje povedano: zmogljivost sistema kot celote mora rasti z rastočim pritiskom




Sl. 10. Zmogljivost kombinacije difuzijske in predvakuumske črpalke v odvisnosti od pritiska. Zgoraj: pravilno izbrana kombinacija obeh črpalk; spodaj: neprimerna predvakuumska črpalka. Izvlečena krivulja kaže zmogljivost kombinacije, črtkana krivulja zmogljivost difuzijske, pikčasta pa zmogljivost predvakuumske črpalke.



Sl. 11. Kombinacija laboratorijske rotacijske in difuzijske črpalke tvrdke W. Edwards. Podatki za rotacijsko črpalko (*Speedivac IS50*): črpalna hitrost: 0,8 l/s; moč motorja: 200 W. Podatki za difuzijsko črpalko (*No. 203*): črpalna hitrost (pri odprti zaslonki): 50 l/s; dosegljivi vakuum: 5.10—6 tor; gretje: 350 W; višina: 40 cm. Med difuzijsko in rotacijsko črpalko se vidi past za pare.

v vsem območju do atmosferskega pritiska. Drugače bi dolgo časa trajalo, preden bi prišli preko minima zmogljivosti.

Konstrukcija modernih črpalk je izredno preprosta. Toda zdi se, da jih je mnogo konstruiranih kar na slepo srečo; edino opravičilo za njihovo eksistenco je to, da delajo. Potrebno bo še več raziskovanja, ki nam bo pojasnilo mehanizem črpanja in posebno stranske vplive, preden bo mogoče vnaprej povedati, kakšna konstrukcija bi bila najbolj primerna za določeno rabo. Eksperimentalno delo, ki so ga opravili pred kratkim z uporabo visokonapetostnih razelektrenj za opazovanje razmer v parnem curku, naj bi dalo vsaj empirično osnovo za teorijo delovanja difuzijskih črpalk.

Literatura:

1. S. Dushman: Scientific Foundations of Vacuum Technique. London, 1949. Knjiga je izšla tudi v nemškem prevodu.

2. R. Jaeckel: Kleinste Drucke, ihre Messung und Erzeugung. Berlin, 1950.

3. P. Alexander: The Theory of the Mercury-Vapour Vacuum Pump and a New High-Speed Pump, J. Sci. Instr., *23*, 11 (1946).

# MANOMETRI ZA VAKUUM

W. Steckelmacher, B. Sc., W. Edwards & Co. (London) Ltd. — Priredil A. Belič

Pri vsakem delu z vakuumskimi napravami je treba meriti pritisk. V praksi imamo opraviti z zelo širokim območjem pritiska, od več torov do $10^{-7}$ tora ali še celo niže. Instrumenti, s katerimi merimo pritisk, pa zmorejo meriti le razmeroma ozke pasove. Zato potrebujemo več vrst instrumentov, da moremo kontrolirati celotno območje. V območju do 0,1 tor merimo pritisk direktno, tako da merimo sile. Tu uporabljamo navadne tekočinske manometre in manometre z Bourdonovo cevjo. Teh ne bomo obravnavali na tem mestu, pač pa si bomo ogledali manometre za nižje pritiske ali *vakuummetre*, kakor jih sicer imenujemo.

Pri nižjih pritiskih postanejo sile tako majhne, da je direktno merjenje netočno ali celo nemogoče. Lahko naredimo tako, da plin najprej stisnemo in šele potem merimo pritisk (McLeodov manometer); ali pa se poslužimo kakšne lastnosti plina, ki je odvisna od pritiska, n. pr. toplotnega prevajanja (Piranijev vakuummeter in drugi), notranjega trenja (vakuummetri na trenje), ionizacije (Penningov vakuummeter, ionizacijska trioda) ter radiometrskega pritiska (Knudsenov vakuummeter). Sl. 1 pove za vsakega teh vakuummetrov območje pritiska, v katerem ga lahko rabimo.

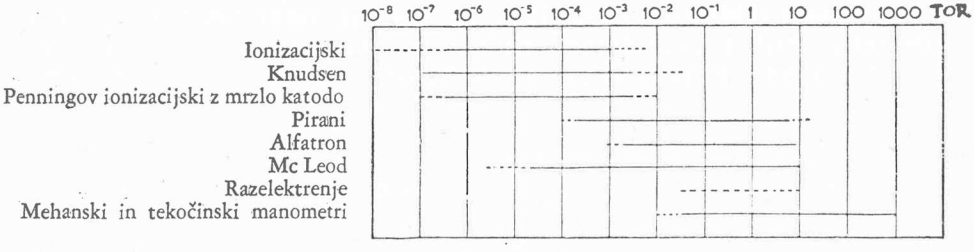
Omeniti je treba, da naletimo pri meritvah nizkih pritiskov na precejšnje težave, posebno kadar je volumen aparata majhen in so cevi vakuumske napeljave ozke. Če hočemo doseči točne meritve, moramo vezati vsak vakuummeter na evakuirano posodo s širokimi cevmi, ki nudijo pretakanju plinov majhne upornosti. Oglejmo si najprej najstarejšega predstavnika teh instrumentov.

## McLeodov manometer

Prvič ga je napravil McLeod leta 1874. Njegova konstrukcija je enostavna, pa ga zato še vedno uporabljamo pri vsakodnevnem delu v vakuumu.

Njegovo delovanje si razložimo po sliki 2. Plin neznanega pritiska napolnjuje bučko in kapilaro nad njo. Volumen obeh skupaj je znan. Pri meritvi stisnemo z dviganjem živega srebra plin na precej manjši, toda znani volumen. Tako naraste pritisk plina v toliki meri, da ga lahko direktno merimo. Kapilara nad bučko je umerjena v $mm^3$ ter ima po navadi znamenja za 1 $mm^3$, 10 $mm^3$ in včasih še 100 $mm^3$, tako da imamo dvoje ali troje merilnih območij.

Pri meritvi dvignemo živo srebro do značke na kapilari nad bučko in merimo razliko višin stolpcev živega srebra v milimetrih. Druga kapilara

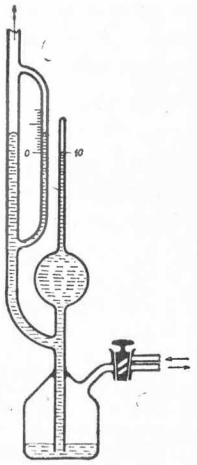



Sl. 1. Pregled merilnih območij posameznih vakuummetrov. Debelo izvlečene črte pomenijo najbolj občutljivi del merilnega območja.

mora imeti enak prerez kot kapilara nad merilno bučko, če se hočemo izogniti kapilarni napaki. Oglejmo si praktičen primer.

Naj ima merilna bučka 100 $cm^3$. Živo srebro dvignimo do značke »10 $mm^3$«. Tako zmanjšamo volumen plina na 1/10 000 prvotne vrednosti. Če je razlika višin stolpcev živega srebra n. pr. 7 mm, je v kapilari pritisk 7 tor; po Boyle-Mariottovem zakonu pa vemo, da je bil pred meritvijo pritisk v bučki 10 000-krat manjši, torej enak $7.10^{-4}$ tor.

Razmerje volumnov plina po stisnjenju in pred stisnjenjem določa instrumentu merilno področje. Čim manjše bo to razmerje, tem nižje pritiske bomo lahko merili. Zmanjšamo pa razmerje lahko na dva načina: tako da zvečamo volumen bučke, ali pa tako, da zmanjšamo notranji premer kapilare nad bučko. Če preveč zmanjšamo notranji premer kapilare, meritev ni več mogoča zaradi zatikanja živega srebra v kapilari. Zato naj ima kapilara premer vsaj okoli 0,7 mm. Po drugi strani volumna bučke ne kaže preveč zvečati, ker bi jo teža živega srebra lahko odlomila; v praksi vzamemo največ 1000 $cm^3$. Merimo lahko kvečjemu do $10^{-6}$ tor.




Sl. 2. McLeodov manometer. Zgoraj je priključen na evakuirani sistem. Živo srebro dvignemo tako, da s pipico spuščamo zrak v spodnjo posodo; znižamo ga pa tako, da zrak spet izčrpamo.

Glavna napaka McLeodovega manometra je, da pri zmesi par in plinov par sploh ne pokaže, ker pri stiskanju ne sledijo Boyle-Mariottovemu zakonu, ampak se kondenzirajo; na manometru preberemo samo delni pritisk plinov. Pomisliti moramo, da je že v manometru samem živo srebro, ki ima pri navadni temperaturi parni pritisk okrog $10^{-3}$ tor, česar pa s tem manometrom ne moremo ugotoviti. Bolj nerodno je še to, da uhajajo te pare iz manometra v evakuirani sistem in jih je zato treba prestreči s *pastmi*, ki so hlajene s tekočim zrakom.

Poskusili so uporabiti namesto živega srebra olje z nizkim parnim pritiskom; toda pri tem so se pojavile zopet nove težave zaradi omočitve stekla in sploh vse nevšečnosti, ki jih poznamo pri oljnih manometrih.

Tako vidimo, da je McLeodov manometer kljub svoji preprostosti razmeroma kompliciran v uporabi, če hočemo doseči res točne rezultate.

## Vakuummetri na toplotno prevajanje

Poskusi pri navadnih pritiskih kažejo, da je toplotna prevodnost plinov neodvisna ali skoraj neodvisna od pritiska. Šele ko postane pritisk tako majhen, da prosta pot molekul* ni več majhna v primeri z vsemi dimen-

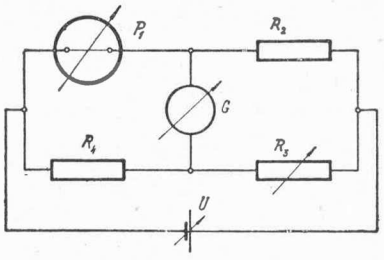
* Povprečna prosta pot molekul (kratko: *prosta pot*) $l$ je povprečni razmak med zaporednimi trki molekule. Prosta pot=povprečna hitrost:številom trkov na sekundo. Pri trdih kroglastih molekulah je $l=1/(n\cdot 4\pi r^2\cdot\sqrt{2})$, kjer je $n$ število molekul na prostorninsko enoto. Tu vidimo, da je prosta pot obratno sorazmerna gostoti plina. Pri zraku (760 tor, $0^0$ C) je $l=600$ A. Pri pritisku 1 tor meri prosta pot 0,05 mm, pri 0,001 tor že 5 cm, pri $10^{-6}$ tor pa celo 50 m. Razmaki med molekulami so mnogo, mnogo manjši, pri $10^{-6}$ tor samo nekaj mikronov; v 1 $mm^3$ plina je pri tem pritisku še vedno $3.10^7$ molekul.

Za toplotno prevodnost plinov dobimo iz kinetične teorije: $\lambda = 0{,}95\, c_v \varrho l v$; tu je $c_v$ spec. toplota, $\varrho$ gostota, $v$ pa povprečna hitrost ($v = (8kT/\pi m)^{\frac{1}{2}}$); zapisani koeficient 0,95 velja za dvoatomne pline; pri enoatomnih je 1,25. Ker je $l$ obratno sorazmeren gostoti, je produkt $\varrho l$ konstanten. — Podobno je pri viskoznosti, za katero velja: $\eta = 0{,}50\varrho l v$. Tudi ta je odvisna samo od temperature.

zíjami merilne priprave, se pokaže vpliv pritiska: toplotni tok pojema s pojemajočim pritiskom. Toda zakon toplotne prevodnosti tu ne velja več in pojavi so prav zapleteni. Šele pri mnogo nižjih pritiskih, ko je prosta pot že velika v primeri z dimenzijami posode, so razmere zopet preproste. Pri paralelnih stenah je toplotni tok tedaj neodvisen od razmaka (medtem ko je pri navadnem pritisku obratno sorazmeren), ker skačejo sedaj molekule naravnost z ene stene na drugo, brez vmesnih trkov. Toplotni tok (t. j. na sekundo prenesena energija) je seveda sorazmeren številu teh molekul in zato sorazmeren pritisku.

Iz navedenega sledi, da toplotno prevajanje lahko izkoristimo za merjenje majhnih pritiskov. Vakuummetri te vrste imajo kovinsko nitko, ki jo grejemo z električnim tokom. Nitka je zaprta v stekleni cevi in priključena na vakuumski sistem. Za toplotni tok, ki prehaja z nitke na stene, velja pri majhnih pritiskih enačba:

$$P = kp\,(T_2 - T_1)/T_1^{\frac{1}{2}}$$




Sl. 3. Shema električnega stika pri Piranijevem vakuummetru.

Tu pomeni $p$ pritisk, $T_2$ temperaturo nitke, $T_1$ pa temperaturo stene. Koeficient $k$ je odvisen od velikosti nitke in posode, od kakovosti plina in kakovosti površine nitke. Pri zelo nizkih pritiskih postane toplotni tok majhen v primeri s sevanjem. S tem je podana spodnja meja merljivosti, in sicer okoli $10^{-4}$ tor.

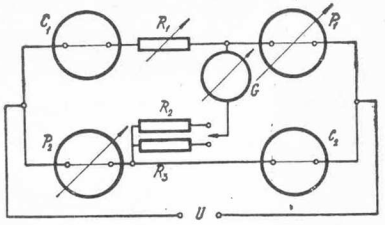
Navadno dovajamo merilni nitki približno stalno moč na ta način, da jo priključimo na stalno napetost. Temperatura nitke pojema z rastočim pritiskom. Meritev temperature nam torej lahko služi za določitev pritiska. Temperaturo nitke lahko merimo na razne načine. Pri *vakuummetru na termokriž* jo merimo s termočlenom, ki ga privarimo na nitko. Pri *vakuummetru na bimetalni trak* zvarimo dva kovinska trakova z različnima razteznostnima koeficientoma, ki se ukrivita pod vplivom temperaturnih sprememb. Pri *Piranijevem vakuummetru* pa merimo temperaturo z uporovnim termometrom, in sicer merimo kar upor grelne nitke same. Vključimo jo v eno izmed vej Wheatstonovega mostiča. V vseh navedenih primerih lahko umerimo indikator temperaturnih sprememb direktno na pritisk, seveda za vsako vrsto plina posebej. Umerimo ga z McLeodovim manometrom ali kakšnim drugim že umerjenim vakuummetrom. Na točnost te vrste vakuummetrov močno vpliva kvaliteta površine grelne žice. Tem vplivom se do neke meje izognemo na ta način, da pred uporabo razžarimo nitko na višji temperaturi (približno 700° do 900° C). Razžarimo jo pri čim nižjem pritisku, sicer bi se nam prežgala.

Oglejmo si nekoliko podrobneje Piranijeve vakuummetre, ker se le-ti skoro največ uporabljajo v območju srednje nizkih pritiskov. Osnovni stik nam kaže slika 3. Spremembe pritiska v merilcu $P_1$, ki ga bomo na kratko imenovali *merilna glava*, registriramo lahko na tri načine.

1. Ob vsakokratnem pritisku uravnovesimo mostiček s spremenljivo upornostjo $R_3$. Skalo na spremenljivem uporu $R_3$ seveda umerimo kar na pritisk. Ves čas meritve je napetost U stalna in se ne sme spreminjati od meritve do meritve.

2. Pri drugem načinu uravnovesimo mostiček ob vsaki meritvi, toda ne s spreminjanjem upornosti $R_3$, temveč s spreminjanjem napajalne napetosti $U$, ki jo moramo v tem primeru odčitavati na voltmetru. Kadar se zveča pritisk, moramo zvečati tudi napetost, da spravimo temperaturo in s tem upornost nitke nazaj na prvotno vrednost. Na ta način dobimo v napetosti merilo za pritisk. Voltmeter je zopet umerjen kar na pritisk.

3. Mostiček je uravnovešen samo pri eni vrednosti pritiska, diagonalni tok pa merimo z instrumentom G. Tok bo tem večji, čim dalj bomo od ravnovesne lege. Seveda mora biti napetost $U$ konstantna.



Sl. 4. Shema električnega stika modernega Piranijevega vakuummetra.

Dandanes največkrat uporabljamo tretji način. Da dosežemo čim večje občutljivosti, naj bodo upornosti vseh štirih vej čim bolj enake in notranja upornost instrumenta G naj bo tudi približno taka.

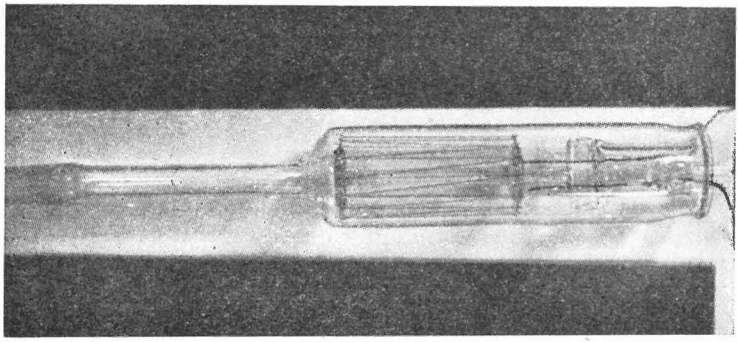
Merilno območje te vrste vakuummetrov je dokaj široko in sicer od 10 do $10^{-4}$ tor. Ako želimo lepših meritev pri nižjih pritiskih, uravnovesimo mostiček pri najnižjem dosegljivem pritisku. V nasprotnem primeru pa ga uravnovesimo kar pri atmosferskem pritisku. Merilni območji se lepo prekrivata.

Sl. 5. Piranijev vakuummeter moderne izvedbe.

Temperatura okolice seveda vpliva na temperaturo nitke in s tem na rezultat meritve. Če se okolica segreje, se segreje tudi nitka (za približno ravno toliko), instrument pa pokaže, kot da bi se pritisk zmanjšal. Da se izognemo napakam zaradi temperaturnih sprememb okolice, potopimo merilno glavo v kopel s konstantno temperaturo. Temperatura kopeli naj bo čim nižja, da bo instrument bolj občutljiv. Metoda je nepripravna, ker moramo skrbeti, da je posoda vedno do iste višine napolnjena s tekočino in da ostane temperatura kopeli vedno ista. Bolj pripraven način temperaturne kompenzacije je naslednji: Namesto upornosti $R_2$ (glej sliko 2!), vežemo v mostično vejo še eno merilno glavo, ki jo na kratko imenujmo *kompenzator*. Kompenzator je po dimenzijah in materialu enak merilni glavi. Kadar je mostič uravnovešen pri najnižjem dosegljivem pritisku, mora biti kompenzator izčrpan do skrajno nizkega pritiska in zataljen. Kompenzator naj bo vedno čim bliže merilni glavi, tako da sta oba v prostoru z isto temperaturo.

Pri novejših Piranijevih vakuummetrih zamenjata tudi ostali upornosti mostiča (to je $R_3$ *in* $R_4$) po ena merilna glava in kompenzator, kot nam kaže slika 4. Celotni mostiček je napravljen ob merilnih glavah čim bolj

stisnjeno, tako da so vsi njegovi elementi vedno na istih temperaturah. Običajno zapremo celotni mostiček v cev, iz katere vodi na eni strani priključek za vakuum, z druge strani pa kabel z žicami, ki vodijo k napajalni napravi (običajno k stabiliziranemu usmerniku). Moderen vakuummeter te vrste kaže slika 5. Napravila ga je tvrdka W. Edwards and Co. Z dvema mostičema in eno napajalno napravo s pokaznim instrumentom krije celotno merilno območje od 10 do $10^{-4}$ tor. Merilna žica je iz volframa. Delovna temperatura je 200° C, razžarilna temperatura pa 800° C. Vsak mostiček porabi 5 do 6 wattov. Slika 6 kaže merilno glavo nekoliko starejše izvedbe.



Sl. 6. Merilna glava Piranijevega vakuummetra, izdelana v laboratoriju za visoki vakuum TVŠ v Ljubljani.

Pri novejših izvedbah navijemo grelno nitko v obliki tenke spirale, ki jo napnemo v osi steklene cevi. Pri tem poskrbimo za to, da je razdalja med spiralo in stekleno steno čim manjša. Tako konstrukcijo merilne glave uporablja tudi instrument na sliki 5, kjer je zunanji premer cevke približno 10 mm, dolga pa je približno 130 mm.

### Vakuummetri na trenje

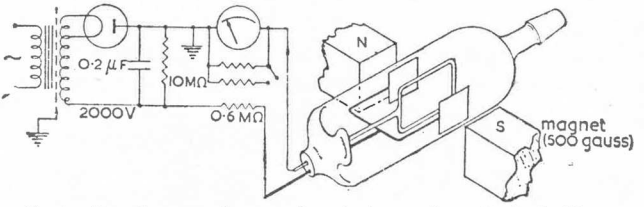
Ako se giblje neki mehanski sistem v plinu, zavira plin to gibanje zaradi svoje viskoznosti. Poskusi pri navadnih pritiskih kažejo, da je viskoznost — podobno kot toplotna prevodnost — neodvisna od pritiska. Kadar pa prosta pot ni več majhna v primeri z vsemi dimenzijami merilne priprave, začne trenje s padajočim pritiskom pojemati. Toda zakon viskoznosti tedaj ne velja več in v prehodnem območju so pojavi prav zapleteni. Šele pri mnogo nižjem pritisku, ko je prosta pot že velika v primeri z razsežnostmi merilne priprave, so razmere zopet preproste: Pri znanem poskusu s paralelnima ploščama je sila na ploščo tokrat neodvisna od razmaka (medtem ko je pri navadnem pritisku obratno sorazmerna), ker skačejo molekule naravnost od plošče do plošče, brez vmesnih trkov. Sila, to je na sekundo prenesena gibalna količina, je sorazmerna številu teh molekul in zato sorazmerna pritisku.

Ta pojav lahko izkoristimo za merjenje majhnih pritiskov. En način je tale: V merilni glavi imamo vlakno iz kremena, ki ga opazujemo z mikroskopom. Vlakno zanihamo in merimo čas, v katerem se zmanjša amplituda nihanja na polovico. Recipročni čas je že neko merilo za pritisk. Ker je notranje trenje plina odvisno tudi od mase in velikosti molekul, imamo

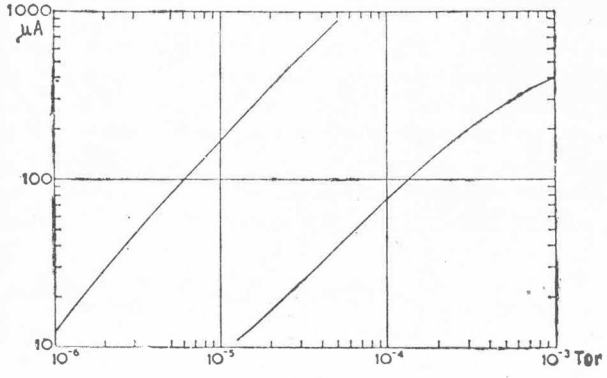
za različne pline ali pare različne umerne krivulje. Opisani vakuummetri se uporabljajo v območju od $10^{-5}$ tor do 1 tor. Napravimo jih lahko zelo majhne in se dajo enostavno očistiti adsorbiranih plinov. Uporabiti jih smemo tudi za merjenje pritiskov kemijsko aktivnih par.

## Ionizacijski vakuummetri

Lastnost plinov, da se dajo ionizirati, lahko izrabimo na več načinov za merjenje pritiskov. Pri višjih pritiskih se mnogo uporablja samostojno tlivno razelektrenje v plinih. Velikostni red pritiska je možno oceniti z opazovanjem razelektrenja. Razmak med katodo in negativno tlečo svetlobo, t. j. debelina Hittorfovega temnega prostora, je enake velikostne stopnje kot prosta pot elektronov,* ta pa je obratno sorazmerna pritisku. Bolj natančno merilo za pritisk dobimo z merjenjem toka pri konstantni napetosti. Tok lahko krmili relais za signalizacijske namene. Tleče praznenje preneha pri nizkih pritiskih, če ne zvišamo napetosti na elektrodah. Pri *Penningovem (Philipsovem) vakuummetru* pa so povečali merilno območje na strani nizkih pritiskov na ta način, da so s prečnim magnetnim poljem prisilili elektrone v kroženje in jim s tem zelo podaljšali pot od katode do anode. Tako se poveča verjetnost trkov s plinskimi molekulami in s tem število nastalih ionov. Na ta način so znižali spodnjo mejo samostojnega razelektrenja, ne da bi bilo treba zvišati napetost na elektrodah. Vakuummeter te vrste nam kaže slika 7. V merilni glavi sta dve paralelni ploščici (katodi). Med njima se nahaja anoda v obliki zanke, katere ravnina je paralelna ravninama katod. Magnetno polje je pravokotno na katodi. Z magnetnim poljem 0,05 Vs/m² in napetostjo 2000 V obsežemo merilno območje od $5{,}10^{-3}$ do $10^{-5}$ tor, če uporabljamo instrument s polnim odklonom 1 mA. S spreminja-




Sl. 7. Penningov vakuummeter (celotna shema). Podatki: razmak katod = 5 cm; uporabljeno je magnetno polje gostote $\overline{B} = 0{,}05$ Vs/m², anodna napetost = 2000 V. Merilni obseg: $5.10^{-3}$ do $10^{-5}$ tor.

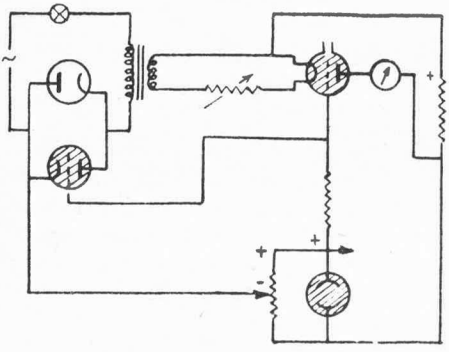



Sl. 8. Umerna krivulja za Penningov vakuummeter. Desna spodnja krivulja velja za obročasto anodo in katodni razmak 2,5 cm, leva zgornja pa za cilindrično anodo in katodni razmak 6 cm.

* Prosta pot elektronov z energijo do nekaj eV je okrog šestkrat tolikšna kot prosta pot molekul. V zraku pri $p = 1$ tor znaša torej okrog 0,3 mm. Debelina Hittorfovega temnega prostora meri okrog 8 elektronskih prostih poti (50 molekulskih prostih poti), torej 2,5 mm pri navedenih pogojih.

njem oblike elektrod se spreminjajo tudi umerne krivulje, ki so vrh tega odvisne tudi od vrste plina. V laboratorijih tvrdke W. Edwards & Co. so izdelali in preizkusili pravkar opisani vakuummeter v nekoliko večjih dimenzijah, in sicer z razmakom katod 6 cm, s cilindrično anodo in magnetnim poljem 0,045 Vs/m$^2$. Na ta način so dosegli večjo občutljivost in pri nizkih pritiskih skoraj linearno odvisnost med tokom in pritiskom. Pri pritisku $10^{-6}$ tor in napetosti 2000 V so dobili tok 12,5 $\mu$A.

Za nekoliko višje območje pritiska (od $10^{-3}$ do 10 tor) lahko uporabljamo *alfatron*, ki spada prav tako med ionizacijske vakuummetre. Instrument ima vgrajeno posodico, v kateri je nekaj milicuriejev radija. S sevanjem ionizira razpadajoči radij del plina v svoji okolici. Nastali ionski tok je že neko merilo za pritisk. Ker so ionski tokovi zelo majhni, zahteva vakuummeter kompliciran istosmerni ojačevalec. Poleg tega so radij kakor tudi njegovi razpadni produkti nevarni. Iz teh dveh razlogov se alfatron v praksi malo uporablja.



Sl. 9. Shema inoizacijskega vakuummetra z avtomatsko regulacijo elektronskega toka.

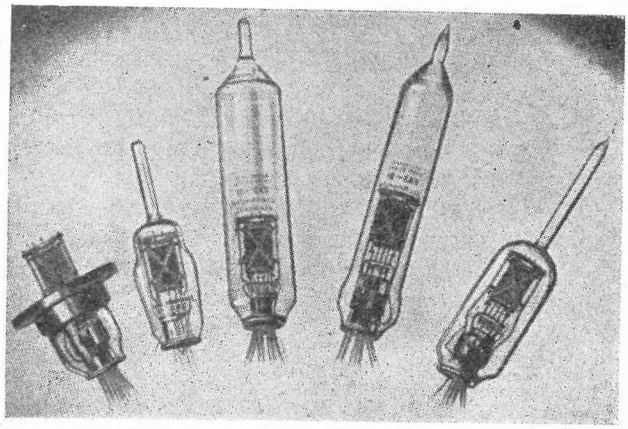
Ostane še ena oblika ionizacijskih vakuummetrov, namreč *vakuummeter na ionizacijsko triodo*. Ta je konstruirana tako kot navadna elektronka s tremi elektrodami, le napetosti in s tem funkcije elektrod so drugačne. Mreža je proti katodi pozitivna, anoda pa negativna. (Izraza *mreža* in *anoda*, ki smo ju kar obdržali, naj spominjata tu le konstrukcijo, ne pa na funkcijo elektrod.) Iz katode izhlapevajo elektroni, ki potujejo k pozitivni mreži. Zaradi trkov ionizirajo elektroni na svoji poti plinske molekule; nastale pozitivne ione pa pobere negativna anoda. Če je elektronski tok stalen, je tok pozitivnih ionov odvisen od gostote plina, torej od pritiska. Meriti moramo ionski tok, ki je že neko merilo za pritisk. Pri majhnih pritiskih, kjer je prosta pot elektronov velika v primeri z razmakom elektrod, je ionski tok kar sorazmeren pritisku in mimo tega tudi sorazmeren elektronskemu toku. Sorazmernostni koeficient je odvisen od geometrije cevi, napetosti na elektrodah in od vrste plina.

Na tem principu je bilo napravljenih več vrst konstruktivno različnih instrumentov. Pri vseh pa se gibljejo vrednosti tokov in napetosti v sledečih območjih: napetost na mreži +100 do +500 V, napetost na anodi —10 do —30 V, elektronski tok 0,1 do 20 mA, ionski tok $10^{-7}$ do $3 \cdot 10^{-3}$ A. Zaradi majhnih ionskih tokov so potrebni istosmerni ojačevalci, ali pa zelo občutljivi galvanometri. Celoten instrument kaže slika 1 na str. 30 v prvi številki lanskega letnika »Obzornika«.

V praksi naletimo mnogokrat na potrebo stalne kontrole pritiska v sistemu. V takem primeru moramo poskrbeti, da je mrežni tok stalen in da se s časom ne spreminja. Toda čeprav držimo grelni tok nitke stalen, opazimo, da se mrežni tok spreminja; ta sprememba nastane zaradi temperaturnih in površinskih sprememb na katodi. Da dosežemo želeno konstanco mrežnega toka, se poslužimo različnih stabilizacijskih stikov. Tako vezavo nam kaže slika 8. Katodo ionizacijske triode napajamo s transfor-

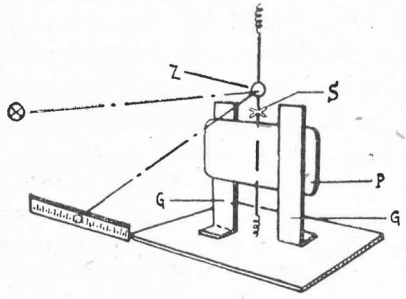
matorjem, katerega napajamo delno preko tiratrona. Tiratron dobiva prednapetost z upora, preko katerega teče mrežni tok vakuummetra. Zapiranje ali odpiranje tiratrona je, kot vidimo iz slike 9, v nasprotni fazi z naraščanjem ali pojemanjem mrežnega toka v triodi. Čim se elektronski tok poveča, se zmanjša grelni tok in s tem vred tudi emisija, in obratno.

Merilno območje teh instrumentov je zelo veliko, od $10^{-2}$ do $10^{-7}$ tor. Spodnja meja je podana le z občutljivostjo meritev anodnega toka. To mejo je mogoče potisniti do nekako $10^{-9}$ tor. Če hočemo priti tako daleč, moramo paziti pri konstrukciji triode, da je upornost v samem podstavku med elektrodami zadosti velika, sicer lahko postanejo izolacijski tokovi večji od anodnih. Tako nam izolacijski tokovi postavljajo spodnjo mejo občutljivosti instrumenta. Pri najnižjih pritiskih lahko moti tudi fotoefekt. Opazili pa so še neki nepričakovani pojav. Na mreži nastajajo mehki rentgenski žarki, ki prav tako povzročajo fotoefekt; iz anode izbijajo elektrone. Ionski tok je navadno mnogo večji kot tok elektronov iz anode in ti zato ne motijo. Pri pritiskih pod $10^{-9}$ tor pa je ionski tok že tako majhen, da ga tok sekundarnih elektronov prekrije.



Sl. 10. Ionizacijske triode standardnih oblik. Zanimiva je predvsem leva trioda, ki sega s svojim sistemom kar v merjeni prostor.

Kot vsi vakuummetri kažejo tudi ti nekatere nevšečnosti. Visoka temperatura katode lahko povzroči disociacijo prisotnih plinov ali par. Posledica tega je okvara katodne površine. Druga nevšečnost pa je skupna vsem ionizacijskim instrumentom, namreč pojav, da ioni in elektroni izbijajo iz površine elektrod adsorbirane molekule plinov. Na ta način se v merilnem prostoru pritisk stalno spreminja, kar vodi do nepravilnega merjenja. Precej teh nevšečnosti se znebimo, če poskrbimo, da je merilna glava vezana z dovolj debelo cevjo na merjeno mesto, tako, da zmanjšamo prehodne upornosti za pretekajoči se plin na minimum. Vsekakor moramo biti pri meritvah pod $10^{-4}$ tor previdni, če hočemo, da so meritve točne.




Sl. 11. Shema Knudsenovega vakuummetra.

Penningov vakuummeter in vakuummeter na ionizacijsko triodo se danes mnogo uporabljata. Vsi ionizacijski vakuummetri se dado uporabljati tudi za iskanje napak vakuumskega sistema, t. j. prepustnih mest, skozi katera po malem uhaja zunanji zrak v sistem. Iskanje takih napak je pogosto prav težavna, toda zelo nujna

naloga. Najdemo jih tako, da od zunaj pihamo na sistem curek vodika in ves čas gledamo na priključeni vakuummeter. Kadar curek zadene mesto, kjer je napaka, naraste pritisk v sistemu, ker vodik hitreje pronica skozi luknjico ali razpoko kot zrak. Najdrobnejša napaka, ki jo na ta način še lahko odkrijemo, je taka, ki spušča okrog 0,2 mikrograma zraka na sekundo, t. j. okrog 0,1 litra pri pritisku $10^{-3}$ tor. Do tisočkrat večjo občutljivost dosežemo na ta način, da ločimo merilno glavo ionizacijskega vakuummetra od sistema s paladijevim okencem, ki ga segrevamo. Segreti paladij prepušča vodik, zraka pa ne. Vakuummeter zaznava samo vodik, ki je skozi luknjico ali razpoko prodrl v sistem. Še ostrejši pripomoček za iskanje napak imamo v masnem spektrometru, ki ga uporabimo na podoben način.

### Knudsenov vakuummeter

V prostoru z razredčenim plinom imamo dve vzporedni plošči, od katerih je ena gibljiva. Če segrejemo pritrjeno ploščo (n. pr. z električnim tokom), se pojavi sila, ki skuša plošči razmakniti. Sila — imenuje se *radiometrska sila* — je odvisna od pritiska. Pri velikih pritiskih je ni; največja je, kadar je razmak plošč približno tolikšen kot prosta pot; še niže pa spet pojema. Ko je prosta pot že velika v primeri z razmakom plošč, je radiometrska sila sorazmerna pritisku (če smo odšteli pritisk sevanja). Radiometrski efekt torej lahko s pridom uporabimo za merjenje majhnih pritiskov. Na tem je osnovan *Knudsenov manometer.*

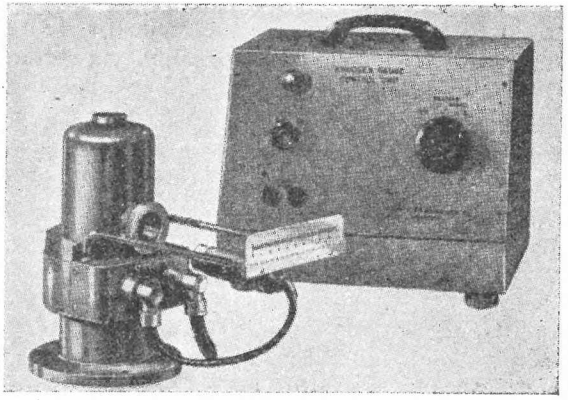
Oglejmo si še soroden pojav, ki ga bo laže razumeti! Posoda s plinom naj bo predeljena s steno, ki ima luknjico. Z gretjem vzdržujemo na obeh straneh različni temperaturi ($T_1$, $T_2$) in opazujemo pritisk. Kadar je luknja velika v primeri s prosto potjo, se pritiska izenačita. Če pa naredimo luknjo (ali pritisk) zadosti majhno, se sama pojavi razlika pritiskov — tako imenovani *termomolekularni pritisk.* Razlaga ni težka. Če sta pritiska enaka, pada na sekundo z ene strani več molekul kot z druge, tako da rezultira tok plina skozi luknjico. V stacionarnem stanju ni več toka, zato pa sta pritiska različna. Kadar je luknjica majhna v primeri s prosto potjo, je račun preprost: Na ploskovno enoto luknjice pada z ene strani $\frac{1}{4}n_1v_1$ molekul na sekundo, $\frac{1}{4}n_2v_2$ pa z druge strani. Pri tem sta $n_1$ in $n_2$ števili molekul na prostorninsko enoto, $v_1$ in $v_2$ pa povprečni hitrosti (gl. str. 11 pod črto ter str. 5). Iz diference dobimo gostoto toka: Masa pretočena na sekundo na ploskovno enoto je enaka $\frac{1}{4}\varrho_2v_2 - \frac{1}{4}\varrho_1v_1 = \frac{1}{4}(8M/\pi R)^{\frac{1}{2}}\left[p_2/T_2^{\frac{1}{2}} - p_1/T_1^{\frac{1}{2}}\right]$. V stacionarnem stanju je torej $p_2/p_1 = (T_2/T_1)^{\frac{1}{2}}$ ali, drugače zapisano: $\triangle p = p_1\left[(T_2/T_1)^{\frac{1}{2}} - 1\right]$.

Pri radiometrskem efektu je stvar le navidez drugačna: namesto ene polovice posode je tam prostor med ploščama, namesto druge prostor naokoli, namesto luknjice pa reža ob robu plošč. Majhna težava je v tem, da temperatura med ploščama ni dobro znana, niti ne dobro definirana. Gotovo se pa ne bomo preveč zmotili, če računamo, kot da je temperatura plina tu enaka aritmetični sredini temperatur obeh plošč, kar vnesemo v zgornjo enačbo.

Pri praktični konstrukciji takega manometra upoštevamo, da je laže meriti vrtilne momente, torej dvojice sil, kot pa posamezne sile. Sl. 11 kaže tako konstrukcijo. Na nitki obešena plošča je vrtljiva okrog navpične osi. Vroči plošči sta sedaj dve in sta nameščeni na diametralno nasprotnih straneh vrtljive plošče. Iz izmerjenega kota, za katerega se je plošča

zasukala, dobimo vrtilni moment, če poznamo torsijsko konstanto žice. Iz momenta pa — kot je iz zgornjega dovolj razvidno — lahko izračunamo pritisk, če poznamo temperaturi, velikost plošč in ročico.

Knudsenov manometer je poleg McLeodovega edini instrument, s katerim je mogoče — vsaj v območju, kjer je prosta pot dovolj velika — *absolutno* meriti, t. j. brez predhodne umeritve z drugimi manometri. V praksi ga pa kljub temu raje umerjamo, in sicer z McLeodom. S tem se izognemo meritvi obeh temperatur, in treba je le še skrbeti, da sta konstantni.



Sl. 12. Knudsenov vakuummeter v moderni izvedbi.

Območje pritiska, ki ga krije posamezni Knudsenov vakuummeter, je precej omejeno, saj je temperatura grelca edini nastopajoči spremenljivi parameter. Z različnimi vpenjavami sistema pa obsežemo v celoti območje od $10^{-2}$ do $10^{-7}$ tor. Niže ne moremo priti, ker je tu radiomerski pritisk že istega velikostnega reda kot pritisk sevanja. Pri pritisku $10^{-6}$ tor znaša pritisk sevanja okoli 5—10 % celokupnega pritiska, ki deluje na vrtljivo ploščo. Pri $10^{-8}$ tor pa odpade na pritisk sevanja že 80—90 %. Dobro je, da držimo temperaturo $T_1$ kolikor mogoče nizko, da dosežemo večje občutljivosti. Seveda predstavlja to precejšnje težkoče.

Gibljivi sistem instrumenta je običajno zelo občutljiv za nihanja, kar moti pri odčitavanju. Temu se ognemo na ta način, da sistem kolikor mogoče togo vpnemo in opremimo z magnetnim dušenjem. Sl. 12 kaže moderni instrument te vrste. Odklon opazujemo (kot pri zrcalnem galvanometru) na nekoliko oddaljeni skali s pomočjo svetlobne značke. Vakuummeter je le malo občutljiv za tresljaje; zato ga lahko namestimo direktno na vakuumski sistem preko velike odprtine (spodaj). Vakuummeter ima dvoje merilnih območij, odgovarjajočih dvema različnima temperaturama grelcev, in sicer polni odklon pri $10^{-4}$ tor ali pri $2{,}10^{-5}$ tor. Skala je dolga 10 cm in oddaljena 20 cm od sistema ter docela linearna.

* * *

*Večinoma so znanstveniki sami krivi, da ljudje ne razumejo duhovne koristi znanstvenega raziskovanja. Nikoli ne slišiš glasbenika ali kiparja ali pesnika, da bi opravičeval svoje delo s trditvijo, da z njim prispeva k telesnemu blagru družbe. Družba jih ceni, v kolikor jih sploh ceni, zaradi radosti, ki jo dajejo življenju. Znanstveniki pa poudarjajo materialne koristi, ki jih imamo od znanosti, ker to ljudje najlaže razumejo in priznavajo. Na ta način omalovažujejo in napačno prikazujejo prispevke znanosti k napredku človeštva. Znanstveno raziskovanje je med največjimi podvigi človeškega duha. Ko bodo ljudje razumeli smisel tega podviga, jim bo to obogatilo življenje in dvignilo življenjsko vero.*

D. W. Bronk, Science **109**, 478 (1949)

## Nove metode za merjenje svetlobne hitrosti

Od časa Römerjevega opazovanja Jupitra in njegovih lun je bilo izvedeno že mnogo meritev svetlobne hitrosti. Vsi rezultati meritev so zelo blizu vrednosti $3.10^8$ m/s. Birge je leta 1941 na podlagi dotedanjih meritev ocenil kot najverjetnejšo vrednost za svetlobno hitrost 299 776 $\pm$ 4 km/s. Ta vrednost je bila splošno sprejeta. Toda v zadnjih letih so naredili nekaj novih meritev, ki zahtevajo popravo gornje vrednosti.

V naslednji tabeli je pregled najvažnejših meritev v letih 1928 do 1951:

| Št. | Leto | Avtor | Metoda | $c$ (km/s) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1928 | Karolus-Mittelstädt | 2 Kerrovi celici | 299 786 $\pm$ 20 |
| 2 | 1932 | Michelson, Pease, Pearson | vrtljiva zrcalna prizma | 299 774 $\pm$ 11 |
| 3 | 1937 | Anderson | Kerrova celica in fotocelica | 299 771 $\pm$ 15 |
| 4 | 1940 | Hüttel | Kerrova celica in fotocelica | 299 772 $\pm$ 10 |
| 5 | 1941 | Anderson | Kerrova celica in fotocelica | 299 776 $\pm$ 14 |
| 6 | 1948 | Essen in Gordon-Smith | votlinski resonator | 299 792 $\pm$ 9 |
| 7 | 1949 | Bergstrand | Kerrova celica in fotocelica | 299 792 $\pm$ 2,4 |
| 8 | 1949 | Aslakson | radijski valovi | 299 792 $\pm$ 2,4 |
| 9 | 1950 | Houston | kremenov kristal | 299 782 $\pm$ 9 |
| 10 | 1950 | Essen | votlinski resonator | 299 792,5 $\pm$ 3 |
| 11 | 1950 | Bergstrand | Kerrova celica in fotocelica | 299 792,7 $\pm$ 0,25 |
| 12 | 1950 | Bol | votlinski resonator | 299 789 $\pm$ 0,6 |

Vse meritve lahko razdelimo v tri skupine: optične, radarske in meritve z votlinskim resonatorjem.

### *a) Optične meritve*

Pri optičnih meritvah dobimo svetlobno hitrost z merjenjem poti in časa: $c = s/t$.

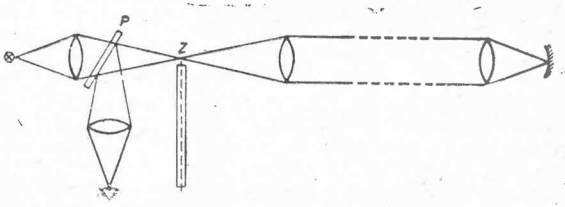
Razen pri Römerjevem astronomskem načinu so za meritev svetlobne hitrosti na razpolago le nekaj kilometrov dolge poti, ki jih preleti svetloba v nekaj stotisočinkah sekunde. Treba je torej meriti zelo kratke čase in v tem je glavni problem pri merjenju hitrosti svetlobe. Fizeau ga je rešil tako, da je zdrobil čas s pomočjo zobatega kolesa. Kolesu je večal hitrost vrtenja tolika časa, da je zadel odbiti svetlobni žarek nazaj grede na zob. Zobato kolo, ki ima $m$ zob in se zavrti $\nu$-krat na sekundo, se premakne za en zob v $1/m\nu$ sekunde. Izmeril je število vrtljajev na sekundo in tako dobil čas, ki ga je rabila svetloba za dano pot (slika 1).

Foucault, Michelson in drugi so zobato kolo nadomestili z vrtljivo zrcalno prizmo. Karolus in Mittelstädt pa sta leta 1928 prvikrat uporabila namesto mehanskega prekinjala Kerrovo celico. Kerrova celica je v bistvu kondenzator, ki ima za izolator tekočino, n. pr. nitrobenzol. Pod vplivom električnega polja postane taka tekočina dvolomna: obnaša se kot enoosni kristal z osjo v smeri polja. Če položimo na elektrodi visokofrekventno izmenično napetost, sledi dvolomnost nihanju izmenične napetosti in torej v enakih presledkih izginja. Ako leži celica vmes med prekrižanima nikoloma, izgine z dvolomnostjo vsakokrat tudi svetlobni tok. Na ta način imamo možnost, da moduliramo svetlobni tok.

Medtem ko je Fizeau z zobatim kolesom dosegel kvečjemu 10 000 prekinitev na sekundo, dobimo s Kerrovo celico v istem času do $10^7$ periodičnih sprememb svetlobnega toka. S tem pa se je za merjenje potrebna pot skrajšala od nekaj kilometrov na nekaj metrov.

Prednosti kratkih razdalj so: laže in natančnejše se dajo izmeriti (relativna natančnost do $10^{-6}$); temperatura, zračni tlak in vlaga vzdolž svetlobne poti so konstantni in vpliv zračnih tokov je manjši. Dalje omogoča Kerrova celica strogo sinusno modulacijo in relativno natančnost merjenja frekvence do $10^{-7}$. Pri mehanskih načinih pa motijo neogibne napake v razporeditvi zob in napake zrcal.

Seveda tudi Kerrova celica ni brez napak: prevodnost tekočine v celici, dielektrične izgube, disperzija Kerrovega efekta, temperaturna odvisnost Kerrove in dielektrične konstante povzročajo neskladnosti v merskih rezultatih.




Sl. 1. *Fizeaujeva meritev:* Na mestu $Z$ je nazobčan obod kolesa. Svetloba gre od izvora skozi utor do zrcala in se na njem odbije. Če zadene nazaj grede na utor, vidi opazovalec svetlobo, sicer pa temo. S spreminjanjem vrtilne hitrosti kolesa iščemo minimum osvetljenosti. Hitrost svetlobe je tedaj $c = 2mvs$.

Karolus in Mittelstädt sta za merjenje svetlobne hitrosti uporabila dve Kerrovi celici: z eno sta svetlobni tok modulirala; modulirani tok sta vodila naprej do zrcala, kjer se je odbijal, nato pa skozi drugo Kerrovo celico v oko opazovalca. Napetost na obeh celicah je bila v fazi. S spreminjanjem frekvence sta nato povzročila nastopanje minimov osvetljenosti pri isti poti svetlobe. Glavni problem je bil tu določitev frekvence, pri kateri je jakost svetlobnega toka minimalna; od tod pa sta dobila čas, ki ga svetloba rabi za pot med obema celicama.

Anderson je vršil merjenja v letih 1937 do 1941 s pomočjo Kerrove celice, s katero je moduliral svetlobni tok. Modulirani svetlobni tok je razcepil v dva žarka in ju usmeril proti dvema zrcaloma. En žarek se odbija že na prvem zrcalu proti fotocelici, drugi pa gre najprej proti drugemu zrcalu in šele od tod k fotocelici. Razdalja obeh zrcal predstavlja pot $s$, iz katere računamo hitrost svetlobe. Z obeh zrcal pada torej svetlobni tok istočasno na katodo fotocelice. Skozi fotocelico teče istosmerni tok, zaradi moduliranega svetlobnega toka pa je k temu dodana še visokofrekvenčna izmenična komponenta. Fotocelica je zvezana z ojačevalom, ki ojačuje le visokofrekventno komponento. Kadar pade modulacijski maksimum enega žarka na maksimum drugega, dobimo na ojačevalu maksimalno utripanje; če pa se srečata na katodi modulacijski maksimum enega in minimum drugega žarka, je visokofrekventna komponenta zelo slaba. S premikanjem zrcala moremo dobiti nekaj zaporednih minimov. Hitrost svetlobe moremo tedaj dobiti po enačbi $c = s/t = 2\nu s/n$, kjer je $s$ razdalja obeh zrcal, $n$ število minimov, ki jih dobimo pri pomikanju zrcala na tej poti, $\nu$ pa frekvenca moduliranja. Na ta način je dobil Anderson 299 776 $\pm$ 14 km/s.

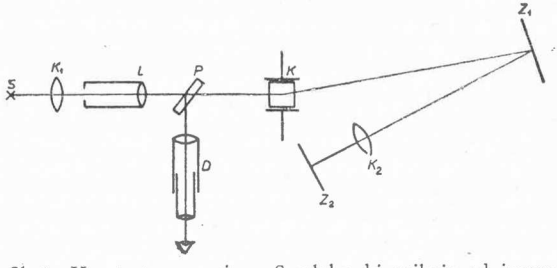
Podobno kot Anderson je meril Bergstrand leta 1950. Po tej metodi eksperimentator modulira s kristalnim oscilatorjem svetlobni izvor in napaja fotocelico (sl. 2). Jakost svetlobe je tedaj sinhronizirana z občut-

ljivostjo fotocelice, oboje pa niha s frekvenco oscilatorja. S premikanjem zrcala doseže, da pade minimum svetlobne energije na fotocelico v trenutku, ko je njena napetost najmanjša. Ta mesta lahko ugotovi zelo ostro, pri razdalji 10 km je največja možna napaka komaj 5 cm. Iz znane razdalje, znane frekvence kristala in števila minimov na tej razdalji se da izračunati hitrost svetlobe. Bergstrand je dobil rezultat 299 792,7 ± 0,25 km/s.

Houston je v letih 1949 in 1950 nadomestil zobato kolo s kremenovim kristalom. Kristal niha, če ga postavimo v izmenično električno polje. Če je električno polje v resonanci s katero izmed lastnih frekvenc kristala imamo stojno valovanje. Pri prehodu svetlobe v prečni smeri deluje tak kristal kot prekinjajoča uklonska mreža. Kadar je nihajoči kristal v amplitudinalni legi, uklanja svetlobne žarke v določenih smereh; če pa je v mirovni legi, prepušča žarke samo naravnost. Mreža nastane in izgine v vsaki periodi dvakrat. Houston je opazoval uklonski spekter prvega reda (slika 3). Uklonjena svetloba prečka znano razdaljo, se na koncu poti na zrcalu odbije in se vrača po isti poti nazaj. Če najde nazaj grede kristal v mirovni legi, jo ta prepušča kar naravnost in opazovalec ne dobi svetlobe; če pa je kristal spet v amplitudinalni legi, se žarek ukloni proti polprepustni planvzporedni plošči, tam pa se odbije v oko opazovalca. Kaj vidi opazovalec, svetlobo ali temo, je odvisno od lege zrcala $Z_2$. Pri stalni frekvenci moduliranja in rastoči razdalji zrcala nastopajo periodično svetlobna maksima in minima. Na ta način pa lahko dobimo vse, kar je za računanje hitrosti potrebno: pot $s$, frekvenco moduliranja $\nu$, in število $n$, ki pove, kolikokrat je kristal zanihal v času, ki ga rabi svetloba za pot $KZ_1 Z_2 Z_1 K$.

Sl. 2. *Bergstrandova meritev:* S kristalnim oscilatorjem modulira svetlobni tok in napaja fotocelico ter tako spreminja njeno občutljivost. S premikanjem zrcala lahko doseže, da je tok fotocelice najmanjši. Iz znane razdalje zrcala, znane frekvence kristala in števila minimov na tej razdalji se da izračunati hitrost svetlobe.

V neki meritvi, ki jo je izvedel Houston avgusta 1949. je bila razdalja $K Z_1 Z_2 Z_1 K$ enaka 78,02 m. Frekvenco kristala je določil tako, da jo je na katodnem oscilografu primerjal s frekvenco radijske postaje Droitwichu; bila je 106,596 Mc/s, število $n$ pri tej frekvenci pa 55. Iz teh podatkov je izračunal čas, ki ga je rabila svetloba za izmerjeno pot ($259,2 \cdot 10^{-6}$ s), od tod pa hitrost svetlobe. Z upoštevanjem vseh potrebnih korektur je končno dobil vrednost 299 782 ± 9 km/s.




Sl. 3. *Haustonova meritev:* Svetloba, ki prihaja od izvora $S$ skozi sistem leč $K$ in $L$ in polprepustno planvzporedno ploščo $P$, se na nihajočem kristalu $K$ uklanja in modulira. Modulirana svetloba se na zrcalu $Z_1$ odbija proti $Z_2$, nato pa po isti poti nazaj do $P$ in od tod v oko opazovalca.

### *b) Radarske meritve*

Pri radarski metodi merijo hitrost elektromagnetnih valov, ki je v brezzračnem prostoru enaka hitrosti svetlobe. Daljavo izmerijo z navadno triangulacijsko metodo, čas pa odčitajo na katodni cevi. Aslakson je

s svojimi sodelavci meril na 47 progah, dolgih od 100 do 300 kilometrov. Iz dobljenih meritev je našel za svetlobno hitrost 299 792 $\pm$ 2,4 km/s.

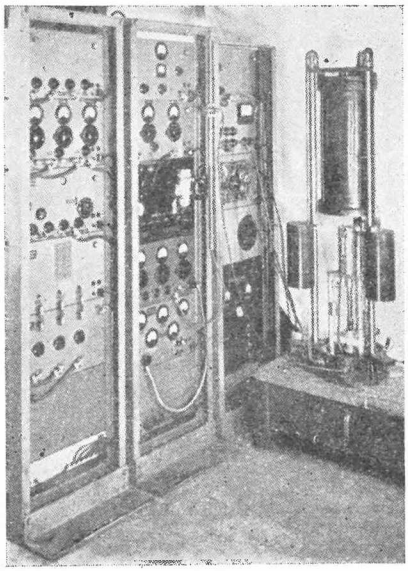
*c) Meritve z votlinskim resonatorjem*

Ta metoda se bistveno loči od ostalih v tem, da ne merimo poti in časa, ki ga svetloba rabi za to pot, marveč valovno dolžino in frekvenco elektromagnetnega valovanja: $c = \lambda\nu$. Razmere so popolnoma podobne razmeram pri meritvi zvočne hitrosti v Kundtovi cevi. Tu se valovanje na steni odbija in odbiti val interferira z vpadnim. Če je razdalja nasprotnih sten $n\lambda/2$ ($n$ je celo število), nastane stojno valovanje z vozli na določenih mestih. Razdalja dveh zaporednih vozlov je $\lambda/2$.

Enako je pri elektromagnetnem valovanju. Znano je, da se kratki električni valovi širijo vzdolž kovinske cevi in da ima taka zaprta cev svoje lastne frekvence, ki se dajo iz geometrijskih razsežnosti zelo natančno določiti. Za valjasto cev dobimo lastno frekvenco po obrazcu:

$$\nu_n = c\left(1 - \frac{1}{2Q}\right)\sqrt{\left(\frac{a}{\pi d}\right)^2 + \left(\frac{n}{2l}\right)^2}$$

kjer je $Q = \omega L/R = 1/R\omega C$; dalje je $l$ dolžina, $d$ premer valja, $c$ hitrost svetlobe, $n$ število polovičnih valovnih dolžin v resonatorju, $a$ pa neka, za vrsto valovanja značilna konstanta. Za valovanje $E_{011}$ je na primer $a = 2{,}404825$. Essen in Gordon-Smith sta delala s posrebrenim valjem z dolžino 8,5 cm in premerom 7,4 cm; Q je bil 14 000.



Sl. 4. *Votlinski resonator in izvor mikrovalov.* Resonator je na desni skupaj s poveznikom, ki ga lahko spustimo in evakuiramo zrak. Resonator vzbujamo s katero koli izmed višjih harmoničnih frekvenc kristala. Pomnoževanje frekvenc se vrši v levem delu naprave, kjer je tudi sprejemnik za ugotavljanje resonance. L. Essen, Proc. Roy. Soc. *240*, 260 (1951).

Pri najnovejšem merjenju je Essen uporabljal valjast votlinski resonator, čigar dolžina se da z batom spreminjati. Njegovo merilno napravo kaže slika 4. S spreminjanjem dolžine resonatorja lahko dobimo zaporedna resonančna mesta, ki si slede v razdalji $\lambda/2$. Iz poznane resonančne frekvence in razsežnosti resonatorja lahko tedaj izvedemo hitrost elektromagnetnega valovanja iz gornjega obrazca. Essen je leta 1950 dobil na ta način vrednost 299 792 $\pm$ 3 km/s. Hansen in Bol pa sta pri najnovejšem merjenju dobila rezultat 299 789 $\pm$ 0,6 km/s.

Dobro ujemanje rezultatov, ki so jih dale natančne optične metode (Bergstrand) ter radarska in zadnja z votlinskim resonatorjem, je obenem potrdilo 90 let staro Maxwellovo teorijo, po kateri je svetloba le ozek pas elektromagnetnega valovanja z valovnimi dolžinami 0,4 — 0,8 $\mu$.

Če tvorimo iz meritev št. 1, 4, 5, 8, 9—12 v razpredelnici povprečje, pri čemer damo vsaki meritvi enako utež in vsakega avtorja vzamemo le

enkrat, dobimo za svetlobno hitrost kot najverjetnejšo vrednost 299 785 km/s. Nedavno pa sta DuMond in Cohen z upoštevanjem meritev 8, 10, 11, 12 kot najnatančnejših izračunala za svetlobno hitrost povprečje

$$c = 299\,790{,}2 \pm 0{,}9 \text{ km/s}.$$

B. Kvaternik


LITERATURA:

R. A. Houston: A Measurement of the Velocity of Light. Proc. Roy. Soc. of Edinburgh, A *43*, 95 (1949-50).

L. Essen: Velocity of Light and of Radio Wawes. Nature, *165*, 582 (1950).

E. Bergstrand: Velocity of Light. Nature, *165*, 405 (1950).

E. Bergstrand: Velocity of Light and Measurement of Distances by High-Frequency Light Signalling. Nature, *163*, 338 (1948).

L. Essen and A. E. Gordon-Smith: Proc. Roy. Soc., A *194*, 348 (1948).

L. Essen: The Velocity of Propagation of Electromagnetic Wawes Derived from the Resonant Frequencies of a Cylindrical Cavity Resonator. Proc. Roy. Soc., *A 204*, 260 (1951).

K. Bol: A Determination of the Speed of Light by the Resonant Cavity Method. Phys. Rev., *80*, 298 (1950).

A. Karolus: Einige Bemerkungen zu den *c*-Bestimmungen der letzten Jahre. Zeitschrift für Naturforschung, *6 a*, 411 (1951).


## DROBNE VESTI

*Uran 236.* Pri uranu poznajo že vse izotope od mase 228 do 239. Do nedavnega je bila v tej vrsti še vrzel: $U^{236}$. Z reakcijo $U^{235}$ (n, $\gamma$) tega izotopa spočetka niso mogli dobiti, ker povzročijo nevtroni cepitev jedra. Natančnejša opazovanja pa so pokazala, da cepitev ne nastopi v vsakem primeru: jedro $U^{235}$ včasih absorbira nevtron, ne da bi se cepilo.

V vzorcu urana, ki so ga obogatili z izotopom 235 in ki so ga delj časa obsevali v kopi, so končno z masnim spektrografom odkrili izotop $U^{236}$. Z natančno energijsko analizo žarkov $\alpha$ so našli skupino žarkov z malo drugačno energijo (4,5 MeV), kot jo ima glavna skupina iz urana 235 (4,4 MeV). Šteli so ene in druge žarke in iz razmerja pogostosti ocenili aktivnost novega izotopa. Približno so določili koncentracijo, tako da so lahko ocenili razpolovni čas: $2.10^7$ let.

A. Ghirso, J. W. Brittain, W. M. Manning and G. T. Seaborg: The Uranium Isotope $U^{236}$. Phys. Rev. *82*. 558 (1951).

*Nov način dobivanja kalifornija.* Transuranske elemente so doslej dobivali z obsevanjem urana z nevtroni, devteroni ali delci alfa. V več stopnjah so prišli do 98. elementa — kalifornija. Ugotovili so, da je mogoče doseči večji skok v atomskem številu, če obsevamo z delci, ki imajo večji naboj. Pri obsevanju z jedri $C^{12}$ z energijo 120 MeV se je atomsko število povečalo včasih celo za 6. Pričakovali so zato, da bo mogoče z obsevanjem urana s takimi delci v enem skoku priti do kalifornija.

Ploščico naravnega urana so obsevali z jedri $C^{12}$ v 1,5 metrskem Berkeleyskem ciklotronu. Potem so ploščico raztopili v HCl, kot nosilec dodali $LaF_3$ in odločili transplutonijske elemente z ionsko izmenjavo. Lantan so zopet odstranili in posušili raztopino na platinski ploščici. Z energijsko analizo žarkov so našli žarke $\alpha$ z energijo $7{,}15 \pm 0{,}05$ MeV, kakršne daje kalifornij 244. Tudi razpolovna doba se je ujemala: 45 minut. Ta izotop je nastal z reakcijo $U^{238}(C^{12},6n)Cf^{244}$.

Ko je 45 minutna aktivnost upadla, so še preostali žarki alfa z energijo 6,75 MeV, katerih število je upadalo z razpolovnim časom 35 ur. Domnevajo, da izvirajo iz izotopa $Cf^{246}$, ki da je nastal z reakcijo ($C^{12}$,4n). To bi bil do danes najtežji poznani izotop.

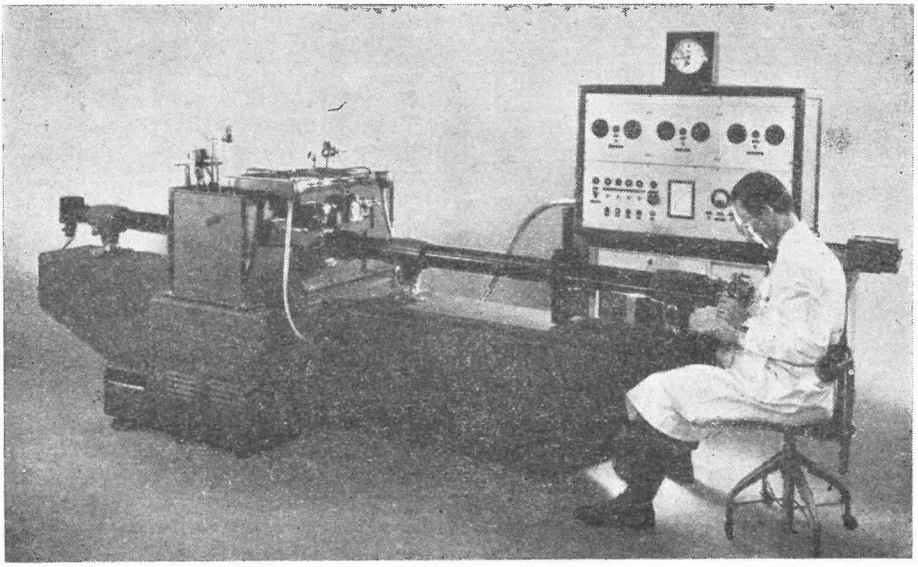
A. Ghiorso, S. G. Thompson, K. Street, Jr., and G. T. Seaborg: Californium Isotopes from Bombardment of Uranium with Carbon Ions. Phys. Rev. *81*, 154 (1951).

# NOVI INSTRUMENTI

## Nov aparat za elektroforezo

Tvrdka **LKB-Produkter Fabriksaktiebolag, Stockholm** je izdelala nov tip aparata za elektroforezo z oznako 3021 (Tiselius-Svensson). Ta aparat je uporaben tudi za merjenje difuzije in absorpcije, t. j. za vse analizne metode, ki so osnovane na natančnejšem merjenju lomnega količnika.

Aparat združuje obe znani optični metodi določanja sprememb lomnega količnika: migotice in interferenco*. Po čemer se razlikujejo od stare metode je to, da potekajo tu interferenčne črte v smeri celičnega kanala.



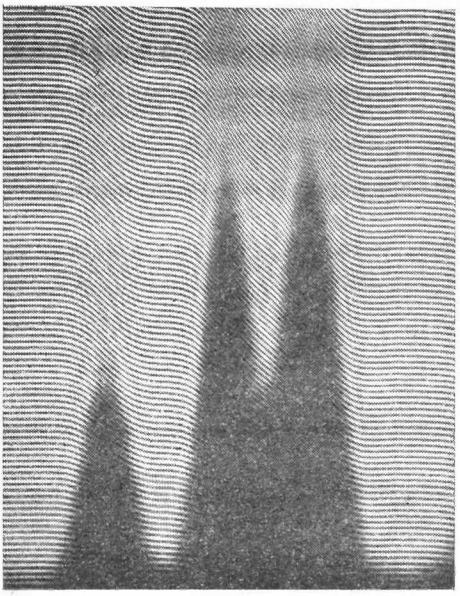
Sl. 1. Na skrajni levi: izvor svetlobe, nato termostat s hladilno napravo (spodaj), v optični osi dalje vertikalna premična reža in kamera. V ozadju ohišje s kontrolnimi instrumenti.

Kot rezultat dobimo na fotografski plošči istočasno dve sliki. Prva ima obliko temnih zobcev (Longsworth) in predstavlja gradient lomnega količnika vzdolž celičnega kanala, druga ima pa obliko črnobelih trakov, nastalih zaradi interference. Ti trakovi, ki so med seboj vzporedni, kažejo potek lomnega količnika samega. Obris zobcev predstavlja torej odvod interferenčnih krivulj; le-te pa predstavljajo nedoločni integral onega obrisa.

Pri Longworthovi metodi z migoticami pridemo do koncentracije posameznih komponent z integracijo, torej tako, da izmerimo ali izračunamo ploščino, ki jo tvori zobec krivulje z osnovnico. Pri stari interferometrski metodi pridemo do istega rezultata grafično. Pri kombinirani metodi pa določimo koncentracijo koloidnih komponent enostavno tako, da pogledamo, za koliko se premakne vsaka interferenčna krivulja

* Glej članek o elektroforezi v 3. številki lanskega letnika.

v območju posameznega zobca. Tam, kjer je tekočina homogena, so interferenčni trakovi vodoravni in ni nobenega zobca. V območju, kjer se lomni količnik spreminja, ima interferenčna krivulja stopnico, spodaj je pa zobec. Višina stopnice ali pa ploščina zobca nam povesta spremembo lomnega količnika. Ta pa je sorazmerna koncentraciji posamezne komponente. Merilo za merjenje višine stopnic imamo že na sliki sami. Enota je razmak dveh sosednjih pasov, ki ustreza razliki optičnih poti za valovno dolžino. Prešteti je le treba, koliko trakov pride na stopnico. Zobci služijo kot znamenja, ki očitno kažejo, na katerih mestih preskoči lomni količnik.



Sl. 2. Posnetek, ki ga dobimo s kombinacijo metod migotic in interference (povečano).

Trakove preštejemo s filma, na katerega smo registrirali krivulje. To izvršimo s pomočjo navadnega merilnega mikroskopa. Lahko pa napravimo tudi dovolj velik pozitiv in preštejemo interferenčne trakove s prostim očesom. Najmanjša koncentracija koloida, ki jo še lahko razločimo po tej metodi, znaša $2{,}5 \cdot 10^{-6}$. Ta meja je odvisna od kakovosti optičnega sistema, od možnosti razločevanja črt na filmu in od preciznosti dela. Tako je pri manj natančnem rutinskem delu občutljivost desetkrat manjša.

Aparatura vsebuje vse elemente, ki jih že poznamo, vključno optični sistem. Kot izvor svetlobe služita živosrebrna in volframova svetilka v zvezi s serijo spektralnih filtrov. Pot žarkov gre skozi hermetično zaprte cevi, ki izključujejo prah in vlago. Vodni termostat lahko sprejme 3 elektroforezne celice Tiseliusovega tipa. Te celice lahko električno premikamo, da moremo katerokoli izmed njih vsak čas postaviti v optično os. Posnetke delamo s fotokamero zrcalnega tipa (format $24 \times 36$ mm). Aparatura je opremljena z usmerniki, stabilizatorji napetosti in regulatorji toka (0 do 50 mA), in to za vsako celico posebej. Na stikalni plošči so dalje gumbi s kontrolnimi žarnicami za hladilno napravo, mešalo, izvor svetlobe, kakor tudi gumbi za eventualno menjanje polov.

P. Dolar

* * *

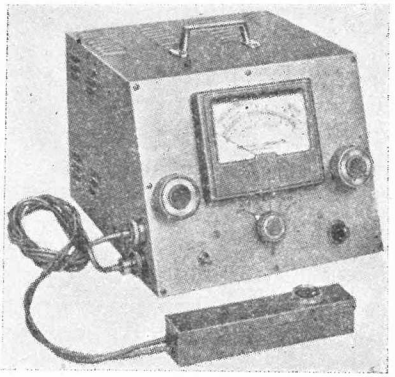
*Pri vsakem znanstvenem delu je odločilnega pomena tudi okolje, v katerem človek dela, in za velik del svojega uspeha se mora zahvaliti temu okolju.*

*Pierre Curie, nastopno predavanje na Sorboni leta 1904*

## Fotometer z elektronsko pomnoževalko

Tvrdka *Photovolt Corp., 95 Madison Ave, New York 16, N. Y.*, je izdelala zelo občutljiv fotometer z označbo 520, ki ima namesto navadne fotocelice elektronsko pomnoževalko. Tok iz elektronske pomnoževalke se ojači v enosmernem ojačevalniku visoke zmogljivosti. Njegovo jakost razberemo na galvanometru.

Kot je razvidno iz slike, je fotometer sestavljen iz dveh delov. Manjši del vsebuje elektronsko pomnoževalko in delilnik napetosti, ki dovaja napetost posameznim elektrodam pomnoževalke. Na zgornji strani ima okence s premerom približno 2,5 cm. Pred okence lahko pritrdimo filtre. Drugi del vsebuje ojačevalnik, stabilizator in galvanometer. Dvostopenjski ojačevalnik ima v vsaki stopnji po dve elektronki v protistiku in je pripriključen na omrežno napetost. Napetost je tako dobro stabilizirana, da spremembe omrežne napetosti do 20 % ne vplivajo na meritve.



Galvanometer ima štiri obsege, in sicer 0,01, 0,1, 1 in 10 mikrolumnov pri celotnem odklonu na skali. Gumb na desni sprednji strani aparata služi za regulacijo občutljivosti, gumb na levi pa za regulacijo ničlišča. Vse elektronske cevi, ki jih vsebuje aparat, so zelo malo obremenjene in ne kažejo pojavov utrujenosti. Zato je Photovolt uporabljiv tudi pri dalj časa trajajočih meritvah.

Izdelujejo dvoje takih instrumentov, 520A in 520M, ki se razlikujeta po občutljivosti in obsegih galvanometrov. Model 520 A je pripraven predvsem za merjenje počrnitve fotografskega materiala. Zgornja skala galvanometra je logaritmična in že kar umerjena na počrnitev (ekstinkcijo), medtem ko je spodnja namenjena fotometričnim meritvam; na njej lahko prečitamo prepustnost v procentih.

Model 520 M je porabljiv zlasti pri tistih fotometričnih merjenjih, kjer je potrebna zelo velika občutljivost. Njegova največja občutljivost je 20 krat večja kot pri modelu 520 A. Z njim je še mogoče meriti svetlobni tok $10^{-10}$ lm.

Spektralno območje elektronske pomnoževalke 21-C je od 300 do 700 m$\mu$. Za delo v ultravijoličnem območju jo lahko zamenjamo s cevjo 28-B, ki dovoljuje meritve od 200 do 700 m$\mu$. Za bližnje infrardeče področje (do 800 m$\mu$) je najprimernejša pomnoževalka 22-F.

Instrument je trpežno in trdno grajen ter prenosen. Zaradi velike občutljivosti ga lahko rabimo za astrofotometrijo, densitometrijo, absorpcijsko spektrofotometrijo, plamensko fotometrijo, fluorescenčno analizo in merjenje scintilacij v kristalu.

Cena modela 520 A je 425 $, modela 520 M pa 475 $.

S. Kandare

# POUK

## Pravila za določanje smeri pri elektromagnetnih pojavih

Pri pouku elektromagnetizma na srednji šoli uporabljamo razna mnemotehnična pravila za določanje smeri magnetnih silnic, sile ali električnega toka. Pravila so po večini prav nerodna in tudi med sabo niso povezana. To ni v prid niti pouku, niti razumevanju elektromagnetnih pojavov. Na vsak način je tu potrebna odločna revizija*. V učbenikih najdemo predpise, ki se nam zdijo kot nekake okamenine v razgibanem življenju sodobne fizike. Nekatera pravila so kaj prisiljena in delajo vtis, kot bi bila za lase privlečena. V vzgojnem oziru je nerodno, da je za isti pojav celo več pravil; prave pošasti so pa pravila — in ta so najvažnejša, ki si jih zapomniš le z veliko težavo!

Oglejmo si nekaj primerov! Za zvezo med smerjo električnega toka in smerjo magnetnih silnic je v rabi Amperovo »plavaško pravilo«, »desnično pravilo« ter Maxwellovo »svedrsko« ali »vijačno pravilo«. Torej kar troje pravil za eno in isto povezanost! Katerikrat se uporablja posebno pravilo za določanje polarnosti solenoida, ki je odveč, ker zadostuje eno izmed pravkar navedenih pravil. Kar za zgled so pa pravila »desne« in »leve roke«. Namreč za zgled nerodnosti in neuporabljivosti. Njihova edina dobra stran je, da jih kaj hitro pozabimo, dijaku pa delajo samo nepotrebne preglavice.

Pravilo je samo sredstvo in ne namen. Če je več pravil na izbiro, se bomo odločili pač za tisto, ki je priročneje; nikakor nas ne smejo pri tem voditi zgodovinski ali kaki drugi oziri. V naslednjih vrstah podajam sestav pravil, ki je kar se da preprost, lahko uporabljiv in ki si ga brez težave zapomnimo.

Najprej potrebujemo pravilo za zvezo med smerjo električnega toka in smerjo magnetnih silnic okrog vodnika. Izmed zgoraj navedenih treh pravil je brez dvoma najboljše Maxwellovo svedrsko pravilo. Skoraj odveč je, da bi ga še priporočal. Prisvojitev tega pravila dijaku pač ne more delati težav. Saj ima vsak dan opravka s kakim privijanjem ali odvijanjem; pomislimo samo na vodovodno pipo! Glavno je, da zna dijak pravilo takoj in zanesljivo uporabljati.

Drugo pravilo potrebujemo za medsebojni vpliv dveh magnetnih polj, ki delujeta drugo na drugo. Tu rabijo tista nerodna pravila desne in leve roke. Ravno proti njim je obrnjena moja ost. Namesto njih postavljam naslednje preprosto pravilo:

*Nariši po eno silnico obeh magnetnih polj, toda tako, da se silnici ne sečeta; potem si predstavljaj, da se istosmerni silnici odbijata, nasprotismerni pa privlačita!*

---

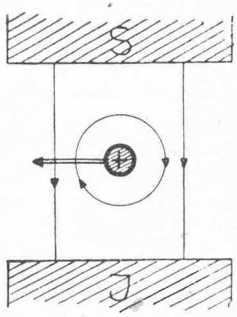
* Kadar že poznamo vektorski račun, taka pravila niso več potrebna, ker pišemo:

$$\text{rot } \mathbf{H} = \mathbf{i},\ \text{rot } \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t},\ \mathbf{E} = \mathbf{v} \times \mathbf{B},\ \mathbf{F} = e\,\mathbf{v} \times \mathbf{B},\ \mathbf{F} = \int \mathbf{I} \times \mathbf{B}\, ds \text{ itd.}$$

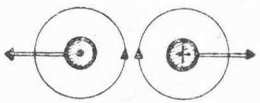
Edinole svedrsko pravilo moramo imeti, ker je z njim predpisana smer vektorskega produkta in smer rotorja. V srednji šoli, kjer ni mogoče učiti vektorskega računa, so k enačbam, kot na pr. $H = In/l$, $U \doteq d\Phi/dt$, $U = vBl$, $F = IBl$, vsekakor potrebna dopolnilna pravila; pravila povedo smeri ali predznake pri količinah, ki jih dobimo iz teh enačb. — Op. ur.

Pravila si ni težko zapomniti, ker se glasi enako kot pravilo za odboj ali privlak magnetnih polov ali električnih nabojev. Skupaj s svedrskim pravilom imamo sestav pravil, ki zadošča v vsakem primeru. Oglejmo si nekaj zgledov:

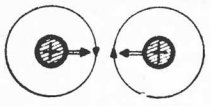
1. *Gibljiv vodnik v magnetnem polju* (sl. 1). Silnice magneta teko od zgoraj navzdol. Smer električnega toka gre v papir; po Maxwellovem pravilu narišemo silnico okrog vodnika. Paziti moramo, da se silnice ne sečejo! Vidimo, da sta silnici obeh polj na desni strani istosmerni, zato se odbijata, silnici na levi pa se privlačita, ker sta nasprotismerni. Vodnik se torej premakne v *levo*.



Sl. 1. Gibljiv vodnik v magnetnem polju.



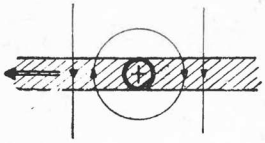
2. *Privlak in odboj dveh vzporednih vodnikov* (sl. 2). Mislim, da sliki ne potrebujeta nobenih pojasnil.



Sl. 2. Privlak in odboj dveh vzporednih vodnikov.

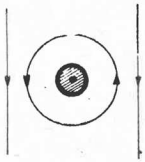
3. *Nastanek in smer inducíranega toka pri premikanju vodnika v magnetnem polju.* Gibajoči naboj se obda z magnetnim poljem. V vsakem vodniku pa so prosto gibljivi električni delci, ki jih smemo smatrati za pozitivne (sl. 3). Vodnik seče silnice, tekoče zopet od zgoraj navzdol. Vodnik naj se giblje od opazovalca proti papirju. Pozitivni električni delec, ki se giblje z vodnikom, predstavlja tok v isto smer. Narišemo silnice kot v primeru 1; sile med silnicami ženejo delec proti *levi;* isto smer ima tedaj tudi inducirani tok.

4. *Izpeljava Lenzovega pravila pri prejšnjem zgledu* (sl. 4). Na tej sliki je prejšnji vodnik pravokotno presekan, električni tok usmerjen proti opazovalcu, vodnik pa se giblje proti levi. Narišimo silnico, ki jo naredi inducirani tok, pa bomo videli, da se je pojavila med silnicami sila, ki gibanje vodnika *zavira*.



Sl. 3. Indukcija pri premikanju vodnika.

5. *Nastanek in smer induciranega toka pri mirujočem vodniku.* Ker je vsako gibanje relativno, ostane sl. 3 v veljavi tudi takrat, če se gibljejo silnice polja, vodnik pa miruje. V našem primeru se morajo silnice gibati proti opazovalcu. Pri spremenljivem magnetnem polju in mirujočem vodniku pomeni ojačevanje polja toliko, kakor gibanje silnic od njihovega izvora proti vodniku, in slabljenje polja, gibanje silnic v obratni smeri. Navedeni sestav pravil velja tedaj tudi v primeru mirujočega vodnika.



Sl. 4. Izpeljava Lenzovega pravila.

Za smer toka smo vzeli, kot je to v navadi, smer gibanja pozitivnih električnih delcev. Če hočemo obravnavati pojave pri gibanju negativnih delcev (elektronov), je najbolje, da si namesto njih mislimo pozitivne delce, ki se gibljejo v nasprotno smer.

S. Breskvar

## Katere tuje revije za matematiko in fiziko imamo v Ljubljani

V seznamu podajamo pregled revij, ki jih imajo naše knjižnice in instituti. Pregled je podan po temle redu: Ločeno so navedene revije za matematiko in za fiziko. Revije, ki obsegajo oboje, so navedene pri revijah za fiziko; revije za matematiko in mehaniko so uvrščene pri matematiki. Bolj splošne revije, ki prinašajo članke tudi s področja matematike in fizike, so navedene posebej kot tretja skupina. Pri vsaki reviji je povedano, katere letnike ima ta ali ona knjižnica. Kratice pomenijo:

CTK = Centralna tehnična knjižnica
ETF = Elektrotehniška fakulteta
FI = Fizikalni institut
FIM = Fizikalni institut medicinske visoke šole
FO = Francoski oddelek narodne in univ. knjižnice
IFK = Institut za fizikalno kemijo
ITM = Institut za tehnično mehaniko
IUM = Institut za uporabno matematiko
KI = Kemični institut tehn. visoke šole
KI SAZU = Kemični institut SAZU
MI = Matematični institut
NUK = Narodna in univerzitetna knjižnica
SAZU = Slovenska akademija znanosti in umetnosti
VPŠ = Višja pedagoška šola

(B) = Revije, ki prinašajo bibliografijo in kratke izvlečke člankov
(R) = Revije, ki prinašajo daljše referate in kompilacije

### *1. MATEMATIKA*

**Acta Mathematica**, Uppsala
MI: *22* (1899) do *83* (1950) — NUK: *1* (1882) do *25* (1902)

**American Journal of Mathematics**, Baltimore
MI: *71* (1949) — IUM: *72** (1950)

**Annales scientifiques de l'Ecole normale supérieure**, Paris
MI: I. *1* (1864) do I. 7 (1870), II. *1* (1872) do III. *40* (1923)

**Annales Universitatis M. Curie-Sklodowska**, Sec. A, Lublin
NUK: *1* (1946) do *3* (1949) — SAZU: *3* (1949), *4* (1950)

**Annals of Mathematics**, Princeton
MI: II. *47* (1946)

**Arkiv för matematik**, Stockholm
IUM: *1** (1949-51)

**Bulletin of the American Mathematical Society**, Menasha, New York
MI: *36* (1930), *45* (1939) — NUK: *46* (1940) do *50* (1944)

**Bulletin des sciences mathématiques**, Paris
MI: II. *45* (1921) do *63* (1939) — NUK: II. *45* (1921), *48* (1924)

**Bulletin de la Societé mathematique de France**, Paris
CTK: 77* (1949)

**Duke Mathematical Journal**, Durham
MI: *2* (1936), *5* (1939), *8* (1941), *10* (1943), *11* (1944)

**Intermédiaire de recherches mathématiques**, Paris
FO: *2* (1946), *3* (1947)

**Izvestija Akademii nauk SSSR, Ser. matematičeskaja, Moskva**
MI: *10* (1946) do *13* (1949) — NUK: *10* (1946), *11* (1947) — IUM: *11* (1947), *12** (1948), *13* (1949)

**Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, Berlin (B)**
MI: *1* (1868) do *67* (1941)

**Jahresbericht der deutschen Mathematikervereinigung, Leipzig, Berlin**
MI: *1* (1892) do *51* (1941)

**Journal de l'école polytechnique, Paris**
MI: I. *1* (1817) do II. *19* (1915)

**Journal of the London Mathematical Society, London**
MI: *22** (1947), *25** (1950), *26* (1951) — IUM: *24* (1949)

**Journal de mathématiques pures et appliquées, Paris**
MI: I. *1* (1937) do VIII. *1* (1918), VIII. *4* (1921) do IX. *14* (1935), IX. *16* (1937) do IX. *18* (1939) — NUK: IX. *28* (1949) — IUM: IX. *28* (1949) — CTK: IX. *29* (1950)

**Journal für die reine und angewandte Mathematik, Berlin**
MI: *1* (1826) do *185* (1943)

**Matematičeskij sbornik, Novaja serija, Moskva**
MI: *18* (1946) do *25* (1949) — NUK: *20* (1947), *21* (1947) — CTK: *26* (1950), *27* (1950)

**Matematika v škole, Leningrad**
IUM: 1947, 1949

**The Mathematical Gazette, London**
IUM: *33* (1949), *35* (1951)

**Mathematical Reviews, New York (B)**
MI: *1* (1940) do 7 (1946)

**Mathematische Annalen, Berlin**
MI: *1* (1868) do *118* (1943), *122* (1950)

**Mathematische Zeitschrift, Berlin**
MI: *1* (1917) do *49* (1944)

**Monatshefte für Mathematik, Wien**
CTK: *54* (1950), *55* (1951) — IUM: *55* (1951)

**Osaka Mathematical Journal, Osaka, Japan**
MI: *1* (1949), *2* (1950)

**Prikladnaja matematika i mehanika, Akad. Nauk SSSR, Moskva**
IUM: *11* (1947) do *13* (1949) — CTK: *14* (1950)

**Proceedings of the American Mathematical Society, Menasha, New York**
CTK: *1* (1950)

**Proceedings of the London Mathematical Society, London**
MI: II. *50** (1948) do *52** (1950)

**The Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics, Oxford, London**
CTK: *3* (1950), *4* (1951)

**Rendiconti del circolo matematico di Palermo, Palermo**
MI: *21* (1905) do *38* (1914)

**Tensor, Sapporo, Japan**
SAZU: *5* (1942) do *9* (1949) — FI: New Series *1** (1950)

**Transactions of the American Mathematical Society, Menasha, New York**
MI: *54* (1943) do *57* (1945), *59* (1946)

**Trudi matematičeskogo instituta imeni V. A. Steklova, Akad. Nauk SSSR, Moskva**
MI: 12, 14 do 17 (1945), 23 (1947), 25, 26 (1949)

**Uspehi matematičeskih nauk, Moskva, Leningrad**
MI: 3* (1948)

**Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik, Dresden, Berlin**
ITM: *1* (1921) do *22* (1942) — ETF: *1* (1921) do *12* (1932) — CTK: *30* (1950)

**Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete, Berlin**
CTK: *32* (1949/50) do *34* (1950)

## 2. FIZIKA

**Acta Physica Austriaca**, Wien
FI: *1* (1947) do *4* (1950/51) — CTK: *3* (1949), *4* (1950/51)

**Acta Physica Polonica**, Krakow
FI: *1* (1932) do *5* (1936), *6** (1937) do *8** (1939), *9* (1947/48), *10* (1950/51) — NUK: *2* (1933) do *5* (1936), *8* (1939), *9* (1947/48)

**Akustische Zeitschrift**, Leipzig
ETF: *3* (1938) do *5* (1940)

**American Journal of Physics**, New York
FI: *14* (1946) do *19* (1951) — CTK: *18* (1950), *19* (1951)

**Annalen der Physik**, Leipzig
NUK: *1* (1799) do *429* (1940) — CTK: VI. *7* (1950) — FI: VI. *5* (1949) do *9* (1951)

**Annales Academiae Scientiarum Fennicae**, Ser. A, I. Math.-Phys., Helsinki
FI: *1—10* (1941) do *80—91* (1951)

**Annales de chimie et de physique**, Paris
FI: VII. *19* (1920) do VIII. *30* (1913)

**Annales de physique**, Paris
FI: IX. *1* (1914) do *12* (1919), X. *10* (1928) do XII. *6* (1951) — CTK: XII. *5* (1950) — FIM: XII. *5* (1950)

**Annales Universitatis M. Curie-Sklodowska**, Sec. AA, Lublin
NUK: *1* (1946)

**Applied Scientific Research**, Sec. A, The Hague
FI: *1* (1949), *2* (1951)

**Applied Scientific Research**, Sec. B, The Hague
FI: *1* (1950), *2* (1951)

**Arkiv för fysik**, Stockholm
FI: *1* (1949), *2** (1950), *3* (1951)

**Atomics**, London
CTK: *1** (1950) — FI: *2** (1951)

**British Journal of Applied Physics**, London
FI: *1* (1950), *2* (1951)

**Bulletin of the Bureau of Standards**, Washington
FI: *3* (1907) do *11* (1914/15) nepop.

**Canadian Journal of Research**, Sec. A, Ottawa
FI: *14* (1936) do *29* (1951)

**Contribution from the Jefferson Phys. Laboratories of Harvard University**, Cambridge, Mass.
FI: *1* (1903) do *4* (1906), *6* (1908) do *8* (1910), *11* (1913/15) do *14* (1919/20), *17* (1924/25) do *21* (1930/31)

**Časopis pro pěstování matematiky a fisiky**, Praha
FI: *72* (1947), *73** (1948)

**Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften**, Berlin (R)
FI: *1* (1922) do *18* (1939), *21* (1945) do *24* (1951) — ETF: *1* (1922) do *15* (1936) — CTK: *23* (1950)

**Fizika v škole**, Leningrad
FI: 1946*, 1947, 1948*, 1949 — VPŠ: 1947*, 1948*

**Die Fortschritte der Physik**, Braunschweig (B)
FI: *1* (1845) do *74* (1918)

**Halbmonatlisches Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik**, Braunschweig (B)
FI: *1* (1902) do *18* (1919)

**Hevetica Physica Acta**, Basel
FI: *13* (1940) do *24* (1951)

**Izvestija Akademii nauk SSSR**, Ser. fizičeskaja, Moskva
FI: *10* (1946), *11** (1947), *12* (1948), *13* (1949) — IFK: *10* (1946) — VPŠ: *11** (1947), *12** (1948), *13* (1949) — FIM: *13** (1949)

**Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik**, Leipzig
FI: *1* (1904) do *20* (1923)

**Journal of the Acoustical Society of America**, New York
NUK: *11* (1939), *13* (1941/42), *14* (1943) — FI: *17* (1945/46) do *23* (1951) — CTK: *22* (1950), *23* (1951)

**Journal of Applied Physics**, New York
FI: *1* (1931) do *6* (1935), *8* (1937), *9* (1938), *11* (1940) do *22* (1951) — FIM: *1** (1931), *2* (1932) do *4* (1933), *21* (1950) — CTK: *21* (1950)

**Journal of Chemical Physics**, New York
FI: *2* (1934) do *19* (1951) — CTK: *19* (1951) — KI SAZU: *17* (1949)

**Journal of the Franklin Institute**, Philadelphia
ETF: *199* (1925) do *216* (1933) — FI: *247* (1949), *248** (1949), *249** (1950), *250* (1950) do *252* (1951) — CTK: *249* (1950) do *252* (1951)

**Journal of Mathematics and Physics**, Cambridge, Mass.
FI: *28* (1949), *29** (1950)

**Journal of the Optical Society of America**, New York
FI: *36* (1946) do *41* (1951) — CTK: *40* (1950), *41* (1951)

**Journal de physique et le radium**, Paris
FI: VII. *6* (1935) do VIII. *4* (1943), VIII. *7* (1946) do *12* (1951) — CTK: VIII. *11** (1950) — FO: VIII. *6** (1945), *8** (1947), *12* (1951)

**Journal of Research of the National Bureau of Standards**, Washington
CTK: *44** (1950), *45* (1950), *46** (1951), *47* (1951)

**Journal of Scientific Instruments**, London
FI: *23* (1946), *25* (1948) do *28* (1951) — CTK: *27* (1950), *28* (1951) — FIM: *26* (1949)

**Nuclear Science Abstracts**, Oak Ridge, Tennessee
FI: *5** (1951)

**Nucleonics**, New York
FI: *2* (1948), *3* (1948), *4** (1949), *5* (1949) do *9* (1951)

**Optik**, Stuttgart
FI: *6* (1950) do *8* (1951) — CTK: *6* (1950), *7* (1950)

**The Philosophical Magazine**, London
FI: VI. *1* (1901) do VII. *42* (1951) — IUM: VII. *40* (1949), *41* (1950) — CTK: VII. *41* (1950), *42* (1951) — FIM: VII. *40* (1949), *41* (1950)

**Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Sec. A**, London
IUM: *243* (1951)

**Physica**, The Hague
FI: *1* (1934) do *17* (1951)

**The Physical Review**, New York
ETF: *27* (1926) do *36* (1930) — FI: *34* (1929) do *83* (1951) — FIM: *61* (1942) do *68* (1945)

**Physics Abstracts, (Sec. A of Science Abstracts)**, London **(B)**
FI: *40* (1937) do *45* (1942), *46** (1943), *47* (1944) do *54* (1951) — CTK: *51* (1948) do *54* (1951)

**Physics Today**, New York
FI: *1* (1948) do *4* (1951)

**Physikalische Blätter**, Mosbach/Baden
FI: *3* (1947), *4* (1948), *5* (1949), *7* (1951) — CTK: *6* (1950)

**Physikalische Berichte**, Wiesbaden **(B)**
FI: *1* (1920) do *25* (1944), *27* (1948) do *30* (1951)

**Physikalische Zeitschrift**, Leipzig
FI: *1* (1899) do *43* (1942), *44** (1943), *45** (1944) — ETF: *26* (1925) do *31* (1930)

**Physikalische Zeitschrift der Sowjetunion**
FI: *1* (1932) do *6* (1934)

**Physik in regelmässigen Berichten**, Leipzig **(R)**
FI: *1* (1933) do *9* (1941), *10* (1942) —ETF: *1* (1933) do *7* (1939)

**Proceedings of the Cambridge Philosophical Society**, Cambridge
FI: *42* (1946) do *47* (1951) — IUM: *45* (1949) — CTK: *46* (1950)

**Proceedings of the Physical Society,** London
FI: *47* (1935), *49* (1937), *50** (1938), *51* (1939) do *61* (1948), *A* in *B: 62** (1949), *63* (1950), *64* (1951) — CTK: *A* in *B: 63* (1950), *64* (1951) — FIM: *A* in *B: 63* (1950)

**Proceedings of the Royal Society, Ser. A,** London
FI: *56* (1894) do *69* (1902), *72* (1904) do *74* (1905), *77* (1906) do *82* (1909), *88* (1913), *89* (1913/14), *90** (1914), *94* (1917/18), *95** (1919), *148* (1935) do *208* (1951) — CTK: *200* (1950) do *204* (950)

**Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Sec. A,** Edinburgh
FI: *61* (1941/43) do *63* (1949/50)

**Progress of Theoretical Physics,** Kyoto
FI: *6** (1951)

**Le radium, la radioaktivité,** Paris
FI: *1* (1904) do *11* (1914/19)

**Reports on Progress in Physics,** London **(R)**
FI: *4* (1937), *8* (1941) do *11* (1946/47)

**Review of Scientific Instruments,** New York
ETF: *3* (1932) do *6* (1935) — FI: *7* (1936) do *22* (1951) — CTK: *21* (1950) do *22* (1951) — FIM: *21* (1950)

**Reviews of Modern Physics,** New York **(R)**
FI: *9** (1937), *11* (1939), *13* (1941) do *23* (1951) — CTK: *23* (1951)

**Revue d' optique théorique et instrumentale,** Paris
FI: *28* (1949), *30* (1951) — CTK: *29** (1950)

**Uspehi fizičeskih nauk,** Moskva **(R)**
FI: *34* (1948) do *39* (1949), *40** (1950) — CTK: *40** (1950) — FIM: *38* (1949), *39** (1949)

**Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft,** Braunschweig
FI: *1* (1899) do *22* (1920)

**Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik,** Basel
FI: *1* (1950), *2* (1951) — IUM: *2* (1951)

**Zeitschrift für angewandte Physik,** Berlin
FI: *1* (1948/49), *2* (1950), *3* (1951) — CTK: *2* (1950)

**Zeitschrift für Mathematik und Physik,** Leipzig
NUK: 1864 do 1905 nepop.

**Zeitschrift für Instrumentenkunde,** Berlin
ETF: *40* (1920) do *61* (1941)

**Zeitschrift für Naturforschung, Ser. A,** Tübingen
FI: *1* (1946) do *6* (1951) — CTK: *5* (1950)

**Zeitschrift für Physik,** Berlin
FI: *1* (1920) do *121* (1943), *122** (1944), *124* (1947/48) do *130* (1951) — NUK: 32 (1925) do *52* (1928) — CTK: *126* (1949) do *128* (1950)

**Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht,** Berlin
FI: *34* (1921) do *44* (1931), *46* (1933) do *55* (1942) — ETF: *41* (1928) do *45* (1932)

**Zeitschrift für technische Physik,** Leipzig
ETF: *1* (1920) do *23* (1942)

**Žurnal eksperimentaljnoj i teoretičeskoj fiziki,** Moskva
FI: *16** (1946), *17* (1947), *18** (1948), *19* (1949) — IFK: *17* (1947) do *19* (1949) — VPŠ: *18** (1948), *19* (1949) — FIM: *19** (1949)

**Žurnal tehničeskoj fiziki,** Moskva
FI: *16** (1946), *17* (1947) do *19* (1949) — IFK: *18* (1948), *19* (1949) — VPŠ: *18** (1948), *19* (1949) — FIM: *19** (1949)

## *3. SPLOŠNE NARAVOSLOVNE REVIJE*

**Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen,** Math. Phys. Klasse, Göttingen
FI: *21* (1946); *23* (1949)

**Annais da Academia Brasileira de Ciencias**, Rio de Janeiro
SAZU: *21* (1949), *22** (1950), *23* (1951) — FI: *21* (1949), *22** (1950), *23* (1951)

**Annals of the New York Academy of Sciences**, New York
SAZU: *52** (1949/50), *54* (1951)

**Archives des Sciences**, Geneva
SAZU: *2** (1949), *3** (1950), *4* (1951)

**Bulletin analytique, I. Partie**, Paris
FI: *6** (1945), *7* (1946) do *12* (1951) — CTK: *11* (1950) — FO: *7* (1946), *8* (1947), *10* (1949)

**Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences**, Paris
KI: *120* (1895) do *191* (1930), *205* (1937) — ETF: *170* (1920) do *191* (1930) — SAZU: *220* (1945) do *233* (1951) — FO: *226* (1948) do *228* (1949)

**Denkschriften der Akademie der Wissenschaften, Math.-naturwis. Klasse**, Wien
NUK: *1* (1850) do *67* (1926)

**Det Kongelige Norske Videnskabers Seldskabs Forhandlinger**, Trondheim
FI: *31* (1948) do *33* (1950)

**Doklady Akademii Nauk SSSR**, Moskva
NUK: *50* (1946) do *53* (1946), *56* (1947) — CTK: *51* (1946) do *64* (1949), *65** (1949), *66** (1949), *67* (1949) do *69* (1949) — IUM: *58* (1947), *60* (1948) do *69* (1949) — FI: *61* (1948) do *80* (1951) — IFK: *61* (1948) do *63* (1948), *66* (1949) do *69* (1949) — FIM: *64* (1949), *66* (1949) do *68* (1949), *69* (1949)

**Experientia**, Basel
Farmacevtski institut: *1** (1945), *2* (1946) — KI SAZU: *7* (1951)

**Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht**, Bonn
CTK: *3* (1950)

**Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen, Math. Phys. Klasse**, Berlin
MI: 1849 do 1929 — FI: 1934* do 1937*

**Nature**, London
Biološki inst. MVŠ: *114* (1924) do *128* (1931), *132* (1933) do *144* (1939), *145** (1940), *146** (1940), *151** (1943) do *154** (1944), *158** (1946), *159** (1947), *160* (1947), *161** (1948) do *164** (1949) — FI: *145* (1940), *146* (1940), *147** (1941), *148* (1941) do *150* (1942), *151** (1943) do *157** (1946), *158* (1946) do *164* (1949), *165** (1950), *166* (1950), *167** (1951) — CTK: *165* (1950) do *168* (1951) — KI SAZU: *161* (1948), *162* (1948), *163** (1949) do *166** (1950), *167* (1951) — IUM: *165** (1950), *166** (1950) — NUK: *167* (1951), *168* (1951)

**La Nature**, Paris
CTK: 1950 — FO: 1948, 1949, 1951

**Die Naturwissenschaften**, Berlin
ETF: *8* (1920) do *25* (1937), *28* (1940), *29* (1941) — FI: *33* (1946) do *38* (1951) — KI: *9* (1921) do *17* (1929) — Prirodosl. muzej: *13* (1925) do *32* (1944) — CTK: *37* (1950)

**Priroda**, Akad. nauk SSSR, Moskva
FI: *35* (1946) do *38* (1949)

**Proceedings of the Indian Academy of Sciences, Sec. A**, Bangalore
FI: *22* (1945), *23* (1946), *29* (1949), *30* (1949), *32* (1950) do *34* (1951)

**Proceedings of the Royal Irish Academy, Sec. A**, Dublin
SAZU: *52* (1948) do *54* (1951)

**Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences**, Boston, Mass.
SAZU: *79* (1950)

**Rendiconto dell'accademia delle scienze fisiche e matematiche**, Napoli
FI: *13* (1942—45), *14* (1946—47)

**Research**, London
FI: *2* (1949), *3** (1950) — CTK: *3* (1950), *4* (1951)

**La Ricerca scientifica**, Roma
SAZU: *18* (1948) do *20* (1950) — FI: *19** (1949), *20* (1950), *21* (1951)

**Science**, Lancaster
FI: *107** (1948), *108* (1948) do *114* (1951) — CTK: *113* (1951), *114* (1951)

**Science Progress**, London
FI: *38* (1950) — CTK: *38* (1950), *39* (1951)
**Scientia**, Como
FI: *85** (1950)
**Scientific Monthly**, Lancaster
NUK: *22* (1926), *23* (1926), *26* (1928), *27* (1928), *28* (1929), *31* (1931), *32* (1931), *33* (1931), *40* (1935), *42* (1936), *46* (1938), *47* (1938), *49* (1939), *52* (1941), *54* (1942), *55* (1942), *56* (1943), *57* (1943), *59* (1944), *61* (1945), *62* (1946) — FI: *66* (1948), do *73* (1951)
**Sitzungsberichte der Österreichischen Akademie der Wissenschaften**, Abt. IIa, Wien
NUK: *1* (1848) do *148* (1940) — FI: *157* (1949), *158* (1950), *159** (1950)
**Transactions of the New York Academy of Sciences**, New York
SAZU: *12** (1949/50), *13** (1950/51)

B. Dobovišek

Opomba:

Rimska številka pred letnikom pomeni številko serije. Nepopolni letniki so označeni z zvezdico, na pr. *3** (1938). Če je več zaporednih letnikov nepopolnih, sta prvi in zadnji označena z zvezdico, na pr. *3** (1938) do *6** (1941). Če se v knjižnici nahaja manj kot polovica zvezkov kakega letnika, ta na splošno ni naveden, razen za leto 1950 in 1951. Če letnik 1951 redno prihaja, je naveden kot popoln, čeprav so ob popisu zadnje številke še manjkale.

## O pouku teoretične fizike

Največ težav dela študentu pri teoretični fiziki to, da ne ve, kako naj problem matematično zagrabi; rešiti že napisano enačbo je dosti laže. Poskusila sva, kjer je le bilo mogoče, premostiti vrzel med matematiko in eksperimentno fiziko. Vendar je edina rešitev težave le ta, da se študent temeljito vadi v teoretični, obenem pa tudi v eksperimentni fiziki in pri praktičnem delu v laboratoriju. V teoretični in eksperimentni fiziki je potrebna enaka sposobnost za premagovanje ovir in enaka iznajdljivost pri iskanju novih metod, če stare odpovedo; za oboje je treba imeti enako fizikalno intuicijo, da vidimo pot k pravi rešitvi problema kljub množici podrobnosti; povsod je potrebna enaka kritična presoja, da lahko ločimo pravilne metode od napačnih, in enaka razsodnost pri ocenjevanju rezultatov. Nekaj podobnega, kot so napake v vakuumskih sistemih ali električnih vezavah, so prenekatere sitnosti, ki se utegnejo pripetiti pri enačbah. Dostikrat je prav tako težko najti matematična sredstva za rešitev nekega problema, vsaj brez prehudih poenostavitev ali nepremostljivih komplikacij, kot je težko konstruirati aparat za natančno merjenje kakšne količine ali odkrivanje kakega novega efekta. Teh stvari ni mogoče učiti. Človek si jih pridobi šele s povezavo globljega spoznanja z vztrajno vajo, kar uspešen fizik tako zelo potrebuje. Toda napol že uspemo, če študent ne pojmuje teoretične fizike kot zbirke skrivnostnih formul ali kot nekaj dolgočasnega, kar se je treba napiliti, ampak kot zbirko metod, orodja in pripomočkov, za katere veljajo podobna pravila kot za aparate eksperimentne fizike in ki dajejo pomembne izsledke.

Namenila sva se, da ne bova napisala debele knjige dejstev, ampak da bova učila, kako se ravna z orodjem, s katerim so ta dejstva odkrili, in s katerim bodo napravili tudi bodoča odkritja.

J. C. Slater, N. H. Frank

Vzeto iz predgovora h knjigi J. C. Slater, N. H. Frank: Electromagnetism, New York 1947, z dovoljenjem založbe Mc Graw-Hill Book Company, kateri se zahvaljujemo za prijaznost.

## Razgovor o matematiki in fiziki v naših šolah

Na I. plenumu Društva matematikov in fizikov FLRJ v Beogradu so posamezna republiška društva dobila nalogo, da izdelajo naslednje referate: Slovenija: O organizaciji znanstvenega dela; Srbija: Pouk na visokih šolah; Hrvatska: Pouk na srednjih šolah. Vsa društva naj bi potem dala k tem referatom svoje pripombe in predloge.

Izdelava referata o organizaciji znanstvenega dela je bila poverjena komisiji, ki so jo sestavljali dr. Anton Peterlin, dr. Anton Vakselj in ing. Ladislav Jenček.

Pripombe k referatu o visokošolskem pouku sta pripravila: Oton Sajovic za matematiko in Ivan Kuščer za fiziko.

Probleme srednješolskega pouka matematike in fizike pa je obdelala na temelju zelo izčrpnega in mnogo dobrih predlogov vsebujočega referata zvezne komisije v Zagrebu komisija, ki so jo sestavljali France Ahlin, Ludvik Gabrovšek, Marta Klopčič, Ivan Molinaro, Milica Potisek, Vladimir Pilgram in Ivan Štalec.

Referati in pripombe so bili pretreseni na dveh javnih sestankih, ki sta se vršila 4. in 12. XII. 1951 v prostorih Fizikalnega instituta v Ljubljani. Zelo živahna debata je dala novih pogledov na gradivo, in ker je obravnavana problematika trajnejšega pomena, naj povzamemo v našem listu najvažnejše misli.

### *1. O pouku matematike na visokih šolah*

Spodnje pripombe k poročilu Sekcije za pouk na univerzah in visokih šolah združujejo mnenja predavateljev matematike in sorodnih ved na visokih šolah v naši republiki. Ker je bilo ugotovljeno, da je poročilo Sekcije zelo pomanjkljivo in se omejuje v glavnem le na razmere na beograjski prirodoslovno-matematični fakulteti, ga skušajo pripombe dopolniti z nekaterimi splošnimi ugotovitvami in predlogi ter z navedbami, ki se tičejo pouka v Sloveniji.

Predvsem pogrešamo dela za povezavo med visokimi šolami v državi. Taka povezava bi bila nujna, če naj Sekcija, ki ima zvezni pomen, upraviči svoj obstoj. Glede dela Sekcije so težave, ker se s poukom na visokih šolah že službeno bavijo katedre in fakultete. Sekcija bi morala prenesti svoje delo v glavnem na torišča, ki so izven oficialne dejavnosti. Kot navaja poročilo, naj bi bila vloga Sekcije posvetovalna. Vsekakor naj bi Sekcija dajala pobude in razpravljala o problemih v zvezi s poukom. Poleg tega naj bi usmerjala publicistično dejavnost članov ter skušala animirati časovno najbolj zaostale, toda sposobne delavce. Poživiti bi bilo treba objavljanje pedagoškega in znanstvenega tiska in skrbeti za javna predavanja. Nadaljnje važno vprašanje je vprašanje strokovne izobrazbe predavateljskega kadra in informiranje o delu in napredku v inozemstvu. Potrebno bi bilo intenzivnejše podeljevanje štipendij za študij v inozemstvu. K odločanju o podelitvi štipendij naj bi bile pritegnjene tudi univerze in visoke šole. Poskrbeti bi bilo treba za sistematično dobavljanje inozemske literature in za izdajanje dobre domače znanstvene literature. Povsem soglašamo z mnenjem, izraženim v poročilu Sekcije, da je treba vpeljati tudi študij zgodovine matematike.

Za uspešen pouk na visokih šolah je pogoj primeren nivó pouka matematike na srednji šoli. Ravno pri pouku matematike pa so težave s študenti

zaradi njihove slabe predizobrazbe. Posebno kočljivo je to, da študentje ne znajo študirati, da vidijo povsod polno drobnarij, splošnega pa ne, in da ne znajo ločiti važnega od postranskega. Često se učijo na pamet številnih obrazcev in izvajanj brez pravega razumevanja.

O posebno važnem pouku matematike na tehničnih visokih šolah Sekcija ni razpravljala, čeprav kaže, da splošna ureditev predavanj na njih ni dobra. Smatramo, da je potrebno razpravljati o vsebini in obsegu teh predavanj, o načinu predavanj, o predavateljih ter o slušateljih. V tehnični literaturi so zelo narasle zahteve po obsežnejšem poznavanju matematike. Tem zahtevam se mora prilagoditi tudi pouk. Najti je treba mesta za izčrpnejše obravnavanje diferencialnih enačb ter za numerične in grafične metode, eventualno pa še za integralske enačbe in variacijski račun. Omejitev izključno na realne spremenljivke tudi ne zadošča več vsem tehničnim panogam. Vektorski račun bi bilo treba uporabljati dosledno povsod, kjer je to mogoče. Ker verjetno vsega, kar v matematiki potrebuje tehnik, ki hoče biti na čistem z napredkom svoje znanosti, ne bo mogoče podati v običajnih rednih predavanjih, bi bila zaželena neobvezna dopolnilna predavanja iz različnih disciplin teoretične in praktične matematike.

Glede načina, kako naj bi bil urejen pouk matematike na ekonomskih fakultetah, ni še enotnega gledanja. Vsekakor se kaže tu potreba po predavanjih iz višje gospodarske matematike v zvezi z infinitezimalnim in verjetnostnim računom, medtem ko imamo na nekaterih fakultetah le predavanja iz elementarne gospodarske matematike.

Na agronomski in gozdarski fakulteti, kjer zahteva učni načrt razmeroma omejeno znanje matematike, je pouk matematike rešen zadovoljivo. Ker ima študij na teh fakultetah deloma tehnični, deloma biološki pomen, se morajo tu programi iz matematike seveda razlikovati od programa, ki velja za tehnične visoke šole. O. Sajovic

### *2. O pouku fizike na visokih šolah*

Študij fizike imamo v Ljubljani na matematično prirodoslovni fakulteti in poleg tega tudi na oddelku za fiziko na kemijski fakulteti TVŠ. Osnovni kurz predavanj je skupen za oba oddelka in poleg tega ga poslušajo tudi slušatelji drugih oddelkov in fakultet, ki imajo fiziko za pomožni predmet. Predavanje v prvem letu daje osnove klasične fizike, v drugem pa osnove fizike delcev. Vzporedno teče praktikum I, ki obsega osnovne načine merjenja fizikalnih količin.

Podobno ureditev pouka fizike za prve letnike imajo tudi na mnogih drugih univerzah. Večinoma so ta predavanja skupna za širši krog; saj je to potrebno že zaradi varčevanja s sredstvi. S tega vidika moramo kritično razmotriti tudi vprašanje pouka fizike na Višji pedagoški šoli. VPŠ nima in ne bo nikoli imela opreme, ki bi bila primerna za pouk fizike na tej stopnji. Brez dvoma pa dasta prvi dve leti študija fizike na Prirodoslovno matematični fakulteti več kot dvoletna VPŠ, tako da bi ta fakulteta — vsaj glede fizike — lahko prevzela naloge VPŠ.

Pri pouku fizike je v prvem letniku mnogo težav zaradi slabega predznanja iz srednje šole. Žal je treba tu prav resno razlagati enakomerno gibanje, upodabljanje z lečo, Ohmov zakon in podobne stvari. Tudi pri izpitih sme včasih eksaminator zahtevati samo snov, ki naj bi jo dala že gimnazija. To se bo moglo izboljšati le, če se bo srednješolski učni načrt

pametno omejil, tisti minimum pa strogo zahteval. Najprej pa je seveda treba šole opremiti za pouk z eksperimenti in dati potrebna sredstva.

Študij fizike na TVŠ traja 9 semestrov in je usmerjen bolj v tehnično stran. Slušatelji višjih letnikov poslušajo predavanja iz teorijske in eksperimentne fizike, fizikalne kemije, elektronike in več tehničnih predmetov. Vzporedno delajo praktikum II in III, ki obsegata standardne merske metode, že poprej pa imajo vaje v delavnicah, kjer se naučijo ročnih spretnosti. Obvezna sta dva meseca počitniške prakse v tovarniških laboratorijih. Študij se zaključi z diplomskim delom.

Fiziki na prirodoslovno matematični fakulteti poslušajo v zadnjih štirih semestrih ciklus predavanj iz teorijske fizike. Enemu semestru vaj v delavnicah slede trije semestri demonstracijskega praktikuma. Tu pripravljajo slušatelji poskuse, kot naj se pokažejo v srednji šoli, in nastopiti morajo samostojno s kratkimi šolskimi predavanji ter pokazati poskuse.

Doslej je bilo na Prirodoslovno matematični fakulteti zelo malo slušateljev fizike, povprečno po eden na leto. Da vzrok ni morda v »strahu pred fiziko«, se je razločno pokazalo lani, ko so na TVŠ odprli oddelek za fiziko, kjer bo, kot vse kaže, v vsakem letniku po 10 do 15 dobrih fizikov. Le strah pred profesorskim poklicem je tisti, ki usmerja mlade ljudi na tehniko. Ta poklic je danes močno zapostavljen. Dokler se to ne popravi, pa ne moremo upati na izboljšanje naših šol. I. Kuščer

### *3. Pouk matematike v srednji šoli*

(Pripombe k referatu zvezne komisije v Zagrebu)

A. **Učni načrt za aritmetiko in algebro v nižji gimnaziji.** Predlagana uvrstitev decimalnih števil za poglavje o navadnih ulomkih ni pripravna. To se da sicer logično utemeljevati, a ni potrebno, ker so decimalna števila izkustvu učencev zelo blizu. Osnutek zvezne komisije predlaga dalje, naj se ponovno uvede reševanje sklepnih računov s pomočjo sorazmerij. S tem se ni mogoče strinjati, ker bi mehanično uporabljanje sorazmerij pri sklepnem računanju vodilo do golega formalizma, ki je najhujši sovražnik prave matematike. Neumestno je vključevanje kvadratnih in kubičnih korenov iz polinomov v gradivo nižje gimnazije, prav tako razstavljanje algebrajskih izrazov na prafaktorje. Ni se mogoče strinjati s predlogom referata, naj se negativna števila vpeljejo že v drugi razred gimnazije, a obča šele v tretji. Izkušnje kažejo, da so relativna števila dijakom bolj tuja kot obča. Vseh poglavij o enačbah ne kaže zgostiti v četrti razred. Dijaki naj se raje postopno seznanjajo s pojmom enačb na osnovi definicij štirih osnovnih računskih operacij. (Zbral Ivan Molinaro).

B. **O učnem načrtu za aritmetiko in algebro za višjo gimnazijo.** Prav je, da se je zvezna komisija pri sestavljanju držala principov: a) koordinirati algebro in geometrijo, b) koordinirati matematiko z ostalimi predmeti, c) preprečiti zapostavljanje geometrije in č) dajati vsepovsod poudarek funkcionalnemu mišljenju. Na vsak način pa bi morala biti upoštevana še sledeča dejstva, brez katerih je težko sestaviti zadovoljiv načrt: 1. gradivo v višjih gimnazijah je treba podajati bolj sistematično kot v nižjih, ne več v malih obrokih, niti ne pretežno na induktiven način, marveč s postopnim prehodom na vse bolj povezano in v zaokrožene celote strnjeno gradivo; 2. sposobnost dijakov za abstraktno sklepanje v zaporednih razredih višje gimnazije se naglo spreminja; dokaz, ki je petošolcu še zelo

težak, je povprečnemu sedmošolcu že lahko razumljiv. Zato naj obvelja tale postopek: v peti in šesti razred dajmo raje manj gradiva, a tega obravnavajmo natančno in brez naglice, da bo v sedmem in osmem razredu možno potem hitreje napredovati; 3. čeprav je za vzgajanje funkcionalnega mišljenja koristno, da družimo proučevanje odvisnih količin z grafičnim ponazarjanjem, se ne smemo izogibati obravnavanju količinskih odnosov s čisto algebraičnega vidika. Ob upoštevanju teh dejstev predlagamo sledeče spremembe k osnutku zvezne komisije:

Poglavje o razmerjih in sorazmerjih, ki ga je komisija postavila zaradi koordinacije s fiziko na prvo mesto v načrtu za pouk algebre, naj se vključi tja, kamor organsko spada, to je v poglavje o deljenju občih števil ali pa v geometrijo, ko pridejo na vrsto razmerja. Podobno kot v geometriji bi bilo dobro začeti algebro v višji gimnaziji s primernim uvodom (nastanek pojma števil, pregled zakonitosti za štiri računske operacije s celimi števili, z ulomki, z relativnimi in občimi števili). V petem razredu naj se zaključi gradivo s poglavjem o korenih, poglavje o linearnih enačbah pa prenesimo v šesti razred. V šestem razredu bi bil potreben sistematski uvod v poglavje o enačbah, pač pa naj se iz šestega razreda vključi v načrt za sedmi razred poglavje o sistematičnem obravnavanju kvadratne funkcije. Pri sistemu dveh kvadratnih enačb je treba pokazati, da pridemo na enačbo četrte stopnje, čeprav ostanemo praktično samo pri elementarno rešljivih tipih. Prav tako iz prakticističnih razlogov ne bomo poenostavljali težjih poglavij, ker ne bi s tem dijakom prav nič koristili.

Glede logaritmov so na sestanku vsi prisotni izjavili, da žele ostati pri petdecimalnih logaritmih, pač pa so soglašali, da je treba seznaniti dijake z uporabo logaritemskega računala. (Zbral Ludvik Gabrovšek.)

C. **O učnem načrtu za geometrijo.** Iz osnutka zvezne komisije je razvidno prizadevanje, da bi postala geometrija poleg aritmetike in algebre enakovreden sestavni del matematičnega pouka. Vse dosedanje ugotovitve se strinjajo v tem, da učitelji srednjih šol na splošno zapostavljajo geometrijo, tako kvalificirani, še bolj pa nekvalificirani. To napako bi mogli odpraviti: če bi v učnem načrtu in v metodskih navodilih stalno poudarjali ekvivalentnost geometrije z aritmetiko in algebro; če bi izpopolnili strokovno in metodsko pripravo za pouk geometrije že pri študiju in kasneje na tečajih; ako bi zagotovili za pouk matematike zadostno število tedenskih ur in če bi bolj učinkovito kontrolirali izpolnjevanje učnega načrta in kvaliteto pouka. Delitev matematike v dva ločena predmeta, v aritmetiko in algebro ter v geometrijo, ki jo predlagajo ponekod zaradi zboljšanja pouka, ne bi odpravila zla pri korenu.

V učnem načrtu samem je treba izpopolniti in dovolj poudariti obvezne konstrukcijske naloge. Prenos računskih nalog (ploščine, površine in prostornine) v prvem razredu gimnazije iz geometrije k aritmetiki ne bo bistveno koristil pouku geometrije. Premalo je tudi poudarjeno skiciranje ravninskih in prostorskih tvorov.

V učnem načrtu za višjo gimnazijo bi morala priti bolj do izraza sistematičnost tako v planimetriji kot v stereometriji. Zagotoviti bi bilo treba ilustriranje geometrijskih odnosov s ponazorili. Če bi vseboval načrt še osnove iz nauka o proiciranju, bi s tem zelo izboljšali vzgojo prostorskega gledanja. V osmem razredu naj bi dijaki dobili pojem o pomenu geometrije, spoznali naj bi izvor njenih osnov, kar bi se dalo doseči z vključitvijo kratkega poglavja o aksiomatiki. (Zbral France Ahlin.)

## *4. Pouk fizike v srednji šoli*

(Pripombe k referatu zvezne komisije v Zagrebu)

1. Smoter pouka fizike je naučiti učence pravilnega opazovanja naravnih pojavov in doseči, da bodo razumeli osnovne fizikalne zakonitosti, ter jih seznaniti z uporabo teh spoznanj v življenju. Učencem je treba pokazati, da je fizika v najtesnejših zvezah s tehniko in zato tudi z gospodarstvom. Treba je opozarjati na velikanski pomen fizike za družbeni razvoj. V fiziki stremimo za tem, da izsledimo kvantitativne povezave med količinami; zato uporablja fizika matematiko kot sredstvo. Pri zvezah s tehniko je treba paziti na to, da učenci spoznajo fizikalno bistvo tehničnih priprav; tehnične podrobnosti so sekundarnega pomena.

2. Pozdravljamo zahtevo po obveznih fizikalnih vajah, poudarjamo pa, da je še bolj potrebno poiskati sredstva za pouk in vaje. Tvornici za učila ne ustrezata zahtevam šole: produkcija je neznatna in učila niso dovolj kvalitetna. Koristni bi bili šolski filmi o tistih pojavih, ki si jih učenec teže predstavlja.

3. Šolski učbeniki naj ustrezajo sledečim zahtevam: a) Učbenik naj bo tak, da dobi učenec v njem predpisano gradivo strnjeno in obdelano v taki obliki, da se more po njem učiti. Učitelj naj dobi v njem ogrodje, ki ga pouči, kako naj gradivo metodsko obdela. b) Obseg snovi ne sme presegati učnega načrta. c) Gradivo naj ne bo umetno razdeljeno na metodske enote, ker to učbenik le kvari in jemlje učitelju iniciativo. d) Obdelava snovi naj izhaja iz primera iz življenja, po eksperimentu naj sledi fizikalni zakon in končno naj se doda obdelanemu gradivu tehnična praksa. e) Tisk naj bo pregleden. Po vsakem poglavju naj sledi résumé, vaje, vprašanja in naloge, na koncu knjige pa register pojmov. f) Dopolnilna »obaveštenja« (metodične in stvarne pripombe) za učitelje naj bodo tiskana posebej, ne pa v učbeniku, tako vsi metodični napotki, sistematični pregled gradiva z višjega strokovnega, zgodovinskega in družbeno razvojnega vidika ter eksperimentalno tehnični nasveti. Navesti je treba tudi literaturo, ki je primerna za učitelje.

4. V učnem načrtu je treba vskladiti pouk fizike in matematike. Najprimerneje je, da se poučuje fizika v 6., 7. in 8. razredu. Uvesti je treba en sam merski sestav. Odločili smo se, naj obvelja Giorgijev (meter—kilogram—sekunda—amper). Temu primerno je treba snov v nauku o elektriki drugače razporediti. Prav tako moramo rešiti vprašanje označb. Težišče pouka fizike naj bo na osnovnih pojmih, dodatna snov pa naj bo zadeva predavatelja. Fizika zahteva eksperimentalnega pouka s kvantitativno obdelavo.

K predloženemu načrtu komisije za fiziko naj dodam še nekaj pripomb: Mete je treba obdelati kvantitativno. Rotacije in energije vrtečega se telesa ne smemo opuščati. Prožnost, trdnost, površinsko napetost in viskoznost bomo obdelali v mehaniki — pred toploto. Elektromagnetnega valovanja ni mogoče obravnavati pred mehanskim. Poglavje o naravi svetlobe in fiziko atomskega jedra je treba podati na kratko, morda v obliki referata, ne pa obvezno. Interference zvoka v načrtu ni, pač pa je pri obveznih vajah naloga iz tega področja. Michelsonov poskus naj se opusti, ker tako daleč v srednji šoli ne pridemo z znanjem.

Predložene obvezne vaje so dobre, ker utrjujejo poznavanje osnovnih zakonov in poglabljajo znanje. I. Štalec

# DOPISI

**Znanstveni bilten.** — Akademski svet FLRJ začne z letom 1952 izdajati znanstveni bilten, ki bo obveščal svetovno javnost izčrpno in ekspeditivno o naravoslovnem znanstvenem delu v naši državi. Zajel bo vso delavnost: publikacije, delo v ustanovah, delo na kongresih v naši državi. Tako bo nudil inozemstvu popoln pregled našega naravoslovnega prizadevanja. Izhajal bo vsaka dva meseca. Članki v njem bodo pisani v angleškem, francoskem ali nemškem jeziku.

Prispevki naj se dostavljajo redakcijskim odborom pri Akademijah v Beogradu, Zagrebu in v Ljubljani. Redakcijski odbor v Ljubljani sestavljajo: Hadži Jovan (biologija), Kuhelj Anton (mehanika), Melik Anton (geografija), Peterlin Anton (fizika), Rakovec Ivan (geologija), Samec Maks (kemija).

**Ali vpliva svetloba na kristalizacijo?** — V nekaj vrsticah bi rad sporočil o dveh primerih, kjer sem opazil vpliv svetlobe na kristalizacijo. Prvič je bilo to pri eter-petroleterski raztopini lubanolbenzoata, ki je 14 dni stala v steklenici (lubanol je neki aromatski alkohol). Kristali so se izločili na oni strani steklenice, ki je bila obrnjena proti oknu. V prostoru je bila difuzna razsvetljava in le prav malo direktnih sončnih žarkov. Kristali so rastli od spodaj navzgor.

Pri podobnih pogojih sem ugotovil kristalizacijo kalcijevega karbonata v bireti, ki je bila napolnjena s četrtino normalno raztopino natrijevega hidroksida. Raztopina je vsebovala malo kalcijevega hidroksida za vezavo ogljikovega dvokisa. Bireta se je dnevno rabila in sproti napolnjevala. Kristali so se pojavili samo na oni strani, ki je bila obrnjena proti svetlobi. Notranji premer birete je bil kvečjemu 1 cm. Kristali so rastli tu od zgoraj navzdol.

Ni mi znano, ali je ta pojav zabeležen v literaturi. Težko je presoditi, ali je kristalizacija samo posledica malenkostnih temperaturnih razlik, ki jih je povzročila svetloba, ali pa gre za kaj drugega. Vsaka trditev bi bila prezgodnja, ker bi bila potrebna nadaljnja opazovanja.

H. Mohorčič

**Nesporazum v pojmih?** Včasih se dogaja, da tolmačijo isti pojav pri fiziki na en način, pri tehničnem predmetu pa na drug, »praktičnejši« način. Prav gotovo to ni vedno v korist učencem, zlasti kadar ne gre le za različno učno metodo, ampak so razlike v pojmih in terminologiji. Naj navedem primer iz nekega učbenika elektrotehnike, in sicer iz poglavja o magnetizmu. Ko avtor pokaže, kakšno je magnetno polje permanentnega magneta in tuljave, pravi za zaključeno tuljavo (toroid):

»Lahko bi dali v tuljavo katerokoli drugo snov, n. pr. baker, zlato, katerikoli plin, magnetno polje bi ostalo isto. Le nekaj snovi pa se obnaša drugače, tako da našega poskusa še ni konec. Če bi v tuljavi imeli železo, kobalt ali nikelj, torej eno izmed feromagnetnih snovi, bi opazili, da se je polje močno okrepilo. Silnic je tedaj neprimerno več, dobili smo jačji magnet.«

Podobno se razlaga isti pojav v Westphalovi fiziki. Toda poglejmo v neki drugi učbenik fizike, ki pravi: »Vtaknemo v tuljavo kos železa.

Magnetno polje izven tuljave se ojači. Toda magnetna napetost po zaključeni poti, ki objame enkrat vse ovoje tuljave, ostane nespremenjena. Močnejše polje v zunanjščini more priti torej samo od tod, da se je polje v tuljavi v notranjosti železa oslabilo. Če bi mogli izpolniti ves prostor z železom, bi ostalo polje povsod nespremenjeno... V zaključeni tuljavi, ki je izpolnjena s feromagnetikom, je magnetna poljska jakost prav tolikšna kot če je v tuljavi vakuum.« — Isto pove tudi Perucca v svoji fiziki in gotovo še kdo.

Obračam se na uredništvo »Obzornika« s prošnjo, da raztolmači gornjo stvar. Ne bi bilo napak, če bi list objavljal takšna vprašanja in tudi odgovore, ker bi to zbudilo dosti zanimanja. Mislim, da bi se potem oglasilo več bralcev s podobnimi vprašanji in pripombami. S. V.

*Odgovor:* Pri magnetnem polju moramo računati z dvema količinama: *magnetno poljsko jakostjo H*, ki jo merimo v *amperih na meter*, in *indukcijo B (magnetno poljsko gostoto, gostoto magnetnega fluksa)*, ki jo merimo v *volt-sekundah na kvadratni meter*. Če je prostor izpolnjen s homogeno snovjo, velja za dolgo tuljavo ali za tanek toroid: $H = In/l$, če je $I$ tok, $n$ število navojev, $l$ pa dolžina tuljave. Snov tu nič ne vpliva. Pač pa je $B$ odvisen od snovi. V diamagnetni ali paramagnetni snovi je $B = \mu\mu_0 H$, kjer je $\mu$ permeabilnost, $\mu_0$ pa indukcijska konstanta. Pri feromagnetni snovi ni tako preproste zveze, v splošnem pa je $B$ tu mnogo večji kot v vakuumu pri enakem $H$.

Gornje protislovje je potemtakem samo navidezno, ker mislijo eni avtorji na $H$, drugi pa na $B$. Nerodna je stvar v starejših izdajah Westphalove knjige, kjer za oboje stoji izraz »Feldstärke«. Westphal namreč uporablja še stari merski sistem (CGS), pri katerem ločitev teh pojmov ni bila tako ostra. — Po večini avtorji že poprej povedo, kaj mislijo s posameznimi izrazi, tako da je zgornjega »protislovja« delno kriv tudi bralec. Lahko pa bi avtorjem zamerili, da rabijo izraz »magnetno polje«, ki ima le kvalitativen pomen, tudi kadar mislijo na količini $H$ in $B$. Nerodno je tudi opisovanje s številom silnic, ker so silnice prav tako samo kvalitativen pojem. Štejemo jih lahko le na sliki, kjer pa je njihovo število odvisno od risarjeve vneme.

# UTRINKI

*Boltzmann o Schopenhauerju.* — Dela teh filozofov vsebujejo mnogo pravilnega in resničnega. Pravilna in resnična so pa njihova mnenja le takrat, kadar zabavljajo čez druge filozofe; njihove lastne sodbe pa navadno nimajo teh lepih lastnosti.

Ludwig Boltzmann: Über eine These Schopenhauers. Populäre Schriften. Leipzig 1919

*Čudne molekule — čuden prevod.* — Molekule imajo najrazličnejše hitrosti in se nam zaradi tega zdijo večje. To povečanje lahko izmerimo in tako posredno ugotovimo temperaturo plina.

(Ljudska tehnika, II. letnik, 126, 1951)

*»Svetlobna jakost« in še kaj.* — Svetlobna jakost objektiva je merilo za množino svetlobe, ki hipoma prodre skozi največjo odprtino, ko je nastavljen na najmanjšo dopustno slikovno razdaljo (žariščno razdaljo).

Lastnost z zlatom spojenega selena je, da spreminja svetlobne žarke v električni tok.

Svetilnost pojema s kvadratom razdalje.

(F. Hlupič: Fotografija. Ljubljana 1951. Str. 12, 23, 25).

# NOVE KNJIGE

## Georges Valiron, Cours d'analyse mathématique

**I. — Théorie des fonctions.** Druga izdaja, 522 strani z 78 slikami Cena 1200 fr. Masson et Cie, Paris 1948.

Vsebina: I. Števila. Množice. Limite. II. Neskončne vrste in produkti. III. O zveznih funkcijah na splošno. Funkcije ene spremenljivke. IV. Riemannov integral. Uporaba in razširitve. V. Pojem Lebesgueovega integrala. VI. Funkcije ene spremenljivke, ki so določene ali izražene z vrstami ali z integrali. VII. Trigonometrične vrste in posplošitve. VIII. Redukcija in mehanično računanje integralov. IX. Funkcije več spremenljivk. X. Dvojni integrali. XI. Trojni integrali in večkratni integrali. XIII. Elementarne funkcije kompleksne spremenljivke. XIII. Cauchyjeva teorija. Osnovni teoremi in računanje residuov. XIV. Weierstrassova teorija. Analitično nadaljevanje. Analitične funkcije in enolične funkcije. XV. Pojmi o konformnem upodabljanju. XVI. Pojmi o eliptičnih funkcijah. XVII. Holomorfne funkcije, ki so definirane z integrali. Uporabe.

**II. — Équations fonctionnelles. Applications.** Druga izdaja 1950. 605 strani z 90 slikami. Cena 1350 fr.

Vsebina: I. Algebraične funkcije ene spremenljivke. II. Pojmi o Abelovih integralih. Problemi obrata in uniformizacije. III. Analitične funkcije več spremenljivk. Metoda majorant. IV. Teorija dotika. Ogrinjače. V. Elementarna teorija diferencialnih enačb. VI. Linearne diferencialne enačbe v kompleksnem. VII. Študij nekaterih linearnih diferencialnih enačb drugega reda. VIII. Nelinearne diferencialne enačbe v kompleksnem. IX. Diferencialne enačbe v realnem. X. Enačbe prvega in drugega reda v realnem. XI. Variacijski račun. XII. Teorija prostorskih krivulj. XIII. Teorija ploskev. Splošni teoremi. XIV. Teorija ploskev. Uporabe. XV. Parcialne diferencialne enačbe prvega reda. XVI. Pojmi o parcialnih diferencialnih enačbah drugega reda z dvema spremenljivkama.

Že iz bežnega pregleda naslovov posameznih poglavij je razvidno, kako bogata je vsebina obeh knjig. Na več kakor 1100 straneh drobnega tiska je zbrana snov iz skoro vseh področij matematike: od teorije množic do diferencialnih enačb ter variacijskega računa in od diferencialne geometrije do teorije analitičnih funkcij. Celo iz teorije števil je nekaj, namreč izrek o praštevilih, da gre kvocient med številom praštevil do n-tega in izrazom $n/\log n$ proti 1 za $n \to \infty$. Povsod so upoštevani tudi novejši izsledki v matematiki in avtor obravnava, kjer je le mogoče, stare probleme po modernih vidikih.

Prvi del začenja z osnovami, to je z vpeljavo iracionalnih števil, s pojmom limite in zaporedja. Potem sledi kritično obravnavan ves diferencialni in integralni račun do funkcijske teorije. Kljub temu pa knjiga ni namenjena za začetnike, ker zahteva, da bralec pozna osnovne pojme infinitezimalnega računa, analitično geometrijo in determinante. Druga polovica knjige je posvečena v glavnem funkcijski teoriji, ki jo obravnava avtor najprej v Cauchy-Riemannovi smeri, nato pa še po Weierstrassu. Pri teoriji konformnega upodabljanja je dokazan Riemannov osnovni izrek, nadalje pa še Picardov izrek in kar je s tem v zvezi. Eliptične funkcije

so na kratko obdelane po Jacobiju in po Weierstrassu. Knjiga se končuje s teorijo Riemannove funkcije $\zeta(s)$.

Drugi del obravnava tri vrste funkcionalnih enačb: algebraične enačbe z dvema spremenljivkama, navadne diferencialne enačbe in parcialne diferencialne enačbe. Izmed linearnih diferencialnih enačb so posebej obdelane Gaussova, Legendrova in Besselova diferencialna enačba in seveda tudi teorija ustreznih funkcij. Uporaba analize je omejena na diferencialno geometrijo: na teorijo prostorskih krivulj in ploskev.

Avtor pripravlja še tretji zvezek tega obširnega dela. V tem bo obravnaval moderni razvoj teorije analitičnih funkcij.

I. Vidav
(Inštitut za matematiko, Ljubljana)

**Gustav Šindler: Osnovi radiofonije (zbirka pokusa).** Mala biblioteka za matematiku, fiziku i kemiju. Zagreb 1951. Strani: 101.

Vsebina: A: Pribor in učila. B: Poskusi: Anodni tok in anodna napetost. Dioda kot usmerjevalka. Napetost mrežice in anodni tok. Elektronska cev kot ojačevalnik. Ojačevanje in mrežni tok. Transkonduktance in stopnja ojačenja. Preseg in stopnja ojačenja. Popačenje in izbira delovne točke. Aperiodično praznenje kondenzatorja. Periodično praznjenje — dušeno nihanje — nihajni krog. Induktivna zveza. Kapacitivna zveza. Elektronka — upravljač mehanskih oscilacij. Elektronka — generator električnih oscilacij. Električni oblok — generator oscilacij. Detektor kot usmernik. Karakteristika kristalnega detektorja. Hartlyjeva vezava. Resonančna krivulja. Elektromagnetna zaščita. Telefonski oddajnik. Detektorski prejemnik. Avdion. Prejemnik s povratno zvezo.

Celotno snov obdela avtor v 36 zanimivih poskusih. Nekateri poskusi so razloženi tudi z matematične strani v čisto preprosti obliki, razumljivi tudi začetniku. Želeti bi bilo samo, da bi avtor dodal v primerjalni tabeli za cevi, ki se pri poskusih uporabljajo, tudi nekaj modernih vrst cevi. Vsekakor pa bo knjižica toplo sprejeta pri začetnikih v radiofonski stroki.

A. Belič

**Ivan Vidav: Višja matematika.** Izdala in založila Državna založba LRS I. del leta 1949, II. del leta 1951. 533 + 442 strani.

S tem delom smo dobili učbenik, ki smo ga že dolgo težko pogrešali. Izid tako obsežnega dela je brez dvoma važen mejnik v slovenski strokovni literaturi. S tem delom je višja matematika dobila svoj izraz tudi v slovenski tiskani besedi.

Delo je spisano kot učbenik ter ima dva cilja: Avtor je skušal ustreči potrebam pouka matematike na matematičnem oddelku prirodoslovno matematične fakultete in potrebam pouka matematike na tehniških fakultetah. Ustreči obema ciljema je brez dvoma zelo težka naloga, vendar je avtorju uspelo najti zadovoljivo srednjo pot. Delo pa je nekoliko bližje potrebam matematikov, kot pa potrebam tehnikov.

V prvem delu obravnava avtor v glavnem števila, zaporedja, determinante, vektorsko algebro, funkcije ene in več neodvisnih spremenljivk, odvod, integral, vrste ter na kratko numerično računanje. V drugem delu obravnava avtor osnove diferencialne geometrije, večkratne integrale, vektorsko analizo, Fourierove vrste, osnove teorije funkcij kompleksne

spremenljivke, navadne in parcialne diferencialne enačbe ter osnove variacijskega računa.

Delo je matematično neoporečno. Hvale vredno je, da je avtor v primernem obsegu obdelal teorijo funkcij kompleksne spremenljivke in variacijski račun. Razporeditev snovi v splošnem ustreza; vendar bi z metodološkega vidika kazalo, da bi avtor obdelal vektorsko algebro prej kot analitično geometrijo v prostoru, kjer bi vektorje lahko že s pridom uporabil. Prav tako bi bilo koristno, ako bi avtor bolj povezal analitično geometrijo s funkcijami. Tehniki bi brez dvoma želeli več primerov, zlasti pa nalog, ki jih je v knjigi žal premalo.

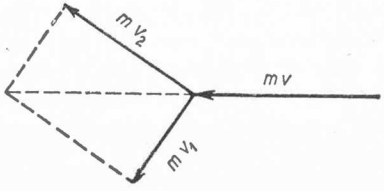
V tehničnem pogledu ima knjiga nekaj manjših nedostatkov, ki jih navajam z željo, da bi založbe v bodoče na take stvari bolj pazile. Knjiga je nekoliko nepregledna, verjetno zaradi prevelikih črk, zaradi enotnega stavka in zaradi nepreglednih prehodov od poglavja do poglavja. Grajati je tudi treba, da ni vsa knjiga tiskana na enakem papirju.

A. Vadnal

# ODGOVORI

## 7. (1951) Trk protona s protonom

Trk elementarnih delcev je elastičen. Zato se tu poleg gibalne količine ohranja tudi kinetična energija. To nam da tri enačbe:




$$mv_1\cos\vartheta_1 + mv_2\cos\vartheta_2 = mv$$
$$mv_1\sin\vartheta_1 - mv_2\sin\vartheta_2 = 0$$
$$\tfrac{1}{2}mv_1^2 + \tfrac{1}{2}mv_2^2 = \tfrac{1}{2}mv^2$$

Tu je $v$ hitrost vpadlega protona, $v_1$ in $v_2$ pa sta hitrosti po trku; $\vartheta_1$ in $\vartheta_2$ sta kota, ki ju oklepata smeri delcev po trku s smerjo vpadlega delca.

Energija vpadlega protona je dana ($U = 6{,}4$ MeV) in z njo njegova hitrost $v$. Iz slike poiščemo oba kota: $\vartheta_1 = 56^0$, $\vartheta_2 = 34^0$. Prvi dve enačbi dasta $v_1$ in $v_2$ in s tem tudi energiji obeh delcev po trku:

$$U_1 = \tfrac{1}{2}mv_1^2 = \tfrac{1}{2}mv^2\ \sin^2\vartheta_2/\sin^2(\vartheta_1+\vartheta_2) \quad \text{in}$$
$$U_2 = \tfrac{1}{2}mv_2^2 = \tfrac{1}{2}mv^2\ \sin^2\vartheta_1/\sin^2(\vartheta_1+\vartheta_2)$$

Upoštevati moramo še tretjo enačbo, t. j. $U_1 + U_2 = U = \tfrac{1}{2}mv^2$, ki nam sedaj da neko odvisnost med kotoma $\vartheta_1$ in $\vartheta_2$. Po kratkem računu dobimo, da mora biti $\vartheta_1 + \vartheta_2 = 90^0$, kar je pokazala že meritev. Seveda velja to le tedaj, če sta masi delcev enaki in če so hitrosti majhne v primeri s svetlobno. Za obe energiji imamo končno:

$$U_1 = U.\cos^2\vartheta_1 = 2{,}0\ \text{MeV} \quad \text{ter} \quad U_2 = U.\cos^2\vartheta_2 = 4{,}4\ \text{MeV}.$$

Iz slike ne moremo razbrati, katero pot je po trku napravil vpadli delec in katero tisti proton, ki je bil prvotno pri miru. Da bi mogli oba

primera razlikovati, bi bilo treba tir protona določiti mnogo, mnogo bolj natančno. Napaka ne bi smela preseči premer protona samega, ki znaša okrog $2.10^{-15}$ m. Vemo pa, da je natančnost pri določitvi lege in gibalne količine omejena s Heisenbergovo relacijo nenatančnosti. Produkt napak obeh določitev je najmanj enake velikostne stopnje kot Planckova konstanta. Če se odrečemo vsakršni natančnosti pri gibalni količini, je že napaka pri določitvi lege enake velikostne stopnje kot Brogliejeva valovna dolžina $h/mv$. Ta pa znaša pri našem protonu $1{,}2 \cdot 10^{-14}$ m. Zato z nobeno metodo ne moremo ugotoviti, ali je proton trčil »na levi« ali »na desni« ob mirujoči proton. Protona sta si prišla tako blizu, da po trku ni več mogoče razločiti, kateri je kateri.

M. V.

Opomba uredništva: Slika je bila z dovoljenjem avtorjev vzeta iz knjige: C. F. Powel and G. P. S. Occhialini: Nuclear Physics in Photographs. Oxford (Clarendon Press) 1947. — Določitev energije je bila v resnici izvedena na drug način, namreč z merjenjem *dosega*, t. j. dolžine cele sledi, ki jo je delec napravil v fotografski emulziji. Sled spodnjega protona, ki se je bolj odklonil, meri 41,8 μ, sled zgornjega pa 138,6 μ. Iz poznane funkcije dosega za protone v uporabljeni emulziji so odtod dobili: $U_1 = 2{,}06$MeV in $U_2 = 4{,}35$MeV.

## 8. Merilnik frekvence pri centrifugi

Najprej je treba ugotoviti, kakšno obliko ima gladina tekočine v vrteči se cevki. Osni presek gladine naj bo dan s funkcijo $y(r)$, če je $r$ razdalja od osi. V rotirajočem sistemu deluje na delec tekočine razen teže $mg$ še centrifugalna sila $m\omega^2 r$. Pri delcu, ki je na gladini, mora rezultanta obeh sil stati pravokotno na gladini. Od tod pa že vidimo, kakšen mora biti nagib gladine: $tg\alpha = dy/dr = \omega^2 r/g$. Z integracijo dobimo: $y = \omega^2 r^2/2g$. Gladina ima torej obliko paraboloida, kot je bilo že v vprašanju omenjeno. Paraboloid je tem ožji, čim večja je kotna hitrost $\omega$.

Da bomo vedeli, za koliko se je gladina na sredi pogreznila in za koliko se je pri krajeh dvignila, moramo izračunati prostornino paraboloida. Prav kratek račun pokaže, da je ravno enaka polovici prostornine očrtanega valja. Iz tega pa sledi, da se je gladina ob steni dvignila za prav toliko, kot se je na sredi znižala. Znižala se je za polovico višine paraboloida, torej za $h = \omega^2 a^2/4g$, če je $a$ radij cevke. Vidimo, da je $h$ sorazmeren kvadratu kotne hitrosti; skala je tu kvadratna. Pri $\nu = 1000$ c/min, torej $\omega = 105$ s$^{-1}$, ter $a = 0{,}5$ cm je $h = 7$ mm; pri $\nu = 2000$ c/min bi bilo potem $h = 28$ mm itd.

Nazadnje navedeni rezultat ni pravilen. Nad tekočino je bilo v cevki samo 20 mm zraka, tako da se gladina ob steni ne more dvigniti za 28 mm, kot bi se morala po zgornjih računih. Naš račun velja samo do $\nu = 1690$ c/s, ko je ravno $h = h_0 = 20$ mm. Za večje kotne hitrosti pa moramo račun napraviti na novo. Zrak nad tekočino je imel obliko valja (radij $a$, višina $h_0$), potem pa obliko paraboloida. Višino paraboloida, t. j. razdaljo od njegovega temena do stropa cevke, zaznamujmo z $y$; zgoraj je paraboloid omejen s krogom, ki ima radij $r$. Prostornina se ni spremenila, torej je $\pi a^2 h_0 = \frac{1}{2}\pi r^2 y$. Po prejšnjem je $r^2 = 2gy/\omega^2$, tako da je $\pi a^2 h_0 = \pi g y^2/\omega^2$. Odtod izračunamo $y$ in še odštejemo prvotno višino $h_0$, da vidimo, za koliko se je gladina pogreznila: $h = y - h_0 = a\omega\sqrt{h_0/g} - h_0$. Vidimo, da je zdaj $h$ linearna funkcija frekvence. Pri $\nu = 2000$ c/min dobimo $h = 27$ mm. Skalo v zahtevanem obsegu podaja tale tabela:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $v$ = | 0 | 1000 | 1690 | 2000 | 3000 | 4000 c/min |
| $h$ = | 0 | 7 | 20 | 27 | 51 | 75 mm |

Na meji med kvadratnim in linearnim območjem dasta seveda obe zgornji enačbi isto vrednost: $h = 20$ mm. Vrh tega pa je tudi odvod $dh/dv$ tam zvezen.

M. Kodelja

# VPRAŠANJA

### 1. Lonec na vodi

Prazen plitev lonec (brez ročajev, brez pokrova) plava na vodi v pokončni legi. Če je lonec višji, bo plaval v nekoliko nagnjeni legi. Nagib v ravnovesni legi je odvisen od oblike lonca in teže (od debeline pločevine).

Vzemimo lonec, ki ima obliko valja in ki je ves iz enake pločevine. Kolikšna sme biti njegova višina, da je mogoča samo pokončna lega? Kako je pri loncu, ki ima obliko enakostraničnega valja ($h = 2r$), ravnovesna lega odvisna od debeline pločevine? Kako pa pri loncu, pri katerem je $h = 3r$?

### 2. Jod 132

V zadnjem času so začeli s proizvodnjo radioaktivnega $J^{132}$, ki ga bodo rabili za podobne namene kot $J^{131}$. Joda 132 pa ne morejo razpošiljati, ker ima razpolovno dobo samo 2,4 ure. Zato dobavljajo telur 132, ki se z razpolovno dobo 77 ur spreminja v $J^{132}$. V svežem preparatu še ni joda, ampak je treba počakati, da nekaj telura razpade. Predolgo pa ne kaže čakati, ker jod dalje razpada. Kdaj je joda 132 največ?

---

*III. Plenum Zveze društev matematikov in fizikov FLRJ*

Dne 3. in 4. marca 1952 je zasedal v Beogradu III. plenum. Na plenumu so delegati društev poročali o delu društev ter razpravljali o bodočih nalogah. Pri pregledu dela se je ugotovilo, da so posamezna društva razvila široko aktivnost, da so se organizacijsko učvrstila in da so dosegla pri dosedanjem delu zadovoljive uspehe. Plenum je med drugim sprejel naslednje važnejše sklepe: 1. Sedež Zveze se prenese v Zagreb. 2. Zaradi tehničnih težav v letošnjem letu ni mogoče organizirati II. kongresa, vendar pa je treba pripraviti vse, da se bo kongres lahko sklical v letu 1953. 3. Društva naj poskrbe za razširjenje dela na podeželje. 4. Društva naj podvoje svoje napore pri izdajanju in širjenju matematičnega tiska, ki se nahaja kljub izdatnim subvencijam v zelo velikih težavah.

* * *

*Koliko je študentov matematike in fizike*

V letnem semestru 1952 se je pri nas vpisalo v posamezne letnike in oddelke naslednje število slušateljev:

| | I | II | III | IV |
|---|---|---|---|---|
| Matematiki | 21 | 11 | 9 | 11 |
| Fiziki prir.-mat. fak. | 7 | 2 | 1 | 1 |
| Fiziki tehniki | 25 | 19 | 7 | 6 |

## Obvestilo

Društvo matematikov in fizikov LR Slovenije, Ljubljana, poštni predal 253, ima še na zalogi knjigi *I. kongres matematičara i fizičara* FNRJ, Bled 8.—12. XI. 1949. Prvi del — Referati i diskusije — stane 120 din, drugi del — Naučna saopštenja — 412 din. Zaradi aktualne vsebine priporočamo obe knjigi zlasti vsem onim, ki so se kongresa udeležili.

Apeliramo na vse člane Društva, da se osebno zavzemajo za zbiranje naročnikov za »*Matematičko-fizički list za učenike srednjih škola*«. List se naroča na naslov Školska knjiga — poduzeće za izdavanje školskih knjiga i učbenika«, Zagreb, Ilica 28 ali na čekovni račun 401-471732. Naročnina je 100 din letno. List izdaja društvo matematičara i fizičara NR Hrvatske za vso državo.

V kratkem bo izšla prva številka novega lista »*Nastava matematike i fizike u srednjoj školi*«, ki je namenjen matematikom in fizikom v vsej državi. Izdaja ga Društvo matematičara i fizičara NR Srbije, Beograd, Bulevar Crvene Armije 18. Priporočamo ga vsem, ki poučujejo na srednji šoli.

Uredništvi obeh listov želita tudi *prispevkov* v slovenskem jeziku. V uredniškem odboru »Matematičko-fizičkog lista« je prof. F. Ahlin, v uredniškem odboru »Nastave« pa prof. L. Gabrovšek, oba profesorja na Višji pedagoški šoli v Ljubljani. Najprimerneje je pošiljati prispevke preko imenovanih urednikov.

Društvo matematikov in fizikov LRS

## Iz uprave

Naročnike prosimo, da nam oproste, ker zaradi tehničnih ovir nismo mogli prej izdati 1. številke. Ker zaradi tega ne bomo mogli izdati 6 številk, ampak le 5, smo obseg revije povečali od 40 na 48 strani. Naročnike, ki niso poravnali naročnine za l. 1951, smo opomnili na priloženi položnici in jih prosimo, da naročnino poravnajo. Prav tako prosimo vse naročnike, da nam čimprej nakažejo naročnino 250.— din za l. 1952, ker je redno izhajanje revije odvisno tudi od plačane naročnine. Številke 2, 3, 4 prvega letnika (1951) so še na razpolago za ceno 120.— din. 1. številka l. 1951 je pošla, zato zaenkrat novim naročnikom z njo ne moremo postreči. Vsako spremembo naslova takoj javite, ker je vsako naknadno razpošiljanje lista vezano na visoke poštne stroške.

## Popravek

V lanski četrti številki je na str. 135 pri indukcijski konstanti naveden napačen desetični eksponent. Prav je: $\mu_0 = 1{,}26 \cdot 10^{-6}$ Vs/Am.

## Uredništvo je prejelo v zameno

Elektrotehniški vestnik, Ljubljana 1951, XIX, št. 10—12.
Farmacevtski vestnik, Ljubljana 1952, II, št. 11—12; III, št. 1—2.
Finančni zbornik, Ljubljana 1952, VIII, št. 1—10.
Glasnik matematičko-fizički i astronomski, Zagreb 1951, II, T6/št. 4.
Gospodarski vestnik, Ljubljana 1952, I, št. 1—14.
Nauka i tehnika, Beograd 1951, VII, št. 11—12.
Problem, časopis »Savjeta za problemski šah«, Zagreb 1951, št. 5—6.
Proteus, Ljubljana 1952, XIV, št. 6, 7, 8, 9.
Vesnik društva matematičara i fizičara NRS, Beograd 1951, III. št. 1-2.
Zdravstveni vestnik, Ljubljana 1951, št. 11—12; 1952, št. 1—2, 3—4.
Zobozdravstveni vestnik, Ljubljana 1951, št. 5—6; 1952, št. 1.
Hathaway Engineering News, Denver, Col. USA, snopič II, št. 1.
Philips' Technische Rundschau, XIII, št. 5, 6, 7.
Welch Physics and Chemistry Digest, Chicago, snopič II, št. 2.
Welch Biology and General Science Digest, Chicago, snopič II, št. 2.

---

## Osnovne fizikalne konstante

Iz 4. št. Obzornika 1951 smo ponatisnili tabelo »*Osnovne fizikalne konstante*« na kartonu 32 cm × 33 cm. Dobite jo v vseh poslovalnicah »Slovenskega knjižnega zavoda« v Ljubljani za ceno 20.— din za kos.

---

Upozoravamo sve one, koji se zanimaju matematičko-fizičkim naukama, da Društvo matematičara i fizičara NR Hrvatske izdaje časopis

GLASNIK MATEMATIČKO-FIZIČKI I ASTRONOMSKI,

koji donosi naučne članke iz područja matematičko-fizičkih nauka, stručne i popularne referate, biografije naučnih radnika, kritike i recenzije knjiga i publikacija, a na kraju svakog broja nalaze se zadaci i rješenja zadataka iz prošlih brojeva.

Glasnik izlazi u pet brojeva godišnje (petnajst araka) i pretplata (za godinu 1951) iznosi 180.— din, koja se šalje na Hrvatsko prirodoslovno društvo, Zagreb, Ilica 16/III ili čekovnom uplatnicom Društva matematičara i fizičara NR Hrvatske 401-9533139.

---

*Obzornik za matematiko in fiziko* izhaja vsak drugi mesec. Izdaja ga Društvo matematikov in fizikov LRS. Urejuje ga uredniški odbor: I. Kuščer, I. Vidav, A. Žabkar. Odgovorni in tehnični urednik: I. Štalec. Upravo vodi I. Štalec. — Tiska tiskarna »Toneta Tomšiča« v Ljubljani. — Naročnina za letos je 250 din. Posamezna številka stane 90 din. Naročnino nakažite na naš čekovni račun pri Narodni banki, št. 604-95331-4. Dopise pošiljajte ter list naročajte na naslov:

*Obzornik za matematiko in fiziko, Ljubljana, poštni predal 253.*