OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

1951 LJUBLJANA 3

VSEBINA

Članki:

O konveksnih krivuljah (I. Vidav) 81
Fazni mikroskop (F. Zernike — I. Kuščer) 89
Hitri številčni računski stroji (L. N. Ridenour — Žabkar) . 89
Elektroforeza (P. Dolar) 101

Novice:

Radiografija s kobaltom 60 (A. Moljk) 109
Drobne vesti 111

Novi instrumenti:

Rentgenska naprava za preiskavo strukture (D. Jamnik) . 112

Učila:

Razgovor o učilih (A. Peterlin) 114
Sklepi 116

Nove knjige:

Rocard: Dynamique générale des vibrations (A. Kuhelj) 117
Kortüm-Bockris: Electrochemistry I. (D. Leskovšek) . . 118

Razgovori z bralci 119

Vprašanja 120

V prihodnjih številkah boste med drugim brali:

Članki: Relaksacijska metoda (A. Kuhelj) — Uporaba ultrazvoka za preiskavo materiala (M. Gabrovšek) — Vakuum (A. Moljk) — **Novice:** Elektronske pomnoževalke — Scintilacijski števci — Nove meritve svetlobne hitrosti — Pregled osnovnih konstant — Center Galaktike — Emisijski elektronski mikroskop — Drobne novice — **Novi instrumenti:** Razstava Physical Society v Londonu 1951 — Analogni računski stroji GAP/R — Detektor za infrardečo svetlobo — Fotometer z elektronsko pomnoževalko — Ultracentrifuga Spinco — Spektranal — **Poskusi:** Razpolovna enota — Poskusi s tlivko — Električni oven — **Pouk:** Table za poskuse iz elektrike — Topološki dokaz Eulerjevega stavka o poliedrih — Preprosta optična klop — Projekcijski galvanometer — **Iz naših šol:** Poročilo aktiva matematikov in fizikov v Ljubljani — Katere matematične in fizikalne revije imamo v Ljubljani — Vpeljimo fizikalne vaje — **Knjige — Dopisi — Utrinki— Odgovori — Vprašanja.**

Obzornik za matematiko in fiziko izhaja vsak drugi mesec. Izdaja ga Društvo matematikov in fizikov LRS. Urejuje ga uredniški odbor: I. Štalec (tehnični in odgovorni urednik), I. Kuščer, A. Moljk, A. Žabkar. Upravo vodi I. Štalec. — Tiska tiskarna »Toneta Tomšiča« v Ljubljani. — Naročnina za letos je 120 din. Posamezna številka stane 50 din. Naročnino nakažite na naš čekovni račun pri Narodni banki, štev. 604-95331-4. Dopise pošiljajte na naslov:

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

LETO I
1 9 5 1

Obzornik za matematiko in fiziko

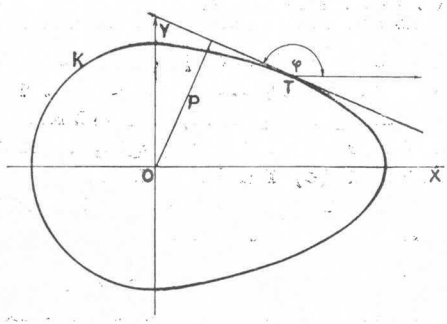
ŠTEV. 3
I. X. 1951

O KONVEKSNIH KRIVULJAH

I. Vidav

Konveksna krivulja se imenuje taka enostavno sklenjena v ravnini ležeča krivulja, ki jo vsaka premica seče kvečjemu dvakrat. Ta definicija je dobra le, če ni noben del krivulje premočrten. V nasprotnem primeru ima lahko premica neskončno mnogo točk skupaj s krivuljo, namreč celo daljico. Vendar pa taka premica ne more iti skozi notranjost polja, ki ga ograja naša sklenjena krivulja. Zato lahko rečemo, da seče vsaka premica, ki gre skozi notranjost tega polja, krivuljo le dvakrat. Ta definicija velja potem v vsakem primeru.

Najprej vzemimo tako konveksno krivuljo K, ki ima v vsaki točki tangento in ta naj se zvezno spreminja, ko gremo po krivulji naprej. Da bomo našli enačbo take krivulje, si mislimo na njeni ravnini kak pravokotni koordinatni sistem (glej sliko). Tu je izhodišče koordinatnega sistema v notranjosti krivulje, kar pa ni nič važno. Tangenta v točki T naj oklepa kot φ s pozitivno smerjo osi x. Ta kot je natančno določen v mejah med 0 in 2π. Vzemimo na krivulji pozitivni smisel obkroženja, na tangenti pa tisti poltrak, ki kaže v smeri tega obkroženja. Potem je φ kot med tem poltrakom in pozitivno smerjo osi x. Ta kot stalno narašča, če se točka T pomika po krivulji v pozitivnem smislu, in gre od $\varphi = 0$, ko je T v T_0, kjer je tangenta vzporedna z osjo x, do $\varphi = 2\pi$, ko obkroži T vso krivuljo in pride v T_0 nazaj. Kot φ zavzame torej vsako vrednost med 0 in 2π enkrat in le enkrat. Zato je lega vsake točke na krivulji s φ natančno določena. Zaznamujmo s p oddaljenost tangente od izhodišča! Seveda je v splošnem p funkcija kota φ, $p = p(\varphi)$. Smerni koeficient tangente pa je tg φ. Zato se glasi enačba tangente



Sl. 1

$$x \sin \varphi - y \cos \varphi = p(\varphi). \tag{1}$$

Tu vzemimo, da je $p(\varphi)$ zvezna in odvedljiva funkcija φ. Krivulja je potem ogrinjača vseh tangent. Po pravilu, kako se išče enačba ogrinjače, je treba (1) odvajati na φ. Torej je

$$x \cos \varphi + y \sin \varphi = p'(\varphi). \tag{2}$$

če iz teh dveh enačb izračunamo x in y, dobimo koordinati dotikališča, t. j. točke T na krivulji. Imamo tedaj

$$x = p \sin \varphi + p' \cos \varphi, \quad y = -p \cos \varphi + p' \sin \varphi. \tag{3}$$

To sta enačbi krivulje K v parametrični obliki. Parameter je φ in pomeni kot, ki ga oklepa tangenta na krivuljo v pripadajoči točki z osjo x.

Formuli (3) sta zelo splošni. Veljata namreč vedno, če je vsak del krivulje res konveksen (to se pravi, da ni daljica). Najprej se da dokazati, da ima konveksna krivulja skoraj v vsaki točki tangento. Taka točka pa, kjer tangente ni, je ogel. (Pripadajoča funkcija, ki definira krivuljo, ima tam desni in levi odvod.) Oglov pa je kvečjemu štev no mnogo. Kot φ se namreč stalno veča, če obkrožimo krivuljo v pozitivnem smislu. V vsakem oglu napravi φ končen skok, ki je enak zunanjemu kotu pri tem oglu. Ker priraste pri obkroženju kot φ za 2π, je torej vsota zunanjih kotov pri vseh oglih manjša od 2π. Zato je prav gotovo le končno mnogo oglov, ki imajo zunanji kot večji od $\frac{\pi}{2}$ (kvečjemu trije so), prav tako jih je končno mnogo z zunanjim kotom med $\frac{\pi}{4}$ in $\frac{\pi}{2}$, nadalje z zunanjim kotom med $\frac{\pi}{8}$ in $\frac{\pi}{4}$ itd. Torej je res kvečjemu štev no neskončno mnogo oglov.

Pojem tangente lahko posplošimo v tem smislu, da imenujemo vsako premico tangento, ki ima le eno točko skupno s krivuljo. V oglih je takih premic več, vse namreč, ki potekajo v notranjosti zunanjega kota. Če smo tako posplošili pojem tangente, pripada vsakemu kotu φ med 0 in 2π ena in le ena tangenta in ena točka na krivulji, namreč dotikališče. Torej sta koordinati x in y zvezni funkciji φ-ja. Kjer je kak ogel, sta te dve funkciji konstantni na nekem intervalu kota φ. Ta interval ima širino pripadajočega zunanjega kota.

Ko poznamo x in y kot funkciji kota φ, se dasta p in p' izračunati iz enačb (3). Dobimo namreč

$$p = x \sin\varphi - y\cos\varphi, \quad p' = x\cos\varphi + y\sin\varphi$$

Te dve enačbi povesta, da sta p in p' zvezni funkciji kota φ. Ni pa od tod neposredno razvidno, da je p' odvod funkcije p. Pač pa je to mogoče dokazati. Od tod lahko sklepamo, da sta formuli (6) in (7) popolnoma splošno veljavni in prav tako tudi (8). Torej ima konveksna krivulja vedno točno določen obseg in ograja točno določeno ploščino.

Če vzamemo za $p(\varphi)$ poljubno zvezno, odvedljivo in periodično funkcijo s periodo 2π, nam dasta enačbi (3) neko sklenjeno krivuljo v ravnini. Vendar pa ni gotovo, da je ta krivulja brez dvojnih točk in da je konveksna. Pozneje bomo našli pogoj, ki mu mora zadoščati funkcija $p(\varphi)$, da je krivulja (3) res konveksna.

Če je p konstanta $= r$, pomenita enačbi (3) krog s polmerom r. V tem primeru imamo namreč

$$x = r\sin\varphi,\ y = -r\cos\varphi \text{ in } x^2 + y^2 = r^2.$$

Ta rezultat je nazorno očiten, ker so le pri krogu vse tangente enako oddaljene od neke stalne točke, namreč od središča. Drugič bodi $p = a\sin\varphi - b\cos\varphi$, kjer sta a in b konstanti. Iz enačb (3) najdemo sedaj, da je $x = a$, $y = b$. To so pa koordinate ene same točke. Pri tem p se torej krivulja skrči v eno samo točko.

Naj določa $p(\varphi)$ neko konveksno krivuljo K! Kaj dobimo sedaj, če v (3) postavimo $\overline{p} = p + a\sin\varphi - b\cos\varphi$? Koordinate točk nove krivulje zaznamujmo z $\overline{x}$ in $\overline{y}$. Potem je

$$\overline{x} = p\sin\varphi + p'\cos\varphi + a = x + a,\ \overline{y} = -p\cos\varphi + p'\sin\varphi + b = y + b.$$

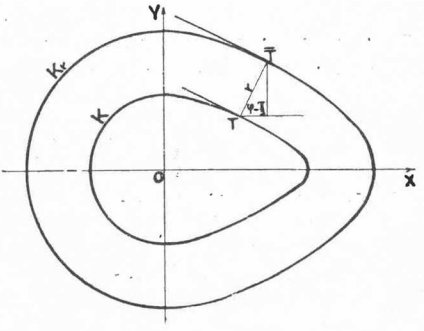
Te dve enačbi povesta, da je nova krivulja le paralelno premaknjena prvotna K. Torej določa transformacija $\overline{p} = p + a\sin\varphi - b\cos\varphi$ paralelni premik.

Končno si oglejmo še primer, da je $\overline{p} = p + r$, kjer je r konstanta. Enačbi (3) dasta

$$\overline{x} = x + r\sin\varphi,\ \overline{y} = y - r\cos\varphi.$$

Točko $\overline{T}$ konstruiramo takole: Skozi točko T prvotne krivulje potegnemo normalo. Točka $\overline{T}$ leži na tej normali v razdalji r od dotikališča (glej sliko 2).

Ker obkrožimo krivuljo v pozitivnem smislu pri naraščajočem φ, je za pozitiven r točka $\overline{T}$ zunaj krivulje, za negativen r pa leži znotraj. Tako dobimo neko krivuljo K_r. Očitno je tangenta na to krivuljo v $\overline{T}$ paralelna tangenti na K v pripadajoči točki T. Zato se imenuje K_r paralelna krivulja k prvotni K. Zunanje paralelne krivulje so tudi vse konveksne, notranje pa le v zadostni bližini prvotne krivulje.



Sl. 2

Obseg in ploščina. Iz enačb (3) najdemo

$$x' = (p+p'')\cos\varphi,\ y' = (p+p'')\sin\varphi. \quad (4)$$

Od tod je ločni diferencial

$$ds = \sqrt{x'^2+y'^2}\,d\varphi = |p+p''|\,d\varphi.$$

Če naj bo φ kot, ki ga oklepa z osjo x tista polovica tangente, ki kaže v smeri naraščajočega φ, mora biti zaradi enačb (4) povsod $p + p'' > 0$. Ločni element je tedaj kar

$$ds = (p + p'')\,d\varphi \quad (5)$$

Za obseg O konveksne krivulje pa dobimo, ker je

$$\int_0^{2\pi} p''(\varphi)\,d\varphi = p'(2\pi) - p'(0) = 0,$$

tole formulo

$$O = \int_0^{2\pi} p(\varphi)\,d\varphi. \quad (6)$$

Pri krogu je n. pr. $p = r$ in znaša obseg $O = 2\pi r$. Elipso dobimo, če postavimo $p = a\sqrt{1-\varepsilon^2\cos\varphi}$, kjer je $2a$ velika os, ε pa numerična ekscentričnost. Obseg znaša v tem primeru

$$O = a\int_0^{2\pi}\sqrt{1-\varepsilon^2\cos^2\varphi}\,d\varphi = 4a\int_0^{\frac{\pi}{2}}\sqrt{1-\varepsilon^2\sin^2\varphi}\,d\varphi$$

in se izraža, kakor je znano, z eliptičnim integralom.

Iz formule (6) moremo takoj dobiti tole: Če leži konveksna krivulja K_1 popolnoma v notranjosti konveksne krivulje K, ima vedno manjši obseg kakor K. Vzemimo namreč, da je izhodišče koordinatnega sistema v notranjosti krivulje K_1, tedaj tudi v notranjosti krivulje K. V tem primeru je povsod $p(\varphi) > 0$ in $p_1(\varphi) > 0$, kjer določa p_1 krivuljo K_1. Ker leži K_1 v notranjosti K, je $p_1(\varphi) < p(\varphi)$ za vsak φ. V točkah, ki pripadata istemu φ, sta namreč tangenti na obe krivulji vzporedni in je izhodišče bolj oddaljeno od zunanje tangente kakor od notranje. Zaradi (6) je potem res

$$O_1 = \int_0^{2\pi} p_1(\varphi)\,d\varphi < \int_0^{2\pi} p(\varphi)\,d\varphi = O.$$

Za konveksne poligone se da to dejstvo zelo elementarno dokazati.

Ploščino lika, ki ga ograja kaka sklenjena krivulja, dobimo iz formule

$$P = \tfrac{1}{2}\int (x\,dy - y\,dx).$$

Tu je treba integrirati po vsej ograji v pozitivnem smislu. V našem primeru dobimo iz enačb (3) in (4)

$$P = \tfrac{1}{2}\int_0^{2\pi} p(p+p'')\,d\varphi = \tfrac{1}{2}\int_0^{2\pi} (p^2 - p'^2)\,d\varphi, \tag{7}$$

ker da integracija per partes

$$\int_0^{2\pi} pp''\,d\varphi = [pp']_0^{2\pi} - \int_0^{2\pi} p'^2 d\varphi = -\int_0^{2\pi} p'^2 d\varphi.$$

Izračunajmo iz formul (6) in (7) obseg in ploščino paralelne krivulje K_r! Za p moramo postaviti $p + r$. Potem je

$$O_r = \int_0^{2\pi} (p+r)\,d\varphi = \int_0^{2\pi} p\,d\varphi + r\int_0^{2\pi} d\varphi = O + 2\pi r$$

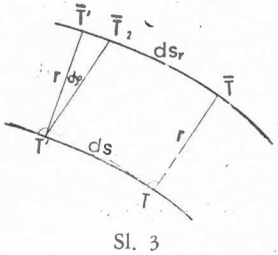
in

$$P_r = \tfrac{1}{2}\int_0^{2\pi} (p^2 - p'^2)\,d\varphi + r\int_0^{2\pi} p\,d\varphi + \pi r^2.$$

Imamo tedaj formuli

$$O_r = O + 2\pi r; \quad P_r = P + Or + \pi r^2. \tag{8}$$

Obe se dasta dobiti tudi neposredno (glej sliko 3). Na sliki pomeni ds majhen del loka na prvotni krivulji K, ds_r pa pripadajoči del loka na paralelni krivulji K_r. Daljica $T'\overline{T}'$ je paralelna k $T\overline{T}$. Če se je tangenta zasukala za kot $d\varphi$ od T do T' je $\sphericalangle\, \overline{T}_2T'\overline{T}' = d\varphi$. Zato je $\overline{T}_2\overline{T}' = r\,d\varphi$ in $ds_r = ds + r\,d\varphi$. Nadalje je ploščina trikotnika $T'\overline{T}_2\overline{T}'$ enaka $\frac{1}{2}r^2\,d\varphi$, ploščina trapeza $TT\overline{T}'T'$ pa $r\,ds + \frac{1}{2}r^2\,d\varphi$. Če to seštejemo po vsem obodu krivulje K, dobimo najprej, ker gre kot φ od 0 do 2π, da je $O_r = O + 2\pi r$, za ploščino kolobarja med K in K_r pa $rO + \pi r^2$. To sta pa res formuli (8). Pri negativnem r veljata formuli le za majhne $|r|$, ker ima pri večjem $|r|$ krivulja K_r lahko dvojne točke. Zadnja izpeljava formul (8) je zelo splošna. Velja tudi za take krivulje K, ki imajo poljubno mnogo oglov. Nasproti vsakega ogla sestoji paralelna krivulja iz nekega krožnega loka. Torej veljata (8) tudi za konveksne poligone.



Sl. 3

Ukrivljenost k krivulje je razmerje med kotom dveh infinitezimalno bližnjih tangent in pripadajočim ločnim elementom. V našem primeru je tedaj $k = \dfrac{1}{\varrho} = \dfrac{d\varphi}{ds}$. Po formuli (5) dobimo od tod

$$k = \frac{1}{p + p''} \qquad \text{ali} \qquad \varrho = p + p''. \tag{9}$$

Prej smo dognali, da mora biti pri konveksnih krivuljah povsod $p + p'' > 0$. Zato je ukrivljenost $k > 0$. Ta pogoj je potreben in zadosten, da določa funkcija $p(\varphi)$ konveksno krivuljo. Naj bo namreč $p(\varphi)$ dvakrat zvezno odvedljiva periodična funkcija, kjer je $p + p'' > 0$. Enačbi (3) najprej povesta, da je pripadajoča krivulja sklenjena. Zaradi tega dobimo iz (4)

$$\int_0^{2\pi} (p + p'') \cos \varphi \, d\varphi = 0 \quad \text{in} \quad \int_0^{2\pi} (p + p'') \sin \varphi \, d\varphi = 0. \tag{10}$$

Od tod sklepamo, da krivulja nima dvojne točke. Če bi bila n. pr. začetna točka dvojna točka, bi moralo biti za neki $\varphi_1 < 2\pi$

$$\int_0^{\varphi_1} (p + p'') \sin \varphi \, d\varphi = 0.$$

Ker je $p + p'' > 0$, vidimo od tod, da bi moral biti $\varphi_1 > \pi$. Od φ_1 do 2π pa je potem integrand povsod negativen in ne bi mogla biti izpolnjena druga enačba (10). Začetno točko pa lahko poljubno izberemo, saj smemo koordinatni sistem zavrteti. Zato res nima krivulja dvojnih točk. Nadalje leži vsa vedno le na eni strani tangente. V začetni točki je n. pr. $y = y_0$ enačba tangente, ki je tu vzporedna osi x. Iz druge enačbe (4) pa imamo

$$y = y_0 + \int_0^{\varphi} (p + p'') \sin \varphi \, d\varphi.$$

Po prešnjem vidimo, da je $y \geqq y_0$, kjer velja znak $=$ le za začetno in končno točko. Torej je res naša krivulja konveksna. Pri paralelni krivulji K_r je polmer pritisnjenega kroga $\varrho_r = \varrho + r$, torej za r večji. Od tod sklepamo, da je tudi vsaka zunanja paralelna krivulja konveksna in da ima isto središče pritisnjenega kroga kakor prvotna krivulja. Zato ima tudi isto evoluto.

Ukrivljenost k oziroma polmer pritisnjenega kroga ϱ sta v splošnem funkciji kota φ. Vzemimo, da se ϱ vzdolž krivulje K zvezno spreminja. Torej je $\varrho = \varrho(\varphi)$ zvezna periodična funkcija s periodo 2π. Vsaka taka funkcija določa do paralelnega premika natančno neko konveksno krivuljo, če je povsod $\varrho > 0$ in sta obenem izpolnjeni enačbi (10), t. j.

$$\int_0^{2\pi} \varrho(\varphi) \cos \varphi d\varphi = 0, \qquad \int_0^{2\pi} \varrho(\varphi) \sin \varphi \, d\varphi = 0. \tag{10*}$$

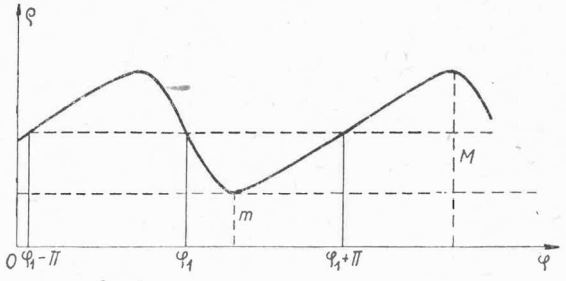
Te dve enačbi povesta, da je krivulja sklenjena. Ker je $\varrho(\varphi)$ periodična funkcija, lahko sklepamo iz (10*), da je za poljuben interval širine 2π vedno

$$\int_{\varphi_1}^{\varphi_1 + 2\pi} \varrho(\varphi) \sin \varphi \, d\varphi = 0. \tag{11}$$

Ker se krivinski polmer zvezno spreminja, je povsod končen, krivulja pa sklenjena, mora ϱ vsaj v dveh točkah doseči ekstremno vrednost: nekje maksimum in nekje minimum. Tako točko imenujemo *teme* konveksne

krivulje. *Sedaj pa velja stavek, da ima vsaka konveksna krivulja najmanj štiri temena.* Pri elipsi so to presečišča z obema osema. Minimum razumemo tukaj takole: V sosednjih točkah na obeh straneh ϱ ni nikjer manjši, preden pa pride na eni ali drugi strani do manjših vrednosti, zavzame večje vrednosti. Podobno je definiran maksimum.

Če je ϱ odvedljiv, je v taki točki odvod $= 0$. V tem primeru gornji stavek pove, da je najmanj štirikrat $\varrho'(\varphi) = 0$. Sedaj pa dokažimo ta stavek! Če bi imel ϱ samo dva ekstrema, bi od tiste točke, kjer doseže maksimum, monotono padal do tam, kjer doseže minimum, od tam naprej pa bi zopet naraščal do največje vrednosti. Funkcija $\varrho(\varphi)$ bi torej potekala tako, kakor kaže pričujoča slika 4. Naj bo m minimum in M maksimum! Vzporednica z osjo φ se v razdalji m ravno dotika krivulje, če pa se ta vzporednica dviga, krivuljo seče, oddaljenost med presečiščema se stalno veča in doseže vrednost 2π, ko ima vzporednica razdaljo M od osi x. V neki vmesni legi, imenujmo μ pripadajočo oddaljenost od osi φ, je ta razdalja med presečišči ravno $= \pi$. Zaznamujmo s φ_1 prvo presečišče, potem je $\varphi_1 + \pi$ drugo, zaradi periodičnosti funkcije $\varrho(\varphi)$ pa je tudi $\varphi_1 - \pi$ presečišče. Diferenca $\varrho(\varphi) - \mu$ je tedaj na intervalu med $\varphi_1 - \pi$ in φ_1 pozitivna, med φ_1 in $\varphi_1 + \pi$ negativna. Zato je



Sl. 4

$$\int_{\varphi_1-\pi}^{\varphi_1+\pi} \varrho(\varphi) \sin(\varphi - \varphi_1)\, d\varphi = \int_{\varphi_1-\pi}^{\varphi_1+\pi} (\varrho - \mu) \sin(\varphi - \varphi_1)\, d\varphi > 0.$$

To pa je v nasprotju z enačbo (11). S tem je res gornji stavek dokazan.

Krivulje s konstantno širino. To so take konveksne krivulje, pri katerih je oddaljenost med dvema paralelnima tangentama vedno ista. Očitno ima krog to lastnost. Če je osnovna ploskev pokončnega valja krivulja take vrste, bi mogli na takih valjih tudi valiti bremena, ker ostane breme vedno v isti višini. Iz pomena kota φ vidimo, da dasta vrednosti φ in $\varphi + \pi$ paralelni tangenti. Če leži izhodišče koordinatnega sistema v notranjosti krivulje, mora biti pri krivuljah s konstantno širino

$$p(\varphi) + p(\varphi + \pi) = 2r, \tag{12}$$

kjer je $2r$ konstantna oddaljenost paralelnih tangent. Od tod dobimo za obseg

$$O = \int_0^{2\pi} p(\varphi)\, d\varphi = \int_0^{\pi} p(\varphi)\, d\varphi + \int_0^{\pi} p(\varphi + \pi)\, d\varphi = 2r \int_0^{\pi} d\varphi = 2\pi r. \tag{13}$$

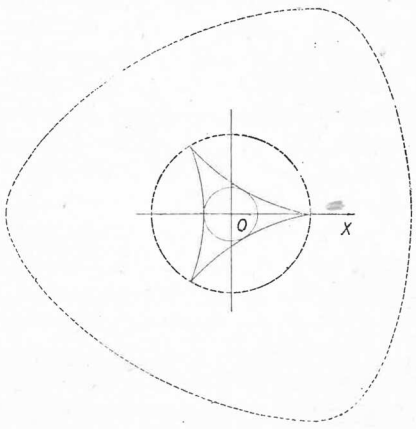
Vidimo, da imajo vse krivulje s širino $2r$ isti obseg $2\pi r$.

Dotikališči paralelnih tangent $T(x, y)$ in $\overline{T}(\overline{x}, \overline{y})$ sta določeni s kotoma φ in $\varphi + \pi$. Iz enačbe (3) dobimo, da je

$$\overline{x} = x - 2r \sin\varphi, \qquad \overline{y} = y + 2r \cos\varphi.$$

Te dve enačbi povesta, da leži spojnica $T\overline{T}$ pravokotno na paralelnih tangentah. Zato je n. pr. najvišja točka pri taki krivulji vedno natanko nad najnižjo točko.

Krivulj s konstantno širino je nešteto, saj nam jih dajo vse funkcije $p(\varphi)$, ki ustrezajo enačbi (12), če je le $p + p'' > 0$. Ako postavimo $p(\varphi) = r + \Phi(\varphi)$, mora biti $\Phi(\varphi + \pi) = -\Phi(\varphi)$. Tej enačbi ustreza n. pr. funkcija $\Phi = a \sin 3\varphi$. Torej določa $p = r + a \sin 3\varphi$ konveksno krivuljo s konstantno širino, če je $p + p'' > 0$. Ker je $p + p'' = r - 8a \sin \varphi$, mora biti $r > 8a$. (Na pričujoči sliki je $r = 9a$).



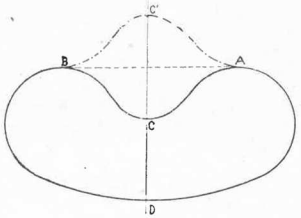
Sl. 5

Izoperimetrična lastnost kroga. Med vsemi sklenjenimi krivuljami z danim obsegom O ima krog največjo površino P. To je izoperimetrična lastnost kroga. Če ima krog polmer r, je njegov obseg $O = 2\pi r$ in ploščina $P = \pi r^2$. Torej velja med obsegom in ploščino kroga tale relacija: $O^2 - 4\pi P = 0$. Vsaka druga krivulja ima pri istem obsegu manjšo ploščino in velja zato vedno $O^2 - 4\pi P > 0$. Če je torej O obseg kake enostavno sklenjene krivulje in P ploščina, je

$$O^2 - 4\pi P \geqq 0, \qquad (14)$$

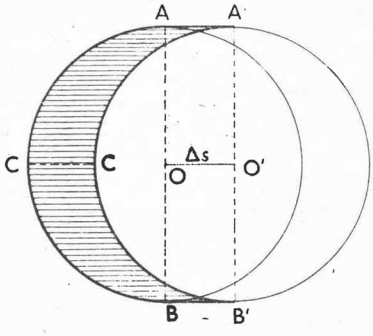
kjer velja $=$ le za krog. To izoperimetrično neenačbo hočemo sedaj dokazati.

Očitno je najprej, da moramo iskati rešitev problema le med konveksnimi krivuljami. Če namreč krivulja ni konveksna, najdemo lahko takoj krivuljo z istim obsegom in večjo ploščino. Na pričujoči sliki je lok $AC'B$ zrcalna slika loka ACB na tetivo AB, ima tedaj isto dolžino. Krivulja $AC'BDA$ pa oklepa večjo ploščino kakor $ACBDA$.



Sl. 6

Pri dokazu neenačbe (14) potrebujemo neko formulo, ki jo hočem najprej izpeljati. Okrog kake točke na krivulji opišimo krog s polmerom r! Kolikšno ploščino opiše krožnica tega kroga, če se središče giblje po krivulji in pride nazaj v začetno točko? Ako premaknemo središče kroga premočrtno za Δs naprej, opiše zadnja polovica krožnice lik $A'ACBB'C'$, to pa je ravno ploščina pravokotnika $A'ABB'$, $= 2r\,\Delta s$ (glej pričujočo sliko). Obe polovici krožnice opišeta tedaj ploščino $4r\,\Delta s$. Sedaj lahko takoj odgovorimo na gornje vprašanje. Krivuljo razdelimo na same ločne elemente ds. Vsak izmed teh da ploščino $4r\,ds$. Torej je vsa ploščina, ki



Sl. 7

jo opiše krožnica, ko preteče središče celo krivuljo, enaka $\Sigma 4 r\, ds = 4 r O$, če je O obseg. Pri tem pa opiše krožnica nekatere dele ravnine večkrat in sicer ali dvakrat, ali štirikrat ali šestkrat itd. Naj bo P_2 tista ploščina, ki je pokrita natančno dvakrat, P_4 natančno štirikrat itd. Potem velja tale enačba

$$4 r O = 2 P_2 + 4 P_4 + 6 P_6 + \ldots \tag{15}$$

To formulo moremo tudi na sledeči način tolmačiti: Vsaka točka pokrite ploščine je vsaj od ene točke krivulje K oddaljena natančno za r. Če tedaj okrog te točke opišemo krog s polmerom r, ta krog seče krivuljo K. Presečišči sta najmanj dve, če se krog ravno ne dotika krivulje. Zato je P_2 ploščina polja, ki ga tvorijo vsa središča krogov s polmerom r, ki natanko dvakrat sečejo K. Nadalje je P_4 ploščina polja, ki ga tvorijo vsa središča krogov, ki štirikrat sečejo K itd. Meje med posameznimi polji so krivulje, torej nimajo nobene ploščine. Krog s središčem na meji seče krivuljo K ali enkrat ali trikrat itd.

Naj bo sedaj ϱ polmer največjega kroga, ki leži popolnoma v notranjosti krivulje K (in se je seveda v nekaj točkah dotika), R pa naj bo polmer tistega najmanjšega kroga, v katerega notranjosti leži vsa krivulja K. Če izberemo tak r, da je $\varrho \leqq r \leqq R$, seče prav gotovo vsak krog, ki ima središče v notranjosti krivulje K, to krivuljo najmanj dvakrat. Polje vseh središč krogov s polmerom r, ki sečejo K, pa je očitno na zunaj omejeno s paralelno krivuljo K_r v razdalji r. Ker je ploščina, ki jo ograja ta paralelna krivulja K_r, enaka $P + Or + \pi r^2$, imamo tedaj

$$P + O r + \pi r^2 = P_2 + P_4 + P_6 + \ldots \tag{16}$$

Pa odštejmo to enačbo od enačbe (15), ki smo jo prej še delili z 2! Tako dobimo

$$O r - P - \pi r^2 = P_4 + 2 P_6 + \ldots$$

ali

$$\frac{O^2}{4\pi} - P = \pi \left(\frac{O}{2\pi} - r\right)^2 + P_4 + 2 P_6 + \ldots \tag{17}$$

Ker ni noben člen na desni negativen, imamo od tod izoperimetrično neenačbo (14)

Moremo pa najti še boljšo oceno in to takole: Postavimo v (17) najprej $r = \varrho$ in nato $r = R$! Krog s polmerom ϱ leži v notranjosti krivulje K, zato ima manjši obseg: $2\pi\varrho < O$. Ker pa leži K vsa v krogu s polmerom R, je $O < 2\pi R$. Torej je

$$O^2 - 4\pi P \geqq 4\pi^2 \left(\frac{O}{2\pi} - \varrho\right)^2 \quad \text{in} \quad O^2 - 4\pi P \geqq 4\pi^2 \left(R - \frac{O}{2\pi}\right)^2 \tag{18}$$

Izraza v oklepaju na desni sta oba pozitivna. Za dve pozitivni števili x in y pa velja vedno neenačba

$$\frac{x^2 + y^2}{2} \geqq \left(\frac{x + y}{2}\right)^2 \tag{19}$$

Diferenca med levo in desno stranjo je namreč $\frac{1}{4}(x-y)^2$ in ta je vedno pozitivna, enaka nič je le za $x = y$. Če torej neenačbi (18) seštejemo, delimo z 2 in upoštevamo (19), dobimo ocenitev

$$O^2 - 4\pi P \geqq \pi^2 (R-\varrho)^2. \qquad (20)$$

To ostrejšo obliko formule (14) je prvi izpeljal Bonnesen.[1]

Kdaj velja v (14) enakost? Iz ocenitve (20) vidimo, da mora biti v tem primeru $R = \varrho$. Notranji in zunanji krog imata torej isti polmer. To pa je mogoče le, če je tudi krivulja sama krog. S tem je izoperimetrična lastnost kroga dokazana.

Ta zelo preprosti dokaz je dal katalonski matematik L. A. Santaló.[2] Pri dokazovanju sta nam bili potrebni le formuli (8) in (15). Obe se dasta hitro in nazorno izpeljati brez znanja infinitezimalnega računa.

FAZNI MIKROSKOP

F. Zernike — priredil I. Kuščer

V zadnji številki je žal izpadel naslednji dostavek: Članek je prirejen po delu: F. Zernike: Phase Contrast, a new Method for the Microscopic Observation of Transparent Objects. Delo je bilo objavljeno v reviji Physica, Vol. 9, str. 686, 974 (1942). Za ljubeznivost, da nam je dala za to dovoljenje, se zahvaljujemo založbi N. V. Martinus Nijhoff, s-Gravenhage (Holandska).

HITRI ŠTEVILČNI RAČUNSKI STROJI

Elementarni pregled dosedanjega razvoja in smeri za prihodnost

L. N. Ridenour — prevedel A. Žabkar

Članek je izšel v Journal of Applied Physics, Vol. 21, N. 4., aprila 1950 z naslovom: High Speed Digital Computers, An Elementary Survey of Present Developments and Future Trends. American Institute of Physics nam je dovolil objavo prevoda, za kar se mu najlepše zahvaljujemo. — Za sl. 1 in 4 se zahvaljujemo prof. H. Aikenu (Computation Laboratory of Harvard University, Cambridge, Mass.), za sl. 2 U. S. War Departmentu (Washington), za sl. 3 pa dr. M. V. Wilkesu (Mathematical Laboratory, University of Cambridge, England).

Ena najbolj zanimivih in mogoče tudi najbolj značilnih stvari povojnega tehničnega razvoja je sedanji veliki napor, ki ga posvečajo v ZDA in tudi drugod osnutkom, konstrukciji in izpopolnjevanju hitrih avtomatičnih številčnih računskih strojev. Največji del naporov za te vrste računskih strojev plačuje v ZDA Zvezna vlada, kar je v skladu s sedanjo sliko pomoči za tehnična dela; zasebna ameriška industrija investira precejšnje vsote; in nekam čudno, naše univerze ne kažejo, da bi iz svojih sredstev prispevale več kakor drobec tega dela.

Mehanični pripomočki za računanje — to je seveda stara zadeva. *Avtomatični, hitri številčni računski stroj* — ako vsakega teh pridevnikov tudi posebej upoštevamo — je pa nekaj zelo novega. Ne moremo reči, da je bil praktično realiziran, preden je bil l. 1945 izgotovljen slavni ENIAC.

[1] T. Bonnesen: Über eine Verschärfung der isoperimetrischen Ungleichheit des Kreises in der Ebene. Math. Annalen, Bd. 84, stran 216—223.

[2] Glej W. Blaschke: Integralgeometrie I, stran 25—27.

O tem stroju bomo kasneje več povedali. Sedaj pa naredimo malo premora, da bomo razlikovali stroj, ki bo tu zaposlil našo pozornost, od drugih računskih priprav.

Pred vsem hočemo obravnavati *številčne* stroje. S tem izključujemo veliko skupino računskih priprav, ki jih s skupnim izrazom imenujemo *analogne* stroje.[1] Analogni stroj je tak, ki prenese vsako število v kakem računu v kako fizikalno količino: to je, fizikalna količina postane mera števila. Analogni stroj dela nato s temi fizikalnimi količinami skladno z naravo računa, ki ga želimo napraviti. Fizikalno količino, ki jo dobimo kot rezultat te manipulacije, končno izmerimo — to je, pretvorimo nazaj v število — da dobimo za račun številčni odgovor. Logaritmično računalo je tak analogen stroj. Na logaritmičnem računalu predočujemo števila z daljicami, ki so premo sorazmerne logaritmom teh števil. Ako množimo, seštejemo daljici, ki sta prirejeni vsakemu obeh faktorjev; dobljena daljica je prirejena produktu, pravzaprav je premo sorazmerna z logaritmom produkta. To daljico pretvorimo nazaj v število po skali, ki je na ravnilu, in računanja je konec.

Ako stroj uporabi eno samo fizikalno količino za *celotno* predočevanje števila, je odvisen od skrajne točnosti, s katero odmerja, obravnava to edino fizikalno količino in z njo manipulira. Številčni stroj seveda tudi fizikalno predočuje števila, vendar pa predočuje število vsake posamezne mestne vrednosti števila s posebno fizikalno količino. To daje mnogo večje možnosti pri zasnovah številčnih strojev; da bo lahko številčni stroj računal z desetmestnimi števili, ni treba nobenega njegovega dela zgraditi z natančnostjo $1:10^{10}$. Na drugi strani pa analogni stroj nima večje celotne natančnosti kakor one, s katero je zgrajen.

Analogne stroje so spravili na visoko stopnjo popolnosti in uporabnosti. Vannevar Bush in njegovi sodelavci pri Massachusetts Institute of Technology so začeli okrog 1931 graditi znani diferencialni analizator, ki je bil v svoji prvi izvedbi mehanična naprava. Med vojno in po vojni so konstruirali razne električne diferencialne analizatorje. Nekateri teh strojev so sedaj že naprodaj. Ne bomo se zadrževali s temi stroji, govorili bomo samo o številčnih strojih.

Pravzaprav bomo govorili samo o *avtomatičnih* številčnih računskih strojih. Ta pridevek pomeni, da ne bomo obravnavali takih številčnih strojev, ki jih predstavljajo znani seštevalni stroji ali pa tabelarični računski stroji tipa Monroe ali Marchant. Zamisel in realizacija teh strojev je zelo stara.[2] Prvi praktični seštevalni stroj, ki uporablja številčna kolesa, je zasnoval l. 1642 Blaise Pascal; stroj, ki lahko množi (s ponovnim seštevanjem v zvezi s primernimi prijemi), je izumil 1671 Leibniz. Zgradili so ga 1694. Francoz Charles Thomas je l. 1820 zasnoval prvi stroj, ki je trgovsko uspel. Z manjšimi spremembami in izboljšavami so izdelovali ta stroj v Parizu prav do druge svetovne vojne.

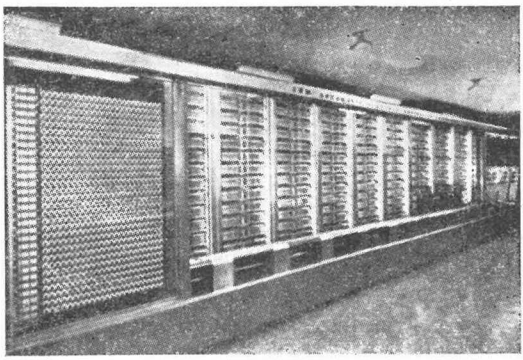
Tudi se ne bomo zadrževali z znanimi stroji s preluknjanimi papirnimi traki, ki jih izdeluje tvrdka International Business Machines Company. Ti stroji izvirajo iz dela Hermana Holleritha, nameščenca v uradu U. S.

[1] Opis analognih strojev in njihovo uporabo dobite v knjigi D. R. Hartree, Calculating Instruments and Machines (University of Illinois Press, Urbana 1949).

[2] Zgodovinsko poročilo o razvoju tabelarnih računskih strojih poglej v članku »Calculating machines« v Encyclopedia Britannica.

Census. Hollerith je 1889 prišel na misel, uporabljati za to, da je vstavil v stroj števila in zopet prebral rezultate, luknje, narejene na papirni trak. Nekaj podobnega so že dolgo uporabljali na statvah Jacquard za kontrolo pri tkanju kompliciranih vzorcev. Da naj to uporabijo pri računskih strojih, je že dve generaciji prej nasvetoval Charles Babbage, o katerem bomo kasneje več povedali.

Tabelarne računske stroje in stroje IBM izvzemamo iz te obravnave, ker napravi tak stroj naenkrat eno samo osnovno računsko operacijo in ga moramo pripraviti znova, da naredi drugo. To se pravi, da moramo naravnati na tabelarnem stroju oba faktorja za množenje in se potem zanesti na stroj, da bo to izračunal in nam pokazal produkt. Pred novo multiplikacijo — ali kako drugo operacijo — moramo sami dati stroju števila za nov račun in nalog, katero operacijo naj naredi s temi števili.



Sl. 1. Računski stroj Harvard Mark I. Od leve proti desni: Stikala za začetne podatke; številne priprave; interpolator; kontrolna enota za pravilni red računov. Ta stroj ima mehanične številne priprave z elektromagnetnimi sklopi in relejno kontrolo.

Na drugi strani dobi avtomatični stroj že v začetku zadosti navodil in je sam dovolj usposobljen, da naredi vse račune z mnogimi števili drugega za drugim brez človeškega posega, po kompliciranem vrstnem redu, brž ko dobi znak, naj začne. Tako se avtomatični stroj bistveno razlikuje od tabelarnega stroja. Bolj je skoraj podoben celemu mehaniziranemu kompleksu: človek računar plus tabelarni stroj plus priročne funkcijske tabele plus delovni list, na katerem je označen potek računanja in na katerem se lahko napišejo vmesni rezultati. Ideja o takem avtomatičnem stroju je stara več kakor sto let. Charles Babbage, profesor matematike na Lukasovi stolici[3] v Cambridgeu, je zamislil tako napravo — analitični stroj — in ga začel graditi (za denar britanske vlade) l. 1835. Analitični stroj ni bil nikdar dovršen, v glavnem zaradi tega, ker precizna mehanika v Babbageovem času ni bila kos nalogi, da uresniči njegove kompliciranе načrte. Toda njegov načrt je bil čudovito moderen, če primerjamo ideje, ki še vodijo na področju avtomatičnih računskih strojev.

Tudi s tem strojem se ne bomo ukvarjali. Govorili bomo o *hitrih* avtomatičnih številčnih računskih strojih. Pred strojem ENIAC so zasnovali in zgradili najmanj dva tipa avtomatičnih številčnih računskih strojev. Profesor Horward Aiken iz Harvardove univerze je zgradil s pomočjo družbe IBM svoj stroj, tako imenovani Mark I. Ta stroj je avtomatičen računski stroj z električno kontrolo in mehaničnim delovanjem. Slavili so ga »Babbageov sen resnica«.[4] Približno ob istem času so laboratoriji družbe

[3] H. P. Babbage, Babbages Calculating Engines (Spon, Ltd., London 1889).

[4] Annals of the Harvard Computation Laboratory (Harvard University Press, Cambridge, 1946) Vol. I.

Bell Telephone zgradili stroj, ki je po sedanjih definicijah avtomatičen številčni računski stroj. Kot elemente za osnovne računske operacije in za shranjevanje rezultatov uporablja elektromehanične releje.[5] Hitrost obeh teh strojev je bila omejena, ker je bila odvisna od mehaničnih elementov, katerih gibanje je počasno v primeri z dogajanji v električnih krogih. Na drugi strani dela stroj »ENIAC«[6] vse operacije z električnimi sunki, ki jih daje po 100 000 na sekundo, po električnih vodih. Učinke teh sunkov beležijo *razpolovne enote* (angleško: *flip-flop circuit*), to so dvojice elektronk, ki imajo dva stabilna stacionarna položaja. Sunek s pravim predznakom spravi dvojico iz enega položaja v drugega v delu mikrosekunde.

Čas, ki ga potrebuje stroj ENIAC, da sešteje dve desetmestni dekadično zapisani števili, je 200 mikrosekund. V primeri s časom, ki ga potrebujejo stroji, kakršne izdelujejo sedaj, je to dolgo: 10 mikrosekund za seštevanje je nekaj navadnega pri modernih osnutkih. Toda če primerjamo to z mehaničnimi računskimi stroji, je to res zelo hitro.

V naslednjih vrsticah je treba razumeti besedo »stroj« kakor hitri avtomatični številčni računski stroj. Oglejmo si sedaj splošne osnutke takih strojev.

Splošne opombe o osnutkih računskih strojev

Za vsak stroj je treba napraviti celotni osnutek. Prav pa je, da bomo posebej obravnavali razne dele stroja, ki imajo različna opravila. Taki najbolj važni deli so:

Prvič *aritmetična enota*. Ta naprava naredi posamezne aritmetične operacije po vrstnem redu, kakor jih zahteva račun. V bistvu je to elektronska izvedba navadnega tabelarnega računskega stroja.

Drugič *notranja ali hitra spominska enota*. Ta del je najmanj zadovoljivi del obstoječih ali zasnovanih strojev. To je naprava, ki lahko za trajno zabeleži števila — bodisi začetne podatke problema bodisi vmesne rezultate — jih hrani in daje na razpolago, ko nadaljnje računanje to zahteva. Vsako število v spominu mora biti dostopno na zahtevo v nekaj mikrosekundah. Spomin je navadno tako urejen, da lahko hrani tudi povelja. To so za stroj navodila, ki vodijo potek računanja.

Tretjič *kontrolna enota*. Ta del skrbi za celotni račun. Vodi celotni potek računanja, odloča, katera posamezna operacija je najprej na vrsti, in sproži njeno izvršitev.

Nazadnje *vhodna* in *izhodna enota*. Ta del je potreben, da lahko človek upravlja stroj. Skozi to enoto dobi stroj v začetku podatke in navodila, ki se tičejo problema: skozi to enoto lahko stroj pove vmesne ali končne rezultate. Često uporabljamo vhodno in izhodno enoto tudi za shrambo velikega števila števil in povelj za daljšo dobo (na magnetni žici ali preluknjanem vzorcu).

Ta *zunanji spomin* dopolnjuje notranjega, ki je redkokdaj tako obsežen, kakor bi bilo želeti.

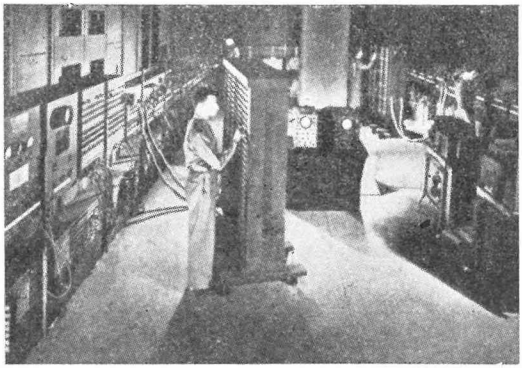
Za vsak matematični problem, ki ga predložimo stroju, je treba napraviti program, to je, zdrobiti ga je treba na posamezne korake, ki jih

[5] S. B. Williams, Bell Lab. Record 25,49 (1947).

[6] H. H. Goldstine and A. Goldstine, Math. Tables and Aids to Computation, 2, 97 (1946); D. R. Hartree, Nature, 158, 500 (1946).

je treba napraviti zaporedno. Števila, ki se tičejo problema, je treba predložiti, prav tako *povelja* ali navodila stroju, kaj naj napravi z njimi. Vstopna enota vtisne v začetku program števil in povelj spominski enoti stroja, delo se za tem razvija popolnoma v stroju samem.

Prestavimo tipično povelje: »Vzemi število, shranjeno v spominu na mestu 1100; pomnoži ga s številom, shranjenim v spominu na mestu 2016. Postavi produkt v spomin na mesto 1234 (izbriši pa to, kar je sedaj tam). Nato pojdi po naslednje povelje v spomin na mesto 1161.« Povelja so pisana s številkami. Za to imajo poseben kodeks. To ima dvoje prednosti: vsako mesto v spominu lahko hrani ali število ali povelje; aritmetične operacije lahko izvršimo na psevdoštevilih, ki so povelja; lahko tako pretvorimo eno povelje v drugo, če je to treba, ko se računanje nadaljuje.



Sl. 2. Računski stroj ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) na univerzi države Pennsylvania v Filadelfiji. Od leve proti desni: Enota, ki sproži sunke; generator sunkov; glavna programska enota; enota za funkcjske tabele; enoti za akumulatorje. Pripravi, ki sta podobni omari, hranita funkcijske tabele. Levo spodaj so številčni vodi, nad debelejšim kablom na levi strani slike so programski vodi.

Primer, ki smo ga pravkar omenili, je bil povelje za multiplikacijo. Podobna povelja vodijo adicijo, subtrakcijo, multiplikacijo in včasih kako drugo aritmetično operacijo. Druge vrste tip povelj, ki zelo veča področje stroja, je tako imenovani »*pogojni prenos*«. To povelje daje stroju sposobnost presojanja. Stroj lahko sam odloči o nadaljnjem poteku računanja na podlagi dobljenih rezultatov brez posebnega človeškega posega. Primer pogojno prenosnega povelja bi bil: »Primerjaj rezultat zadnje manipulacije s številom, ki je shranjeno v spominu na mestu 1648; ako je večji ali enak temu številu, pojdi v spomin na mesto 1176 po naslednje povelje.« Take odločitve so predvsem značilne za kontrolo pri kompliciranem računanju. Tako odloča človek, ako računa po konvencionalnih metodah.

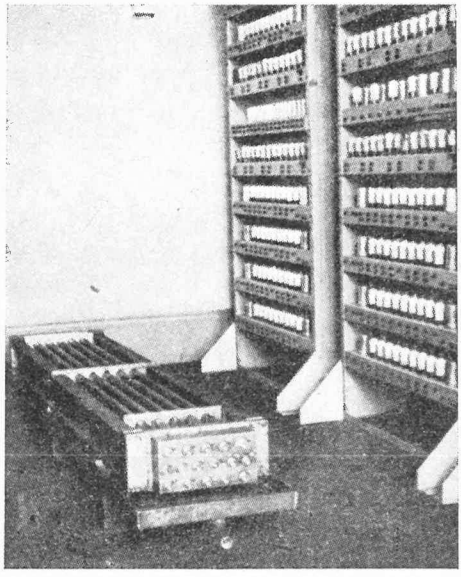
V stroju so števila zabeležena v skupinah posebnih nelinearnih elementov. Vsak element ima dva stabilna položaja: odprto, zaprto. Pri sedanjih elektronskih strojih so nelinearni elementi navadno tako imenovane razpolovne enote. Ti izhajajo iz multivibratorja, ki sta ga izumila 1919 Eccles in Jordan.[7] V razpolovni enoti sta elektronki vezani tako, da je ena zaprta, kadar je druga odprta. Če pride pozitiven sunek na obe mreži, odpre elektronko, ki je bila prej zaprta in istočasno se druga elektronka zapre. To se zgodi hitreje kot v eni mikrosekundi. Tako ima sistem dva stabilna položaja, ki se dasta razlikovati. Sunek prevede enega teh položajev v drugega.

Ta enota pa ni edina naprava, ki praktično uresničuje zahtevo po dveh stabilnih položajih. Videli bomo kasneje, da so druga, včasih enostavnejša

[7] W. H. Eccles and F. W. Jordan, Radio Review 1, 143 (1919). — Podrobnejši opis razpolovne enote bo objavljen v prihodnji številki »Obzornika« (op. ur.).

in cenejša pota, da dosežemo ta cilj. V tej smeri lahko pričakujemo, da se bo dalo mnogo doseči za skrajšanje časa pri računanju.

Ker predočujemo števila z zaporedjem elementov, ki so ali v odprtem ali v zaprtem položaju, se zdi naravno, da izrazimo števila za namene stroja v sistemu z osnovo 2 namesto v navadnem decimalnem sistemu. V binarnem sistemu — v sistemu z osnovo 2 — imamo na vsakem mestu vrednost 0 ali 1; mestne vrednosti na sosednih mestih se razlikujejo za faktor 2, kakor se v decimalnem sistemu razlikujejo za faktor 10. Vsako število zelo ekonomično predočuje vrsta zaprtih ali odprtih elementov, po en element za vsako mesto v številu. Predočevanje decimalnih števil z odprtimi ali zaprtimi elementi je nekako manj ekonomično, ker zahteva za predočevanje vsakega mesta zbirko odprtih ali zaprtih elementov, ki je tako urejena, da ima deset različnih stabilnih položajev. Teh deset položajev potem predočuje vrednosti od 0 do 9, ki morejo stati na kakem mestu v številu.



Sl. 3. Spominska baterija, ki jo sestavlja 16 ultrazvočnih enot za zakasnitve, s pripadajočimi elektronkami. Baterija je sestavni del stroja »EDSAC« iz matematičnega laboratorija univerze v Cambridgeu v Angliji.

Večina strojev, ki jih sedaj konstruirajo, ima za notranje namene binarni sistem; ta zahteva prevedbo števil iz decimalnega sestava v binarni v začetku vsakega računanja in obratno na koncu. To preračuna stroj sam. Čas, ki ga zato porabi, je kratek v primeri s časom, ki ga stroj porabi za notranje manipulacije s števili pri reševanju kakega problema.

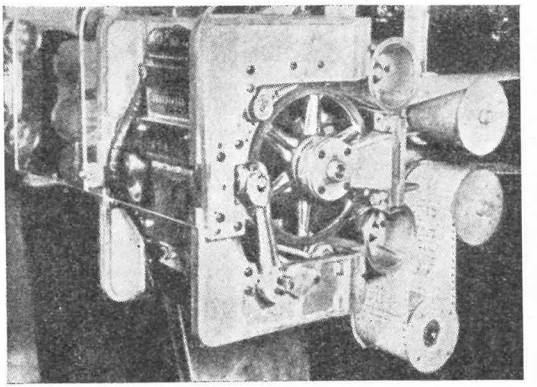
Je pa še drug argument za binarni sistem. Binarna aritmetika je aritmetika logike v svetu, kjer je kaka trditev ali prav (ena) ali narobe (nič). Tedaj lahko stroj, če uporablja binarni sistem za števila, dela svoje logične operacije na isti formalni način, ki ga uporablja za aritmetične manipulacije.

Naredimo malo odmora, da se pogovorimo o tem, kaj imenujemo »ravnotežje« pri osnutku računskega stroja. Ta izraz se nanaša na preprosto misel, da je operacija najbolj uspešna, ako so časi, ki jih zahtevajo stroji, da izvrše različne operacije, med seboj v pametnem razmerju. Tako moramo že zaradi hitrosti stroja zahtevati, da zna stroj avtomatično izvršiti celo zaporedje računov. Nikakega pomena bi ne imelo opraviti adicijo v 200 mikrosekundah (kakor dela ENIAC) ali v 10 mikrosekundah (kakor bodo delali nekateri novi stroji), ako bi moral človek, ki je počasen, po vsakem vmesnem računu prepisati rezultat in potem dati stroju nova števila, da jih sešteje.

V podrobnem moramo pretehtati razmerje časov za posamezne operacije. Zato je treba skrbno ceniti čase, ki jih zahteva dostop do hitrega spomina, čase za adicijo, za prenos števila z enega mesta na drugo mesto

v stroju in za ponovne operacije, ki jih zahtevata množenje in deljenje. Do neke meje odloča o razmerju med temi časi tip problema, za katerega se bo stroj v prvi vrsti uporabljal. Tako bomo želeli, da ima na primer stroj, ki bo imel za glavno nalogo seštevanje števil ali primerjanje števil, drugačno razmerje, kakor je primerno stroju, ki je namenjen procesom, ki vključujejo mnogo multiplikacij. Toda tudi razmerje za računski stroj za splošno uporabo se lahko natančneje določi. Važno je biti pozoren tudi na to pri zasnovah.

Omenili smo že, da so navadno števila izražena v stroju v binarnem sistemu. Sta pa dva čisto različna načina, kako ravnati s takimi števili, ki se oba uporabljata pri sedanjih strojih. Enega imenujemo zaporedno (serijsko) metodo, drugega pa vzporedno metodo.[8] Pri prvi prenašamo število z enega mesta v stroju na drugo tako, da prenašamo ob istem času po eno samo mestno vrednost, dokler ni celo število preneseno. Prenašamo jih torej zaporedno. Pri vzporednem načinu pa prenašamo vsako mestno vrednost števila po lastnem vodu, vse mestne vrednosti danega števila pa pošljemo hkrati.



Sl. 4. Mehanizem za kontrolo vrstnega reda računov računskega stroja Mark I. Preluknjani papirni trak je na svojem mestu.

Kakor navadno, ima vsak teh načinov svoje prednosti in svoje nedostatke. Vzporedni način je sam po sebi hitrejši, ker prenesemo celo število obenem, medtem ko v zaporednem načinu pošljemo eno samo mestno vrednost ob istem času. Na drugi strani pa potrebuje stroj, ki dela vzporedno, več opreme kakor stroj, ki dela zaporedno, ker je treba toliko vodov za prenos števila, kolikor ima število mestnih vrednosti, medtem ko pošljemo v zaporedni operaciji vse mestne vrednosti drugo za drugo po enem samem vodu. V zaporedno delujočem stroju je navadno zelo pomembna natančna delitev časa, ker ločimo zaporedne mestne vrednosti števil, drugo od druge, po času, ko se pojavijo. Pri vzporedno delujočem stroju pa po drugi strani to ni važno, ker popolnoma določa mestno vrednost števila mesto, na katerem se pojavi v stroju. Prerano je, da bi mogli povedati, kateri teh dveh načinov je boljši. Zdi se, da sedaj oba načina enako obetata. Šele nadaljnje delo in nadaljnji razvoj lahko odloči, kateri način je boljši.

Podrobna zasnova notranjega hitrega spomina ima bistveni vpliv na izbiro serijske ali paralelne operacije za stroj. Zahteve za notranji spomin so zelo enostavne, pa zelo zahtevne. Sposoben mora biti, da shrani na stotine, še raje tisoče posameznih števil ali povelj, in to tako, da je vsako število trajno in je lahko shranjeno za dalj časa brez pomote in je poleg tega med vsem tem časom dostopno za prenos in uporabo v nekaj milijoninkah sekunde.

[8] D. R. Hartree, l. c.

Prvi stroji, n. pr. ENIAC, so imeli kot notranji spomin skupine razpolovnih enot. Tu je bilo treba najmanj po dve triodi za vsako mestno vrednost vsakega števila, ki je bilo shranjeno v notranjem spominu. Ta način je tako potraten, da ni mogoče na ta način shraniti mnogo števil. ENIAC ima v notranjem spominu prostor za komaj 20 števil ali povelj.

Jasno je bilo, da moramo dati notranjemu spominu večjo kapaciteto, da napravimo primerno razmerje v računskem stroju, namenjenemu za splošne svrhe. Ta problem je zaposloval nekaj časa konstruktorje strojev in jih še zaposluje. Uporabljajo tri tipe notranjega spomina, in sicer: prvič hitro vrteči se magnetični boben, na katerem se hranijo številke kot magnetizirana mesta; drugič cev z živim srebrom ali kako drugo tekočino, po kateri pošljemo signale, ki predstavljajo številke, kot zvočne sunke, in tretjič elektrostatične priprave, na katerih shranimo številke kot naboje na površju kakega izolatorja.

Oglejmo si sedaj zmožnosti, uporabe in omejitve računskih strojev, ki jih snujejo ali konstruirajo.

Zmožnosti in uporaba računskih strojev

Kakšna povelja dobi stroj, smo že omenili. V tej zvezi moramo vedeti, da je število povelj, ki jih more stroj uvaževati — njegov besednjak — zgradil v njega njegov graditelj. Analiza aritmetičnih operacij razodeva, da lahko definiramo operacije seštevanja, odštevanja, množenja in deljenja še bolj preprosto. Toda formalizem, ki je za to redukcijo potreben, je tako kompliciran, da je bolje dati navodila stroju v obliki štirih konvencionalnih aritmetičnih operacij, kakor prevesti (pri izdelavi programa) vsako aritmetično operacijo na tako preprostejšo obliko. Kako daleč lahko kompliciramo aritmetične operacije? Ali se n. pr. izplača naučiti stroj, da računa kvadratne korene?

ENIAC je tako naučen. Na eno samo povelje izračuna ENIAC kvadratni koren označenemu številu. Operacijo računanja kvadratnega korena pa lahko izrazimo s štirimi elementarnimi aritmetičnimi operacijami. Zato lahko stroj, čeprav ne razume povelja z eno samo besedo, da naj izračuna kvadratni koren, vseeno izračuna koren takoj z manipulacijami, ki jih razume, ako je preskrbljen z zaporednimi povelji, ki narede tak rezultat.

To ni kaj nepomembnega. Ako povečamo stroju besednjak — ako povečamo število posameznih povelj, ki jih razume — postane osnutek stroja zelo kompliciran. Ako poenostavimo stroj z zmanjšanjem njegovega besednjaka, zelo kompliciramo sestavljanje programa za kak problem, ki ga naj stroj reši. Tudi tu je treba dobiti pametno razmerje med kompliciranostjo stroja in kompliciranostjo programa.

Stvarno naletimo tu na eno največjih razlik v naziranju, ki so se pojavile pri osnutkih za te stroje. To lahko pojasnimo, ako omenimo, da ima stroj Harvard Mark I. vgrajene štirimestne logaritme in je sposoben, da poišče logaritem kakega števila v teh tabelah. Konstruktorji drugih strojev so trdili, da je iskanje po funkcijskih tabelah za stroj ena izmed najmanj učinkovitih osnovnih operacij. Boljše je in hitrejše, da damo stroju samemu, naj računa potrebne funkcijske vrednosti na osnovi neskončnih vrst. Iskanje po tabelah je zato neučinkovito, ker so bodisi funkcijske vrednosti shranjene v notranjem spominu (ki je že tako premajhen

pri večini računanj in ga zato ne bi smeli uporabljati za funkcijske tabele) bodisi so funkcijske vrednosti shranjene v zunanjem spominu in jemlje to iskanje veliko časa v primeri s hitrim obratovanjem stroja. Hranjenje oblike funkcije ima mnogo manjše zahteve glede prostora v spominu; računanje potrebnih vrednosti je pa v splošnem veliko hitrejše kakor iskanje teh vrednosti v zunanjem spominu. Po tem zadnjem naziranju so funkcijske tabele anahronizem, ki danes obstoji samo zaradi tega, ker nima še vsak, ki mu je do računanja, dostopa do hitrega avtomatičnega številčnega računskega stroja.

Kdor uporablja stroj, pride često v položaj, da mora delati ponovno račune iste vrste. Ako to računanje ni v besednjaku stroja, mu je treba narediti program v obliki elementarnih operacij, ki so v tem besednjaku. Ako je to enkrat narejeno, potem se program lahko spravi za ponovno rabo. Tako bo obsežnejši račun sestojal navadno iz ene večje šablone in iz manjših šablon. Te zadnje so take, da se uporabljajo po potrebi ponovno, ako se račun razvija. Ako stroj n. pr. ni zgrajen tako, da razume povelje, ki zahteva, naj računa kvadratni koren, potem je program za računanje kvadratnega korena sestavljen iz štirih osnovnih aritmetičnih operacij. Ako ta program spravimo, ga lahko rabimo ponovno, kadar zahteva glavni račun določitev kvadratnega korena. Ker se stroj rabi za dalj časa, se veča število takih manjših šablon, ki se izgotovijo in shranijo za prihodnje. Pričakujemo lahko tudi, da se bo na ta način zelo poenostavilo sestavljanje programa.

Zanimivo je primerjati avtomatični številčni stroj s človeškimi možgani. To so že večkrat naredili.[9] Tako primerjavo je treba narediti previdno. Danes vemo, da je sestavljen centralni živčni sistem pri živali, tudi pri človeku, iz individualnih nevronov ali živčnih celic, ki podobno delajo kakor razpolovne enote. Vsekakor pa ima človeški centralni živčni sistem 10 milijard takih elementov, medtem ko jih ima najbolj kompliciran računski stroj komaj deset tisoč. Faktor milijon, za katerega se razlikujejo računski stroji od možganov, je zelo važen. Po eni strani dovoljuje možganom, da delajo svoje operacije z znano preobilico, tako da je napaka v enem samem elementu ene same verige nevronov za rezultat nevažna.

Na drugi strani delujejo današnji stroji na enoten način. Stroj ima tako malo »nevtronov«, da mora uporabljati vsakega, kot da je nezmotljiv. To postavlja fantastično zahtevo na zanesljivost računskega stroja. Von Neumann je cenil, da morajo biti posamezni deli stroja z današnjo kompliciranostjo in zgradbo, ako noče delati več napak kakor eno na štiri ure povprečno, tako zanesljivi, da pride ena pomota na bilijon elementarnih operacij. To je nekaj tisočkrat večja zanesljivost, kakor so jo dosegli v običajni telefonski praksi, kjer pride ena pomota povprečno na milijardo operacij. Eno izmed nerešenih vprašanj računskih strojev je, ali je tako zanesljivost mogoče doseči.

To vprašanje ima drugo stran. Vprašati moramo, ali je tako zanesljivost treba doseči. Ali tu ni kontrolnih metod, ki bi v kritičnih trenutkih stroj obvarovale napak?

Odgovor je tak, da so. Claude Shannon je v svojem važnem spisu »Matematična teorija komunikacije« pokazal pot do kontrolne metode, ki

[9] Warren S. Mc Culloch, Elec. Eng. 68, 492 (1949).

lahko samodejno, avtomatično popravi napake, ki bi jih napravil računar.[10] Načrt, ki je v tem spisu in ki je Hammingov, zahteva gotovost, da se ne dela z drugimi števili in ne prenašajo druga števila kakor tista, ki so vpletena v račun. Zagotavlja pa, da ne vplivajo motnje v stroju na rezultat pri računanju. V resnici vpelje raba take metode preobilico zaradi zanesljivosti in s tem potisne logično zasnovo računskih strojev korak bliže k logični zasnovi možganov. Prednost Hammingove metode je v tem, da daje predpis, kako vpeljati potrebno obilico na najbolj ekonomičen in najbolj učinkovit način, kakor lahko potrdi Shannova komunikacijska teorija.

Verjetno je ena največ obetajočih, sedaj vidnih smeri razvoja ta, da se izognemo nevzdržnim zahtevam po zanesljivosti s primerno izbranimi kontrolnimi sredstvi. Prej so predlagali razne, skoro preproste načine kontroliranja — n. pr. dati isti problem hkrati računati dvema med seboj neodvisnima strojema in nato primerjati rezultate — toda kontrolna metoda, ki smo jo zgoraj omenili, je prva, ki ima trdno teoretično osnovo.

Povrnimo se k primerjanju računskih strojev z možgani. Posamezni elementi s položajema »odprto«, »zaprto« iz računskega stroja delujejo približno tisočkrat hitreje kakor nevroni centralnega živčnega sistema. V tem oziru presegajo računski stroji možgane. Skoro v vsakem drugem oziru neprimerno zaostajajo računski stroji, kakršne dandanes lahko gradimo, za našim živčnim sistemom.

Omenili smo že veliko močnejšo kompliciranost možganov. Warren McCulloch, profesor psihiatrije na medicinskem kolegiju univerze v državi Illinois, je rekel, da je kompliciranost stroja ENIAC, ki je najbolj kompliciran stroj, kar so jih kdaj zgradili, približno taka kakor živčevje črva.

Kar se prostora in moči tiče, ni primere. Naši možgani so spravljeni v lobanji, rabijo pa manj kakor 25 vatov, kadar delajo s polno paro. ENIAC, ki je milijonkrat manj kompliciran, zavzema velik prostor in porabi 120 kilovatov moči. Treba je še dvajset kilovatov, da se vrtijo ventilatorji, ki ga hladijo.

Ako pripravljamo kak problem, da ga rešimo s strojem, je treba upoštevati veliko razliko med strojem in možgani. Ponavljamo besede Lady Lovelace, hčerke pesnika Byrona (govorila je o analitičnem stroju H. Babbagea): »Stroj lahko naredi samo to, kar mu znamo zapovedati, naj naredi.«[11] Povelja lahko izvršuje točno, toda imeti mora navodila, sicer naredi absurdnost. To pomeni, da mora človek računar pri kompliciranem računu misliti na vsako možno eventualnost, ko prireja problem za stroj, in pripraviti za vsako tako eventualnost točna navodila.

Profesor Hartree imenuje to: »Gledati z očesom stroja« kak račun. Omenja primer, ko sam tega ni napravil. Videl ni naprej, da je lahko argument v neki preizkusni rešitvi negativen, pa je končno zahteval pozitiven argument. Ker v tem oziru ni bilo eksplicitnega navodila, je stroj »napravil najbolje, kar je mogel. To je bilo zelo primerno njegovi strukturi in omejenim navodilom, ki jih je dobil, pa čisto nekaj drugega kakor

[10] C. E. Shannon and Warren Weaver, The Mathematical Theory of Communication (University of Illinois Press, Urbana, 1949), Section 17, p. 48.

[11] H. P. Babbage, l. c.

majhna ekstrapolacija navodil, ki bi jo človek računar napravil kot nekaj samo po sebi umevnega«.[12]

Do te točke smo poudarili in mogoče preveč poudarili stopnjo, do katere je računski stroj odvisen od svojega podrobnega osnutka in od povelj, ki jih prejema. Napravili smo verjetno vtis, da to popolnoma določa delovanje stroja. Vse to je ob navedenih okoliščinah res. Toda je še drug način, kako uporabljati stroj, ki je vreden omembe.

Omenjam način računanja, imenovan tip »Monte Carlo«.[13] Ta metoda zamenja eksaktno analizo kompliciranega problema z neke vrste statističnim eksperimentiranjem. Izračunajo se rešitve problema za veliko posebnih primerov, pri čemer morajo biti podatki brez reda, slučajno nametani. Rezultate statistično proučijo, da določijo verjetnost različnih primerov.

To bo bolj jasno na posebnem primeru. Tehniko Monte Carlo so uporabili pri problemu difuzije nevtronov v sredstvu, ki jih razpršuje in absorbira. Nevtroni z znano porazdelitvijo energije padajo na tako sredstvo v curku z znano jakostjo. Kakšna bo n. pr. gostota nevtronov in porazdelitev njihove hitrosti 10 cm globoko? Pri vsakem trku z jedrom ima nevtron možnost, da se ujame, da se razprši elastično v eno ali drugo smer ali da se razprši neelastično, tako da izgubi nekaj energije. Verjetnosti vseh teh dogodkov se spreminjajo z energijo vpadajočega nevtrona in so različne za različna jedra, s katerimi trčijo. Ulam[14] je zasledoval podrobno življenje velikega števila posameznih nevtronov na poti skozi sredstvo raje, kakor da je iskal analično rešitev tega zelo kompliciranega problema; pri vsakem trku z jedrom je določil izid s tem, da je vrgel kocko (to je res delal). Kocka je bila primerno obtežena, da je reproducirala verjetnostno porazdelitev pri trkih nevtronov. Če se to naredi za zelo veliko posameznih nevtronov, domnevamo, da statistično obravnavanje usode vseh skupaj približno nadomešča popolno analitično rešitev problema.

Hitro delujoč stroj je čudovito usposobljen za tako metodo. Njegova hitrost mu omogoča, da dobi za statistiko zadostno število rezultatov v primeroma kratkem času. Vsekakor mora dobiti stroj, ako naj to dela, navodila, kako naj igra. To se doseže tako, da dobi stroj ob vsakem trenutku, ko mora igrati, številko, katera velikost določa rezultat igre. V resnici obstoji način, kako tvoriti z analitičnimi procesi »psevdoslučajna« števila. D. H. Lehmer je predlagal posebno eleganten in koristen način te vrste. Psevdoslučajna števila, ki jih dobimo po Lehmerjevem predpisu, lahko naredimo v stroju in ustrezajo vsem normalnim zahtevam slučajnosti.

Zdi se, da se bo metoda Monte Carlo razvila v eno najboljših poti za reševanje parcialnih diferencialnih enačb na stroju.

Bodoče smeri računskih strojev[15]

Rad bi razpravljal o treh važnih vprašanjih, ki se tičejo bodočnosti računskih strojev. Prvo je: »Kdo bo imel verjetno v prihodnje hitre računske stroje?« Nekateri delavci na področju računskih strojev so pesimisti glede končne velike koristnosti takih strojev zaradi tega, ker so

[12] D. R. Hartree, l. c.

[13] S. Ulam, Symposium on Large-Scale Digital Calculating Machinery, Harvard University (September 1949).

[14] D. H. Lehmer, Symposium l. c.

[15] L. N. Ridenour, l. c.

stroji kompliciran, dragi in jih je težko imeti v redu. S tem stališčem se popolnoma nič ne strinjam. Zanesljivo pričakujem, da bomo kmalu smatrali primeren hitri stroj za važen in neizogibno potreben del raziskovalne opreme na univerzi, ki ima vsaj najskromnejše raziskovalne namere.

Tako ne smemo gledati na računski stroj, kakor da je v kategoriji velikih astronomskih daljnogledov, ki so prijetno, toda neobvezno razkošje za univerzo, ampak raje tako, da je v kategoriji pospeševalnih naprav električnih jedrskih delcev, ki so potreba za vsako univerzo, ki hoče gojiti moderno jedrsko fiziko. Nekoliko preseneča, da ima tako malo amerikanskih univerz tako stališče. Sedaj gradimo samo na univerzi države Illinois stroj iz svojih sredstev za svoje lastne potrebe.

Naravno je, da bodo pripomogle do široke veljave in do splošnega sprejema hitrih računskih strojev izboljšana zanesljivost in zmanjšani stroški. Takega razvoja pričakujemo od stalnega razvoja v posameznih delih stroja in izpopolnjevanja v logičnem osnutku strojev.

Vprašajmo sedaj: »Kolikšen, kako hiter in kako kompliciran naj bo velik, hiter računski stroj za splošne svrhe?« Pričakovati ni, da bi še kdaj gradili stroje, bolj komplicirane od stroja ENIAC. Sedanji osnutki strojev se bolj zavzemajo za hitrost operacij, za obliko notranjega spomina in za splošno pripravljenost stroja. Kljub temu imajo ti novi stroji manj elektronk kakor ENIAC. Rečemo lahko, da ti elektronke bolj izrabljajo. Mislim, da odgovorimo na vprašanje, na kaj je treba predvsem paziti pri zasnovi računskega stroja za splošno uporabo, če rečemo, da se je treba ozirati na zanesljivost. Velik stroj za splošno uporabo mora biti tolik, tako kompliciran in tako pripraven, kakor ga je mogoče narediti z ozirom na omejitev, da ne sme napraviti več napak kakor eno na vsakih nekaj ur. Nobene druge pomembne omejitve ni, ki bi jo morali upoštevati pri vsej kompliciranosti naprave. Stroji, ki so sedaj zasnovani ali se grade, so še vedno neprimerni, da bi reševali z njimi mnoge probleme, ki bi jim jih radi dali.

Enostaven primer je v Hartreejevi opazki, ki mi jo je povedal profesor Aiken. Hartree je dejal, da je najhitrejši računski stroj, ki je sedaj na razpolago, še prepočasen za faktor 10^{10}, da bi rešil problem valovne enačbe za atom bakra. Podobno predlagajo ljudje, ki delajo kontrolni načrt za zračni promet v naši državi, da naj postavijo računske stroje na važna mesta zračnih poti, da bi reševali probleme, ki se tičejo kontrole zračnega prometa. Predhodne cenitve, kako daleč bi segali ti problemi, so pokazale, da bi bili sedanji stroji težko sposobni za tako delo celo za obseg današnjega zračnega prometa.

Zato želimo narediti računske stroje tolike in tako kompliciranе, kakor le moremo, kajti najboljši stroj, kakršnega dandanes lahko uresničimo, je brez moči pred problemi, ki mu jih lahko takoj postavimo, pa še ne moremo rešiti.

To nas vede do mojega končnega vprašanja: »Kako je mogoče narediti računski stroj bolj zanesljiv, tako da povečamo njegovo kompliciranost, ne da se poveča pri tem možnost napake?« Mnogo odgovorov na to vprašanje bo odvisno od nadaljnjega razvoja in izdelave kontrolnih shem, ki smo jih že omenili. Vsekakor je jasna pot do povečanja in splošne zanesljivosti današnjih strojev iskanje možnosti, da bi kolikor mogoče izločili iz teh strojev elektronke in elektromehanične releje. Ti sestavni deli so sedaj

največji vir napak pri obstoječih strojih, nekaj zato, ker so v taki množini in nekaj zato, ker se izrabijo, ako jih stalno uporabljamo. Potrebujemo računske elemente, ki imajo iste nelinearne funkcije kakor elementi z elektronkami in z releji, se pa mnogo manj obrabijo.

Elektronka ima tudi nedostatek, da zahteva veliko moči. McCulloch je opozoril, da bi zahteval stroj, ki bi ga zgradili po današnjih principih in bi imel toliko nevronov kakor možgani, nebotičnik za svoj dom, moč Niagarskih slapov za razsvetljavo elektronk in vso vodo slapov za ohlajanje. Na vidiku so mnoge stvari, ki obetajo, da bodo lahko tekmovale z elektronko za ta ali oni cilj. Prvič se zdi, da veliko obetajo priprave iz polprevodnikov kakor n. pr. transistor. Drugič dajejo magnetične naprave, podobne tistim, o katerih je poročala skupina s Harvardove univerze na septembrskem simpoziju, upanje, da jih lahko uporabljamo namesto elektronk. S tem bi zelo povečali zanesljivost in ne bi trosili moči.[16] Končno obeta za računske stroje isto pionirsko delo Bowmana[17] na elektrokemijskih elementih.

Verjetno ni hvaležnejše smeri za razvoj računskih strojev kakor ta, da raziskujemo možnosti, kako bi rabili elemente, ki še niso v navadi pri zasnovi takih strojev. Če bi lahko nadomestili elektronke s cenejšo, enostavnejšo, trpežnejšo napravo, bi splošno uporabnost praktičnih računskih strojev zelo povečali. Razvoj v tej smeri pomeni večjo zanesljivost za računske stroje sedanje oblike in večjo splošno uporabo vseh vrst računskih strojev.

ELEKTROFOREZA

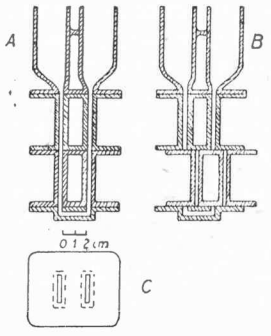
P. Dolar

Če postavimo koloidno raztopino v električno polje, se električno nabiti delci koloida gibljejo. Pozitivno nabiti potujejo proti katodi, negativno nabiti pa proti anodi. Ta pojav imenujemo *elektroforezo*. Praktično uporaben je postal šele po zaslugi švedskega biokemika *Tiselius-a*, ki ga je uporabil za raziskave koloidov. Še v nezastarelih učnih knjigah ne najdemo o elektroforezi povedanega več kot v gornjem stavku. V zadnjih dveh desetletjih se je pa ta raziskovalna metoda tako razvila, da si danes koloidne kemije brez nje skoraj ne moremo misliti. To ni prvi in tudi ne zadnji primer, ki nam kaže, kako se da iz enostavnih, že znanih elementov z duhovitim domislekom ter z vestnim in vztrajnim delom izdelati in razviti povsem novo raziskovalno orodje.

V začetku so za opazovanje gibanja koloidnih delcev v električnem polju uporabljali cevke v obliki črke U. V obeh krakih sta tičali elektrodi, ki so jih priključili na izvor napetosti. Opazovali so lahko samo koloide, katerih raztopine so bile barvane ali opalne. Vemo pa, da je takih koloidov zelo malo in metoda v tej obliki za ostale, brezbarvne ni prišla v poštev. Tako n. pr. ni bilo mogoče opazovati beljakovin, ki sestavljajo krvni serum oziroma plazmo. Za te je bilo znano, da sestojijo iz treh komponent: albuminov, globulinov in fibrinogena. Te komponente se v električnem polju gibljejo ustrezno njihovim nabojem. Treba je bilo na nek način te premike opazovati. Tiselius je za to uporabil razliko v absorpciji, ki jo kažejo

[16] Way Dong Woo, Symposium, l. c.
[17] J. R. Bowman, Symposium, l. c.

z elektroforezo ločene komponente v ultravijolični svetlobi. Zato je prestregel prepuščeno ultravijolično svetlobo na fotografski plošči. Te posnetke je delal v časovnih presledkih, počrnitve posameznih slik pa je izmeril z mikrofotometrom. Na ta način je ugotovil premike komponent. Elektroforezna celica, ki si jo je napravil za te poskuse, je imela obliko črke U, samo da je bila iz kremena. Novost pri tej metodi sta posebni posodi za elektrodi. Ti sta do tedaj tičali kar v raztopini elektrolita, ki je v krakih cevke U mejil na koloidno raztopino. Pri prehodu toka skozi raztopino se pa na elektrodah pojavljajo sekundarne spremembe zaradi izločanja ionov. Poleg tega se vrši še konvekcija zaradi nastale Jouleove toplote. Iz teh razlogov se niso mogle tvoriti jasne mejne plasti, kar je pri tem poizkusu bistvenega pomena. Da se to prepreči, mora biti raztopine elektrolita v primeri s količino koloidne raztopine toliko, da se prevodnost koloida lahko zanemari. Zato je Tiselius vzel primerno velike elektrolitske posode, vso aparaturo pa je postavil v termostat. Termostat je imel dve okenci iz kremena, ki sta prepuščali ultravijolično svetlobo od živosrebrne svetilke skozi cevko U na fotografsko ploščo.

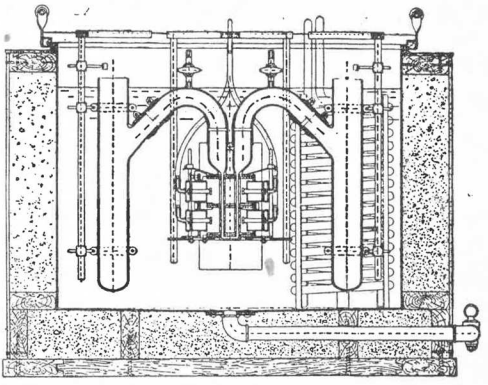


Sl. 1. Štiridelna elektroforezna celica po Tiseliusu. A — pokončni presek, B — pokončni presek s premaknjenim spodnjim vmesnim delom, C — pogled na vodoravno drsno ploskev z dvema kanaloma.

Kmalu nato, ko je Tiselius izdelal gornjo metodo, je prišel na idejo, da bi namesto različne absorpcije v ultravijolični svetlobi opazoval raje spremembo lomnega količnika, ki jo kažejo elektroforezno ločene komponente. Za opazovanje spremembe lomnega količnika je uporabil že znano metodo z migoticami. Zato pa je moral zgraditi primerno elektroforezno celico. Celica (sl. 1) sedaj ni več iz kremena, ampak iz najboljšega optičnega stekla. Sestavljena je iz več delov, ki jih po gladko brušenih ploskvah s pomočjo pneumatične naprave lahko paralelno premikamo med seboj. Tako lahko s koloidom napolnjeni spodnji del cevi premaknemo za ta čas, ko nadlijemo pufer. Na ta način dosežemo, da sta mejni ploskvi med tekočinama res ostro ločeni. Tudi imamo s tem možnost, da elektroforezno ločeno komponento izločimo, ne da bi se premešala z ostalimi. Pravokotni presek cevke U omogoča večjo izmenjavo toplote z okolico, obenem pa nudi svetlobnim žarkom dovolj debelo plast tekočine za lom, ki nastane zaradi sprememb v koncentraciji raztopine. Celica je v zvezi z razmeroma velikima elektrolitskima posodama, v katerih tičita elektrodi. Temperaturo, pri kateri vršimo elektroforezo, si izberemo okrog $+ 4^0\,C$. Pri tej temperaturi ima gostota vode svoj maksimum. Zato so spremembe v gostoti, ki bi nastale zaradi segretja, in s tem v zvezi spremembe lomnega količnika tekočine pri tej temperaturi najmanjše. Celica je skupno z elektrolitskima posodama v termostatu (sl. 2), ki drži temperaturo na desetinko stopinje natančno in ima dvojne steklene stene, da se ne orosi. Celotna naprava je postavljena tako, da je zavarovana pred tresljaji.

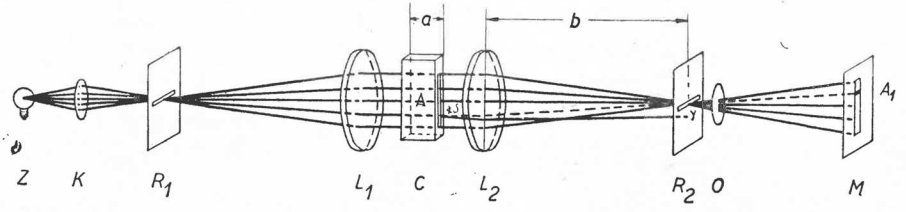
Princip metode je prikazan v sliki 3. Žarnico Z z vodoravno nitko upodobimo s kondenzorjem K na vodoravno režo R_1. Reža R_1 je v gorišču leče L_1, s katero osvetlimo celo celico. Z lečo L_2 pa dobimo v gorišču sliko reže R_1. Na tem mestu postavimo drugo režo R_2, ki jo lahko premikamo

navzgor in navzdol. Z objektivom O, ki je postavljen tik za režo, pa upodobimo celico na medlico M. Če v celici ni sprememb v koncentraciji, bo slika reže na medlici enakomerno osvetljena. V primeru pa, da se v celici na nekem mestu spremeni koncentracija, se spremeni tudi lomni količnik. Vedno si izberemo pogoje tako, da je gostejše sredstvo spodaj. Žarki ne potekajo več tako kot prej, ampak se odklanjajo navzdol. Za kolikšen kot se odklonijo v tekočini od prvotne smeri, je odvisno od debeline tekočinske plasti d in od gradienta lomnega količnika $\frac{dn}{dz}$. $\left(\Delta n = d.\frac{dn}{dz}\right)$. Za koliko se premakne slika na drugi reži, to je pa odvisno še od razdalje do druge reže, to je v glavnem od goriščne razdalje leče. Da dobimo večje premike, vzamemo večje goriščne razdalje, ponavadi okrog 70 cm in več. V primeru, da se v celici na nekem mestu lomni količnik spremeni (v našem primeru v A), se bodo svetlobni žarki odklonili v gostejšem sredstvu proti vpadnici, t. j. navzdol in zaradi lege druge reže ne pridejo na medlico. Zato dobimo na medlici temno črto (A_1), ki bo tem bolj široka, čim višje proti osi bomo pomikali režo. Širina črte se spreminja po Gaussovi krivulji, to pa zaradi gradienta lomnega količnika, ki je posledica difuzije koloidnih delcev v mejni plasti. Če namesto medlice M postavimo na tisto mesto fotografsko ploščo in nato v časovnih presledkih naredimo več posnetkov, lahko iz premikov črt na fotografski plošči določimo potovalno hitrost koloida. Pri snoveh, ki so sestavljene iz več komponent, bomo dobili v določenem času istočasno več takih črt. Na ta način je Tiselius odkril, da globulinska komponenta seruma oziroma plazme sestoji iz najmanj treh frakcij, ki jih je imenoval alfa-, beta- in gama- globuline.



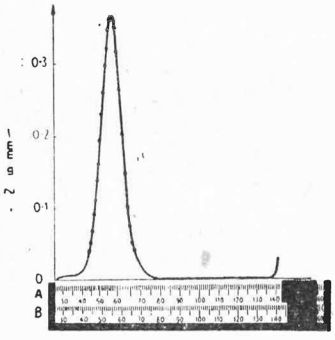
Sl. 2. Termostat z elektroforezno celico, elektrolitskima posodama (brez elektrod) in napravo za vodoravno premikanje vmesnih delov celice.

Po pravkar opisani metodi lahko določimo potovalno hitrost koloidov in njih homogenost, ne dobimo pa odgovora na vprašanje, v kakšnem razmerju so si komponente med seboj. V ta namen so se razvile druge metode, od katerih vsaka na svoj način reši to nalogo.



Sl. 3. Določanje sprememb lomnega količnika po Toeplerjevi metodi. Ž — žarnica, K — kondenzor, R_1 — prva vodoravna reža, L_1 in L_2 — leči z goriščno razdaljo 50—100 cm, C — elektroforezna celica, R_2 — druga vodoravna reža, O — objektiv, M — medlica oziroma fotografska plošča.

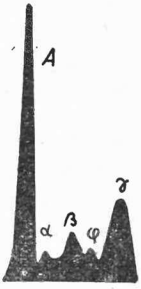
Na duhovit način je uporabil metodo migotic n. pr. *Lamm*. Pred elektroforezno celico je postavil stekleno ploščico z vrezano milimetrsko skalo. Osvetljeno skalo je projiciral na zaslon ali na fotografsko ploščo. Zaradi gradienta lomnega količnika se žarki odklonijo. Zato posamezne črtice skale v sliki na zaslonu niso več enakomerno razmaknjene. Istočasno projiciramo na medlico tudi normalno sliko skale. Gradient lomnega količnika se v mejni plasti spreminja po Gaussovi funkciji. Iz relativnih premikov črtic obeh skal, ki jih izmerimo z mikrometrom, moremo priti z računom do te Gaussove porazdelitve (sl. 4) in s tem do kvantitativnih podatkov. *Lamm-ova* metoda je v principu enostavna in zelo precizna, ni pa priročna zaradi zamudnega izračunavanja rezultatov.



Sl. 4. Določanje spremembe lomnega količnika po *Lamm-u*. A — fotografija milimetrske skale skozi elektroforezno celico, v kateri je gradient koncentracije, B — fotografija normalne milimetrske skale. Pri A opazimo premike črtic med 40. in 70. delcema skale.

Princip te metode si lahko ponazorimo s preprostim poskusom. V epruveto nalijemo nekoliko žveplene kisline, nanjo pa previdno dolijemo vode tako, da se plasti ne zmešajo. Za epruveto postavimo merilo in ga opazujemo skozi tekočino. Opazili bomo, da so okrog mejne plasti črtice neenakomerno razmaknjene. Poskus je zelo prepričljiv. Če vzamemo merilo na steklu, pojav lahko projiciramo na zaslon.

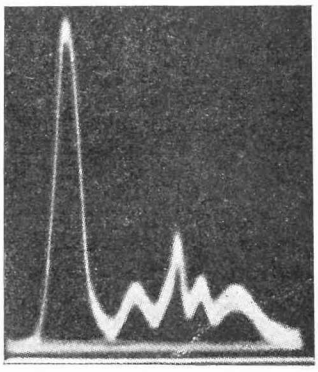
Longsworth je izpopolnil enostavno metodo migotic s tem, da je drugo režo (sl. 3) zvezal s fotografsko ploščo tako, da se premika fotografska plošča vodoravno, če se reža navpično. Na ta način je dobil na plošči zaporedje posameznih črt v obliki temnih zobcev na svetlem polju (sl. 5). Z ozko navpično režo tik pred fotografsko ploščo je dosegel, da mejne krivulje niso stopničaste. Višina zobcev je sorazmerna velikosti maksimalnega odklona žarka. Širina pa se menja z ozirom na velikost gradienta lomnega količnika, ki raste radi difuzije na mejni plasti od vrednosti 0 do nekega maksima, od tu pa spet do vrednosti 0 po Gaussovi funkciji. Površina takega zobca je direktno sorazmerna koncentraciji. Ta način upodabljanja poteka elektroforeze z diagrami se je hitro udomačil, posebno v Ameriki. Ker je elektroforezna celica v celoti osvetljena, moremo s primernim zaslonom dobiti na fotografski plošči sliki obeh krakov hkrati. Slike so v literaturi posebej označene, v katerem kraku so bile posnete. Slike obeh krakov niso simetrične, četudi koloidno raztopino poprej dializiramo s puferjem, na katerega v celici meji. Vzrok je v tem, da v enem kraku prehajajo komponente v čist pufer, v drugem se pa premikajo v koloidu.



Sl. 5. Elektroforezna slika normalne človeške plazme po *Longsworthu* (A – albumini, α, β, γ – globulini, φ – fibrinogen).

Zgornja metoda predstavlja znatno izboljšanje prejšnjih dveh, ima pa še vedno to pomanjkljivost, da poteka elektroforeze v celici ni mogoče zasledovati neprekinjeno ves čas. To sta odpravila *Philpot* in *Svensson* takole: namesto druge vodoravne reže R_2 sta postavila zaslonko s poševno režo R_p (slika 7). Med objektiv in medlico sta pa postavila pokončno cilindrično lečo tako, da sta dobila na

medlici ostro sliko poševne reže. Tudi tu dobimo na zaslonu s poševno režo R_p ostro sliko prve reže R_1. Če je tekočina v celici homogena, gredo žarki 1, 2 in 4 v sliki 7 skozi njo brez odklona. Na zaslonki s poševno režo dobimo vodoravno črto. Zaslonka je postavljena tako, da seče ta črta gornji konec poševne reže. Presečišče te črte da točko A, ki je zaradi poševne reže premaknjena v vodoravni ploskvi na levo od optične osi. Cilindrična leča te žarke odkloni na desno od optične osi. Na medlici dobimo svetlo navpično črto, ki je v ravnini nekoliko premaknjena proti čitatelju (1′, 2′ in 4′). Opazujmo sedaj na sliki 7 pot žarka 3, ki se zaradi gradienta v celici odklanja navzdol. Vidimo, da slika prve reže, t. j. vodoravna črta seče poševno režo v točki B pod optično osjo. Ta točka je radi poševne reže premaknjena v vodoravni ploskvi desno od optične osi. Zato te žarke cilindrična leča upodobi levo od optične osi. Na medlici dobimo točko 3′, ki je v ravnini premaknjena v smeri od čitatelja. Ker se lomni količnik v mejni plasti zaradi difuzije spreminja zvezno, ne dobimo slike v obliki ločenih točk, ampak v obliki zvezne krivulje (sl. 6). Če hočemo diagram izmeriti, potrebujemo še osnovno črto. To dobimo takrat, če je tekočina v celici brez gradienta. Praktično pa to napravimo tako, da spustimo skozi ozko navpično špranjo poleg celice šop svetlobe. — Na sliki 8 vidimo Tiseliusov elektroforezni aparat s termostatom in hladilno napravo. Na optični klopi vidimo izvor svetlobe, zaslonko, lečo in fotokamero. Napetost na celici dobimo z usmernikom, ki v sliki ni viden. Navadno delamo z napetostjo okrog 200 V. Pri tej napetosti teče tok do 10 mA.



S. 6. Elektroforezna slika normalne plazme človeka po *Philpot-u* in *Svensson-u*.

Iz krivulj, dobljenih po zgornjih metodah dobimo koncentracijo posameznih komponent takole: pri majhnih odklonih žarkov velja, kot smo videli, da je odklon y sorazmeren gradientu lomnega količnika

$$y = db \cdot \frac{dn}{dz}$$

Z d zaznamujemo debelino celice, z b razdaljo od celice do druge reže. Odmik x v diagramu je sorazmeren višini z plasti v celici: $x = Bz$; B je konstanta aparata, ki pove povečavo slike. Ploščina S, ki jo tvori krivulja z osnovnico je:

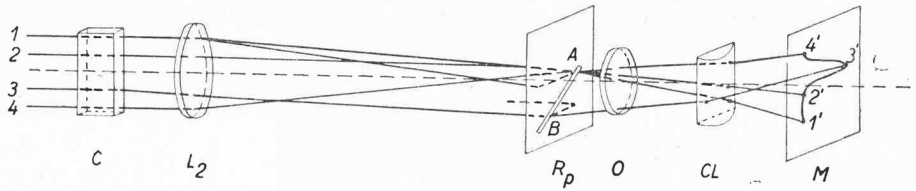
$$S = \int y dx = B \int y dz = Bdb \int \frac{dn}{dz} dz = Bdb(n_2 - n_1)$$

Ploščina S je sorazmerna spremembi lomnega količnika na tej mejni plasti. Ker je sprememba lomnega količnika K sorazmerna koncentraciji, velja

$$c = \frac{1}{BdbK} \int y dx$$

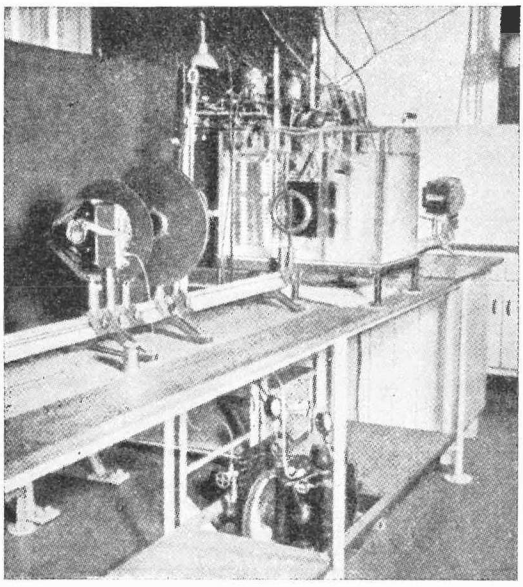
pri tem je K specifična sprememba lomnega količnika. Ker so specifične spremembe lomnih količnikov za vse komponente v serumu oz. v plazmi

približno enake, je pri preiskavah te vrste ploščina med osnovnico in krivuljo, ki jo dobimo po eni izmed gornjih metod, direktno sorazmerna koncentraciji tiste komponente. V praksi postopamo tako, da dobljene kri-



Sl. 7. Določanje sprememb lomnega količnika z metodo poševne reže in cilindrične leče. Rp — zaslonka s poševno režo, O — objektiv, CL — cilindrična leča, M — medlica oziroma fotografska plošča.

vulje ustrezno povečamo. Če pa se prekrivajo, podaljšamo krivuljo do osnovnice. Oblike teh krivulj se zelo približujejo Gaussovim krivuljam. Na ta način lahko površino izračunamo, jo izmerimo s planimetrom, ali pa si že v naprej pripravimo zalogo Gaussovih krivulj z izračunano površino in med temi poiščemo krivuljo, ki odgovarja neznani. Relativne količine posameznih komponent dobimo, če povemo ploščine posameznih krivulj z ozirom na celokupno površino. Za absolutne vrednosti teh količin pa moramo poznati konstante aparata ali pa jih dobimo tako, da skupno količino vseh komponent določimo po eni izmed običajnih laboratorijskih metod.



Sl. 8. Celotna naprava za elektroforezo: optični sistem, termostat in hladilna naprava.

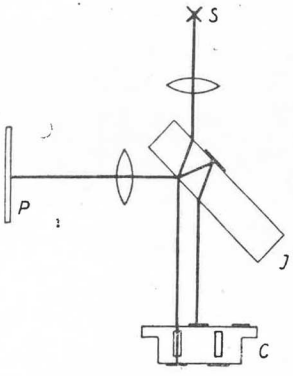
Uporaba elektroforeze v koloidni kemiji je vsestranska. Z njo moremo preiskovati beljakovine, ne da bi s tem spremenili njih nežno sestavo, kar je hiba večine kemičnih metod. Z elektroforezo moremo določiti število in količino posameznih sestavin ter iz sestavljenih spojin izolirati posamezne komponente. Seveda lahko kontroliramo tudi homogenost raznih koloidnih snovi in preparatov. V medicini so začeli uporabljati elektroforezo kot pomoč pri ugotavljanju raznih obolenj. Komponente beljakovin, ki sestavljajo serum oz. plazmo kažejo pri zdravem človeku precej stalno sestavo. Spremembe, ki nastanejo v sestavi teh komponent zaradi patoloških procesov v organizmu, dajejo lahko važne diagnostične zaključke. Elektroforeza se uporablja tudi v terapevtiki kot kontrola pri pridobivanju visoko aktivnih preparatov z veliko količino antiteles iz serumov.

Vendar so se pa kmalu pokazale ovire, zaradi katerih elektroforeze niso mogli vpeljati kot tekoče preiskovalne metode, posebno v medicini.

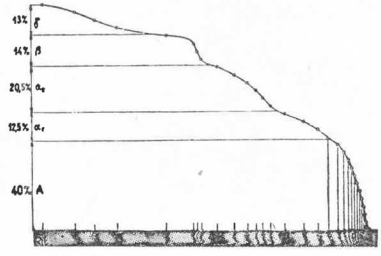
Celotna naprava je precej velika, saj meri v dolžino 3 m in še več, kar je prav gotovo ovira. Tudi celica je razmeroma velika. Potrebna je precejšnja količina preiskavnega materiala, ki ga ni vedno lahko dobiti. Poleg vsega tega je pa celotna naprava zelo draga in si jo morejo nabaviti le večji raziskovalni centri.

Zato so si prizadevali skonstruirati manjši aparat z manjšo celico. V manjši celici je debelina tekočinske plasti manjša in je tudi odklon na mejni plasti manjši. Zato s Toeplerjevo metodo ni mogoče več delati. Treba je ugotoviti spremembo lomnega količnika na kak drug način.

V ta namen sta *Labhart* in *Staub* uporabila princip Jamin-ovega interferometra. Namesto dveh interferometrskih ploščic sta vzela samo eno, drugo sta pa nadomestila z elektroforezno celico samo. Zato je celica, ki tu ni več sestavljena iz več delov, napravljena iz enega kosa stekla in je na zunanjih straneh prevlečena s kovinsko plastjo. Pot žarkov vidimo na sliki 9. En del enobarvne svetlobe gre skozi tekočino, se na zadnji strani odbije, gre zopet skozi tekočino in do interferometrske ploščice. Drugi del svetlobe pa se odbije že na prednji strani celice med obema krakoma. Obe svetlobi interferirata. Kadar ni v celici nobene spremembe lomnega količnika, je slika svetla. Če pa se na nekem mestu v celici spremeni lomni količnik, se žarka v fazi premakneta. Saj je tu važna optična dolžina poti obeh žarkov, ki je enaka produktu iz lomnega količnika in geometrične dolžine poti. Če je razlika optičnih poti obeh žarkov skozi neko mesto v celici lihi mnogokratnik od $\frac{\lambda}{2}$, dobimo v sliki na tistem mestu temno črto, če je mnogokratnik od λ pa svetlo. Po tej interferometrski metodi dobimo namesto krivulj kot diagram interferenčno sliko celice s svetlimi in temnimi trakovi. Med dvemi sosednjimi temnimi mesti v diagramu se lomni količnik vedno spremeni za enako vrednost. Čim bolj pogoste so črte v diagramu, tem večji je gradient lomnega količnika. Ker je lomni količnik sorazmeren koncentraciji, se tudi koncentracija med dvemi temnimi mesti spremeni za enako vrednost. Zato moremo iz teh diagramov dobiti relativne količine posameznih komponent enostavno tako, kot določimo profil neke pokrajine iz karte z vrisanimi izohipsami, kjer nam vsaka črta kaže določeno višino. Višinska razlika dveh, na ta način dobljenih »teras« nam pove relativno količino posamezne komponente (sl. 10). Natančnost metode je odvisna od koncentracije raztopine, s katero delamo, in je v primeri s prej opisanimi metodami približno polovico manjša.



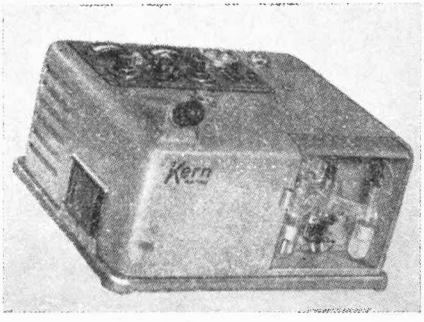
Sl. 9. Interferometer za določanje sprememb lomnega količnika. S — natrijeva svetilka, I — interferometrska plošča, C — elektroforezna celica, P — fotografska plošča.



Sl. 10. Določanje relativnih količin posameznih komponent iz interferometričnega diagrama. S prospekta tvrdke Kern, Aaran

Mikroelektroforezni aparat (sl. 11) je znatno manjši od aparata Tiseliusovega tipa. Celica je tu vgrajena tako, da je od zunaj lahko

dostopna. Na ta način je tudi zavarovana od toplote, ki jo izžarevata usmernik in natrijeva svetilka. Radi majhnih dimenzij celice, saj znaša višina kanala 30 mm, debelina 5 mm, širina pa samo 1,5 mm, so spremembe v temperaturi minimalne. Zato ni potreben termostat. Za preiskavo potrebujemo zelo malo snovi, običajno 1—2 mg, računano na suho substanco. Elektroforeza je končana že v dveh urah, medtem ko traja pri velikem aparatu tudi do 12 ur. Opisani mikroelektroforezni aparat stane okrog 2 000 — dolarjev in je približno 4-krat cenejši od velikega. Kljub vsem naštetim prednostim pa aparat Tiseliusovega tipa še daleč ni izgubil svojega pomena. Uporablja se še naprej kot standardna aparatura za vse elektroforezne preiskave, deloma pa tudi v preparativne svrhe.



Sl. 12. Mikroelektroforezni aparat tvrdke Kern, Aarau, Švica.

Da bo pregled razvoja elektroforeze popoln, omenimo še metodo, ki se je razvila v zadnjem letu t. j. elektroforeza na filtrirnem papirju. Metoda je nastala s kombinacijo elektroforeze in kromatografije. Lahko bi rekli, da je to kromatografija v električnem polju. Kapljico koloidne raztopine, ki jo hočemo z elektroforezo razstaviti v posamezne komponente kanemo na trak filtrirnega papirja. Papir smo poprej namočili v raztopini puferja. Konca papirja priključimo na izvor napetosti 150 V s pomočjo elektrolitskih posod, ki jih že poznamo iz prejšnjih metod. Po nekem času se komponente koloida ločijo tako, kot v elektroforezni celici. Sedaj papir posušimo, ga obarvamo z barvilom, ki ima to lastnost, da se koloidne spojine čvrsto prime, papirja pa ne. Ko barvilo izperemo iz filtrirnega papirja, ostanejo na njem barvasti madeži, ki niso nič drugega kot obarvane elektroforezno ločene komponente koloida. Te obarvane spojine eluiramo, t. j. s primernim topilom izperemo iz papirja. Njih relativne količine določimo s fotometrom. Metoda je enostavna in v primeri z ostalimi — zastonj.

Videli smo, kako se je elektroforeza razvijala. Iz prvotne enostavne in malo uporabne metode se je ob duhoviti uporabi drugih metod razvila v komplicirano, a dovršeno znanstveno orodje. To orodje nam omogoča vpogled v pojave, ki jih do tedaj nismo mogli opazovati. Isto orodje je pa omogočilo, da elektroforeza v svojem končnem razvoju dobiva kot splošna laboratorijska metoda spet svojo prvotno enostavno obliko.

Literatura:

F. Wuhrman in Ch. Wunderly: Die Bluteiweisskörper des Menschen, Benno Schwabe & Co Verlag, Basel, 1947.

E. A. Kabat in M. M. Mayer: Experimental Immunochemistry. Charles Thomas, Springfield, Illinois 1948.

G. Viollier: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene 38: 85 (1947).

H. Labhart in H. Staub: Helv. Chim. Acta 30: 1954 (1947).

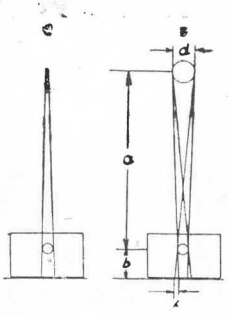
H. D. Cremer in A. Tiselius: Biochem. Zschr. 320: 274 (1950).

Slike 3, 6, 7 in 9 so vzete iz knjige Wuhrmann/Wunderly, slike 1, 2 in 5 iz knjige Kabat/Meyer, slika 4 pa iz knjige The Svedberg, K. O. Pedersen: Die Ultrazentrifuge (Dresden, Leipzig, 1940), z dovoljenjem avtorjev in založb. Za prijaznost se vsem najlepše zahvaljujemo.

NOVICE

Radiografija s kobaltom 60

Za kontrolo odlitkov, zvarjenih in zakovičenih delov, visokotlačnih cevi in drugod uporabljajo že dolgo časa rentgensko radiografijo. Z rentgensko svetlobo posvetimo skozi kos, ki ga preiskujemo, na primer skozi jekleni odlitek. Za odlitkom pa postavimo fotografski film. Če je v odlitku nekje mehurček, gre tam več svetlobe skozi in film bolj počrni. Tako dobimo z rentgensko svetlobo senčno projekcijo, v kateri se pokažejo nehomogenosti preiskovanega kosa. Že Röntgen sam je začel s to tehniko. Rentgensko slikanje uporabljajo v enaki obliki za svoje namene tudi zdravniki. — Imeti moramo za to točkasti izvor rentgenske svetlobe s tako valovno dolžino, da se v preiskovanem kosu preveč ne absorbira, in primerno občutljiv film. Poglejmo si po vrsti, kakšno važnost imajo posamezni faktorji.



Sl. 1. Levo: s točkastim izvorom dobimo ostro senco mehurčka. Desno: če izvor ni točkast, je rob razmazan. Točka v preiskovalnem kosu se na filmu ne upodablja kot točka ampak kot krog s premerom $x = bd/a$.

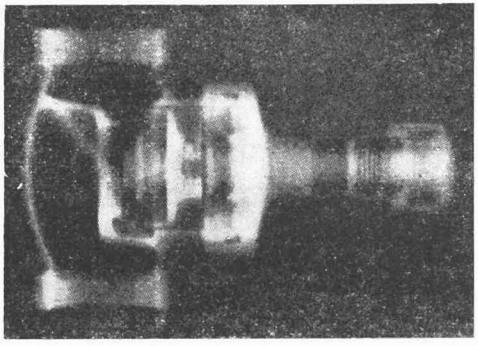
Če izvor ne bi bil točkast, na filmu ne bi bili obrisi ostri, ampak razmazani. Točka v preiskovanem kosu se na filmu ne bi projicirala kot točka. Za ostro upodobitev mora biti izvor čim manjši in razdalja do filma mora biti majhna v primeri z razdaljo do izvora. Film naslonimo ponavadi kar na preiskovani kos, rentgensko cev pa postavimo nekaj decimetrov stran, kar se ravna po velikosti izvora in preiskovanega kosa.

Rentgenska svetloba se v materialu absorbira. Za absorpcijski koeficient velja približno sledeče: $\mu = \text{konst.}\ \varrho\ \lambda^3\ Z^3$, kjer je ϱ gostota, λ valovna dolžina, Z pa vrstna številka. Plast materiala z debelino h oslabi svetlobo $e^{\mu h}$-krat. Če imamo v materialu razpoko z globino h, dobimo pod razpoko $e^{\mu h}$-krat močnejšo osvetlitev kot v okolici. Razpoko bomo tem laže razločili, čim večji bo faktor $e^{\mu h}$. Namesto z absorpcijskim koeficientom povemo isto lahko z razpolovno debelino. To je morda še bolj nazorno. Plast z razpolovno debelino oslabi svetlobo na polovico. Razpolovna debelina je $ln2/\mu$. Čim manjša je razpolovna debelina, tem ožje razpoke bomo lahko še ugotavljali.

Vidimo, da je ugodno, da je μ čim večji. Ker raste μ z valovno dolžino, bi bilo treba uporabljati čim večje valovne dolžine. Toda to ni mogoče iz drugih razlogov. Pri debelejšem kosu moramo dalj časa eksponirati. Saj raste ta čas sorazmerno z $e^{\mu D}$, če je D debelina kosa. Za posamezne snovi in debeline je treba preceniti, s katerimi valovnimi dolžinami, torej s kakšnimi napetostmi se najbolj splača delati. Ekspozicijo določa tudi občutljivost filma. Navadno si pomagamo še s fluorescenčnimi folijami (ZnS ali $CaWO_4$ ali dr.), ki skrajšajo ekspozicije do 40 krat. Film damo med dve foliji v kaseto.

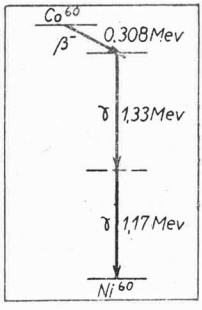
Za preiskovanje 100 mm debelih kosov iz aluminija je treba delati z napetostjo 100 kV, za 80 mm debele iz železa pa z 200 kV. Pri tem lahko ločimo še razpoke, ki so globoke 1% presvetljene debeline. Pri 200 kV je

razpolovna debelina železa 0,7 cm. Pri 200 kV in 3 mA moramo 60 mm debel kos železa presvetljevati iz razdalje 50 cm 3 minute, 80 mm debel kos pa 1 uro. Za bolj debele kose bi potrebovali še daljše ekspozicije ali večje napetosti. Gradili so rentgenske naprave do 1 MV in več.



Sl. 2. Posnetek $1^1/_4$ colskega ventila iz medi s kobaltom 60. Na posnetku so vidni navoji. Iz tega lahko sklepamo, kolikšne razpoke lahko še zaznamo. Gornja slika pa je slabša kot originalni posnetek. (Tracerlog, No. 31.)

Z visoko napetostjo pa je nerodno delati. Poleg tega je marsikdaj težko uporabljati rentgensko cev, ker je prevelika. Zato so že po letu 1930 začeli uporabljati za te preiskave žarke γ. Kot izvore so uporabljali mezotorij, radij in radon. Pri teh dobimo tudi žarke γ z energijo nad 1 MeV. Zato dobimo že precejšnje razpolovne debeline. Za žarke z 2 MeV je razpolovna debelina železa okrog 2 cm. Razpoke morajo biti globlje, da jih lahko še ločimo (nad 2% presvetljene debeline). Pri tem pa ni več tako važno, da je preiskovani kos enakomerno debel; vedno dobimo še dobre slike (slika 2). Posnetki z žarki γ večjih energij tudi niso toliko zasenčeni zaradi stresenega žarkovja kot rentgenski žarki, ki jih dobimo z 200 kV. Večji del stresenega žarkovja gre namreč tu v smeri primarnih žarkov. Poleg tega ima stresena svetloba mnogo daljše valovne dolžine in se v preiskovanem kosu močno absorbira. Pri preiskovanju z žarki γ uporabljajo poleg fluorescenčnih folij tudi svinčene. Film vložijo med dve foliji iz svinca, debeli 0,1 mm. Sekundarni elektroni, ki jih sproste žarki γ v foliji, se v fotografski emulziji močneje absorbirajo kot žarki γ. Zato se s tem precej skrajša ekspozicija. Če svetimo skozi 7 cm debel kos železa s 100 mg radija v razdalji 60 cm in uporabljamo svinčene folije, moramo osvetliti 5 ur, skozi 10 cm debel kos pa 12 ur. Če imamo močnejši izvor, lahko na ta način preiskujemo 15 do 20 cm debele kose, ne da bi bile ekspozicije predolge.



Sl. 3. Shema za razpad Co^{60}. Najprej odda en elektron, nato pa zapored dva fotona z energijo 1,33 MeV in 1,17 MeV.

Da bi skrajšali čas eksponiranja, bi potrebovali torej večje količine radija. Toda radij je drag. Danes stane 1 mg radija okrog 20 dolarjev. Zato so iskali med umetno radioaktivnimi snovmi kak cenejši nadomestek. Ni mnogo snovi, ki pridejo v poštev kot izvor žarkov γ. Žarki morajo imeti primerno energijo (od 1 do 3 MeV). Izvor mora imeti tudi čim večjo razpolovno dobo in ne sme biti prevelik. Imeti mora torej čim večjo aktivnost na prostorninsko enoto. Radijeva sol ima aktivnost 2 do 3 mC na mm^3. Za radijev nadomestek je važno tudi, na kakšen način ga lahko proizvajamo in kolikšne množine, ker mora biti cena vsekakor nižja kot za radij. Vsem navedenim pogojem ustreza radioaktivni kobalt 60. Dobijo ga z obsevanjem kobalta s počasnimi nevtroni v uranski kopi. Shemo za razpad kobalta 60 kaže slika 3. Razpolovna doba je 5,3 leta. Danes prodajajo izvore z aktivnostjo okrog 10 mC

na mm³. Z daljšim obsevanjem bodo aktivnost na mm³ lahko še povečali. Izvor ima torej pri isti aktivnosti manjši premer kot radij, kar je važno za ostrost slik. Pri praktičnem radiografskem delu je treba pravilno namestiti izvor in določiti ekspozicijo. Zato je treba poznati aktivnost izvora in upoštevati, da izgubi kobalt 60 vsakih 5 mesecev 5% aktivnosti. Objavljene so že tabele za določitev pravilnega časa eksponiranja. Ponavadi vložé v kaseto dva filma z različno občutljivostjo. Tako dobijo dobre slike za tanka in za debela mesta v preiskovanem kosu.

Treba pa je pri delu upoštevati vse varnostne mere, ki veljajo za delo z radioaktivnimi snovmi. Ker so tu močni izvori, lahko nekaj C in več, je treba še posebne pozornosti. Izvor sam je ponavadi zaprt v magnetnem nerjavečem jeklu, da je odporen proti koroziji in da ga lahko z magneti na dolgih kleščah obračamo.

Tvrdka *Tracerlab, 130 High Street, Boston 10, Massachusetts, ZDA,* dobavlja sedaj izvore z jakostjo od 50 mC do 25 C. Cene so naslednje: Izvor za 100 mC stane 185 $, 1 C stane 365 $, 10 C stane 930 $, 25 C stane 1380 $.

Poleg kobalta 60 so začeli zadnje čase uporabljati tudi radioaktivne izotope tantal 182 in iridij 192. Ker so tako na razpolago dobri izvori, uporabljajo radiografijo z žarki γ marsikje že za tekočo kontrolo jeklenih odlitkov in zvarkov.

A. Moljk

[1] Symposium on Radiography. Published by the American Society for Testing Materials. Philadelphia, 1943.

[2] A. Morrison: Radiography with Cobalt-60. Nucleonics, 5, No. 6, p. 19 (December, 1949).

[3] Tracerlog, No. 31 (Dec., 1950) in No. 35 (May, 1951). Published by Tracerlab, Inc., Boston.

Drobne vesti

Nove uranske kope v Evropi. Kakor poročajo, gradita Norveška in Holandska skupaj uransko kopo s težko vodo. Kopa bo postavljena v mestu Kjeller na Norveškem. Celotno delo vodi mešana šestčlanska komisija. Za kopo bo dala Norveška 7 ton težke vode, Holandska pa 3 tone urana. Kopa bo delala z močjo 100 kW in bo torej šibka v primeri z angleško kopo v Harwellu. Namenjena je za proizvodnjo radioaktivnih izotopov, ki sta jih doslej ti deželi dobivali iz Harwella. Kopa naj bi začela delati že ta mesec. To bo druga uranska kopa v zahodni Evropi izven Anglije. Prvo je zgradila Francija.

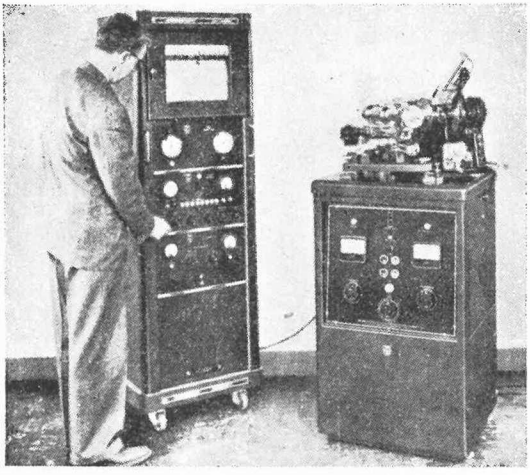
V kratkem bo začela delati tudi tretja poskusna uranska kopa, ki jo gradi Švedska. Delati so začeli že pred štirimi leti. Doslej so bili v glavnem zaposleni s pridobivanjem urana iz domačih skrilavcev.

Na katerih področjih delajo fiziki. V ZDA je napravilo v letih od 1936 do 1948 doktorat iz fizike 1700 kandidatov, od tega 96 % moških in 4 % žensk. V reviji Physics Today je bil pred kratkim objavljen pregled, kje delajo ti fiziki in kaj delajo. Od vseh 1700 fizikov jih danes dela v fiziki še 1372 to je 81 %. Od teh se jih 4 % ukvarja s fiziko na splošno, brez ožje specializacije. Posebna področja fizike pa so zasedena takole: jedrska fizika 17 %, molekulska in atomska fizika 12 %, elektronika 10 %, optika 10 %, elektromagnetizem 6,5 %, akustika 2 %, mehanika 1,5 %, toplota 0,5 %, ostalo 0,5 %. Večina jih dela v šolskih ustanovah in sicer 54 %, v privatni industriji jih je 27 %, v državnih ustanovah pa 14 %.

NOVI INSTRUMENTI

Rentgenska naprava za preiskavo kristalne strukture

Tvrdka *North-American Philips Co., 750 South Fulton Avenue, Mount Vernon, New York,* je izdelala novo vrsto rentgenskega aparata za preiskavo fine strukture materiala, ki uporablja za registriranje poleg običajnih fotografskih kamer tudi geigerski števec. Geigerska cev se giblje po obodu goniometra okoli preparata in prestreza razsuto svetlobo. Cev je priključena na integrator; izhod integratorja je zvezan s pisalnim instrumentom, ki riše diagram za kotno porazdelitev razsute svetlobe. Pri stalnem kotu pa lahko preštejemo število sunkov v geigerski cevi z elektronskim delilnikom in mehanskim števcem. Vsa naprava je v glavnem v dveh ohišjih. V enem je visokonapetostni izvor z rentgensko cevjo, v drugem pa so elektronski aparati. Vso napravo krmimo skozi elektronski stabilizator za mrežno napetost, ki zmanjša do 10% velike spremembe vhodne napetosti pod 0,1%.



Sl. 1. V desnem ohišju je visokonapetostni izvor. Na zgornji strani tega ohišja je v pokončni legi rentgenska cev, okoli nje pa so postavljene kamere in goniometer. — V levem ohišju od zgoraj navzdol: pisalni instrument, časovni avtomati za elektronski delilnik in integrator, delilnik in integrator, napetostni izvor za geigersko cev in ostale elektronske dele; na dnu je stabilizator mrežne napetosti.

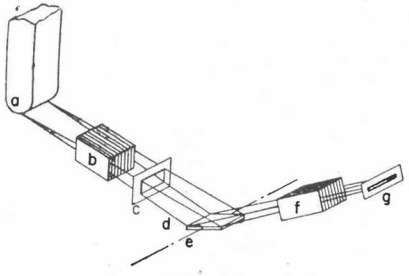
Visokonapetostni izvor za rentgensko cev daje usmerjeno napetost do 60 kV in največji tok 50 mA. Napetost in tok lahko zvezno spreminjamo. Kurjava rentgenske cevi in obeh visokonapetostnih usmerjevalk je stabilizirana. Transformator za visoko napetost in kurilna transformatorja so v oljni kopeli, ki jo hladimo z vodo.

Rentgenska cev ima štiri okenca iz sljude, ki prepuščajo 80% svetlobe z valovno dolžino bakrove črte K α 1,54 A in so v tem enakovredna okencem iz berilija. Na razpolago so cevi z različnimi anodami: Cr, Fe, Co, Cu, Mo, W. Elektroni padajo pravokotno na ploskev z velikostjo $1{,}1 \times 10$ mm^2. Osi rentgenskih snopov, ki izstopajo iz okenc, oklepajo z normalo anode kot 87°. Za dve okenci je izvor skoraj črtast, navidezna velikost je $0{,}06 \times 10$ mm^2; za ostali dve okenci pa je $1{,}1 \times 0{,}6$ mm^2.

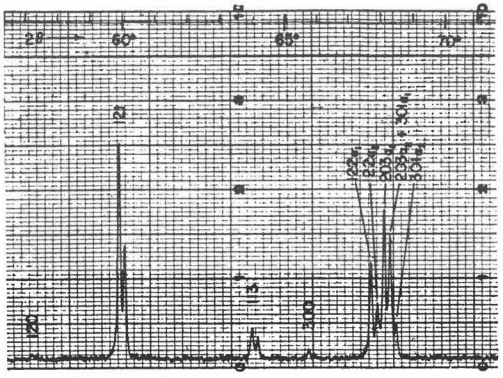
Za registriranje z geigerskim števcem potrebujemo črtast svetlobni izvor in ploščat preparat, da dobimo čim več razsute svetlobe in so tako kolebanja manjša. Kristalitni preparat je na osi goniometra. Razsuto svetlobo, ki gre skozi vstopno režo s širino 0,075 ali 0,15 mm, prestreže geigerska cev. Izvor svetlobe in vstopna reža sta na obodu goniometra in sta vzporedna z osjo. Preparat se vrti dvakrat počasneje kot pa kroži

vstopna reža z geigersko cevjo po obodu. Posebne reže zmanjšajo divergenco svetlobe v smeri osi pod 2,2° (slika 2).

Goniometer ima polmer 170 mm. Interval za Braggov kot je od —38° do 180°. Odčitavamo lahko še 0,01°; natančnost gre do 0,0025°.



Sl. 2. Zbiranje rentgenske svetlobe: a — črtast svetlobni izvor na anodi, b, f — reže za zmanjšanje divergence v eni smeri, c — zaslonka, d — ploščica s kristalitnim preparatom, e — os vrtenja, g — vstopna reža. Ploščica s preparatom bi morala biti pravzaprav ukrivljena s spremenljivo krivino; zaradi majhnih razsežnosti pa izhajamo z ravno ploskvijo.



Sl. 3. Diagram kremena (izrez od $2\theta = 57^0$ do 71^0). Ordinata pomeni jakost svetlobe, abscisa pa kot. Znamenje za kot naredi posebno pero, ki je zvezano z goniometrom. Prav lepo vidimo razčlenitev dubleta $K\alpha_1$, $K\alpha_2$ (razmak pri bakru: 0,004 A). Pri kotu 68° je v intervalu 1° razčlenjenih kar pet črt, kar je zgovoren dokaz za visoko zmogljivost naprave. Med posameznimi črtami kaže diagram tudi nekaj razsute svetlobe, ki pride v glavnem od nekoherentnega sipanja (Comptonov efekt, fotoefekt). Ker je tu jakost majhna, so kolebanja izrazitejša in črta je nazobčana.

Vrtljive dele poganja sinhronski motor. S prestavami lahko damo ročici z geigersko cevjo kotne hitrosti $^1/_8{}^0$, $^1/_4{}^0$, $^1/_2{}^0$, 1^0, 2^0 na min.

Geigerska cev ima okence iz sljude. Cev sama ugaša in preživi 10^{10} sunkov. Dela pri napetosti 1400—1600 V. Vodoravni del karakteristike je 300 V širok. Preko ojačevalne predstopnje zvežemo cev z integratorjem ali delilnikom.

Elektronski delilnik ima 8 razpolovnih stopenj, torej je število izstopnih sunkov lahko do $2^8 = 256$ krat manjše od števila vstopnih. Priključeni mehanski števec zaznamuje v sekundi do 40 sunkov, torej lahko preštejemo do $2^8 . 40 \approx 10^4$ sunkov na sekundo.

Integrator ima linearen obseg od 10 do 13 000 sunkov na sekundo pri natančnosti 0,5 %. Priključimo ga na katero koli stopnjo delilnika. Časovne konstante 1, 2, 4, 8, 16 sekund izberemo v skladu s kotno hitrostjo goniometra.

D. Jamnik

* * *

V tej dobi ostre tekme med industrijami bo uspela tista država, ki ima tako izpeljano organizacijo, da lahko takoj uporabi znanstvene izsledke za izboljšanje obstoječih načinov proizvodnje ali za vpeljavo novih.

Ernest Rutherford, leta 1936

UČILA

Društvo matematikov in fizikov je priredilo dne 28. junija 1951 v fizikalnem institutu javen razgovor o učilih za fiziko. Na ta razgovor so prišli profesorji s srednjih šol in z univerze, zastopniki Sveta za prosveto in kulturo ter slušatelji fizike in matematike. Najprej je ing. J. Batestin poročal, kako je danes s proizvodnjo učil za fiziko v naši državi in kako so šole oskrbljene z učili. Nato je poročal prof. dr. A. Peterlin o tem, kakšna naj bodo učila in kako lahko do njih pridemo. Po obeh referatih se je razvila diskusija. V naslednjem prinašamo referat prof. dr. Peterlina in sklepe, ki so bili sprejeti po diskusiji in so bili poslani Svetu za prosveto in kulturo LRS.

Razgovor o učilih

Učila, ki jih potrebujemo za pouk fizike, bi mogli razdeliti v tri skupine:

1. Nekatere stvari že izdeluje industrija, tako na primer leče, žarnice, termometre, ampermetre, voltmetre. Prav gotovo nima pomena, da bi te stvari za šolo še posebej izdelovalo podjetje za učila in tako po nepotrebnem konkuriralo že obstoječi specialni industriji.

2. Mnogo stvari si lahko naredi vsakdo sam. Zato da pokažeš zakone nihanja, ni potreben noben poseben aparat. Kamen, ki ga obesiš na vrvico, zadošča. Ni treba, da bi šole take stvari kupovale; tu naj si vsakdo pomaga sam. Žal se mnogokrat sliši izgovor, da pri pouku fizike zato ni mogoče pokazati poskusov, ker ni učil. Večkrat je to zelo prazen izgovor. Zelo mnogo se da pokazati z najbolj preprosto improvizacijo, s sredstvi, ki so vsakomur na razpolago.

3. Nekako vmes med tema skupinama so tiste stvari, ki jih naša industrija ne izdeluje in ki jih tudi ne moreš sam napraviti. Sem spadajo n. pr. optična klop, Hartlova plošča, hidrostatična tehtnica, silomer, demonstracijski galvanometer itd. Proizvodnja teh stvari je naloga tovarne učil. Tovarna naj torej izdeluje vse tisto, kar rabi samo šola in česar si šola sama ne more napraviti.

To ni edina naloga, ki jo ima tovarna učil. Druga njena naloga ali pa naloga njene prodajne organizacije je ta, da skrbi za dobavo predmetov iz prve skupine. Dogovoriti se mora z izdelovalci teh predmetov za dobavo tistih množin, ki jih šole potrebujejo, in jih šolam potem tudi preskrbeti. Taka organizacija bi nas obvarovala dvojnega dela in bi nam zagotovila, da dobe šole, kar potrebujejo, brez nepotrebnega iskanja. Šola se obrne na tovarno za učila, pove svoje plačilne zmožnosti, tovarna pa ji preskrbi ves material v celoti, n. pr. vsa učila, ki so potrebna za optiko ali za mehaniko itd.

Poglejmo, kako so drugod rešili problem proizvodnje učil. Najdlje so v tem pogledu prišli v Nemčiji. Prednost nemških tovarn učil je v tem, da ne izdelujejo aparatov za vsak poskus posebej, ampak samo osnovne elemente, s katerimi šele sestaviš priprave za posamezne poskuse. Teh elementov je razmeroma malo, vendar objameš z njimi vso srednješolsko fiziko. V ostrem konkurenčnem boju se je dosegla znatna redukcija elementov. Množina za šolo potrebnih učil je postala tako majhna, da si

jih more nabaviti vsaka šola. Namesto impozantne zbirke ogromnega števila kompliciranih aparatov, ki jo še vidimo na nekaterih starih zavodih, potrebujemo sedaj precej manjše število mnogo preprostejših delov in instrumentov, ki pa popolnoma zadoščajo vsem potrebam.

S takimi učili je seveda delo v nekem pogledu težje. Nič več ne vzameš iz omare izgotovljenega aparata za Ohmov zakon, ampak si moraš vso pripravo sam sestaviti iz posameznih delov. Od profesorja zahteva to več dela, ker mora prej vse pripraviti in preizkusiti. Prednost pa je ta, da je vse sila nazorno, ker je preprosto. Poudarek je le na tistih stvareh, ki so važne, in pozornost učenca se ne odvrača z nepotrebno navlako. Dijak dobro vidi, za kaj gre, kakšno vlogo imajo posamezni deli in kako se sestavljajo v celoto.

Pri tej priložnosti bi rad opomnil še na nekaj. Ni treba, da bi srednješolska fizika šla prav do zadnjih dognanj moderne fizike. Ni treba, da bi povedali vse, kar so odkrili šele v zadnjih časih. Poglejmo, kako je pri matematiki. Tam razlagamo v gimnaziji matematiko do 17. stoletja in nihče se nad tem ne spodtika. V fiziki seveda ne moremo iti tako daleč nazaj, ker takrat fizike tako rekoč še ni bilo. Vendar pa bi moral biti poudarek na osnovah klasične fizike, ki je dobila ustaljeno obliko že ob koncu prejnjega stoletja. Profesor tudi ne sme prikrojiti pouka po svojem osebnem zanimanju, ampak po stvarnih potrebah.

Od absolventa srednje šole ne pričakujemo nič več kot to, da res pozna in obvlada najvažnejše osnovne zakone fizike. Prav nič pa ni treba, da bi ga obremenjevali z vsemi mogočimi drobnarijami. Iz elektrike mora n. pr. poznati Ohmov zakon, toda tega temeljito. Tudi na praktičnih primerih ga mora zanesljivo obvladati. Prav gotovo mu pa ni treba nič vedeti o Johnson-Rahbeckovem efektu. Žal pa je danes tako, da ni gotovo, da bi povprečen maturant poznal in obvladal Ohmov zakon. Pri pouku na univerzi je velika ovira v tem, ker prvoletniki ne prinesejo s seboj skoraj nobenega osnovnega znanja. Zato je treba učni program fizike na srednji šoli močno reducirati in obenem poglobiti. Tudi v fiziki moramo uveljaviti načelo, da mora dijak neko minimalno snov res obvladati, ako naj gre v višji razred.

Pouk fizike v srednji šoli je včasih preveč obremenjen s podrobnostmi iz tehnike, ki so za mladega človeka sicer navadno zelo zanimive, ki pa nimajo nobene prave vrednosti za fizikalno sliko. Temu zahajanju na nefizikalna področja se je treba izogniti in se omejiti na poglobljen študij glavnih osnovnih zakonitosti, če hočemo priti naprej. Zgledi iz tehnike naj pa pokažejo, kje te zakonitosti nastopajo in kako jih koristno izrabljamo.

Če se držimo tega programa, bomo videli, da oprema srednješolskih fizikalnih zbirk ni nerešljiva naloga, marveč se da s pametno organizacijo dela in pretehtano izbero učil doseči v doglednem času. Program in izbero učil naj bi izdelala posebna komisija, v kateri bi bili zastopniki ministrstva, srednje šole, univerze in tovarne učil. Brez odobritve te komisije se nobeno učilo ne bi smelo začeti izdelovati. Vrstni red produkcije in s tem zvezane praktične probleme pa ureja seveda tovarna sama.

Preden se prične proizvodnja učil, se morajo izdelati prototipi po načrtih, ki jih je odobrila komisija. Ti prototipi bi služili za širšo diskusijo. Še vedno se bo dalo kaj izboljšati ali popraviti. Tu je potrebno sodelovanje čim večjega števila profesorjev. Ni samo važno, kaj se izdela, ampak tudi,

k a k o. Pri tem »kako« je treba več diskusije kot pri prvem vprašanju. Le tako bomo prišli do učil, s katerimi bo vsakdo z veseljem delal.

Pred razdelitvijo učil na šole naj se priredi obvezen tečaj za vse profesorje, ki poučujejo fiziko, da spoznajo učila in se izvežbajo v poskusih z njimi. Tudi drugod imajo take tečaje, in sicer jih navadno organizirajo tovarne same. Pri nas je tak tečaj še bolj potreben, ker poučujejo fiziko mnogi profesorji, ki niso fiziki. Tak tečaj bi gotovo zmanjšal nevarnost poškodb instrumentarija zaradi napačnega ravnanja. Gotovo bi se dalo to lepo izvesti, saj je mnogo profesorjev, ki bi pri tem prav radi sodelovali in seznanili druge udeležence s svojimi izkušnjami. *A. Peterlin*

Sklepi

Fiziko je treba učiti na poskusih. Hudo se občutijo posledice tega, da tako ne delamo. Za to so potrebna učila. Učila lahko izdelujemo doma. Izkoristiti pa moramo izkušnje drugih. Praviloma se ne izdelujejo učila za posamezne fizikalne zakone. Izdelati je treba učila z vidika zaključene celote, na primer zbirke za optiko, za elektriko, za mehaniko itd. Učila morajo imeti primerno velikost in naj bodo čim bolj v skladu s standardnimi industrijskimi proizvodi. Upoštevati je tudi treba, da pri poskusih ni potrebna večja natančnost kot nekaj procentov. Mislimo, da bi bilo treba delo organizirati takole:

1. Izdelati je treba seznam obveznih poskusov za posamezne stopnje (osnovna šola, nižja gimnazija, višja gimnazija).
2. Oskrbeti je treba skice za učila za naštete stopnje. V skicah naj bodo označene približne mere in material.
3. Izdela naj se po en izvod sprejetih osnutkov v taki obliki, da se da serijsko izdelovati z razpoložljivimi sredstvi in da cena ni večja od od enakovrednega inozemskega izdelka, če se računa na oskrbo šol v državi oziroma republiki.
4. Izdelani izvodi naj se razstavijo, da so dostopni kritiki.
5. Oskrbeti je treba serijsko izdelavo. Pri tem je dobro misliti na to, da bo marsikaka naprava v podobni obliki potrebna v laboratorijih pri tovarnah in se bo tako lahko finančno okrepilo podjetje za učila.
6. Istočasno je treba oskrbeti izdajo opisov učil in navodil za uporabo. Dobro bi bilo organizirati predavanja in vaje za uporabo učil, kakor to delajo inozemske tvrdke.
7. Kot učila se smejo uvažati le tiste priprave, ki jih doma ne moremo izdelovati ali bi bila njih izdelava nerentabilna.

Predlagamo, da Svet za prosveto in kulturo poveri te naloge posebni komisiji, ki naj ima 5 do 7 članov in sicer 3 do 4 fizike, 1 do 2 tehnika in 1 komercialista. Svet naj da na razpolago potrebna sredstva za izvedbo gornjega programa in naj terminira delo za posamezne točke.

Društvo matematikov in fizikov

* * *

Velika razlika je, če ti asistent vklopi stikalo, naravno napetost in odčita instrumente, ali če to storiš ti sam. Če boš sam delal, boš stvar premislil, ker boš čutil odgovornost. Ta občutek ti pa da tudi veselje za delo.

Ervin Marx, visokonapetostni praktikum

NOVE KNJIGE

Y. Rocard, Dynamique générale des vibrations 2. izdaja, 439 strani. Cena 1900 Fr. Masson & Cie., Paris 1949.

S svojo knjigo je nameraval avtor podati pregled čez teorijo nihajnih sistemov in pojave pri širjenju nihanj v splošnem; podrobnejše pa je obravnaval predvsem ona poglavja, ki igrajo važno vlogo v sodobni elektro-akustiki. Pri pregledu nihajnih sistemov se ni omejeval samo na mehanična nihanja, temveč je v veliki meri obdelal tudi vse važnejše pojave pri elektromagnetnih nihanjih. Delo se zato znatno razlikuje od starejših knjig te vrste, ki obravnavajo samo mehanična nihanja, in ima postavljene veliko širše cilje. Poleg mehaničnih in elektromagnetnih nihanj obravnava tudi najbolj važna vprašanja fizikalne akustike in se tudi sicer bolj na široko kakor navadno zadrži pri vprašanjih, ki zanimajo predvsem fizika. Na drugi strani pa prinaša delo presenetljivo veliko podrobnosti iz tehnike mehaničnih nihanj, ki so važna predvsem za praktičnega inženirja.

Vsebina knjige je v glavnih obrisih naslednja: V prvih treh poglavjih obravnava delo najprej nihajne sisteme z eno stopnjo prostosti z raznimi vrstami dušenja in brez njega in pokaže nato uporabo dobljenih rezultatov na celi vrsti primerov, od katerih hočemo navesti samo znano razlago za modrino neba zaradi stresanja svetlobe ob zračnih molekulah na eni strani in pojave dušenja pri upogibnih nihanjih kril na drugi strani. V četrtem poglavju izvaja avtor pravila, po katerih se dajo v prvi aproksimaciji nadomestiti razni sistemi podajnih teles z navadnim nihajnim krogom; v petem uvaja splošni pojem impedance (splošnega kompleksnega upora) v mehaniki, akustiki in nauku o elektriki in preide na obravnavanje impedance vodov za akustična in elektromagnetna valovanja. Nato se bavi knjiga z nihanji sistemov, ki imajo več kakor eno stopnjo prostosti, in z njihovim sklapljanjem. Posebej obravnava žiroskopsko sklopitev in uporablja dobljene rezultate na delovanje žiroskopskega kompasa in na druge podobne instrumente. V nadaljnjem obdela avtor elektromehanične vibracijske naprave, prehodne pojave v nihajnih sistemih, filtre, toplotne šume v elektro-akustičnih napravah, splošna vprašanja o pogojih za nastanek nihanj, vibracije zaradi anholonomnih vezi in stabilnost sistemov.

Drugi del knjige je posvečen fizikalni akustiki in začne z obravnavanjem krogelnih valov, s posebnim ozirom na uklon in valovni upor. Potem obravnava Huygensov princip in njegovo uporabo v akustiki, nadaljna štiri poglavja pa se pečajo s širjenjem valov v trobljah. Zadnji dve poglavji obravnavata pritisk pri mehaničnem valovanju in najvažnejše lastnosti elektrodinamičnih mikrofonov. V treh dodatkih so še na kratko obravnavana vprašanja nihanj pri takih sistemih, za katere velja Mathieujeva diferencialna enačba, vprašanja torzijskih nihanj in nihanj rotorjev pri električnih strojih.

V vseh poglavjih poda pisec najprej fizikalno sliko pojavov, izvede na čim bolj preprost način izhodne enačbe, ki jih nato reši in rešitve dokaj obširno tolmači, deloma tudi z grafičnimi sredstvi. Teorija je povsod pojasnjena tudi s številnimi primeri z raznih področij fizike in tehnike, tako da je vsebina knjige izredno pestra. Pisec se je po možnosti izogibal

uporabi višjih transcedentnih funkcij, toda popolnoma izogniti se jim seveda ni mogel. Kjer jih rabi, vzame njihove glavne lastnosti kot znane. Prav tako je moral pri obravnavanju raznih primerov predpostavljati neko znanje fizike. Pri obravnavanju linearnih diferencialnih enačb s konstantnimi koeficienti je uporabil tudi najosnovnejša pravila Heavisideovega (operatorskega) računa, ki pa jih je vsa izvedel. Vsa izvajanja so jasna in kljub velikemu številu pestro izbranih zgledov zelo pregledna. Delo bodo posebno cenili strokovnjaki s področja elektro-akustike in mehaničnih nihanj, ki žele dobiti obsežen in temeljit pregled čez svoje in čez sosednja področja. Knjiga bo koristila tudi vsem onim, ki se pri zadostnem znanju matematike in fizike žele temeljito seznaniti z nihanji in s fizikalno akustiko.

Knjiga je nastala s strnitvijo enega dela tečaja višje fizike na Sorbonni oziroma na École Normale Supérieure in elementov tečaja elektro-akustike na École Supérieure des P. T. T. Knjiga je zelo okusno opremljena.

A. Kuhelj
(Inštitut za mehaniko, TVŠ, Ljubljana)

Textbook of Electrochemistry I., G. Kortüm, J. O'M. Bockris. (Elsevier Publishing Company, New York, Amsterdam, London, Brussels, 1951).

Navedeni učbenik je razširjen prevod druge nemške izdaje »Lehrbuch der Elektrochemie« (1949). Avtor je dr. Gustav Kortüm, profesor fizikalne kemije na univerzi v Tübingenu. Delo je prevedel in razširil J. O'M. Bockris, ki predava fizikalno kemijo na univerzi v Londonu.

Že samo dejstvo, da je bilo tuje delo osnova angleškemu prevodu, nam jamči, da je dobro in vredno prevoda. Namen knjige je, da nudi temeljit in razumljiv pregled moderne elektrokemije. Medtem ko se nemška izdaja zavedno omeji na jasno podajanje teoretičnih osnov in nakazovanje še nerešenih problemov, dodaja angleška izdaja še eksperimentalne metode, tabele in računske primere. Zato se razširi od prvotnih 500 na 860 strani, tako da razpade na dva dela s skupaj 14 poglavji.

Prva tri poglavja podajajo osnovne zakone, osnove kemijske termodinamike in solvatacijo ionov na skupno 140 straneh. Nadaljnja tri obravnavajo šibke in jake elektrolite, teorijo privlaka med ioni in rezultate ter možnost uporabe merjenja prevodnosti v obsegu 90 strani. Na naslednjih 125 straneh sledijo poglavja o elektromotorskih silah, o praktični uporabi potenciometričnih merjenj in o ravnotežjih v raztopinah šibkih elektrolitov. S tem je prvi del zaključen.

V primeri s prvo nemško izdajo je nekoliko razširjeno prvo poglavje, ki je bilo preskopo. Predelano, po dolžini pa enako, je preobsežno poglavje o kemijski termodinamiki. Kako je uspela predelava elektrodnih procesov in kakšna so nova poglavja, bo pokazal drugi del, ko bo izšel. Takrat bo mogoče tudi oceniti celotno delo.

D. Leskovšek
(Inštitut za fizikalno kemijo, TVŠ, Ljubljana)

* * *

Ostale knjige, ki jih je prejelo uredništvo, so naštete na ovitku. Ocene bomo prinesli v prihodnjih številkah.

RAZGOVORI Z BRALCI

Tov. J. V. vpraša: Kaj je milicurie? — Curie (C) je enota, s katero povemo aktivnost radioaktivnih preparatov. Po sedanji definiciji ima preparat aktivnost 1 C, če razpade v njem $3{,}7.10^{10}$ jeder na sekundo. Manjši enoti sta milicurie (mC) = 10^{-3} C in mikrocurie (μC) = 10^{-6} C. Aktivnost 1 grama radija je skoraj natančno 1 curie, ker so to enoto prvotno definirali z radijem. — Pred nekaj leti so predlagali racionalno enoto rutherford (rd) = 10^6 razpadov na sekundo (1 mC = 37 rd). Ta enota se pa še ni mogla uveljaviti.

Tov. L. K. iz Ljubljane nam piše: »Zdi se mi, da ‚utrinki' niso na mestu, ker povzročajo nepotrebno nejevoljo. Mislim, da taka kritika ni v navadi. Koristno tudi ni, če samo streljaš z visokega vrha in ne poveš, kaj je prav. Če naj ‚utrinek' koristi, je treba dodati pojasnilo in pravilno definicijo.«

Res je, da tak način pri nas ni v navadi. Prizadeti bodo morda včasih nekoliko nejevoljni. Upamo pa, da Obzorniku ne bodo podtikovali slabih želja, saj nima kritika drugega namena, kot da bi bili pisci strokovnih knjig in člankov v bodoče bolj tankovestni. Dodatna pojasnila so večinoma odveč. Na konkretna vprašanja pa bo naš list rade volje odgovarjal. Definirati ni treba vsake stvari. Saj se je že tako preveč razpasla navada, da moraš v šoli vse definirati, včasih še preden kaj razumeš.

Očitek »visokega vrha« zadeva naš list po krivem, ker se nikakor ne postavlja na takšno stališče. Nasprotno, uredništvo si želi kritike svojega dela in list bo kritiko sam priobčeval.

Kakšna je lahko kritika v strokovni reviji, naj pokaže primer, ki smo ga vzeli iz Transactions of the Faraday Society *38*, 120 (1942). Pravijo, da kritik ni nihče drugi kot E. A. Guggenheim, profesor za kemijo na univerzi v Readingu.

Textbook of Physical Chemistry. Napisal Samuel Glasstone.
(Založba Macmillan, 1940. Strani 1289, cena 42 s.)

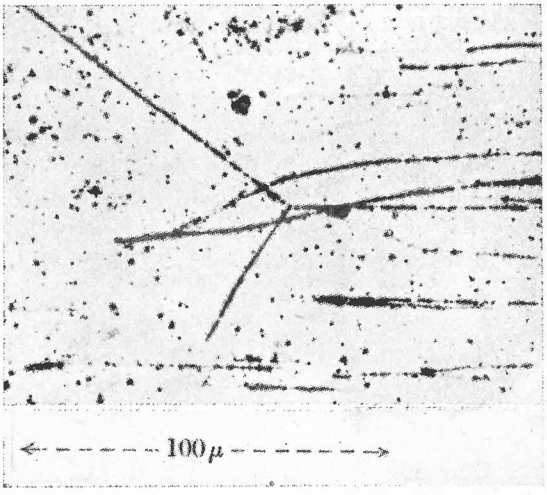
V nekem mestu je živel mož, ki je bil tam za občinskega svetovalca in ki je večkrat imel velike domisleke. Nekoč si je zaželel, da bi imel sliko vsega mesta z vsemi hišami, kar jih je bilo. V mestu je stalo veliko krasnih modernih stavb, pa tudi nekaj starinskih palač. Dosti dobrih slik je že razkazovalo lepoto mesta. Toda mož ni bil zadovoljen z njimi. Zahteval je, da mora biti vse mesto na enem samem platnu. Vse hiše, velike in male, stare in nove, lepe in grde, vse naj bi prišle na sliko. Začudo ni našel niti enega slikarja, ki bi prevzel tako delo.

Nekoč pa se je zgodilo, da ga je slučajno obiskal potujoč umetnik, ki se je ustavil v mestu. Svetovalec mu je potožil svoje težave in slikar je obljubil, da napravi sliko. Vzel je zelo velik kos platna in garal in slikal vse te hiše celi dve leti, vsak dan in še ob nedeljah. Naposled je bilo delo končano, in res: kakor je bil obljubil; vse hiše, velike in male, stare in nove, lepe in grde, pomembne in nepomembne, so bile na platnu. Toda žal mesta iz slike ni bilo mogoče spoznati, ker je slikar popolnoma pozabil na perspektivo.

Mesto se je imenovalo Fizikalna kemija, slikar pa Samuel Glasstone.

E. A. G.

VPRAŠANJA

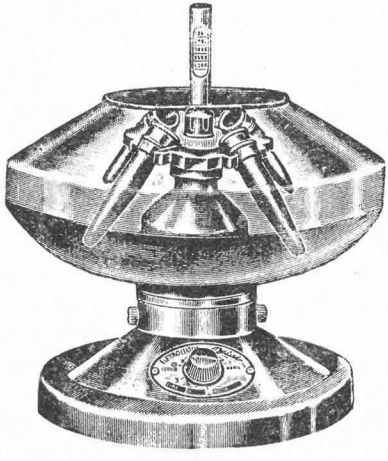


7. Trk protona s protonom

V sliki vidimo sled protona, ki je letel z desne strani in je z energijo 6,4 MeV trčil ob drug proton. Sledi obeh protonov po trku sta pravokotni druga na drugi. Izmeri, koliko energije ima vsak proton po trku? Katero sled je napravil vpadli proton? Ali je kaj posebnega v tem, da sta sledi pravokotni druga na drugi?

8. Merilnik frekvence pri centrifugi

Centrifuga ima za merjenje frekvence na vrhnjem koncu gredi zgoraj zaprto cevko, v kateri je nekaj tekočine. Kadar se centrifuga vrti, zavzame gladina tekočine obliko paraboloida. Ob stenah cevke zleze tekočina navzgor, teme paraboloida pa se pogrezne. Čim hitreje se vrti centrifuga, tem više zleze tekočina ob stenah in tem niže stoji v sredini cevke. Če pogledamo, do kam se je pogreznilo teme paraboloida, lahko na primerni skali preberemo frekvenco.



Kakšna je skala za frekvenco? — Ali je linearna? Izračunaj in nariši jo za primer, ko ima cevka notranji premer 1 cm in je nad tekočino 2 cm zraka. Kje na skali so črtice za 1000, 2000, 3000 in 4000 vrtljajev na minuto?

Odgovore na vprašanja iz prejšnje številke bomo objavili prihodnjič.

* * *

Praviloma lahko rečemo, da učitelj svoj predmet, ki ga predava, obvlada. Ne moremo pa reči, da ga zna napraviti zanimivega. V tem je na splošno vzrok vsega zla. Če razširja učitelj okrog sebe vzdušje dolgočasja, se v tem vzdušju zadušijo vsi uspehi. Znati učiti pomeni poučevati zanimivo in tudi abstraktno snov tako razlagati, da pritegneš pozornost učenca in da ne popusti njegova radovednost.

Albert Einstein

Sodelavcem!

Dodatno k navodilom v prvih dveh številkah objavljamo še nekaj napotkov in prosimo sodelavce, da jih upoštevajo.

Risbe naj bodo izdelane za dvakratno pomanjšavo (s tušem na bel papir!). V originalni risbi naj bodo pomožne črte vsaj 0,3 mm debele (——), torej v tisku 0,15 mm (——), glavne črte pa 0,6 do 0,8 mm debele (———), torej v tisku 0,3 do 0,4 mm (———). Črte, ki predstavljajo žice ali podobno, so lahko še debelejše. Črke naj bodo v originalu 4 mm visoke (2 mm v tisku), torej takole:

A, B, C, . . . a, b, c, . . .

V uredništvu bodo na razpolago tiskane pole s takšnimi črkami, ki se izrežejo in nalepijo na risbe.

V rokopisu je treba zaznamovati, če je kje zaželen poseben tisk. Kar naj se tiska **mastno**, je treba v rokopisu podčrtati z navadno črto. Kar naj se tiska *kurzivno* (poševno), naj se *podčrta z valovito črto*. R a z p r t i t i s k pa se v rokopisu zaznamuje s č r t k a n i m p o d č r t a v a n j e m.

Imena avtorjev se v tekstu lahko stavijo razprto ali pa kar navadno. Strokovni terminusi naj se stavijo kurzivno, kadar se prvikrat vpeljejo (pozneje pa navadno). Kurzivno se tiskajo znamenja za fizikalne količine in črkovna matematična znamenja, torej n. pr. hitrost v, prostornina V, koordinate x, y, z, število e. Dobro je, če se to že v rokopisu zaznamuje, torej takole: v, V, x, y, z, e. Funkcijska znamenja za trigonometrične in ciklometrične funkcije ter logaritem se stavijo pokonci, n. pr. sin x (v rokopisu sin x). Znamenja za enote za fizikalne količine se stavijo pokonci, torej: m, kg, s, V, A. Grške črke so le ene vrste in jih zato ni treba diferencirati. Številke so vselej pokončne (0, 1, 2, . . .). Pri citatih iz revij se številke letnikov tiskajo mastno. Simboli za kemijske elemente se stavijo pokončno.

Pred kratkim je izšlo v založbi »Naučna knjiga« v Beogradu:

Prvi kongres matematičara i fizičara FNRJ

Bled, 8. do 12. XI. 1949

I. knjiga: Referati i diskusije

Vsebina: govori R. Čolakovića, J. Plemlja ter P. Savića; referata o pouku metematike, fizike in astronomije na srednjih in visokih šolah; referat o borbi proti formalizmu in o borbi za idejnost pouka; diskusija; resolucije. Obseg: 212 strani.

(II. knjiga, Saopštenja i obaveštenja, je v tisku)

Vabimo naše bralce, ravnateljstva šol, predvsem pa člane našega društva, da naroče to knjigo. I. knjiga stane samo 120 din. Dobite jo pri Državni založbi Slovenije v Ljubljani v poslovalnici št. 3 v Čopovi ulici, po naročilu pa tudi v poslovalnicah v drugih krajih. Lahko jo naročite tudi po povzetju (stroški do 25 din) ali tako, da nakažete Državni založbi znesek 140 din na ček. rač. 604-67 174-0. Na hrbtni strani položnice označite ime knjige in vaš natančni naslov.

Prejeli smo

Morette, Payen: Particules élémentaires. Actualités scientifiques, No. 1131. Hermann & Cie., Paris 1951.

Bourbaki: Les structures fondamentales de l'Analyse. Actualités Scientifiques No. 1132. Hermann & Cie., Paris 1951.

S. Lupasco: Le principe d'Antagonisme et la logique de l'énergie. Actualités scientifiques, No. 1133. Hermann & Cie., Paris 1951.

Congrés international de philosophie des sciences, Paris 1949. Actualités scientifiques No. 1137. Hermann & Cie., Paris 1951.

Pieron: Les problèmes fondamentaux de la psychophysique dans la science actuelle. Actualités scientifiques No. 1136. Hermann & Cie., Paris 1951.

A. Balachowsky: Les Conchenilles. Actualités scientifiques No. 1127. Hermann & Cie., Paris 1951.

Vie et Mileu, bulletin du laboratoire Arago, Université de Paris.

F. Gallais: Chimie minérale théorique et expérimentale (Chimie électronique). Masson et Cie., Paris 1950.

Y. Rocard: Electricité. Masson et Cie, Paris 1950.

O. Costa de Beauregard: La théorie de la relativité restreinte. Masson et Cie., Paris 1949.

Lichnerowicz: Algèbre et analyse linéaires. Masson et Cie., Paris 1950.

Valiron: Cours d' Analyse mathématique. I. Theorie des fonctions, II. Equations fonctionelles. Masson et Cie., Paris 1950.

Ocene teh knjig bomo objavili v prihodnjih številkah.

Uredništvo je prejelo v zameno

Elektrotehniški vestnik, Ljubljana, XIX. letnik, št. 4—5.

Zdravstveni vestnik, Ljubljana, XX. letnik, št. 7—8.

Finančni zbornik, Ljubljana, VII. letnik, št. 21—29.

Nauka i priroda, Beograd, letnik IV, št. 6—7.

Vesnik Društva matematičara i fizičara N. R. Srbije, Beograd, letnik I, št. 1—4, letnik II, št. 3—4.

Phywe Nachrichten, Göttingen, letnik A XV, št. 5—6.

The Welch Physics Digest, Chicago, letnik I, št. 2, 3.

Iz uredništva in uprave

Zaradi napake, ki se je pripetila pri razpošiljanju lista, nekateri naši naročniki niso prejeli druge številke. Prosimo jih, da nam to oproste in da številko čimprej reklamirajo. V bodoče bodo list redno prejemali. — Vse dopise, reklamacije in naročila pošiljajte na naslov:

Obzornik za matematiko in fiziko, Ljubljana, poštni pregal 253