IZDAJA DRUŠTVO MATEMATIKOV, FIZIKOV IN ASTRONOMOV SR SLOVENIJE

OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

1970
Letnik 17
1

OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

Tehnični in odgovorni urednik

Kvaternik Franc, gimnazija Poljane, Ljubljana

Uredniški odbor

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

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

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

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

O PRESKUŠANJU STATISTIČNIH HIPOTEZ

RAJKO JAMNIK

519.2

Sestavek je oris osnovnih idej Neyman-Pearsonove teorije testiranja hipotez. Omejuje se na parametrične hipoteze. Najprej obdelamo najmočnejši test za enostavno hipotezo proti enostavni alternativi in dokažemo, da tak test zmeraj obstaja. Na primeru pokažemo enakomerno najmočnejši test za enostavno hipotezo proti množici alternativ in dokažemo, da tak test ne obstaja zmeraj. Obravnavamo tudi randomizirani test in navajamo brez dokaza Neyman-Pearsonov fundamentalni lema.

ON TESTING OF STATISTICAL HYPOTHESES

This paper is a survey of basic ideal of the Neyman-Pearson theory of the hypotheses testing. We restrict ourselves to parametric hypotheses. First we discuss the most powerful test for a simple hypothesis against a simple alternative. We prove that such a test always exists. We show by an example the existence of uniformly most powerful tests for a simple hypothesis against a set of alternatives and prove that such a test does not always exist. We discuss also the randomized test and we state without proof the Neyman-Pearson fundamental lemma.

Med poglavitne probleme matematične statistike spada preskušanje hipotez. Delni rezultati s tega področja so znani že precej dolgo, splošno teorijo pa sta izdelala pred dobrimi tridesetimi leti Neyman in Pearson. Namen tega sestavka je očrtati osnovne ideje te teorije.

Denimo, da se ukvarjamo s slučajno spremenljivko X, katere narava nam ni znana, vsaj ne popolnoma. To pomeni predvsem, da ne poznamo natanko porazdelitvene funkcije te slučajne spremenljivke

$$F(x) = P(X < x) \qquad x \in R \tag{1}$$

(Tu in v vsem sestavku bo znak $P(A)$ pomenil verjetnost dogodka A in R množico vseh realnih števil.) Da bi kar najbolj natanko ugotovili, kakšna bi utegnila biti funkcija $F(x)$, je treba spremenljivko X čim večkrat realizirati, to se pravi, z njo je treba narediti neko končno število poskusov, recimo, da jih je n. Kako velik n izberemo, je odvisno od okoliščin, predvsem od stroškov s poskusi in od informacije, ki jo želimo s poskusi dobiti. Za obravnavo je najpreprosteje, če so poskusi med seboj enaki in neodvisni, in to bomo v tem sestavku tudi privzeli.

Recimo, da smo v danih n poskusih s slučajno spremenljivko X dobili rezultate $x_1, x_2, \ldots, x_n$. Lahko jih imamo za vrednosti slučajnih spremenljivk $X_1, X_2, \ldots, X_n$, ki so med seboj neodvisne in vse porazdeljene tako kot slučajna spremenljivka X, se pravi po zakonu (1). Lahko tudi vzamemo, da je dobljena n-terica $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ realizacija slučajnega vektorja

$$(X_1, X_2, \ldots, X_n) \tag{2}$$

ki ima porazdelitveno funkcijo

$$F(x_1, x_2, \ldots, x_n) = F(x_1)\, F(x_2) \ldots F(x_n) \tag{3}$$

Pri tem je $F(x_k) = P(X < x_k)$ za vsak k od 1 do n. Slučajni vektor (2) se imenuje *enostaven slučajen vzorec*. Tu bomo imeli opraviti samo s takimi vzorci, zato jih bomo imenovali kar vzorce. Vrednost vzorca (2) je element neke množice W v n-razsežnem prostoru n-teric R_n. Množico W bomo imenovali *prostor vzorcev*. Seveda se lahko primeri, da je $W = R_n$.

Dobljeni vzorec je torej informacija, iz katere bomo sklepali, kakšna bi utegnila biti porazdelitvena funkcija $F(x)$. Vsaka domneva o neznani porazdelitveni funkciji se imenuje *statistična hipoteza*. Statistična hipoteza se lahko nanaša na tip porazdelitvene funkcije. Domnevamo na primer, da je neznana porazdelitev normalna ali Poissonova ali binomska ali kaj podobnega. Te vrste hipoteze imenujemo *neparametrične*. Mogoče pa je tudi, da tip porazdelitvenega zakona ni dvomljiv, pač pa so neznani njegovi parametri, in o teh obstaja določena domneva. Hipoteze, ki se tičejo le neznanih parametrov pri znanem tipu porazdelitve, so *parametrične*. Tako je npr. hipoteza, da ima dana normalna porazdelitev matematično upanje 0, parametrična. Razumljivo je, da je obravnavanje parametričnih hipotez preprostejše, saj imamo pri njih o neznani porazdelitvi veliko informacije že vnaprej, ne šele iz vzorca. Zato je teorija preskušanja hipotez za parametrične hipoteze bolj izdelana kot za neparametrične. Tu se bomo ukvarjali samo s parametričnimi hipotezami.

Vzemimo, da je porazdelitvena funkcija slučajne spremenljivke X odvisna od parametrov $q_1, q_2, \ldots, q_m$:

$$P(X < x) = F(x; q_1, q_2, \ldots, q_m)$$

m-terico $(q_1, q_2, \ldots, q_m)$ bomo na kratko zaznamovali s q in pisali v prihodnje namesto $F(x; q_1, q_2, \ldots, q_m)$ kar $F(x, q)$. Količina q je v splošnem element neke podmnožice Ω prostora R_m. Seveda je mogoče, da je $\Omega = R_m$. Množici Ω pravimo *prostor parametrov*. Tako je npr. pri normalni porazdelitvi z gostoto

$$p(x) = p(x; a, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-a}{\sigma}\right)^2}$$

$\Omega = R \times (0, \infty)$, za Poissonovo porazdelitev z verjetnostno funkcijo

$$p_k = p_k(\lambda) = P(X = k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots)$$

je $\Omega = (0, \infty)$, za binomsko porazdelitev

$$p_k = p_k(n, p) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k} \qquad (k = 0, 1, \ldots, n)$$

pa $\Omega = N \times (0, 1)$; pri tem je N množica vseh naravnih števil.

Naj bo ω poljubna podmnožica prostora parametrov Ω. Domneva, da je $q \in \omega$, je potem parametrična hipoteza, in očitno ima vsaka parametrična hipoteza tako obliko. Zaznamovali jo bomo s $H(q \in \omega)$.

Glede na to, kakšna je množica ω, ločimo dve vrsti hipotez: če ima ω en sam element, je hipoteza $H(q \in \omega)$ *enostavna*, če pa je množica ω bogatejša, je $H(q \in \omega)$ *sestavljena hipoteza*. Na primer: hipoteza, da je pri Poissonovi porazdelitvi $\lambda = 1$, je enostavna, hipoteza, da je pri normalni porazdelitvi $a = 0$, pa je sestavljena, saj dopušča za σ še vse pozitivne vrednosti.

Navadno je pri danem problemu mogočih o q več hipotez in so te med seboj paroma nezdružljive. Vse hipoteze, ki pridejo v poštev, so *dopustne*.

Hipoteza, ki jo v taki situaciji dejansko želimo preskusiti, je *ničelna hipoteza,* druge dopustne hipoteze pa so *alternativne.* Ničelno hipotezo navadno zaznamujemo s H_0.

Naj bo dana ničelna hipoteza $H_0\,(q \in \omega)$ in neka množica alternativnih hipotez. *Preskus* ali *test* hipoteze H_0 je vsako pravilo, po katerem je mogoče hipotezo H_0 ali sprejeti ali zavrniti. Seveda mora biti pravilo táko, da izkoristi informacijo iz dobljenega vzorca. Kako bi upoštevali to zahtevo? Naj bo U zaloga vrednosti slučajne spremenljivke X, množice $U_1, U_2, \ldots, U_n$ identične z U in potemtakem

$$W = U_1 \times U_2 \times \ldots \times U_n$$

prostor vzorcev. Testno pravilo, ki upošteva pri preskusu hipoteze H_0 vrednost $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ vzorca, bo potem táko: Vnaprej si izberemo neko podmnožico w prostora W in se odločimo, da bomo hipotezo H_0 zavrnili, če bo

$$(x_1, x_2, \ldots, x_n) \in w$$

in jo sprejeli, kadar bo

$$(x_1, x_2, \ldots, x_n) \in W - w$$

Množico w imenujemo *kritično območje* testa. Ker je test natanko določen s svojim kritičnim območjem w, včasih rečemo na kratko kar test w.

Testno pravilo bi bilo idealno, ko bi bilo kritično območje w táko, da bi bila vrednost $(x_1, x_2, \ldots, x_n) \in W - w$ natanko takrat, kadar je dana hipoteza $H_0\,(q \in \omega)$ pravilna. Toda pri slučajni spremenljivki ne moremo pričakovati, da bo zmeraj tako. Prav lahko se primeri, da je $(x_1, x_2, \ldots, x_n) \in w$, čeprav je H_0 pravilna, in prav tako ni nemogoče, da je $(x_1, x_2, \ldots, x_n) \in W - w$, četudi je H_0 napačna. V prvem primeru, ko zavrnemo pravilno hipotezo, pravimo, da naredimo *napako prve vrste.* Kadar pa sprejmemo napačno hipotezo, zagrešimo *napako druge vrste.* Verjetnost za napako prve vrste bomo označili z α, verjetnost za napako druge vrste pa z β. Količino α imenujemo tudi *stopnjo značilnosti* danega testa. Če testiramo enostavno hipotezo $H_0\,(q = q_0)$ proti eni sami enostavni alternativi $H_1\,(q = q_1)$, je

$$\alpha = P\,((x_1, x_2, \ldots, x_n) \in w/q_0)$$

$$\beta = P\,((x_1, x_2, \ldots, x_n) \in W - w/q_1)$$

Naj bo Ω prostor parametrov, $q_0 \in \Omega$ in $H_0\,(q = q_0)$ ničelna hipoteza. Za vsak $q \in \Omega$ naj obstaja verjetnost $P\,((x_1, x_2, \ldots, x_n) \in w/q)$, da bomo zavrnili ničelno hipotezo. Ta verjetnost je očitno funkcija parametra q. Imenujemo jo *moč testa* proti alternativi q in jo zaznamujemo z $M\,(w, q)$:

$$M\,(w, q) = P\,((x_1, x_2, \ldots, x_n) \in w/q)$$

Z močjo testa je v tesni zvezi njegova *operativna karakteristika*

$$L\,(w, q) = 1 - M\,(w, q)$$

Kot smo že rekli, bi bil test w idealen, ko bi bila

$$M\,(w, q_0) = 0$$

in pri $q \neq q_0$

$$M\,(w, q) = 1$$

Toda takega testa ni. Zato je poglavitni problem pri preskušanju hipotez, kako najti kritično območje w, za katerega je $M(w, q_0) = \alpha$ zadosti blizu 0, pri $q \neq q_0$ pa $M(w, q)$ kar se da blizu 1.

Vzemimo najprej najpreprostejši testni problem, ko je $\Omega = \{ q_0, q_1 \}$ in preskušamo hipotezo $H_0 (q = q_0)$. Tu gre torej za preskus enostavne hipoteze H_0 proti eni sami, tudi enostavni alternativi $H_1 (q = q_1)$. Na kratko bomo ta testni problem zaznamovali s $H(q_0 : q_1)$. Predpišimo poljuben α med 0 in 1 in naj bo w tako kritično območje, da je

$$M(w, q_0) \leqq \alpha$$

moč $M(w, q_1)$ pa vsaj tako velika kot za katero koli drugo kritično območje w'. Če tak test obstaja, ga imenujemo *najmočnejši test* pri dani stopnji značilnosti α. Dokažimo

IZREK 1. *Če je slučajna spremenljivka X zvezno porazdeljena z gostoto $p(x, q)$ in je $\Omega = \{ q_0, q_1 \}$, obstaja za testni problem $H(q_0 : q_1)$ najmočnejši test pri vsaki stopnji značilnosti α med 0 in 1.*

Dokaz. Naj bo $Z = (X_1, X_2, \ldots, X_n)$ slučajen vzorec za slučajno spremenljivko X, $z = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$ njegova realizacija in $p(z, q_0)$ gostota verjetnosti za Z pri ničelni hipotezi, $p(z, q_1)$ pa gostota Z, ko velja alternativna hipoteza. Izberimo si poljuben pozitiven c in naj bo

$$w_c = \{z : p(z, q_1) \geqq cp(z, q_0)\}$$

Vpeljimo funkcijo

$$\psi(c) = P(Z \in w_c / q_0)$$

Vrednost te funkcije pri danem c je torej pogojna verjetnost dogodka, da bo slučajno izbran Z v w_c, če je hipoteza H_0 pravilna. Ker

$$0 < c_1 < c_2 \Rightarrow w_{c_1} \supset w_{c_2}$$

velja implikacija

$$0 < c_1 < c_2 \Rightarrow \psi(c_1) \geqq \psi(c_2)$$

Funkcija $\psi(c)$ torej monotono pada. Poleg tega je

$$\psi(0) = 1$$

saj je $\psi(0) = P(p(z, q_1) \geqq 0)$. Funkcija $\psi(c)$ ima še tole lastnost: za vsak pozitiven c je

$$0 \leqq \psi(c) \leqq \frac{1}{c}$$

To sledi iz očitnih relacij

$$1 = \int_W p(z, q_1)\, dz \geqq \int_{w_c} p(z, q_1)\, dz \geqq c \int_{w_c} p(z, q_0)\, dz = c\,\psi(c) \geqq 0$$

Potemtakem je $\psi(c)$ monotona in omejena funkcija.

Vzemimo, da obstaja za dan α tako število c_0, da je

$$\psi(c_0) = \alpha$$

Zaznamujmo $w_{c_0} = w_0$ in pokažimo, da je test s kritičnim območjem w_0 za testni problem $H(q_0 : q_1)$ pri predpisani stopnji značilnosti α najmočnejši. S tem namenom dopustimo, da obstaja še kritično območje $w' \neq w_0$, za katero je tudi

$$M(w', q_0) = \alpha = M(w_0, q_0)$$

in se prepričajmo, da je

$$M(w', q_1) \leqq M(w_0, q_1) \tag{4}$$

Upoštevajmo v relaciji

$$P(Z \in w_0/q_1) - P(Z \in w_0 \cap w'/q_1) = \int_{w_0} p(z, q_1)\, dz - \int_{w_0 \cap w'} p(z, q_1)\, dz$$

da velja na w_0 ocena $p(z, q_1) \geqq c_0\, p(z, q_0)$:

$$P(Z \in w_0/q_1) - P(Z \in w_0 \cap w'/q_1) \geqq$$

$$\geqq c_0 \left(\int_{w_0} p(z, q_0)\, dz - \int_{w_0 \cap w'} p(z, q_0)\, dz\right) =$$

$$= c_0 \left(P(Z \in w_0/q_0) - P(Z \in w_0 \cap w'/q_0)\right) \tag{5}$$

Zunaj množice w_0 pa je $c_0\, p(z, q_0) > p(z, q_1)$. Torej je

$$c_0 \left(P(Z \in w'/q_0) - P(Z \in w_0 \cap w'/q_0)\right) =$$

$$= c_0 \int_{w'} p(z, q_0)\, dz - c_0 \int_{w_0 \cap w'} p(z, q_0)\, dz \geqq$$

$$\geqq \int_{w'} p(z, q_1)\, dz - \int_{w_0 \cap w'} p(z, q_1)\, dz =$$

$$= P(Z \in w'/q_1) - P(Z \in w_0 \cap w'/q_1) \tag{6}$$

Združimo (5) in (6):

$$P(Z \in w_0/q_1) - P(Z \in w_0 \cap w'/q_1) \geqq P(Z \in w'/q_1) - P(Z \in w_0 \cap w'/q_1)$$

Torej je res

$$P(Z \in w_0/q_1) \geqq P(Z \in w'/q_1)$$

in ocena (4) je potrjena.

Če gostota $p(z, q_0)$ ni zvezna funkcija, se lahko zgodi, da enačba $\psi(c) = \alpha$ pri kakšnem α nima rešitve. Gotovo pa tedaj obstaja tako število c^*, da je

$$\psi(c^* - 0) \geqq \alpha \qquad \text{in} \qquad \psi(c^* + 0) \leqq \alpha$$

Naj bo

$$M = \{z : p(z, q_1) = c^*\, p(z, q_0)\}$$

Potem je

$$\psi(c^* - 0) - \psi(c^* + 0) = P(Z \in M/q_0) = \int_M p(q_0)\, dz > 0$$

in lahko najdemo tako množico $B \subset M$, da velja za kritično območje

$$w_0 = w_{c^*-0} - B$$

relacija

$$M(w_0, q_0) = \alpha$$

Natanko tako, kot smo pokazali, da je test s kritičnim območjem w_{c_0}, kjer je c_0 rešitev enačbe $\psi(c) = \alpha$, najmočnejši za $H(q_0 : q_1)$ pri danem α, se lahko prepričamo, da je test s kritičnim območjem w_0 najmočnejši za ta problem v primeru, ko enačba $\psi(c) = \alpha$ nima rešitve. Izrek 1 je tako dokazan.

Dokaz izreka 1 ne samo potrjuje eksistenco najmočnejšega testa v dani situaciji, temveč hkrati kaže, kako se tak test konstruira. Pokažimo to metodo na primeru. Za enakomerno porazdelitev

$$p(x, a) = \begin{cases} a^{-1} & 0 \leqq x \leqq a \\ \\ 0 & \text{drugod} \end{cases}$$

naj bo dan slučajen vzorec $Z = (X_1, X_2)$ in testni problem $H(2:1)$, to se pravi, testirati hočemo ničelno hipotezo $H_0\,(a = 2)$ proti alternativi $H_1\,(a = 1)$. Konstruirajmo za ta problem najmočnejši test pri stopnji značilnosti $\frac{1}{8}$.

V danem primeru je prostor vzorcev

$$W = \{(x_1, x_2) : 0 \leqq x_1 \leqq 2,\ 0 \leqq x_2 \leqq 2\}$$

Vpeljimo še oznako

$$D = \{(x_1, x_2) : 0 \leqq x_1 \leqq 1,\ 0 \leqq x_2 \leqq 1\}$$

Za poljuben $z = (x_1, x_2)$ je

$$\frac{p(z, q_1)}{p(z, q_0)} = \frac{p(z, 1)}{p(z, 2)} = \begin{cases} 0 & z \in W - D \\ 4 & z \in D \end{cases}$$

tako da je

$$w_c = \{z : p(z, 1) \geqq c\, p(z, 2)\} = \begin{cases} W & c = 0 \\ D & 0 < c \leqq 4 \\ \emptyset & c > 4 \end{cases}$$

in

$$\psi(c) = P(Z \in w_c/2) = \begin{cases} 1 & c = 0 \\ \frac{1}{4} & 0 < c \leqq 4 \\ 0 & c > 4 \end{cases}$$

Kot vidimo, enačba $\psi(c) = \frac{1}{8}$ tu nima rešitve. Pač pa je za $c^* = 4$

$$\psi(c^* - 0) = \tfrac{1}{4} > \tfrac{1}{8} \qquad \psi(c^* + 0) = 0 < \tfrac{1}{8}$$

$$w_{c^*-0} = \bigcap_{c < c^*} w_c = D$$

in zato

$$\psi(c^* - 0) - \psi(c^* + 0) = P(Z \in D/2) = \tfrac{1}{4}$$

Naj bo

$$B = \{(x_1, x_2) : \tfrac{1}{2} \leqq x_1 \leqq 1,\ 0 \leqq x_2 \leqq 1\}$$

in vzemimo kritično območje

$$w_0 = w_{c^*-0} - B = D - B$$

Za test s tem kritičnim območjem je $M(w_0, 2) = \frac{1}{8}$, moč $M(w_0, 1)$ pa je vsaj tako velika kot pri katerem koli drugem kritičnem območju w. Tako je naloga rešena. Seveda rešitev ni edina, namesto izbranega B bi lahko vzeli katero koli podmnožico $B^* \subset D$ z Lebesguovo mero $\frac{1}{2}$.

Testni problem $H(q_0 : q_1)$ je praktično malo pomemben, saj je navadno treba izbirati med več kot dvema vrednostma parametra. Dovolimo torej, da je Ω množica z več kot dvema točkama, vzemimo $q_0 \in \Omega$ in si zastavimo testni problem $H(q_0 : \Omega - \{q_0\})$. Tu bomo torej preskušali ničelno hipotezo

$H_0\,(q = q_0)$ proti množici alternativ $H_1\,(q = q_1)$, $q_1 \in \Omega - \{ q_0 \}$. Če obstaja test w, za katerega je pri danem α

$$M\,(w, q_0) = \alpha$$

in je pri vsakem $q_1 \in \Omega - \{ q_0 \}$ moč $M\,(w, q_1)$ vsaj tako velika kot moč $M\,(w', q_1)$ pri katerem koli drugem testu w', pravimo, da je za dani testni problem test w *enakomerno najmočnejši* pri predpisani stopnji značilnosti α.

Oglejmo si enakomerno najmočnejši test na primeru. Naj bo slučajna spremenljivka X porazdeljena normalno z matematičnim upanjem m in disperzijo 1, se pravi z gostoto

$$p\,(x) = \frac{1}{\sqrt{2\,\pi}}\, e^{-\frac{1}{2}\,(x-m)^2}$$

O parametru m ni znano drugega, kot da je $m \geqq m_0$, pri tem pa m_0 poljubno fiksirano realno število. Naj bo ničelna hipoteza $H_0\,(m = m_0)$ in $H_1\,(m = m_1)$ katera koli od dopustnih alternativ, torej m_1 kakršno koli realno število, večje od m_0. Konstruirajmo najmočnejši test za problem $H\,(m_0 : m_1)$ po metodi, ki smo jo uporabili v dokazu izreka 1. V danem položaju je za vsak $z = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$

$$p\,(z, m_1) = (2\,\pi)^{-n/2}\, e^{-\frac{1}{2}\,((x_1-m_1)^2+\ldots+(x_n-m_1)^2)}$$

$$p\,(z, m_0) = (2\,\pi)^{-n/2}\, e^{-\frac{1}{2}\,((x_1-m_0)^2+\ldots+(x_n-m_0)^2)}$$

tako da je pri vsakem pozitivnem c

$$w_c = \left\{ z: \frac{e^{-\frac{1}{2}\,((x_1-m_1)^2+\ldots+(x_n-m_1)^2)}}{e^{-\frac{1}{2}\,((x_1-m_0)^2+\ldots+(x_n-m_0)^2)}} \geqq c \right\} =$$

$$= \left\{ z: \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} (x_i - m_0)^2 - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} (x_i - m_1)^2 \geqq \ln c \right\} =$$

$$= \left\{ z: (m_1 - m_0) \sum_{i=1}^{n} x_i + \frac{n}{2}\,(m_0^2 - m_1^2) \geqq \ln c \right\} =$$

$$= \left\{ z: \sum_{i=1}^{n} x_i \geqq \frac{\ln c - n\,(m_0^2 - m_1^2)/2}{m_1 - m_0} \right\}$$

Zaznamujmo

$$\frac{\ln c - n\,(m_0^2 - m_1^2)/2}{m_1 - m_0} = c'$$

Potem je mogoče zapisati neenačbo

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \geqq c'$$

v obliki

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (x_i - m_0) \geqq \frac{c' - n m_0}{n} = c''$$

Po izreku 1 je test s kritičnim območjem w_c najmočnejši za problem $H\,(m_0 : m_1)$, če je c rešitev enačbe

$$P\,(Z \in w_c / m_0) = \alpha$$

Seveda je c natanko določen s c'' in obratno. Torej bo test s kritičnim območjem w' najmočnejši za problem $H\,(m_0 : m_1)$, če bo

$$w' = \left\{(x_1, \ldots, x_n) : \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - m_0) \geqq c'' \quad \text{in} \quad P\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - m_0)/m_0\right) = \alpha\right\}$$

Tak c'', da ustreza drugi zahtevi, je lahko dobiti: če je $m = m_0$, je v danih razmerah količina

$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - m_0)$$

porazdeljena normalno z matematičnim upanjem 0 in disperzijo $\frac{1}{n}$. Če je torej d rešitev enačbe

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{d}^{\infty} e^{-\frac{1}{2}x^2}\,dx = \alpha$$

(najdemo jo v tabelah), je $c'' = d/\sqrt{n}$ in najmočnejši test ima kritično območje

$$w = \left\{(x_1, x_2, \ldots, x_n) : \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - m_0) \geqq \frac{d}{\sqrt{n}}\right\}$$

To območje ni odvisno od alternativne vrednosti $m_1 > m_0$, zato je dobljeni test enakomerno najmočnejši za testni problem $H\,(m_0 : \Omega - \{\, m_0 \,\})$, če je $\Omega = \{\, m : m \geqq m_0 \,\}$.

Enakomerno najmočnejši test ne obstaja zmeraj. Navedimo v tej zvezi tale Neymanov

IZREK 2. *Naj bo $H_0\,(q = q_0)$ ničelna hipoteza, $H_1\,(q \in \Omega - \{\, q_0 \,\})$ alternativne hipoteze o slučajni spremenljivki X in Ω taka množica realnih števil, da je razlika $q - q_0$, $q \in \Omega$, lahko pozitivna in negativna. Če ima slučajni vzorec $Z = (X_1, X_2, \ldots, X_n)$ za spremenljivko X zvezno gostoto $p\,(z, q)$ in je tudi parcialni odvod $\partial p\,(z, q)/\partial q$ zvezen in pri nobenem q iz Ω identično enak 0, za testni problem $H\,(q_0 : \Omega - \{\, q_0 \,\})$ ne obstaja enakomerno najmočnejši test.*

Dokaz. Naj bo test s kritičnim območjem w enakomerno najmočnejši na množici $\Omega - \{\, q_0 \,\}$. Za vsak $q \neq q_0$

$$z \in w \Rightarrow p\,(z, q) \geqq c\,(q)\,p\,(z, q_0) \tag{7}$$

Ker je $p\,(z, q)$ zvezna funkcija, je za vsako mejno točko z^* množice w

$$p\,(z^*, q) = c\,(q)\,p\,(z^*, q_0) \tag{8}$$

Od tod, in ker je $p\,(z, q)$ zvezno parcialno odvedljiva na q, sklepamo, da je funkcija $c\,(q)$ zvezno odvedljiva in da je

$$\lim_{q \to q_0} c\,(q) = 1$$

Zaznamujmo $q - q_0 = h$. Obstaja tak $t \in [0, 1]$, da je

$$c\,(q) = 1 + h\,c'\,(q_0 + th) = 1 + \frac{h}{p\,(z^*, q_0)}\,p_q'\,(z^*, q_0 + th) \tag{9}$$

Nadalje je mogoče dobiti tak $r \in [0, 1]$, da je za vsak $z \in w$ in $q \neq q_0$

$$p(z, q) = p(z, q_0) + h\, p_{q'}(z, q_0 + rh) \tag{10}$$

Vstavimo izraza (9) in (10) v (7), pa dobimo za vsak $z \in w$ oceno

$$h\left[p_{q'}(z, q_0 + rh) - \frac{p(z, q_0)}{p(z^*, q_0)}\, p_{q'}(z^*, q_0 + th)\right] \geqq 0 \tag{11}$$

Relacija (11) velja za vsak mejni z^* in za vsak mogoč h, pozitiven in negativen. Ker je poleg tega izraz v oglatem oklepaju v (11) zvezna funkcija q, je za vsak $z \in w$

$$p_{q'}(z, q_0) - \frac{p(z, q_0)}{p(z^*, q_0)}\, p_{q'}(z^*, q_0) = 0 \tag{12}$$

S prav takim premislekom bi ugotovili, da velja (12) tudi za vsak $z \in W - w$, tako da velja (12) na vsem prostoru vzorcev W. Integrirajmo v (10) obe strani po vsem W:

$$\int_W p(z, q)\, dz = \int_W p(z, q_0)\, dz + h \int_W p_{q'}(z, q_0 + rh)\, dz$$

Ker je

$$\int_W p(z, q)\, dz = \int_W p(z, q_0)\, dz = 1$$

je torej pri vsakem mogočem $h \neq 0$

$$h \int_W p_{q'}(z, q_0 + rh)\, dz = 0$$

Delimo s h in naj gre h proti 0:

$$\int_W p_{q'}(z, q_0)\, dz = 0$$

Od tod in iz (12) sledi

$$\int_W \frac{p(z, q_0)}{p(z^*, q_0)}\, p_{q'}(z^*, q_0)\, dz = \frac{p_{q'}(z^*, q_0)}{p(z^*, q_0)} \int_W p(z, q_0)\, dz = \frac{p_{q'}(z^*, q_0)}{p(z^*, q_0)} = 0$$

Če upoštevamo relacijo (12) še enkrat, vidimo, da je za vsak $z \in W$

$$p_{q'}(z, q_0) = 0$$

Ko bi torej obstajal enakomerno najmočnejši test, bi bil parcialni odvod $p_{q'}$ pri $q = q_0$ na množici W identično enak 0, to pa smo v pogojih izreka izključili. Zato enakomerno najmočnejšega testa za dan testni problem ni.

Oglejmo si uporabo izreka 2 na primeru. Slučajna spremenljivka X naj bo porazdeljena normalno z matematičnim upanjem m in disperzijo 1. Pri tem naj bo m kakršno koli realno število, tako da je $\Omega = R$. Za gostoto

$$p(z, m) = (2\pi)^{-n/2}\, e^{-\frac{1}{2}((x_1 - m)^2 + \ldots + (x_n - m)^2)}$$

je parcialni odvod na m

$$p_{m'}(z, m) = p(z, m) \sum_{i=1}^{n} (x_i - m)$$

Ta ni pri nobenem $m \in R$ identično enak 0 na vsem $W = R_n$. Če je torej m_0 katero koli realno število, v dani situaciji za testni problem $H\,(m_0 : R - \{ m_0 \})$ ni enakomerno najmočnejšega testa.

Vse, kar smo povedali o testih doslej, je veljalo le za testne probleme, v kateri se nanašajo hipoteze na zvezno porazdeljeno slučajno spremenljivko X. Če hočemo zajeti tudi diskretne porazdelitve, pa je treba konstrukcijo testa nekoliko spremeniti. Dosedanji način testiranja je bil tak: Izbrali smo kritično območje w in smo hipotezo H_0 zavrnili natanko takrat, kadar je bil dobljeni vzorec $z \in w$. Drugače rečeno, če označimo s $\varphi\,(z)$ verjetnost, da bo hipoteza H_0 pri dobljenem z zavrnjena, potem je pri dosedanjem testiranju

$$\varphi\,(z) = \begin{cases} 0 & z \in W - w \\ 1 & z \in w \end{cases}$$

tako da je funkcija $\varphi\,(z)$ ravno indikator kritičnega območja w. Zdaj pa konstruirajmo test takole: Vsakemu z iz prostora vzorcev W naj bo prirejen slučajen mehanizem, ki bo odločil, ali bomo hipotezo H_0 pri danem z zavrnili ali sprejeli. Če je tudi zdaj $\varphi\,(z)$ verjetnost, da bo H_0 pri danem z zavrnjena, potem ima lahko $\varphi\,(z)$ katero koli vrednost od 0 do 1. Tak test se imenuje *nakljućen* ali *randomiziran test*, $\varphi\,(z)$ pa je njegova *kritična funkcija*. Kritična funkcija je kajpak slučajna spremenljivka, njeno matematično upanje $E\,(\varphi\,(Z)/q)$ je ravno verjetnost, da bo H_0 zavrnjena, ko ima parameter vrednost q. Torej je moč randomiziranega testa proti alternativi $H_1\,(q = q_1)$

$$M\,(\varphi, q_1) = E\,(\varphi\,(Z)/q_1)$$

seveda, če ima test kritično funkcijo φ.

Razlog za to, da je treba pri obravnavi diskretnih porazdelitev upoštevati tudi randomizirane teste, je preprost. Konstrukcija najmočnejšega testa za testni problem $H\,(q_0 : q_1)$ v dokazu izreka 1 je zasnovana na naslednjem preudarku: V kritično območje w je treba vzeti take točke iz prostora vzorcev, da njihova skupna verjetnost za napako prve vrste ni nad predpisanim α, pri tem pa je verjetnost, da bomo pri teh točkah odločili pravilno, kar se da velika. Ker je pri točkah iz w pravilna odločitev zavrnitev napačne hipoteze H_0, so torej v tem pogledu največ »vredne« tiste točke z, pri katerih je kvocient $p\,(z, q_1)/p\,(z, q_0)$ kolikor mogoče velik. Pri diskretnih porazdelitvah pa se lahko zgodi, da je pri določanju kritičnega območja po tem načelu za neki w'

$$P\,(Z \in w'/q_0) < \alpha$$

brž ko w' kakor koli povečamo, čeprav za eno samo točko z_0, pa je za novo območje $w'' = w' \cup \{ z_0 \}$ že

$$P\,(Z \in w''/q_0) > \alpha$$

V takem primeru je seveda ugodno, če lahko štejemo h kritičnemu območju w točko z_0 samo z določeno verjetnostjo $v = \alpha - P\,(Z \in w'/q_0)$. Tu se torej zatečemo k randomiziranemu testu s kritično funkcijo

$$\varphi\,(z) = \begin{cases} 1 & z \in w' \\ v & z = z_0 \\ 0 & \text{drugod} \end{cases}$$

Za ta test pa je že $M\,(\varphi, q_0) = E\,(\varphi\,(Z)/q_0) = \alpha$.

Za randomizirane teste velja tale Neyman-Pearsonov

FUNDAMENTALNI LEMA. *Naj bosta* P_0 *in* P_1 *dve verjetnostni porazdelitvi,* p_0 *in* p_1 *pa njuni gostoti glede na neko mero* μ[1], *se pravi taki funkciji, da je za vsako Borelovo množico* $A \subset R_n$

$$P_i(A) = \int_A p_i(z)\, \mathrm{d}\mu(z) \qquad (i = 0, 1)$$

1. *Za testni problem* $H(p_0 : p_1)$ *obstaja taka kritična funkcija* $\varphi(z)$ *in taka konstanta* k, *da je*

$$E(\varphi(Z)/p_0) = \alpha \tag{13}$$

in

$$\varphi(z) = \begin{cases} 1 & \text{če je } p_1(z) > k\, p_0(z) \\ 0 & \qquad p_1(z) < k\, p_0(z) \end{cases} \tag{14}$$

2. *Če funkcija* $\varphi(z)$ *ustreza relaciji (13) in pri nekem* k *tudi pogoju (14), je test s to kritično funkcijo najmočnejši za problem* $H(p_0 : p_1)$ *pri dani stopnji značilnosti* α.

3. *Če je* $\varphi(z)$ *kritična funkcija najmočnejšega testa za problem* $H(p_0 : p_1)$ *pri dani stopnji značilnosti* α, *obstaja tak* k, *da velja za to funkcijo* $\varphi(z)$ *relacija (14) skoraj povsod glede na mero* μ, *to se pravi,*

$$\mu\{ z : p_1(z) = k\, p_0(z) \} = 0$$

Funkcija $\varphi(z)$ *najmočnejšega testa ustreza tudi relaciji (13), razen če obstaja taka kritična funkcija* $\varphi(z)$, *da je*

$$E(\varphi(Z)/p_0) < \alpha \qquad \text{in} \qquad E(\varphi(Z)/p_1) = 1$$

Za dokaz tega izreka tu ni prostora.[2] Omenimo le, da je izrek 1 samo poseben primer fundamentalnega lema. Tam se porazdelitvi P_0 in P_1 razločujeta samo v vrednosti parametra q, poleg tega pa sta še absolutno zvezni. Nadalje imamo lahko nerandomiziran test s kritičnim območjem w_0 za randomiziran test, ki ima za kritično funkcijo indikator območja w_0. Poudariti moramo še to, da se porazdelitvi P_0 in P_1 v fundamentalnem lemu lahko razločujeta tudi po tipu, ne samo po vrednosti kakšnega parametra. Potemtakem velja fundamentalni lema tudi za testiranje neparametričnih hipotez, seveda samo za preprost in ne zelo aktualen primer, ko gre za testiranje enostavne hipoteze proti eni sami, tudi enostavni alternativi.

---

[1]) Za mero μ lahko vzamemo $\mu = P_1 + P_2$.

[2]) Prim. [2], III. 2.

LITERATURA

[1] Fisz, Probability Theory and Mathematical Statistics, Wiley, New York, 1965.

[2] Lehman, Testing Statistical Hypotheses, Wiley, New York 1959.

[3] Wald, Sequential Analysis, Wiley, New York 1947.

NOVICI

MONOPOLI, KVARKI IN DIONI

Fiziki še vedno vneto iščejo dve vrsti delcev: *magnetne naboje* (*monopole*)[1] in *kvarke*[2]. O obstoju magnetnih nabojev domnevajo na osnovi Maxwellovih enačb. V praznem prostoru so te simetrične proti zamenjavi električnih količin z ustreznimi magnetnimi in magnetnih z ustreznimi električnimi. V prostoru z električnimi naboji pa to ne velja, če ne obstajajo magnetni naboji. Doslej še niso našli magnetnih nabojev, čeprav so jih iskali v vseh mogočih snoveh[1], celo v kamnih z Luninega površja. Za njihov obstoj ne govori noben poskus, če izvzamemo nekaj teoretičnih možnosti, med njimi to, da bi pojasnili nastanek visokoenergijskih fotonskih plazov v kozmičnih žarkih s pojavi, ki spremljajo rojstvo para monopol — antimonopol.[3]

Kvarki naj bi sestavljali mezone in barione in naj bi imeli električni naboj, ki ne bi bil večkratnik osnovnega naboja e_0. Mezon naj bi imel enako število antikvarkov in kvarkov, v barionu pa naj bi bilo število kvarkov za tri večje od števila antikvarkov. Trojica kvarkov z električnimi naboji $\frac{2}{3}\ e_0$, $-\frac{1}{3}\ e_0$, $-\frac{1}{3}\ e_0$ ustreza najpreprostejši reprezentaciji grupe SU (3), ki so jo uspešno uporabili pri klasifikaciji znanih mezonov in barionov in pri napovedi nekaterih lastnosti še neznanih mezonov in barionov.

Tudi obstoja kvarkov doslej niso mogli ugotoviti.[4] Niso jih opazili niti pri reakcijah med nukleoni in protoni s kinetično energijo 70 GeV iz največjega delujočega pospeševalnika v Serpuhovu (v Sovjetski zvezi). Prepričali so se, da je presek za reakcijo, pri kateri naj bi ob trku hitrega protona z nukleonom nastal par kvark-antikvark, manjši kot 4.10^{-13} barn (1 barn = 10^{-24} cm^2), če je mirovalna energija kvarka okoli 5 GeV ali manj.[5] Najnovejša merjenja kažejo, da je ta presek celo manjši kot 3.10^{-15} barn.[6]

Pred kratkim sta sicer C. B. A. McCusker in I. Cairns povzročila nekaj razburjenja, ko sta objavila, da jima je uspelo odkriti kvarke v kozmičnih žarkih.[7] Pri merjenju sta uporabila štiri Wilsonove celice, ki so jih prožili okoli njih stoječi Geiger-Müllerjevi števci in scintilacijski števci, če je presegla energija kozmičnega žarka več milijonov GeV. Med kakimi šestdesettisočimi sledmi sta jih opazila šest, za katere se je zdelo, da so jih zapustili kvarki z nabojem $\frac{2}{3}\ e_0$. Ionizacija zelo hitrega delca, ki jo merijo z gostoto vodnih kapljic v prvotni sledi, je namreč skoraj popolnoma neodvisna od mirovalne mase delca in je sorazmerna s kvadratom njegovega naboja. Pri šestih sledeh se je zdelo, da gre za delce z nabojem $\frac{2}{3}\ e_0$ (teoretično razmerje je $(\frac{2}{3})^2 = 0{,}44$, izmerjeno razmerje glede na gostoto kapljic v sledeh hitrih delcev z nabojem e_0 pa je bilo $0{,}48 \pm 0{,}05$). Kvarke naj bi rodil delec α s kinetično energijo okoli $3{,}6.10^6$ GeV iz kozmičnih žarkov. Če bi zares bili zmožni roditi kvarke le delci s kinetično energijo nad 10^5 GeV v strženu plazov kozmičnih žarkov z zelo veliko energijo, kakor domnevata McCusker in Cairns, bi bila mirovalna masa kvarkov nenavadno velika.

O delu sydneyske skupine je McCusker poročal na 11. mednarodni konferenci o kozmičnih žarkih v Budimpešti na začetku septembra. Vendar je bila velika večina udeležencev konference mnenja, da McCusker in sodelavci niso odkrili kvarkov, češ da niso dovolj skrbno razmislili o vseh mogočih motnjah.

Zato so ocenili verjetnost, da pri omenjenih sledeh ne gre za kako motnjo samo z desetimi odstotki.[8]

Adair in Kasha sta skrbno primerjala rezultate McCuskra in sodelavcev z rezultati prejšnjih poskusov.[9] Prišla sta do spoznanja, da avstralski fiziki zelo verjetno niso opazili kvarkov. Če bi jih, bi morali pri enajstih podobnih in enako zanesljivih poskusih, ki so jih prej napravili drugi fiziki, zagotovo opaziti kvarke. Sama Adair in Kasha bi morala pri svojem prejšnjem poskusu zaznati okoli tisoč kvarkov. Sledi, ki so jih avstralski fiziki pripisali hitrim kvarkom, naj bi izvirale od počasnih elektronov ali mionov. Ti naj bi nastali pri trkih delcev iz plazu z delci v okolici. Sporne sledi niso popolnoma vzporedne s sledmi delcev v plazu. Zato bi delci, ki so jih zapustili, šli mimo Wilsonove celice, če bi nastali na vrhu ozračja.

*

Po vsem tem se zdi verjetno, da v naravi ni osamljenih kvarkov. Zaradi uspeha simetrij SU (3) in SU (6) pa ne kaže zavreči domneve, da so mezoni in barioni sestavljeni iz kvarkov.[2] Kvarki naj bi torej obstajali le kot gradniki mezonov in barionov, ne bi pa mogli obstajati sami zase. Obstoj prostih kvarkov naj bi preprečevalo *načelo o kvarkih*. L. I. Schiff je nekoliko podrobneje obdelal to možnost.[10] Predpostavil je, da so kvarki delci brez notranje zgradbe, da imajo spin $\frac{1}{2}$ in normalen* magnetni moment in da deluje med njimi srednje močna interakcija. Načelo o kvarkih izključuje obstoj prostih kvarkov. Zato ne bi bilo treba domnevati, da imajo kvarki mirovalno energijo več milijard elektronvoltov (in da deluje med njimi zelo močna interakcija), češ da bi jih sicer zagotovo opazili.

Mirovalno energijo kvarkov ocenimo v tej sliki prek magnetnih momentov nukleonov. Kvark z nabojem $-\frac{1}{3}\,e_0$ ima magnetni moment $-\frac{1}{3}\,e_0\,\hbar/2\,m$ in kvark z nabojem $\frac{2}{3}e_0$ magnetni moment $\frac{2}{3}e_0\,\hbar/2\,m$. Račun[2] pokaže, da moramo v tem primeru pričakovati za magnetni moment protona $e_0\,\hbar/2\,m$ in za magnetni moment nevtrona $-\frac{2}{3}e_0\,\hbar/2\,m$. Razmerje se dobro sklada z izmerjeno vrednostjo. Z eksperimentalnim podatkom za magnetni moment protona $\mu_P = 2{,}8\,\mu_j = 2{,}8\,e_0\,\hbar/2\,m_P$ dobimo za mirovalno energijo kvarka $mc^2 = m_Pc^2/2{,}8 = 340$ MeV.

Načelo o kvarkih je Schiff izrazil takole: kvarki (in antikvarki) lahko obstajajo v skupinah s poljubnim številom članov; toda skupina z necelim skupnim hipernabojem ali s skupnim električnim nabojem, ki ni večkratnik osnovnega naboja, se lahko oddalji od druge skupine kvarkov kvečjemu do razdalje R. To pomeni, da ne moremo naleteti na osamljen kvark v razdalji, večji kot R, od drugih kvarkov. Valovna funkcija, s katero opišemo skupino kvarkov, mora biti enaka nič povsod, kjer bi bilo prekršeno to načelo. Načelo o kvarkih v tej obliki nekoliko spominja na Paulijevo izključitveno načelo; to zahteva za delce s polovičnim spinom, da postanejo enake nič vse valovne funkcije, ki niso popolnoma antisimetrične.

V začetnem približku zanemarimo interakcijo med kvarki. Valovna funkcija v osnovnem stanju naj bo popolnoma simetrična pri zamenjavi koordinat dveh kvarkov. (Kvarki se v tem pogledu torej ne obnašajo tako kot navadni delci s polovičnim spinom.) V tem primeru je valovna funkcija odvisna samo

---

* To pomeni, da je magnetni moment kvarka $e\hbar/2\,m$, če je e njegov naboj in m njegova masa.

od r, če je r^2 vsota kvadratov razdalj za vse pare kvarkov. Za ta primer ni težko rešiti Schrödingerjeve enačbe. Rešitve so sorazmerne z Besslovimi funkcijami $J_{\frac{1}{2}\,(3n-5)}(r\,(2\,mW/n\hbar)^{1/2})$, če je n število kvarkov v skupini in W lastna energija, to je skupna kinetična energija skupine. Načelo o kvarkih vsiljuje robni pogoj za valovno funkcijo. Zahtevamo, da je $R_n\,(2\,mW/n\hbar)^{1/2}$ enako prvi ničli zapisane Besslove funkcije. Doseg R_n iz te enačbe ocenimo z zahtevo, da naj bo vsota lastne energije W in skupne mirovalne energije gradnikov enaka mirovalni energiji sestavljenega delca. Pri barionih, ki jih v najpreprostejšem primeru sestavlja trojica kvarkov, vstavimo za lastno energijo $W = 1300$ MeV — $-3\,mc^2 = 280$ MeV. Za mezone, ki jih v najpreprostejšem primeru sestavlja dvojica (pravzaprav kvark in antikvark), pa vstavimo $W = 740$ MeV $- 2\,mc^2 = 70$ MeV. Tu smo upoštevali za mirovalno energijo bariona poprečno vrednost za supermultiplet s 56 člani (1300 MeV) in za mirovalno energijo mezona poprečno vrednost za supermultiplet s 35 člani (740 MeV) (to sta najnižja nastopajoča supermultipleta v simetriji SU (6)).

S tem dobimo za R_2 in R_3 približno enako vrednost 4.10^{-15} m. Izračunamo še korena iz poprečnih kvadratnih radijev za porazdelitev verjetnostne gostote, ki sta meri za razsežnost mezonov in barionov. Dobimo 10^{-15} m in $0{,}8.10^{-15}$ m, kar se zadovoljivo ujema z znanima podatkoma za razsežnost piona in nukleona.

Prvi vtis o rezultatih, ki jih da načelo o kvarkih v tej obliki, je ugoden. Vendar je račun mnogo pregrob, da bi smeli videti v njih potrdilo za veljavnost načela. Poleg tega ima načelo resno slabost, da ga ni mogoče izraziti relativistično. Vzpodbuja pa k nadaljnjemu razmišljanju in utegne s časom pripeljati do prave rešitve. Seveda pa bi bilo treba naknadno še teoretično utemeljiti načelo o kvarkih, da bi bil uspeh popoln.

*

J. Schwinger je razvil domnevo o *dionih*. Tako je imenoval delce, ki bi nosili hkrati magnetni naboj in električni naboj, ki ne bi bil večkratnik osnovnega naboja.[11] Do te domneve je prišel po razglabljanju o novi vrsti matematičnih izrazov za izvire fotonov v teoriji o izvirih.[12] Schwingerjeva domneva o dionih ni neposredno osnovana na kakem eksperimentalnem dejstvu in za zdaj ni nobenega sledu o delcih z magnetnim nabojem in delom električnega osnovnega naboja. Vendar je z njo povezano razmišljanje izvirno in dovolj zanimivo, da mu kaže posvetiti nekaj pozornosti.

V teoriji elektromagnetnega polja, ki ga od vseh polj še najbolj obvladamo, je več nerešenih vprašanj. Zakaj ni popolne simetrije Maxwellovih enačb, se pravi, zakaj ne opazimo magnetnih nabojev? Zakaj so vsi izmerjeni električni naboji natančni večkratniki osnovnega naboja e_0? Zakaj sta tako uspešni omenjeni simetriji, ki vsaj teoretično dopuščata delce z delom osnovnega električnega naboja (kvarke) in v katerih igrata pomembno vlogo *izospin* in *hipernaboj*? Schwingerjeva domneva poskuša odgovoriti na ta vprašanja in na nekatera druga.

Prva osnovna predpostavka je obstoj magnetnih nabojev, tako da so Maxwellove enačbe simetrične proti zamenjavi električnih količin z ustreznimi magnetnimi in magnetnih z električnimi:

$$\operatorname{rot}\mathbf{E} = -\partial\mathbf{B}/\partial t - \mathbf{j}_m \qquad (1) \qquad\qquad c^{-1}\operatorname{div}\mathbf{E} = \varrho_e/\varepsilon_0\,c \qquad (1')$$

$$c\,\mathrm{rot}\,\mathbf{B} = c^{-1}\,\partial\mathbf{E}/\partial t + \mathbf{j}_o/\varepsilon_o\,c \quad (2) \qquad \mathrm{div}\,\mathbf{B} = \varrho_m \quad (2')$$

Tu je $\varrho_e = de/dV$ gostota električnega naboja e in $\mathbf{j} = \varrho_e\mathbf{v}$ gostota električnega toka, $\varrho_m = d\Phi/dV$ gostota magnetnega naboja Φ in $\mathbf{j}_m = \varrho_m\mathbf{v}$ gostota toka magnetnega naboja. Simetrija enačb ni tako očitna, ker smo že izrazili gostoto električnega polja $\mathbf{D}$ z jakostjo električnega polja $\mathbf{E}$ in jakost magnetnega polja $\mathbf{H}$ z gostoto magnetnega polja $\mathbf{B}$. Simetrija pride še najbolj do izraza, če zapišemo enačbe z vsemi štirimi količinami, merjenimi v enotah cgs. Po zamenjavah

$$\mathbf{E} \to c\mathbf{B},\ \mathbf{B} \to -\mathbf{E}/c,\ \mathbf{j}_m \to -\mathbf{j}_e/\varepsilon_o c \quad (\text{ali } \varrho_m \to -\varrho_e/\varepsilon_o c)$$
$$\varrho_e/\varepsilon_o\,c \to \varrho_m \quad (\text{ali } \mathbf{j}_e/\varepsilon_o c \to \mathbf{j}_m) \qquad (3)$$

preide enačba (1) v enačbo (1′) in enačba (1′) v enačbo (1), enačba (2) pa v enačbo (2′) in enačba (2′) v enačbo (2). Te zamenjave so le poseben primer abstraktnih transformacij

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}'\cos\vartheta + c\mathbf{B}'\sin\vartheta \qquad \mathbf{j}_e = \mathbf{j}_e'\cos\vartheta + \varepsilon_o\,c\mathbf{j}_m'\sin\vartheta$$
$$\mathbf{B} = -c^{-1}\mathbf{E}'\sin\vartheta + \mathbf{B}'\cos\vartheta \qquad \mathbf{j}_m = -\mathbf{j}_e\sin\vartheta/\varepsilon_o\,c + \mathbf{j}_m'\cos\vartheta \qquad (4)$$

V drugi smemo $\mathbf{j}_e$ nadomestiti z ϱ_e ali z e, če nadomestimo hkrati $\mathbf{j}_m$ z ϱ_m ali s Φ. Po tem se hitro prepričamo, da velja

$$\varepsilon_o^2\,c^2\,\Phi_1\Phi_2 + e_1\,e_2 = \varepsilon_o^2\,c^2\,\Phi_1'\,\Phi_2' + e_1'\,e_2',\ e_2\,\Phi_1 - e_1\,\Phi_2 = e_2'\,\Phi_1' - e_1'\,\Phi_2'$$

če sta e_1 in e_2 poljubna električna naboja in Φ_1 in Φ_2 poljubna magnetna naboja. Količini

$$\varepsilon_o^2\,c^2\,\Phi_1\,\Phi_2 + e_1\,e_2 \text{ in } e_2\,\Phi_1 - e_1\,\Phi_2 \qquad (5)$$

sta torej invariantni proti transformaciji (4).

Druga osnovna predpostavka je obstoj delcev, ki nosijo hkrati električni in magnetni naboj. Zanimamo se za sestav dveh delcev: prvi ima maso m_1, električni naboj e_1 in magnetni naboj Φ_1, drugi pa maso m_2, električni naboj e_2 in magnetni naboj Φ_2. V opazovalnem sistemu, v katerem je jakost električnega polja $\mathbf{E}$ in gostota magnetnega polja $\mathbf{B}$, deluje na prvi delec sila

$$\mathbf{F} = e_1\,(\mathbf{E} + \mathbf{vxB}) + \varepsilon_o\,c\,\Phi_1\,(c\mathbf{B} - \mathbf{vxE}/c) \qquad (6)$$

Tu smo poleg Lorentzove sile na električni naboj $e_1\,(\mathbf{E} + \mathbf{vxB})$ upoštevali še ustrezno silo na magnetni naboj Φ_1 $(\mathbf{H} - \mathbf{vxD})$. Silo drugega delca na prvi delec izračunamo, če vstavimo za $\mathbf{E}$ in $\mathbf{B}$ polji drugega delca na kraju prvega in za $\mathbf{v}$ hitrost prvega delca proti drugemu. V opazovalnem sistemu, ki ima izhodišče v drugem delcu, je

$$\mathbf{E} = e_2\,\mathbf{r}/4\,\pi\,\varepsilon_o\,r^3 \text{ in } \mathbf{B} = \mu_o\,\mathbf{H} = \Phi_2\,\mathbf{r}/4\pi\,r^3$$

Z enačbo (5) dobimo naposled za silo drugega delca na prvi delec

$$\mathbf{F} = (\varepsilon_o^2\,c^2\,\Phi_1\,\Phi_2 + e_1\,e_2)\,\mathbf{r}/4\,\pi\,\varepsilon_o\,r^3 + (e_2\,\Phi_1 - e_1\,\Phi_2)\,\mathbf{rxv}/4\,\pi\,r^3 \qquad (7)$$

V njej nastopata obe invarianti (5). Sila prvega delca na drugi delec je nasprotno enaka. Zaradi drugega člena v (7) pa sili ne ležita na isti premici. Njun navor je različen od nič:

$$\mathbf{rxF} = (e_2\,\Phi_1 - e_1\,\Phi_2)\,\mathbf{v}/4\,\pi\,r$$

Iz tega izračunamo skupno vrtilno količino obeh delcev okoli osišča v težišču. Projekcija te vrtilne količine na zveznico delcev je $(e_2 \Phi_1 - e_1 \Phi_2)/4\pi$. Kot vsaka projekcija vrtilne količine na izbrano smer sme tudi ta imeti samo vrednosti, ki so večkratniki Planckove konstante h, deljene z 2π. Iz te zahteve sledi

$$e_2 \Phi_1 - e_1 \Phi_2 = 2Nh,\ N = 0,\ 1,\ 2, \ldots \tag{8}$$

Polovične vrednosti za N niso dovoljene, ker gre za tirno in ne za spinsko vrtilno količino. Prepričljivejši razlog, ki ga za to navaja Schwinger, je precej bolj dolgovezen.

Če je električni ali magnetni naboj katerega od delcev enak nič, dobimo zvezo

$$e\,\Phi = 2Nh,\ N = 0, 1, 2, \ldots \tag{8'}$$

P. A. M. Dirac je pred skoraj štirimi desetletji prišel do podobne enačbe. Sklepal je, da bi morali obstajati kvantizirani magnetni naboji, če obstajajo kvantizirani električni naboji, in obratno. Enačba (8′) se od Diracove razlikuje le po faktorju 2 na desni.

Iz zveze (8′) dobimo za $N = 1$ za osnovni magnetni naboj Φ_0, če upoštevamo eksperimentalni podatek za osnovni električni naboj $e_0 = 1{,}6.10^{-19}$ As

$$\Phi_0 = 2h/e_0 = 8{,}3\,.\,10^{-15}\ \mathrm{Vs}$$

To je dvakrat več od Diracove vrednosti.[1]

Schwinger je celo prepričan, da mora biti N v zvezi (8′), ne pa v zvezi (8), sod.[12] Njegovim razglabljanjem ne moremo slediti. Zahteva, da je N v (8′) sod, ne vpliva bistveno na rezultate računov (razen na oceno za mirovalno energijo diona), zato se nanjo ne oziramo. Schwingerjeve teoretične razloge, zaradi katerih mora biti N cel ali celo sod, imajo nekateri za dodatne predpostavke. Lipkin, Weisberger in Peshkin so dobili enačbo (8′), v kateri so dopuščene tudi polovične vrednosti N.[13] V kvantnomehanskem računu za gibanje električnega naboja v magnetnem polju monopola so zahtevali, da veljajo običajne komutacijske zveze in da so vse opazljivke realne. Operatorska enačba za gibanje in zahteva po invariantnosti proti zasuku sta prešibki zahtevi, da bi samo z njima izpeljali enačbo (8′). Efinger je prišel do enačbe (8′), v kateri je N lahko poljubno celo število.[14] Kvantnomehansko je računal gibanje električnega naboja v homogenem magnetnem polju ravnine, po kateri je enakomerno porazdeljen magnetni naboj.

Sila med magnetnima osnovnima nabojema in sila med električnima osnovnima nabojema v enaki razdalji sta v razmerju $(\Phi_0^2/4\pi\mu_0) : (e_0^2/4\pi\varepsilon_0)$. To razmerje dopolnimo in dobimo $(\Phi_0^2/2\mu_0 hc) : (e_0^2/2\pi_0 hc) = (4h^2/2e_0^2\mu_0 hc) : \alpha = 1/\alpha^2$. Sila med magnetnim osnovnim nabojem in električnim osnovnim nabojem in sila med električnima osnovnima nabojema v enaki razdalji sta približno v razmerju $(e_0 \Phi_0 c/4\pi) : (e_0^2/4\pi\varepsilon_0) = (e_0 \Phi_0 c/2hc) : (e_0^2/2\varepsilon_0 hc) = 1/a$. Konstanta fine strukture $\alpha = e_0^2/2\varepsilon_0 hc = 1/137$ je sklopitvena konstanta med električnim nabojem in elektromagnetnim poljem in je značilna za elektromagnetno interakcijo (če ni magnetnih nabojev). Sklopitvena konstanta, ki je značilna za interakcijo med električnim in magnetnim nabojem, je okoli 1. Sklopitvena konstanta, ki je značilna za interakcijo med dvema magnetnima nabojema, je $1/\alpha$. Spomnimo se, da je sklopitvena konstanta, ki je značilna za močno (jedrsko) interakcijo, okoli 10.

Interakcija med magnetnima nabojema je torej mnogo močnejša od vseh znanih interakcij. Zaradi te neenakosti v velikosti nabojev in ustreznih interakcij so v navadnih razmerah v snovi sicer lahko prosti električni naboji, a ne more biti prostih magnetnih nabojev. Sila med magnetnima nabojema nasprotnega znaka je tolikšna, da sta naboja v navadnih razmerah neločljivo združena.

Z združitvijo dionov nastanejo mezoni in barioni. Pri tem je osnoven podatek, da mezoni in barioni nimajo magnetnega naboja.[15] Mezoni so sestavljeni iz sodega števila dionov, ki imajo paroma nasproten magnetni naboj. Po enačbi (8) mora veljati za diona z magnetnima nabojema Φ_0 in $-\Phi_0$ in z električnima nabojema e_1 in e_2, ki sestavljata mezon: $e_2 \Phi_0 + e_1 \Phi_0 = 2Nh$. Naboj mezona $e = e_1 + e_2$ mora biti po tem večkratnik osnovnega naboja: $e = 2Nh/\Phi_0 = N e_0$. Barioni imajo polovičen spin, zato moramo privzeti, da imajo tudi dioni polovičen spin. Spin sodega števila dionov je tedaj cel, kakršen je v resnici spin mezonov. Barione pa mora sestavljati liho število dionov, enako tri ali več. Skupni magnetni naboj treh dionov mora biti enak nič, zato vsi trije dioni ne morejo imeti enako velikega magnetnega naboja. Najpreprostejša možnost je trojica magnetnih nabojev $2\Phi_0$, $-\Phi_0$, $-\Phi_0$. Iz enačbe (8) sledijo za električne naboje teh dionov zveze $2e_2 + e_1 = Ne_0$, $2e_3 + e_1 = Ne_0$, $e_3 - e_2 = Ne_0$. Iz teh zvez in iz prejšnje, ki velja za mezone ($e_1 + e_2 = Ne_0$), uvidimo, da so električni naboji dionov deli osnovnega električnega naboja.

Sklicujoč se na simetrijo med električnimi in magnetnimi količinami, vzamemo, da imajo trije dioni električne naboje $2e^*$, $-e^*$, $-e^*$. Če ima dion z magnetnim nabojem $2\Phi_0$ električni naboj $-e^*$ in dion z magnetnim nabojem $-\Phi_0$ električni naboj $2e^*$, sledi iz enačbe (8) za $N = 1$

$$e^* = \tfrac{1}{3} e_0$$

Tako smo prišli do trojice električnih nabojev $\frac{2}{3} e_0$, $-\frac{1}{3} e_0$, $-\frac{1}{3} e_0$, na katero smo naleteli že pri kvarkih.

Antidelci dionov imajo nasproten električni in nasproten magnetni naboj kot ustrezni dioni. Po magnetnem in po električnem naboju je tako šestnajst različnih dionov ali antidionov. Mezon iz dionov e_1, Φ_0 in e_2, $-\Phi_0$ ima antidelec iz antidionov $-e_1$, $-\Phi_0$ in $-e_2$, Φ_0. Električni naboj antimezona ima seveda nasproten znak kot električni naboj mezona, toda glede magnetnega naboja gradnikov med antimezonom in mezonom ni razlike. Pri barionih je drugače. Barion iz dionov e_1, $2\Phi_0$ in e_2, $-\Phi_0$ in e_3, $-\Phi_0$ ima antidelec iz antidionov $-e_1$, $-2\Phi_0$ in $-e_2$, Φ_0 in $-e_3$, Φ_0. Barion in antibarion se seveda razlikujeta po znaku električnega naboja, a tudi magnetni naboji gradnikov so v obeh primerih različni. Po velikosti največji magnetni naboj, na katerem od dionov, merjen v enotah $2\Phi_0$, se ujema z *barionskim številom*, ki je za barione 1 in za antibarione -1 (medtem ko je za mezone enako nič).

Poskusimo oceniti mirovalno energijo diona! Za energije lastnih stanj dveh vezanih dionov velja enačba, ki jo dobimo iz Bohrove enačbe za vodik $W_n = -m_0 e_0^4/8\varepsilon_0^2 h^2 n^2$, če v njej zamenjamo električne količine z ustreznimi magnetnimi:

$$W_n = -M\Phi_0^4/16\mu_0^2 h^2 n^2 = -Mc^2/4a^2 n^2$$

Namesto mase elektrona m_0 smo vstavili reducirano, to je polovično, maso diona M in upoštevali enačbo (8). Pri tem smo zanemarili okoli 137^2-krat manjši člen s koeficientom $e_0 \Phi_0 c/4\pi$, ki ustreza interakciji med enim od električnih

nabojev z drugim magnetnim nabojem, in še okoli 137^4-krat manjši člen, ki ustreza interakciji med obema električnima nabojema. Mirovalna energija dveh vezanih dionov, na primer mezona ϱ, je sestavljena iz mirovalnih energij obeh dionov in iz negativne vezalne energije:

$$(m_\varrho c^2)^2 = (2\,Mc^2)^2\,(1 - 1/8\,\alpha^2\,n^2)$$

Pri tem smo na levi in na desni strani samovoljno vstavili kvadrata mirovalnih energij namesto mirovalnih energij samih, ker pač nastopajo v masnih formulah za mezone kvadrati mirovalnih energij. Pričakujemo, da velja enačba približno, če sta diona v dovolj veliki razdalji, se pravi, če je glavno kvantno število n dovolj veliko. Navzlic temu, ker pač nimamo druge možnosti, ekstrapoliramo proti mirovalni energiji nič, ko je $n = 1/8^{1/2}\,a + k$ in $n^2 = 1/8\,a^2 + k/2^{1/2}\,a$ in je $k = 1, 2, 3, \ldots$ Dobljena enačba se po obliki ujema s semiempirično masno formulo za mezone, ki jo je izpeljal Schwinger.[17] Za $k = 1$ dobimo iz te enačbe za mirovalno energijo diona

$$Mc^2 = m_\varrho c^2/4\,.\,2^{1/4}\,\alpha^{1/2} \approx 2\,.\,0{,}77\ \mathrm{GeV} = 1{,}5\ \mathrm{GeV}$$

Schwinger je dobil za mirovalno maso diona 4-krat večjo vrednost, to je okoli 6 GeV, ker je dopustil za N v (8′) le soda števila in je tako računal z dvakrat večjim magnetnim osnovnim nabojem. Zelo previdno lahko tedaj cenimo mirovalno energijo diona na več GeV. Drugi cenijo mirovalno maso magnetnega osnovnega naboja na $\frac{1}{2}\,(\Phi_0^2/2\,\mu_0\,hc)\,m_\pi c^2 = \frac{1}{2}\,m_\pi c^2/\alpha \approx 10$ GeV,[3] kar se približno ujema s Schwingerjevo oceno.

Vendar zgradbe mezonov in barionov iz dionov ne moremo razumeti tako preprosto, kot bi sklepali na prvi pogled. Če namreč poskušamo vgraditi v to sliko odvisnost mase od naboja, dobimo sicer za elektromagnetni razcep mirovalne energije pravo velikost, a nasproten znak. Izmerjena vrednost $(m_{\mathrm{K}0}\,.\,c^2)^2 - -(m_{\mathrm{K}}{}^{\pm}\,.\,c^2)^2 = 0{,}007\,(m_\varrho\,c^2)^2$ se na primer dobro ujema z $\alpha\,(m_\varrho\,c^2)^2$, vendar bi po naši sliki morala imeti nabita mezona K večjo mirovalno energijo kot nevtralni. Kaže, da je treba upoštevati možnost za zamenjavanje magnetnih in električnih nabojev med dioni. Nekaj podobnega poznamo pri šibki interakciji. Zamenjavo električnega naboja med dionoma bi lahko posredoval *vmesni bozon* (delec s celim spinom) W:

$$-^{1/3}\mathrm{D}^{2/3} \rightarrow -^{1/3}\mathrm{D}^{-1/3} + {}^{0}\mathrm{W}^{1}$$

Pri tem smo zaznamovali dion s simbolom D in se nanaša levi indeks na magnetni naboj v enotah Φ_0 in desni indeks na električni naboj v enotah e_0. Podoben vmesni bozon naj bi bil nosilec šibke interakcije, vendar ga do zdaj niso mogli odkriti. Presek za nastanek takega bozona, ki bi imel mirovalno energijo več GeV, je po eksperimentalnih podatkih manjši kot nekako 10^{-11} barn.[16] Poleg vmesnega bozona, ki bi skrbel za zamenjavo električnega naboja, naj bi obstajal še podoben bozon, ki bi prenašal magnetni naboj in bi bil z dionom v zelo močni interakciji:

$${}^{2/3}\mathrm{D}^{-1/3} \rightarrow -^{1/3}\mathrm{D}^{-1/3} + {}^{1}\mathrm{S}^{0}$$

Obstoj takega bozona je še bolj dvomljiv kot obstoj bozona W. Vendar se zdi, da bi s tema bozonoma, ki bi prenašala naboje med dioni v mezonu ali barionu in bi tako zabrisala individualnost posameznih dionov, odgovorili še na neko vprašanje. To je neinvariantnost nekaterih pojavov, na primer razpada nevtralnih mezonov K, proti istočasnemu zrcaljenju prostora in zamenjavi znaka

električnih nabojev (neinvariantnost CP). Težava ni v vpeljavi neinvariantnosti, pač pa ni lahko pojasniti, zakaj je invariantnost CP prekršena tako šibko.

Težko je verjeti, da bi Schwingerjeva domneva, taka kot je, kmalu privedla do boljšega razumevanja osnovnih delcev. Prav mogoče pa je, da bo kateri izmed novih pogledov, ki jih uvaja, dal kako dobro pobudo. Zveza Schwingerjeve domneve in Schiffovega načela o kvarkih bi na mah pojasnila, zakaj v naravi ni prostih monopolov in prostih kvarkov. Seveda bi bilo treba prej premagati več težav, saj za zdaj niti Schwingerjeva domneva niti Schiffovo načelo ne stojita na posebno trdnih temeljih.

J. Strnad

LITERATURA

[1] Magnetni naboji, Obz. mat. fiz. **11**, 181 (1964).

[2] Nekaj novic iz fizike visokih energij, Obz. mat. fiz. **11**, 134 (1964); Kvarki, Obz. mat. fiz. **12**, 76 (1965). Nov uspeh v fiziki delcev? Obz. mat. fiz. **12**, 40 (1965).

[3] M. Ruderman, D. Zwanziger: Magnetic Poles and Energetic Photon Showers, Phys. Rev. Letters **22**, 146 (1969).

[4] T. Massam: The Quark Hunter's Progress, CERN Report 68—24, 1968.

[5] J. M. Antipov, I. I. Karpov, V. P. Hromov, L. G. Landsberg, V. G. Lapšin, A. A. Lebedev, A. G. Morozov, J. D. Prokoškin, J. V. Rodnov, V. A. Rybakov, V. A. Rykalin, V. A. Senko, B. A. Utočkin, N. K. Višnevskij, F. A. Jetč, A. M. Zajcev: Search for the Particles with Fractional Charges (Quarks) at IHEP 70 GeV Accelerator, Physics Letters **29 B**, 245 (1969).

[6] J. M. Antipov, V. N. Bolotov, M. I. Devišev. M. N. Deviševa, V. V. Isakov, I. I. Karpov, J. H. S. Hodyrev, V. A. Krendelev, L. G. Landsberg, V. G. Lapšin, A.A. Lebedev, A. G. Morozov, J. D. Prokoškin, V. A. Rybakov, V. I. Rykalin, A. V. Samojlov, V. A. Senko, N. K. Višnevskij, F. A. Jetč, A. M. Zajcev: Further Search for Quarks at the 70 GeV IHEP Accelerator, Physics Letters **30 B**, 576 (1969).

[7] C. B. A. McCusker, I. Cairns: Evidence of Quarks in Air-Shower Cores, Phys. Rev. Letters **23**, 658 (1969).

[8] Quarks Detected? Well, May Be, New Scientist **43**, 510 (1969).

[9] R. K. Adair, H. Kasha: Analysis of Some Results of Quark Searches, Phys. Rev. Letters **23**, 1355 (1969).

[10] L. I. Schiff: Quark Selection Principle, Phys. Letters **31** B, 79 (1970).

[11] J. Schwinger: A Magnetic Model of Matter. Science **165**, 757 (1969).

[12] J. Schwinger: Sources and Magnetic Charge. Phys. Rev. **173**, 1536 (1968).

[13] H. J. Lipkin, W. I. Weisberger, M. Peshkin: Magnetic Charge Quantization and Angular Momentum, Ann. Phys. (N. Y.) **53**, 203 (1969).

[14] H. J. Efinger: A Note on the Quantum Theory of Electric and Magnetic Charges, Physica **44**, 621 (1969); An Instructive Model for the Quantization of Magnetic Monopoles, Am. J. Phys. **37**, 740 (1969).

[15] R. F. O'Connell: Simple Derivation of Schwinger's Quantization Relation Between Electric and Magnetic Charges, Lett. Nuovo Cim. **2**, 221 (1969).

[16] L. L. Vant-Hull: Experimental Upper Limit on the Magnetic Monopole Moment of Electrons, Protons, and Neutrons Utilizing a Superconducting Quantum Interferometer, Phys. Rev. **173**, 1412 (1968).

[17] J. Schwinger: Boson Mass Empirics, Phys. Rev. Letters **20**, 516 (1968).

[18] P. J. Wanderer, R. J. Stefanski, R. K. Adair, C. M. Ankenbrandt, H. Kasha, R. C. Larsen, L. B. Leipuner, L. W. Smith: Search for the Intermediate Vector Boson, Phys. Rev. Letters **23**, 729 (1969).

Dostavek

Vznemirjenje, ki sta ga povzročili objavi McCuskra in sodelavcev,[7,*] se še ni poleglo. Izšlo je več poročil, ki govore bolj ali manj zavzeto o tem, da so

---

* I. Cairns, C. B. A. McCusker, L. S. Peak, R. L. S. Woolcot: Lightly Ionizing Particles in Air-Shower Cores, Phys. Rev. **186**, 1394 (1969).

avstralski fiziki sklepali prenagljeno.* Še najbolj umirjen je Wilsonov prispevek, v katerem je misel, da je obilo razlogov, zaradi katerih naj bi bile na McCuskrovih fotografijah sledi delcev s celim osnovnim nabojem. Presenetljivo se mu zdi edino dejstvo, da te nimajo toliko stranskih sledi (sledi δ), kot bi jih pričakovali pri hitrih delcih s celim osnovnim nabojem. McCusker v še neobjavljenem odgovoru izpodbija ugovore in trdi, da ustrezajo sledi v meglični celici kvarkom s precej večjo zanesljivostjo, kot sodijo njegovi kritiki.

Prav pred kratkim pa so sporočili fiziki, ki delajo z metrsko mehurčno celico michiganske univerze in argonnskega laboratorija, da so naleteli na sled kvarka.** Celica je bila napolnjena z mešanico propana in freona in je bila v močnem magnetnem polju. Med desettisočimi fotografijami reakcij, ki so jih povzročili v celici kozmični žarki, so opazili eno s tremi sledmi, od katerih naj bi bila ena kvarkova. Po velikosti mehurčkov so ugotovili, da so nastale vse tri sledi sočasno. Prvi dve sledi ustrezata mezonoma ali barionoma, tretja pa ima na enoto dolžine dvakrat manj mehurčkov. Po precej skrbni izločitvi drugih razlag, je preostala le še razlaga, da gre za sled kvarka. Ta naj bi imel manjšo mirovalno energijo kot 6,5 GeV, če bi bil njegov naboj $\frac{2}{3}\,e_0$, in mirovalno energijo med 5 in 11 GeV, če bi bil njegov naboj $\frac{1}{3}\,e_0$.

Vsekakor se slej ko prej večina fizikov nagiba k prepričanju, da za zdaj še ni uspelo nedvoumno zaznati prostih kvarkov. Vprašanje pa je, če bo to prepričanje tudi obveljalo. Fiziki, ki iščejo kvarke v kozmičnih žarkih, so dobili nove vzpodbude in so se s podvojeno vnemo lotili dela.

---

* H. Frauenfelder, U. E. Kruse, R. D. Sard: Comments on the Letter "Evidence of Quarks in Air-Shower Cores", Phys. Rev. Letters **24**, 33 (1970).

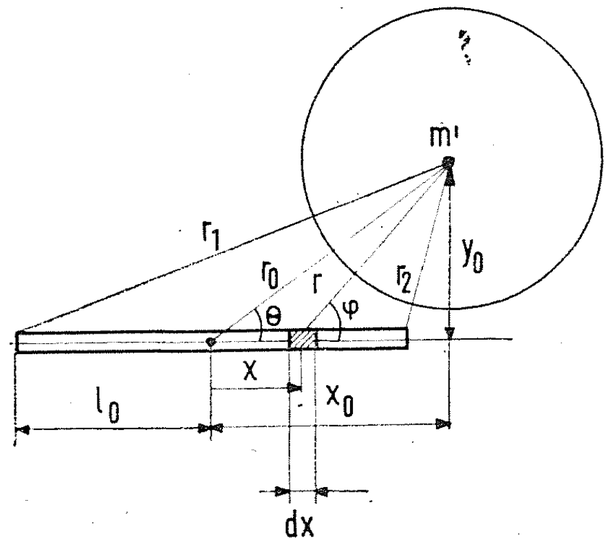
D. C. Rahm, R. I. Louttit: Comments on "Evidence of Quarks in Air-Shower Cores", Phys. Rev. Letters **24**, 279 (1970).

J. G. Wilson: Measurements on Cloud Chamber Tracks, Nature **225**, 1238 (1970).

** W. T. Chu, Y. S. Kim, W. J. Beam, N. Kwak: Evidence of a Quark in a High-Energy Cosmic Ray Bubble-Chamber Picture, Phys. Rev. Letters **24**, 917 (1970).

NOV NAČIN ZA MERJENJE GRAVITACIJSKE KONSTANTE

Na gravitacijsko konstanto naletimo v Newtonovem gravitacijskem zakonu $F = \varkappa\, mm'/r^2$, v katerem je F sila med majhnima telesoma z masama m in m' v razdalji r. Merjenja pričajo, da je $\varkappa$ osnovna konstanta. Neodvisna je od obeh mas, sestava teles, njune medsebojne razdalje in sredstva med njima. Med vsemi osnovnimi konstantami je gravitacijska določena najmanj zanesljivo. Vzrok za to je šibkost gravitacijskih sil. Ne preseneča, da skušajo v zadnjem času, ko merska tehnika hitro napreduje, izboljšati natančnost



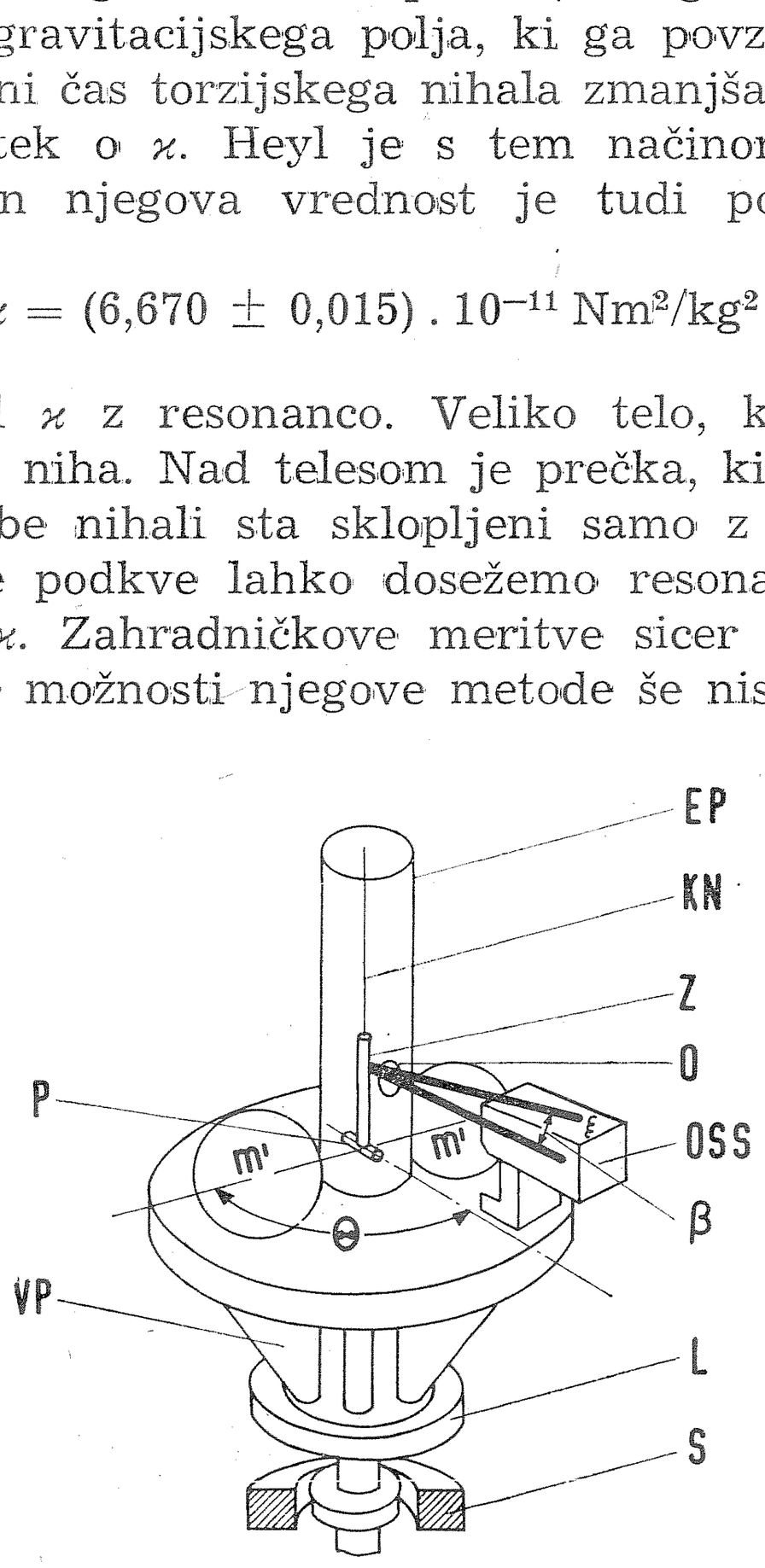
Sl. 1. K izvajanju navora krogle na prečko

merjenj. V tem kratkem sestavku bom poročal o novem načinu merjenja, ki doslej še ni dal mnogo boljših rezultatov od prejšnjih načinov, ob nadaljnjih izboljšavah pa mnogo obeta.

Že Newton je nakazal načine za merjenje $\varkappa$. Prve ocene zanjo so bile vezane na naravne mase (hribe ipd.) in so bile zato zelo nezanesljive. Prave meritve so se začele, ko je Cavendish 1798 uporabil za tehtanje privlačne sile med dvema kroglama v laboratoriju torzijsko tehtnico.[1] Izmeril je $\varkappa$ na $\pm 5\,\%$ zanesljivo. Z izpopolnjevanjem njegovega načina so do konca 19. stoletja dosegli natančnost meritev $\pm 1\,\%$. Ker je bila s tem dosežena meja te metode, sta Eötvös in Heyl uporabila nihanje torzijske tehtnice. Kot pri Cavendishevi metodi sta mali krogli pritrjeni na krajišči prečke, ki visi na kovinski ali kremenovi nitki. Veliki krogli pa sta postavljeni v bližino malih tako, da je prvič zveznica velikih krogel v smeri prečke, drugič pa pravokotno nanjo. Zaradi nehomogenosti gravitacijskega polja, ki ga povzročita veliki krogli, se v prvem primeru nihajni čas torzijskega nihala zmanjša, v drugem pa poveča. Razlika obeh da podatek o $\varkappa$. Heyl je s tem načinom 1927 dosegel doslej največjo zanesljivost in njegova vrednost je tudi podlaga sedanji uradni vrednosti

$$\varkappa = (6{,}670 \pm 0{,}015) \,.\, 10^{-11}\ \mathrm{Nm^2/kg^2}$$

Zahradniček je izmeril $\varkappa$ z resonanco. Veliko telo, ki ima obliko navzdol obrnjene podkve, sučno niha. Nad telesom je prečka, ki je obešena na vrvico, z malima kroglama. Obe nihali sta sklopljeni samo z gravitacijsko silo. Pri spreminjanju frekvence podkve lahko dosežemo resonanco za nihanje malih krogel in izračunamo $\varkappa$. Zahradničkove meritve sicer niso presegle Heylove natančnosti, vendar vse možnosti njegove metode še niso bile izkoriščene.



Sl. 2. Naprava za merjenje gravitacijske konstante: EP evakuirana posoda, KN kremenova nitka, Z zrcalce, O okence v posodi, P prečka, OSS optični sledilni sistem, VP vrtljiva plošča, L ležaj, S servomotor

Pred kratkim pa sta J. W. Beams in R. D. Rose s sodelavci objavila poročilo o novem načinu za merjenje gravitacijske konstante.[2] Na kratko opišimo osnovno zamisel meritve! V zaprtem in evakuiranem kovinskem valju je na kremenovi nitki obešena cilindrična kovinska prečka. Valj je postavljen

na sredino mizice, ki je vrtljiva skoraj brez trenja okoli navpične osi. Mizico poganja servomotor, ki ga krmili optični sledilni sistem na mizici. Na mizici sta še dve težki krogli, katerih zveznica gre skozi os vrtenja. Če se kot med prečko in zveznico krogel Θ razlikuje od 0^0 ali 90^0, skuša navor gravitacijskih sil zavrteti prečko in s tem zmanjšati kot Θ. Optični sledilni sistem pa skrbi prek servomotorja, da je konstanten kot β, to je kot med vpadnim žarkom in žarkom, ki se odbije na zrcalcu, zvezanem s prečko. S tem skrbi tudi, da ostane konstanten kot Θ. Tako se mizica kot celota vrti s kotnim pospeškom, s katerim bi se začela vrteti prečka, če ne bi bilo sledilnega sistema. Iz kotnega pospeška določimo $\varkappa$.

Izračunajmo s kolikšnim navorom delujeta na prečko obe veliki krogli! Zelo majhno napako naredimo, če v računu privzamemo, da je prečka zelo tenka. Kroglo pa lahko vedno nadomestimo s točkasto maso. Na majhen del prečke s širino $\mathrm{d}x$ in s presekom S deluje ena izmed krogel z maso m' s silo $\mathrm{d}F = \varkappa\, m'\, \varrho\, S\, \mathrm{d}x/r^2$. Ustrezni navor je $\mathrm{d}M = \varkappa\, m'\, \varrho\, S \sin\varphi\, .\, x\, \mathrm{d}x/r^2$. Pri tem je $r = (x_0 - x)/\cos\varphi = y_0/\sin\varphi$. Skupni navor ene krogle dobimo, ko seštejemo prispevke po vsej prečki (od φ_1 do φ_2)

$$M = \varkappa\, m'\, \varrho\, S \int (x_0 \sin\varphi/y_0 - \cos\varphi)\, \mathrm{d}\varphi$$

Če upoštevamo, da delujeta na prečko dve enaki krogli, dobimo po integraciji za skupni navor

$$M = -2\, \varkappa\, m'\, \varrho\, S\, [\cos\Theta\, (\cos\varphi_2 - \cos\varphi_1)/\sin\Theta + \sin\varphi_2 - \sin\varphi_1]$$

Polovična dolžina prečke je bila pri poskusu $l_0 = 1{,}9$ cm, razdalja krogle od osi pa $r_0 = 12$ cm. Zaradi $l_0/r_0 \ll 1$ lahko zgornji izraz poenostavimo. Zapišemo le izraz v oglatem oklepaju

$$\begin{aligned} &-2 \sin\tfrac{1}{2}(\varphi_2 - \varphi_1)\, .\, \sin[\Theta - \tfrac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2)]/\sin\Theta = \\ &= -(\varphi_2 - \varphi_1)\, (2\,\Theta - \varphi_1 - \varphi_2)/2 \sin\Theta = \\ &= -\sin\Theta\, .\, l_0^2\, (1/r_2 + 1/r_1)\, (1/r_2 - 1/r_1)/2 \end{aligned}$$

Pri tem smo vstavili

$$\varphi_1 - \Theta \approx \sin(\varphi_1 - \Theta) = -\sin\Theta\, l_0/r_1 \quad \text{in} \quad \varphi_2 - \Theta \approx \sin\Theta\, l_0/r_2$$

V prvem približku velja

$$1/r_1 + 1/r_2 = 2/r_0 \quad \text{in} \quad 1/r_2 - 1/r_1 = 2\, l_0 \cos\Theta/r_0^2$$

tako da je končno

$$M = 2\, \varkappa\, m'\, \varrho\, S\, (l_0/r_0)^3 \sin 2\,\Theta$$

Iz enačbe se vidi, da je navor največji pri $\Theta = 45^0$. Izraz za kotni pospešek je posebno preprost, če predpostavimo, da prispeva k vztrajnostnemu momentu samo prečka

$$\alpha = M/J = 3\, M/2\, l_0^3\, \varrho\, S = 3\, \varkappa\, m' \sin 2\,\Theta/r_0^3$$

Krogli sta iz volframa in sta težki po 10 kg. Masi sta določeni natančno na $\pm 10^{-4}$ kg, odstopanje od sferičnosti je pod 10^{-6}. Valjasta prečka z radijem 0,6 cm je dolga 3,8 cm in ima vztrajnostni moment $4{,}1.10^{-3}$ kg cm^2. Kremenova nitka ima radij 25 μ in je dolga 33 cm. Valj je napolnjen s helijem. Sledilni

sistem deluje natančno na kotno sekundo. S temi podatki dobimo za kotni pospešek $\alpha \approx 10^{-6}\ \mathrm{s}^{-2}$. Pri poskusu je trajal prvi vrtljaj pol ure, kar se ujema z našo oceno: $t_0 = (\pi/\alpha)^{1/2} = 1{,}7.10^3$ s.

Ko je mizica dosegla želeno hitrost, so previdno odstranili krogli in izmerili preostali pospešek zaradi majhnih zasukov kremenove nitke.Ta je imel velikostno stopnjo $10^{-7}\ \mathrm{s}^{-2}$. Razlika obeh je dala pravi pospešek. Končna vrednost za gravitacijsko konstanto

$$\varkappa = (6{,}674 \pm 0{,}012).10^{-11}\ \mathrm{Nm^2/kg^2}$$

se je ujemala s Heylovo vrednostjo. Tudi dosežena natančnost je bila enaka.

Ugodnost tega načina je med drugim v tem, da avtomatično odpravlja vpliv preostalih mas in da ne moti konstantno trenje. Zanesljivejše meritve pa niso izvedljive v glavnem zaradi fluktuacij trenja. Zato so že pripravili mizico na zračni blazini, pri kateri trenja ne bo. Zamenjali bodo tudi kremenovo nitko z magnetnim obešanjem, ki je tudi brez trenja. S temi in drugimi izboljšavami se avtorji nadejajo, da bodo izboljšali zanesljivost meritev desetkrat ali morda celo stokrat.

P. Prelovšek

LITERATURA

[1] S. Pahor, J. Strnad, R. Korbar: Meritev gravitacijske konstante kot demonstracijski poskus, Obz. mat. fiz. **7**, 138 (1960).

[2] R. D. Rose, H. M. Parker, R. A. Lowry, A. R. Kuhltau, J. W. Beams: Determination of the Gravitational Constant G, Phys. Rev. Letters **23**, 655 (1969).

PRIZADEVANJA ZA IZBOLJŠANJE POVEZAVE MED SREDNJIMI ŠOLAMI IN UNIVERZO

V zadnjem času se vedno bolj zavedamo, da med srednjimi šolami in univerzo ni zadostne povezave. Vsaka od obeh strani živi preveč sama zase, kar je obema v škodo. Dijaki ne vedo, kaj jih čaka po prihodu na univerzo. Fakultetni sodelavci so premalo poučeni o problemih, ki tarejo srednje šole. Srednješolski profesorji v splošnem niso dovolj poučeni o sedanjih učnih načrtih in sedanjem načinu študija na univerzi. Ob dobri povezavi med srednjimi šolami in univerzo bi srednješolski profesorji brez oklevanja iskali strokovne nasvete na univerzi. Univerza bi mogla tedaj bolje organizirati obvezne tečaje za strokovno izpopolnjevanje in za vežbanje pri eksperimentalnem delu. Poleg tega bi enotni nastop srednješolskih profesorjev in fakultetnih sodelavcev več zalegel v javnosti. O boljši povezavi med srednjimi šolami in univerzo so razpravljali tudi na univerzitetni študijski komisiji. Fakultetnim sodelavcem so priporočili, naj poskušajo izboljšati sedanje stanje z osebnimi stiki. Podobno je izvenela razprava na nedavnem občnem zboru Društva matematikov, fizikov in astronomov.

To je vodilo upravni odbor društva, da je sprejel sklep o obisku članov matematično-fizikalnega oddelka fakultete za naravoslovje in tehnologijo na srednjih šolah. Za začetek bodo učitelji in asistenti odseka za fiziko v aprilu in v začetku maja obiskali nekatere srednje šole. Če bodo obiski uspeli, bodo prišle na vrsto še preostale srednje šole — po možnosti v tem, vsekakor pa v prihodnjem šolskem letu. Jeseni nameravajo začeti s takimi obiski tudi člani odseka za matematiko.

Po sedanji zamisli naj bi bil prvi del obiska kratko predavanje o kakem zanimivem vprašanju iz fizike. Temu pa naj bi sledil razgovor o študiju na matematično-fizikalnem oddelku. Dijaki zadnjih letnikov, ki se zanimajo za ta študij, naj bi se pri tem seznanili z učnimi načrti, načinom študija in z zahtevami, z možnostmi za štipendije in za zaposlitev in z drugimi vprašanji. Tako ne bi nepripravljeni dočakali jesenskega prihoda na univerzo. Od tega si obetamo večji vpis sposobnih novincev na matematično-fizikalni oddelek. Na študijskih smereh tega oddelka: pedagoških predmetnih skupinah fiziki z matematiko in matematiki s fiziko, in na tehnični matematiki in tehnični fiziki diplomira za zdaj premalo študentov. Posebno pereče, če že ne kritično, je majhno število diplomiranih študentov na leto pri prvih dveh od navedenih smeri. Na drugi strani pa bi bilo zaželeno, ko bi se dijaki s slabimi ocenami iz matematike in fizike dovolj zgodaj zavedeli težav, ki bi jih čakale na matematično-fizikalnem oddelku, in bi raje izbrali kak drug študij.

V tem tiči zasnova poklicnega usmerjanja srednješolcev. Ob sodelovanju srednješolskih profesorjev matematike in fizike bi lahko dobilo to usmerjanje bolj določene in ustaljene oblike. V mislih imamo spremljanje uspehov srednješolcev, ki se zanimajo za matematiko in fiziko, pomoč z nasveti in z dodatno literaturo iz matematike in fizike, priprave za tekmovanja, pomoč v zvezi s štipendijami in podobno. Za začetek pa bodo prizadevanja dosegla svoj namen že, če se bo sedanje stanje začelo obračati na bolje.

J. Strnad

ŠE NEKAJ BESED O POUKU FIZIKE PO PROGRAMU PSSC

V 3. številki Obzornika za matematiko in fiziko XVI. letnik so bila v notici F. Kvaternika pod naslovom »Pouk fizike po programu PSSC« citirana nekatera mnenja iz članka M. Platiše »Eksperiment u nastavi fizike po PSSC kursu«, ki je izšel v Nastavi matematike i fizike XIII—XIV, na koncu pa so bili povzeti sklepi Nacionalne komisije pri Jugoslovanskem zavodu za proučevanje šolstva, ki je spremljala ta poskus. Ker sem bil sam ves čas v stiku s to preskušnjo, bom navedel nekaj vtisov, ki vendarle kažejo na pomembnost tega poskusa in na njegovo didaktično vrednost za vsak drug poskus kakršnekoli reforme pouka.

Predvsem je treba poudariti velika materialna sredstva, ki so bila na razpolago v ZDA, kjer je bil ustvarjen in prvič preskušen projekt PSSC; pri tem poskusu je sodelovalo velikansko število ljudi (okrog 300) zelo širokega strokovnega spektra, od profesorjev srednje šole do znanstvenikov z Nobelovo nagrado, pač najbolj pristojnih, da izdelajo sodoben tečaj fizike za srednjo šolo in zanj pripravijo tudi vse nujne strokovne pogoje.

Po izdelavi in sprejetju te zamisli so dobile posebne skupine strokovnjakov natančno določene naloge. Rezultat njihovega dela je izdelava naslednjih učnih pripomočkov:

1. Učbenik (vsebuje poleg učne snovi tudi zbirko fizikalnih nalog);
2. seznam izbranih pomožnih knjig (na koncu vsakega poglavja v učbeniku so navedene tiste knjige, ki ustrezajo njegovi vsebini);
3. popolna laboratorijska oprema za vaje;
4. zbirka posebnih filmov za program PSSC;
5. zbirka laboratorijskih vaj in priročnik za te vaje;
6. zbirka standardnih testov s posebnimi navodili za uporabo;
7. priročnik za profesorje (Teacher's Resource Book and Guide);
8. seminarji za profesorje, ki naj bi vodili pouk v šolah po programu PSSC. (Tudi profesorji, ki so bili določeni za jugoslovanski poskus, so se predhodno udeležili takega seminarja, na katerem so bili seznanjeni z vsem, kar je bilo potrebno za uspešno vodstvo tečaja.)

Šele po tej pripravi so začeli v ZDA s poskusi realizacije programa PSSC. Na podlagi izkušenj, ki so jih pridobili udeleženci tega poskusa, so nato izdelali analize in izboljševalne predloge, pri čemer so upoštevali pripombe okrog 600 profesorjev in učencev.

Poleg teh splošnih pripomb glede programa PSSC je treba posebej poudariti pomembnost Priročnika za profesorje v štirih knjigah, ki ga je izdelala skupina profesorjev z Illinoiske univerze in delovna skupina PSSC iz Cambridgea v Massachusettsu. V priročniku so natančna navodila o tem, kako naj se obravnava snov v učbeniku, ter fizikalne vaje in naloge; dalje je govora o uporabi filma ter o drugih splošnih in posebnih vprašanjih pouka po programu PSSC. Zelo velika škoda je, da priročnik ni preveden. Saj smo preizkus programa PSSC sprejeli prav zaradi tega, da bi se v našem pouku fizike po možnosti kaj izboljšalo. Znano je, da se je okrog 30 naših srednješolskih profesorjev ob zakjučku jugoslovanske preizkušnje leta 1965 udeležilo seminarja v Sarajevu.* Tudi zanje pomeni delo po opisanem programu brez tega priročnika skoraj nepremostljivo težavo.

---

* Iz Slovenije so se udeležili tega seminarja (od 6. 9. do 25. 9.) naslednji: Ivan Brecelj, gimnazija Koper, Franc Garb, gimnazija Ravne, Ivanka Habe, gimnazija Celje, Jože Karčnik, gimnazija Idrija in Franc Perne, gimnazija Nova Gorica (op. ur.).

To je nekaj pripomb glede organizacije in vsebine. Mislim pa, da tudi metodično didaktična stran programa PSSC ni bila dovolj proučena.

Metoda tako imenovanih »kratkih bliskov«, uporabljena v tem programu, je za nas nekaj novega in nam omogoča vpogled v skrivnosti narave, ki bi jih na kak drug način težko natančno opazovali; ta metoda pa pomeni tudi poskus integracije tehnike v pouk fizike (politehnizacija!). Pri realizaciji te metode sta potrebna stroboskop in fotoaparat, s tem pa je v vaje vključen tudi proces razvoja filma in izdelava fotografskih posnetkov. V jugoslovanski preizkušnji je bilo precej težav z uveljavitvijo te metode pri vajah.

Ne glede na upravičene pripombe na račun učbenika pa ima ta tudi nekaj dobrih lastnosti. V njem najdemo mnogo snovi za resno razmišljanje o izboljšavi pouka. Pri obravnavi snovi gre v globino in pri tem na široko uporablja grafike. Daje napotke za poglobitev študija in navaja zadevno literaturo. Nekaj te literature bom navedel:

1. N. Andrade da C, Sir Isaac Newton, Doubbleday Anchor Books, 1958,
2. E. Curie, Madame Curie, Doubbleday, 1949.
3. Laura Fermi, Atoms in the Family, University of Chicago Press, 1959,
4. N. H. Heatcote DE V, Nobel Prize Winners in Physics, Henry Schuman Co, 1953,
5. Bolton, Time Measurement, Van Nostrand, 1924,
6. Pter Hood, How Time is Measured, Oxford University Press, 1955,
7. Harold Lyons, »Atomic Clocks«, Scientific American, February, 1957,
8. Silvanus P. Thompson, Calculus Made Easy, Macmillan, 1944,
9. De Broglie Louis, Matter and Light, Norton, 1939,
10. Isaac Newton, Mathematical Principles of Natural Phylosophy in Sistem of the World, Florijan Cajori, 1947,
11. Gamow George, The Principle of Uncertainty, Scientific American, Januar, 1958,
12. Schrödinger Erwin, What is Matter?, Scientific American, September 1953,
13. Linus Pauling, General Chemistry, W. H. Fremen & Co, 1956,
14. Furry W. H., Purccell E. M., Street J. C., Physics for Science and Engineering Students, Blakiston, 1952 (Chapter 22),
15. Millikan R. A., Elektrons, Protons, Photons, Neutrons, Mesotrons and Cosmic Rays, University of Chicago Press, 1947, etc.

Tudi oprema za laboratorijske vaje je nekaj posebnega. Z materialne strani je zelo preprosta, dobro premišljena in poceni. Mnogo vaj lahko privzamemo tudi za naš »tradicionalni« pouk fizike. Seveda pa ima tudi slabe strani.

Po vsem tem lahko trdimo, da navdušenje, ki so ga pokazali za ta preizkus tisti, ki so pri njem sodelovali, ni bilo slučajno. Kljub temu pa je ocena Nacionalne komisije, ki je vodila organizacijo preizkusa, popolnoma upravičena, ne da bi hotela s tem izpodbijati pozitivne lastnosti tega programa. Pri tem je treba zlasti upoštevati dejstvo, da se v ZDA učijo fiziko v srednjih šolah le tisti učenci, ki si to sami izberejo (menda je takih okrog 30 %), to pa pomeni, da imajo tam selekcijo, kakršne pri nas ni. Zato res ne moremo učnih metod programa PSSC kar tako v celoti sprejeti, pač pa lahko precej tega koristno adaptiramo na naš pouk fizike.

Đorđe Basarić

OB UČNEM NAČRTU ZA FIZIKO V OSNOVNI ŠOLI

V zadnjem času je bilo veliko govora o tem, da učni načrt za fiziko v osnovni šoli ne ustreza. Je preveč sistematično suhoparen, prepodroben in preobširen. Razen tega ima fizika v sklopu drugih predmetov tudi svojo vzgojno vlogo, ki bi jo morali upoštevati, ko se pripravljamo na vsebinsko reformo naše šole. Velika škoda bi bila, ko bi zdaj dobili nove učbenike po starem neustreznem učnem načrtu. To bi spet v nedogled podaljšalo nenormalno stanje, kakršno danes vlada v našem osnovnem šolstvu in s katerim upravičeno nismo zadovoljni.

Z željo, da bi prispeval k razpravi o tem vprašanju, bom predstavil učni načrt za to stopnjo, kakršnega so sprejeli v Franciji ob uvedbi šolske reforme. Našemu 7. razredu osnovne šole ustreza francoski »quatrième«, v katerem tudi začno poučevati fiziko, kakor pri nas (v prejšnjih razredih je nekaj fizike vključene v predmet »sciences d'observation« — spoznavanje narave). Učni načrt za fiziko v tem razredu obsega naslednja poglavja iz mehanike in kalorike:

I. Različno stanje snovi, osnovna razdelitev
II. Voda
III. Zrak
IV. Teža telesa: vzmetna tehtnica
V. Sila: silomer
VI. Masa: tehtnica
VII. Tlak: manometer, barometer
VIII. Temperatura: termometer
IX. Množina toplote: kalorimeter
X. Spreminjanje agregatnega stanja

Našemu osmemu razredu osnovne šole ustreza francoski »troisième«. Učni načrt za ta razred obsega splošne pojme o delu in energiji ter elektriko, v katero je vključenih nekaj osnovnih pojmov o zgradbi atoma:

I. Pojem dela
II. Pojem moči
III. Pojem energije (mehanska in toplotna energija ter pretvarjanje; preprosti mehanski stroji, toplotni stroji, izkoristek, zakon o ohranitvi energije).
IV. Elektrika (električni tok, elektroliza, Ohmov zakon, moč in delo električnega toka, akumulator).
V. Magneti — trajni
VI. Magnetno polje tuljave (elektromagnet, medsebojni učinki tokovodnika in magneta, elektromotor, električni generator).

To je vsa fizika v obvezni šoli. Če ta učni načrt primerjamo z našim, vidimo, da je izpuščena vsa optika, nauk o zvoku, elektronika in jedrska fizika. Tega ne smatrajo za osnovno in je zato prihranjeno za višje razrede srednje šole. K temu je treba povedati še to, da je fizika združena s kemijo in da gornja tvarina zavzema približno dve tretjini celotne materije, za kar sta na razpolago 2 uri tedensko (celotnemu predmetu »fizike s kemijo« pripadajo 3 ure).

Francoska šolska reforma je očitno globoko zarezala. V obvezni šoli je ostalo le tisto, kar je bistveno in osnovno. Nadrobnosti, ki bi lahko zameglile bistvo, in vse, kar že sodi k specializaciji in ne spada nujno k splošni izobrazbi, pa so izvrgli iz učnega načrta za to stopnjo. Morda bi se ob tem tudi mi nekoliko zamislili, vsaj zdaj, ko se pripravljamo na vsebinsko reformo naše šole in se pripravljajo novi učbeniki!

Franc Kvaternik

PORAZDELITEV TOKA PO VODNIKU

Pri obravnavanju stacionarnega enosmernega toka po dolgih homogenih vodnikih ponavadi privzamemo, da je tok enakomerno porazdeljen po vsem preseku vodnika. Pri tem se ne brigamo za magnetno silo $\mathbf{F} = e\,\mathbf{v} \times \mathbf{B}$, ki deluje na gibajoče se naboje v magnetnem polju tega toka. Ta sestavek naj pokaže, do katere mere so te predpostavke upravičene.[1]

Med krajišči dolgega valjastega kovinskega prevodnika z radijem a pritisnemo enosmerno napetost. Prostor v notranjosti prevodnika obravnavamo kot vakuum ($\varepsilon = 1$, $\mu = 1$), v katerem je enakomerno porazdeljen nepremični pozitivni naboj z gostoto ϱ_+, skozenj pa se pretaka »elektronska tekočina« z gostoto naboja ϱ_-. V stacionarnem stanju teče po vodniku omenjena tekočina s hitrostjo v vzporedno z osjo vodnika, to je v nasprotni smeri električnega polja E_z zaradi pritisnjene napetosti.[2,3] Gostota toka po dolžini vodnika je konstantna; upoštevamo pa, da se utegne spreminjati z razdaljo r' od osi: $j = j\,(r')$. Zaradi toka je znotraj vodnika tangentno magnetno polje, katerega gostota je po izreku o magnetni napetosti[2]:*

$$B\,(r) = (\mu_0/r) \int_0^r r'\, j\,(r')\, dr' \,. \tag{1}$$

Na negativni naboj $\varrho_- dV$ deluje v tem polju sila

$$d\mathbf{F} = \varrho_-\, \mathbf{v} \times \mathbf{B}\, dV$$

proti sredi vodnika. Tok je vzporeden z osjo z, zato mora biti v vodniku še radialno električno polje, ki uravnovesi to magnetno silo:

$$E_r\,(r) = v\,B\,(r) = (v\,\mu_0/r) \int_0^r r'\, j\,(r')\, dr' \,. \tag{2}$$

Zaradi tega notranjost vodnika ne more biti električno nevtralna: električno polje E_r je lahko le posledica prebitka negativnega naboja v vodniku. Po Gaussovem zakonu mora biti:**

$$E_r\,(r) = (1/\varepsilon_0\, r) \int_0^r r'\, \varrho\,(r')\, dr' \tag{3}$$

kjer je $\varrho\,(r')$ gostota naboja. Zahteva po enakosti (2) in (3) da enačbo:

$$\int_0^r r'\, \varrho\,(r')\, dr' = (v/c)^2 \int_0^r r'\, j\,(r')\, dr' \tag{4}$$

ki povezuje gostoto naboja $\varrho\,(r')$ in gostoto toka $j\,(r')$. Tu smo vstavili hitrost svetlobe $c = (\varepsilon_0\, \mu_0)^{-1/2}$. Nadalje lahko zapišemo:

$$j\,(r') = \varrho_-\,(r')\, v \quad \text{in} \quad \varrho\,(r') = \varrho_+ + \varrho_-\,(r')$$

Enačba (4), ki mora biti izpolnjena za vsak r, se tedaj glasi:

$$\int_0^r r'\, \varrho_-\,(r')\, dr' = -\,(1 - v^2/c^2)^{-1} \int_0^r r'\, \varrho_+\, dr' \tag{4'}$$

---

* Velja namreč $\oint \mathbf{H}\, d\,\mathbf{s} = \int j dS$, iz tega dobimo $H \,.\, 2\,\pi\, r = \int j \,.\, 2\,\pi\, r'\, dr'$. Jakost magnetnega polja $\mathbf{H}$ izrazimo z gostoto $\mathbf{B} = \mu_0\, \mathbf{H}$ in dobimo zgornjo enačbo.

** Velja namreč $\int \varepsilon_0\, \mathbf{E}\, d\mathbf{S} = \int \varrho\, dV$. Na levi strani dobimo $\varepsilon_0\, ES$, ko vzamemo za zaprto ploskev S plašč valja z dolžino l, to je $2\,\pi rl$, na desni pa vstavimo $dV = 2\,\pi\, rl\, dr$.

Gostota pozitivnega naboja ϱ_+ je konstantna, zato je konstantna tudi gostota negativnega naboja ϱ_-:

$$\varrho_- = -\varrho_+ / (1 - v^2/c^2) \tag{5}$$

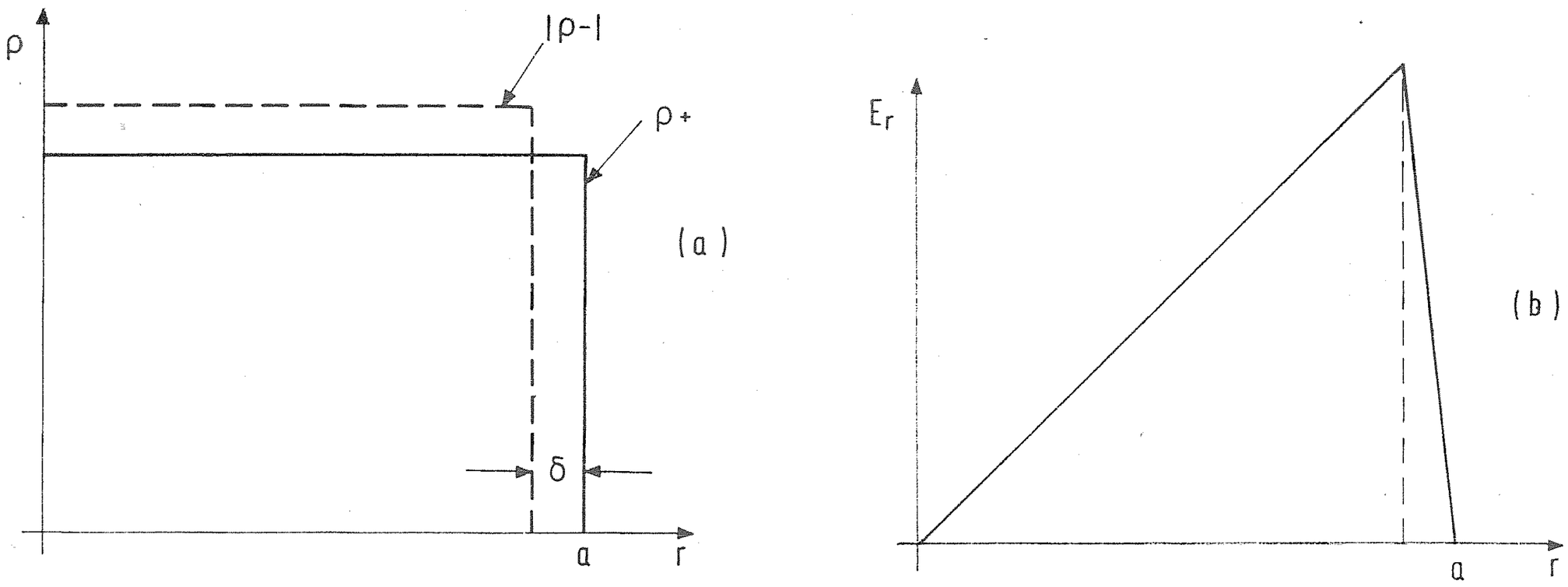
Gostota negativnega naboja je torej večja kot gostota pozitivnega naboja. Vodnik je navzven še vedno električno nevtralen. Ker se mora ohraniti skupni naboj, pride do povečane gostote negativnega naboja v vodniku tako, da preide nekaj elektronske tekočine od plašča proti sredi vodnika. Ob robu ostane zato tanka plast brez negativnega naboja. Debelino te plasti δ dobimo iz zahteve po nevtralnosti vodnika:*

$$\delta = \tfrac{1}{2}\, a\, (v/c)^2 \tag{6}$$

Za jakost radialnega električnega polja dobimo po enačbi (3):

$$E_r\,(r) = \varrho_-\,(v/c)^2\, r/2\,\varepsilon_0\,.$$

To je približno enako tudi $\varrho_+\,(v/c)^2\, r/2\,\varepsilon_0$. Polje je najmočnejše pri $r = a - \delta$, v plasti z debelino δ pa pade enakomerno do 0. Porazdelitev pozitivnega in negativnega naboja in potek radialnega električnega polja v vodniku kaže sl. 1.



Sl. 1. Gostota pozitivnega in negativnega naboja v vodniku s tokom (a) in jakost radialnega električnega polja v notranjosti vodnika s tokom (b)

Napravimo nekaj ocen za velikost izračunanih količin! Po bakrenih žicah se pretakajo pri gostoti toka 10 A/mm² elektroni s hitrostjo okoli 0,7 mm/s. Pri 1 cm debeli žici je tedaj debelina plasti $\delta = 3.10^{-24}$ cm. Za primerjavo povejmo, da meri pri 300 °K poprečna prosta pot elektronov v bakru okoli 3.10^{-6} cm, klasični radij elektrona pa je $2{,}8.10^{-13}$ cm. Jakost radialnega električnega polja ob robu vodnika meri $4{,}6.10^{-15}$ V/m, medtem ko ima vzdolžno električno polje jakost 0,18 V/m. Prečno električno polje je torej neznatno in popolnoma nemerljivo. Veliko izrazitejši je ta pojav pri električnem toku po plazmi, v kateri ni nepremičnih pozitivnih nabojev.

Poglejmo še, kako opiše te pojave opazovalec, ki se giblje s hitrostjo v skupaj s tokom negativnega naboja. Ta opazovalec ugotovi magnetno polje

---

* Iz zahteve $\int \varrho_+\, dV = -\int \varrho_-\, dV$ sledi enačba $\varrho_+\, \pi\, a^2\, l = -\varrho_-\, \pi\, (a-\delta)^2\, l$, v kateri smo za radij meje negativnega naboja vstavili $a - \delta$. Iz tega dobimo po zanemaritvi člena z δ^2

$$\delta = \tfrac{1}{2}\, a\, (1 - \varrho_+/(-\varrho_-))\,.$$

Po enačbi (5) pa je $1 - \varrho_+\,(-\varrho_-) = v^2/c^2$.

toka pozitivnih nabojev, ki se gibljejo s hitrostjo $-v$ in električno polje E_z v smeri z. Gostota pozitivnega naboja je v njegovem sistemu[4] $\varrho_+' = \gamma \varrho_+$, če je $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$, gostota negativnega naboja pa je po enačbi (5) $\varrho_- = -\gamma^2 \varrho_+$ in je tej nasprotno enaka: $\varrho_-' = \varrho_-/\gamma = -\gamma\varrho_+ = -\varrho_+'$. Znotraj radija $a - \delta$ za tega opazovalca ni prebitka naboja in zato tudi ni radialnega električnega polja. To potrjuje pravilnost prejšnjega računa, saj negativni naboj za gibajočega se opazovalca miruje in mora biti po Newtonovem zakonu vsota sil, ki delujejo nanj, enaka nič. Silo eE_z uravnoveša »viskoznost«, magnetne sile pa ni, ker naboj miruje. V plasti z debelino δ ob plašču vodnika pa sta gostoti nabojev $\varrho_-' = 0$ in $\varrho_+' = \gamma\varrho_+$. V celoti izmeri gibajoči se opazovalec prebitek pozitivnega naboja $e = 2\pi a \delta \gamma \varrho_+$ na meter vodnika. Zaradi tega je v okolici vodnika radialno električno polje z jakostjo $E' = \varrho_+ a^2 \gamma (v/c)^2/(2\varepsilon_0 R)$. Pri tem je R razdalja od srede vodnika.

Marjan Hribar

LITERATURA

[1] M. A. Matzek, B. R. Russell: On the Transverse Electric Field within Conductor Carrying a Steady Current, Am. J. Phys. **36**, 905 (1968).

[2] J. Strnad: Uvod v fiziko, Ljubljana (Univerzitetna založba), 1969, str. 469.

[3] B. R. Russell: Surface Charges on Conductors Carrying Steady Currents, Am. J. Phys. **36**, 527 (1968).

[4] R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands: The Feynman Leytures on Physics, Vol. 2, New York (Addison-Wesley), 1964.

DOMAČE VESTI

21. REDNI OBČNI ZBOR DRUŠTVA MATEMATIKOV, FIZIKOV IN ASTRONOMOV SR SLOVENIJE

V dneh 20. in 21. marca 1970 je bil v Novi Gorici letni občni zbor z dodatnim sporedom. Prireditelji, kolegi z novogoriške gimnazije (profesorja F. Perne in A. Kuštrin), so nam pripravili zanimiv program, ki se je odvijal brez zastoja. Takoj po formalni priglasitvi na gimnaziji v Novi Gorici, smo si ogledali Kostanjevico, kjer so v cerkveni grobnici sarkofagi poslednjih Bourbonov, med katerimi je tudi francoski kralj Charles X. V samostanski knjižnici pa hranijo številne inkunabile. Od tod je bil lep razgled na Staro Gorico. Direktor goriškega muzeja nam je posredoval nekaj zanimivih podatkov iz zgodovine in geografije mesta in bližnje okolice. Ob 17. uri nas je sprejel predsednik občinske skupščine Nova Gorica v prostorih uprave, kjer je v prijetnem vzdušju stekla beseda v prvi vrsti o problemih novega in modernega mesta, najmlajšega v Sloveniji, in pa še o čem.

Ob 19.30 se je v veliki razpravni dvorani sodišča pričel ploden debatni večer. Udeležilo se ga je okrog 100 članov društva, med katerimi je bilo opaziti predstavnike skoraj vseh institucij in šolskih centrov. Debatni večer je uspešno vodil dr. F. Dominko. Predvidene teme debatnega večera so bile: Sodobni eksperimentalni pouk fizike, Problemi študijskega izpopolnjevanja in Poživitev zanimanja za matematiko in fiziko.

V več kot triurni debati smo uspeli obdelati le eno od navedenih treh tem, to je problem študijskega izpopolnjevanja. Debatni večer je začel dr. Dominko, nato pa je F. Perne ustregel naši želji in nas na kratko informiral o stanju šolstva v novogoriški občini ter o problematiki povojnega razvoja osrednje šolske ustanove — gimnazije. Zvedeli smo, da je tu več drugih srednjih šol in osemletk. Pri vseh pa je najbolj pereč problem pomanjkanje strokovnih kadrov, prav posebno še za pouk fizike.

V zadnjem času se na raznih forumih obsežno obravnava kadrovsko vprašanje v šolstvu, ki je prav v okviru matematike in fizike postalo najbolj kritično. Zato je razumljivo, da je bilo to vprašanje ključno in smo mu odmerili dobršen del debatnega večera. Vzporedno s problemom smo obravnavali tudi vprašanje študijskega izpopolnjevanja. Uvodoma nas je S. Uršič seznanil z dokaj kritično kadrovsko problematiko srednjih šol in še prav posebno osnovnih šol, predvsem v predelih izven večjih mest. Tako je znano, da je v osnovnih šolah pri naših predmetih le 36 % strokovno zasedenih učnih ur, kjer je še na najboljšem območje Nove Gorice z dvotretjinsko zasedbo in na najslabšem Prekmurje z le 8 % strokovno zasedbo. V srednjih šolah je stanje nekoliko boljše, saj uči matematiko, fiziko in astronomijo strokovno usposobljen kader v 58,3 % učnih ur. Če upoštevamo še 15,8 % ur, kjer učijo predmetni učitelji z dolgim učnim stažem oz. absolventi matematike, ki bodo po večini v kratkem diplomirali, ugotovimo, da je 74,1 % vseh ur strokovno zasedenih. Gimnazije so znatno na boljšem, saj je le 5,6 % nestrokovno zasedenih ur (75,4 % profesorji in 19,0 % predmetni učitelji), precej na slabšem so tehniške šole, kjer je le 75,6 % strokovno zasedenih ur. Poklicne šole pa imajo le 44,4 % strokovno zasedenih ur (profesorji 27,2 % in predmetni učitelji 17,2 %). Ker pa so skoraj vsi učitelji znatno prekomerno obremenjeni, so

potrebe po kadrih občutne. Tako trenutno manjka v Sloveniji več kot 100 učiteljev v srednjih šolah. Za osnovno šolo pa bo po predvidevanjih za leto 1972 še vedno tretjina učnih mest nestrokovno zasedenih. Vse kaže, da se bo stanje v prihodnje samo še slabšalo, če ne bomo znali problemov prijeti drugače kot doslej, posebno zato, ker potrebe po matematikih in fizikih rastejo. Zato se upravičeno nadejamo, da bo kritično stanje pomanjkanja teh kadrov nastopilo šele čez čas.

V razpravo je poseglo veliko število diskutantov. Dr. I. Kuščer je podal več predlogov za rešitev navedene problematike. Razprava je dalje pokazala, da bomo največ naredili, če bomo dali prosvetnim delavcem ustrezno mesto v družbi. Le tako lahko pričakujemo večje zanimanje mladine za ta poklic. Vzporedno je treba intenzivno urejati tudi strokovno izpopolnjevanje. O tem piše pravilnik o strokovnem izpopolnjevanju (Uradni list SRS, št. 39/1968), po katerem naj bi vsak učitelj vsaj na vsakih pet let posečal izpopolnjevalni tečaj. Ker v navedenem pravilniku ni natančnejših določil, je del nalog tega izpopolnjevanja prenesen tudi na strokovno društvo, predvsem pri uresničevanju programa. Letos se predvideva obvezen seminar le za učitelje osnovnih šol v sodelovanju univerze in pedagoške akademije z njunim strokovnim kadrom. Udeleženci zbora pa so predvsem kritizirali predvideno število ur. Teh ur je za strokovno izpopolnjevanje odločno premalo, saj bi to moral biti trajen in sistematičen proces.

Vzporedno je treba urejati strokovno izpopolnjevanje na stopnji podiplomskega študija, tj. magisterija oz. specializacije, in s tečaji o novejših dosežkih, pomembnih za srednje šole, ter o aktualnih področjih. To izpopolnjevanje pa mora temeljiti na interesu učitelja in ne na pritisku prosvetnih organov administrativne narave. To pa bi lahko dosegli z dobro stimulacijo učiteljev, ki so bili pri strokovnem izobraževanju uspešni. Morda bi kazalo uvesti določeno kategorizacijo delovnih mest z ustreznimi nazivi, kjer bi odločala le kvaliteta in uspeh pri študijskem izpopolnjevanju. Znano je, da je to eno redkih področij družbenih služb, kjer ni vpeljano napredovanje, kar destimulativno vpliva na učitelja, zlasti če je pri svojem delu in izpopolnjevanju dosegel nadpoprečen uspeh.

Poseben primer so učitelji osnovnih šol, ki uče naše predmete in nimajo strokovne izobrazbe. Mnogi med njimi so študentje pedagoške akademije, vendar zaradi preobremenjenosti na delovnem mestu študije zanemarjajo. Društvo se mora zavzemati, da ti dobijo za opravljanje izpitov študijske dopuste. Le tako bodo do določenega roka ugodili zakonskim predpisom o strokovni usposobljenosti.

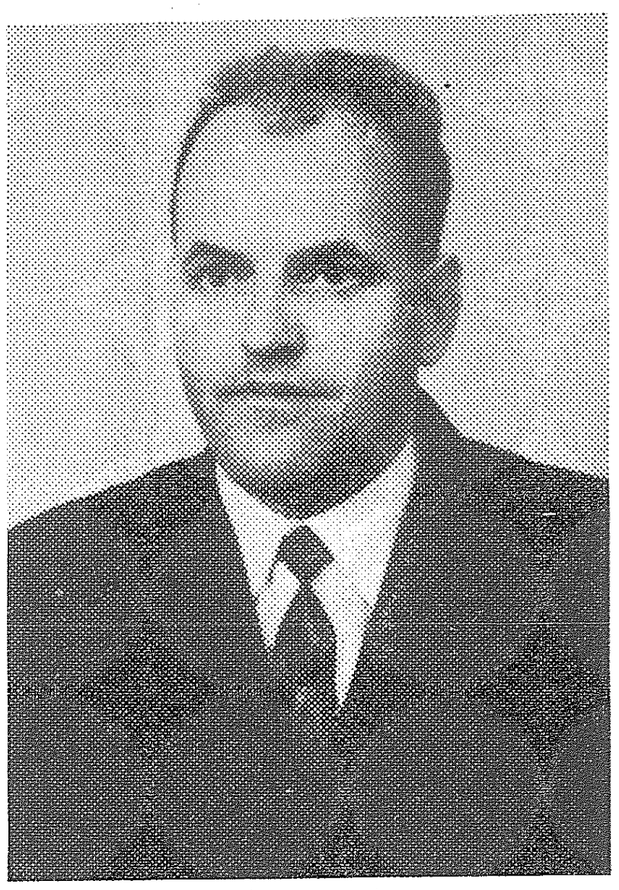
Če želimo pereča kadrovska vprašanja uspešno rešiti, moramo delovati v dveh smereh. Povečati moramo število študentov na študijskih skupinah matematike in fizike, tako da vzbudimo večje zanimanje za ta poklic in da preprečimo osip že vpisanih študentov. Pri rešitvi prve naloge bi lahko odigrala visoka šola pomembno vlogo, tako da bi se tesneje povezovala s srednjo šolo. Predavatelji univerze bi lahko vzbudili s svojimi obiski na gimnazijah več interesa za ta poklic pri mladih. Hkrati pa bi predavatelji srednjih šol ob primerno urejenem študijskem centru z zbrano strokovno literaturo (v prvi vrsti pedagoško) in primernim izborom učil pri fakulteti našli rešitve za svoje strokovne probleme. Tudi dober sistem štipendiranja študentov matematike in fizike bi lahko pripomogel k boljšemu stanju. Študentom, zlasti tistim, ki

so vpisani v prvi letnik, pa bi morali preskrbeti večjo individualno pomoč pri njihovem študiju, seveda z dodelitvijo primernega števila asistentov.

Celotna problematika zahteva še nadaljnje intenzivno sodelovanje univerze, zavoda za šolstvo in našega društva. Ker so okrog društva zbrani strokovnjaki iz vseh navedenih institucij in seveda tudi drugih, bo društvo moralo odigrati pomembno vlogo, zlasti ko bomo razpravljali o podrobnem programu strokovnega izpopolnjevanja.

Obširno smo razpravljali tudi o strokovni literaturi in o učbenikih. Ugotovili smo, da je predavateljem po šolah na voljo odločno premalo tuje strokovne literature. Društvo bi moralo preko Obzornika sugerirati članom društva, katera literatura je najustreznejša in kako priti do nje. Vsak šolski kolektiv, pri boljših osebnih dohodkih učiteljev pa tudi vsak učitelj, bi moral biti naročnik primerne strokovne periodike. Društvo bi moralo oskrbeti prevode pomembnejših preglednih člankov v Obzorniku. Zbor je ugodno ocenil izdajo društvenih publikacij v zbirki Sigma in drugih pripomočkov — skript. Posebno pozornost pa moramo posvetiti prav učbenikom. Pri izdelavi učbenikov moramo dati prednost teamskemu pisanju pred individualnim z možnostjo sodelovanja s strokovnjaki z raznih področij. Spremeniti bi se moral tudi način razpisovanja učnih knjig in priročnikov. Neugodno je, da piše več avtorjev isti učbenik ločeno in le eden ob razpisu uspe, pri tem pa še nekateri morda najsposobnejši pisci izostanejo, ker so se ustrašili neznane konkurence ali pa naglice, s katero bi morali učbenike napisati zaradi nemogočih rokov. Predhodno bi morali ugotoviti na kakršenkoli način, kateri avtorji oz. avtor bi lahko pripravili najkvalitetnejši učbenik. Izbrani avtor pa bi moral dobiti študijski dopust. Le tako lahko v bodoče pridemo do res kvalitetnih, metodično neoporečnih in uporabnih učbenikov, sicer pa je bolje, da našim razmeram priredimo ustrezen prevod.

Na posvetovanju se je utrnila tudi misel, da so fiziki srednjih šol s polno obveznostjo preobremenjeni v primerjavi s predavatelji drugih predmetov. Fizikalne vaje in demonstracije zahtevajo veliko časa za priprave. Zato bi morale šole dobiti predloge od strokovnih služb, kolika je njihova obveznost. Ni prav to prepuščati šolskim kolektivom, da urejajo v okviru svojih samoupravnih pravic oz. to nalagajo učiteljem fizike, da si to znižanje učnih ur mukoma pribore. Zato je pri večini šol ta problem nerešen.



Zaradi pomanjkanja časa se ni razvila razprava v okviru teme Poživitev zanimanja za matematiko in fiziko. Temo Sodobni eksperimentalni pouk pa bomo obravnavali na prvem sestanku aktiva v mesecu aprilu, ko bo razgovor vodil dr. A. Moljk.

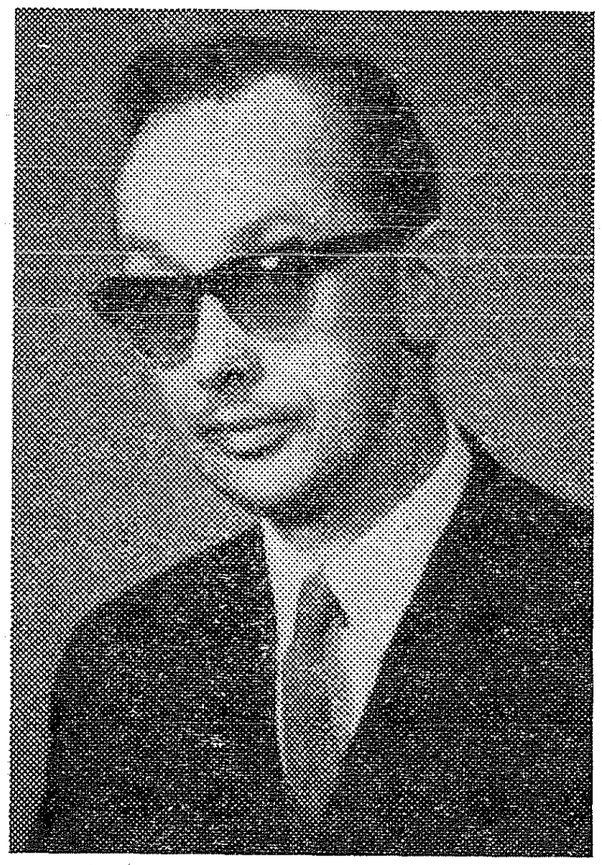
Občni zbor je pričel z delom kmalu po 8. uri prav tam, kjer je bil debatni večer. Odprl ga je predsednik dr. J. Grasselli in predlagal delovno predsedstvo s predsednikom dr. N. Prijateljem na čelu, ki je imel pri usmerjanju razgibane razprave polne roke dela. Po kratkem molku v spomin na preminula člana društva prof. F. Černetiča in prof. M. Kastelica je zbor sprejel predlagani dnevni red.

Prva točka so bila poročila odbornikov in predsednikov podružnic o delu v preteklem letu. Kratek pregled opravljenega dela je podal predsednik dr. Grasselli. Nato je tajnik A. Kregar poročal o dejavnosti odbora društva, o težavah, ki so nastajale med letom zaradi izmenjave kar petih odbornikov. Poročal je tudi, da je društvo dobilo v uporabo sobo v prostorih IMFM, Jadranska 26, kar lahko v bodoče ugodno vpliva na dejavnost društva.

Sledilo je finančno poročilo blagajnika I. Snojeve, ki je presenetilo z visokimi številkami:

	Saldo 1969 — februar Ndin	Dohodki v l. 1969 Ndin	Izdatki v l. 1969 Ndin	Saldo 1970 — marec Ndin
Sklad Borisa Kidriča	30 961,37	6 000,00	18 312,95	18 648,42
Sklad za pospeševanje založništva	— 7 873,25	42 000,00	38 430,00	— 4 303,25
Rep. izobraževalna skupnost	—	35 000,00	30 232,50	4 767,50
Lastni dohodki in izdatki	—	80 040,45	80 040,45	—
Skupaj	23 088,12	163 040,45	167 015,90	19 112,67

Tehnični urednik Obzornika F. Kvaternik in pred mesecem v odbor kooptirani vodja uprave V. Sladič sta poročala, da je izšel XVI. letnik Obzornika. V zamenjavo za Obzornik smo dobili 60 revij. V novem poslovnem letu se moramo zavzeti, da finančni problem Obzornika trajno rešimo.



O delu aktiva je spregovoril D. Modic, vodja sekcije za matematično fizikalne aktive za srednje šole. Bilo je 6 sestankov s predavanji dr. P. Gosarja (Fizika ledu), dr. Marinkoviča (Elektronska mikroskopija), dr. Pahorja (Fluorescentni izkoristki), dr. Vakslja (Van de Graaffov generator in jedrske raziskave) in dr. Zupančiča (Nuklearna magnetna resonanca). Po predavanjih je bil ogled nekaterih laboratorijev inštituta J. Stefan. Na posebnem sestanku je aktiv obravnaval 7. člen pravilnika o ocenjevanju učencev, po katerem se naloge razveljavijo, če je tretjina dijakov ocenjena nezadostno. Aktiv je zahteval ustrezno spremembo tega člena, s čimer je bil seznanjen tudi svet za kulturo in prosveto. Aktiv je razpravljal še o minimalnem učnem načrtu za matematiko; o tem pa se je govorilo tudi na razgovorih v času seminarja iz matematike od 2. do 4. februarja (popoldanski program). Izdali smo tudi zbirko maturitetnih nalog.

Sledilo je poročilo sekcije za popularizacijo matematike in poročilo vodje sekcije za popularizacijo fizike T. Škulja. Obe poročili je Obzornik že objavil.

V poročilu vodje sekcije za matematično fizikalne aktive za osnovne šole P. Zajca smo slišali, da se sekcija intenzivno ukvarja s pravilnikom o podelitvi Vegovih znakov pri tekmovanju iz matematike za osnovne šole. Predlagane so tri oblike: šolsko tekmovanje (bronasti), občinsko tekmovanje (srebrni) in republiško tekmovanje (zlati Vegov znak). Sekcija ima v načrtu pripraviti zbirko zahtevnejših nalog za osnovne šole in jih na primeren način posredovati mladini.

Tehnični urednik zbirke Sigma C. Velkovrh je poročal, da so izšle naslednje knjige: J. Strnad, Kvantna fizika; A. Vadnal, Funkcije I; N. Prijatelj, Uvod v matematično logiko; J. Strnad, Relativnost; J. Pucelj, Neevklidična geometrija. Knjižna zaloga se je v tem letu zmanjšala za 1800 knjig. Na pobudo aktiva so bila izdana tudi skripta, ki so bila v najkrajšem času razprodana: Zbirka nalog za III. razred gimnazije (3000 izvodov); I. Štalec, Zbirka nalog za II. razred gimnazije (ponatis — 1500 izvodov); I. Štalec, Zbirka nalog za I. razred gimnazije (ponatis — 1700 izvodov); F. Avsec-M. Prosen, Astronomija za srednje šole (3200 izvodov). Program za prihodnje leto obsega več novih publikacij.

Sledilo je poročilo o seminarju Grupe v geometriji in fiziki, ki je bil v februarju mesecu. Jedro seminarja so tvorila predavanja: Osnovni pojmi teorije grup (dr. N. Prijatelj), Grupe v geometriji (dr. I. Vidav) in Grupe v fiziki (dr. F. Križanič). Seminarja se je udeležilo čez sto poslušalcev. Predavanja dr. I. Vidava smo izdali v posebni knjižici, ki so jo dobili na občnem zboru prisotni člani društva brezplačno.

Tudi bibliografska sekcija je delovala po svojem programu, prav tako terminološka sekcija, ki se je večkrat sestala na delovnih sestankih, o čemer je poročal M. Prosen.

Nato smo poslušali še poročila podružnic v Mariboru, Celju in Novem mestu. V Mariboru so pripravili nekaj predavanj za srednješolce: Osnove teorije množic (I. Burger), Grupa, kolobar in polje (J. Lep, ki je pripravil tudi ustrezna skripta), Linearna transformacija (M. Kac), Nekaj o fiziki vesoljskih poletov, Intermetalni polprevodniki in Hallov efekt ter Nevidna svetloba v znanosti in tehniki (L. Črepinšek). Predavanja so trajala po 8 ur. V okviru strokovnega izpopolnjevanja so organizirali ekskurzijo v Ravne ter predavanji prof. Jakhla in prof. Lepa.

Pred tremi tedni pa je pričela s svojim delom celjska podružnica z ustanovnim občnim zborom. Imeli so že eno predavanje O številskih sistemih (N. Šilc). Za predsednika podružnice je bil izvoljen I. Kapš, za tajnika pa J. Dolinšek.

V Novem mestu se je sestal šele iniciativni odbor in si zastavil svoj delovni program.

S tem so bila poročila izčrpana. V naslednji točki je bila razprava o poročilih. Dr. A. Moljk je poudaril potrebo sodelovanja našega društva z društvi drugih republik, z zveznim društvom in mednarodnimi društvi. Danes si ne moremo misliti uspešnega razvoja brez sodelovanja s strokovnjaki in institucijami izven ožje domovine. Ker sami nimamo tovrstnih povezav, je najpripravnejša pot preko zveze, ki ji je prav sodelovanje z inozemstvom osnovna naloga. Sicer pa je prevladovalo mnenje, da je zvezo premalo čutiti. Tudi stiki z drugimi društvi so neznatni, morda so nekoliko boljši le z DMF SR Hrvatske. Z njimi smo se sestali na Otočcu.

Društvo je tudi slabo povezano s Prirodoslovnim društvom Slovenije. Te odnose bi morali poživiti. Mnogo aktivneje pa je društvo sodelovalo z odsekom za matematiko in z odsekom za fiziko pri FNT, z inštitutom J. Stefan ter z zavodom za šolstvo. Brez tega sodelovanja bi bile večje akcije društva nemogoče.

Občni zbor je razpravljal tudi o tem, da bi Slovenija eventualno kandidirala kot prireditelj naslednjega, VI. kongresa matematikov, fizikov in astronomov Jugoslavije. Plenum V. kongresa letos v Ohridu bo odločal o tem. Če bi kongres organiziralo naše društvo, bi bila to velika naloga, ki bi zahtevala velika finančna sredstva in mnogo truda. Kazalo bi spremeniti tudi osnovni koncept kongresa, tako da bi bilo težišče na daljših preglednih predavanjih priznanih strokovnjakov in ne tako kot doslej na kratkih originalnih in ozko specializiranih informacijah v prvi vrsti domačih znanstvenikov.

Razpravo o poročilih je zaključil dr. Dominko, ko je poudaril, da posvečamo mnogo premalo pozornosti vzgojiteljevi osebnosti, saj je to v svetu prav gotovo osnovna vrednota učitelja. Naše vzgojne ustanove pa skrbe le za strokovnost, kar velja za gimnazije in fakulteto.

Tudi letos se je upravni odbor odločil podeliti nagrade profesorjem kot priznanje za uspešno delo z dijaki. Nagrade so dobili: Ivanka Habe, prof. matematike na gimnaziji Celje za uspeh pri delu z dijaki in postavitvi fizikalnih vaj (poročevalec D. Modic). Dušan Modic, prof. matematike na gimnaziji Novo mesto za delo pri fizikalnih vajah in z dijaki (poročevalec C. Velkovrh). Branko Roblek, nekdanji prof. gimnazije Škofja Loka za astronomski, fizikalni in matematični krožek in za delo pri ureditvi male ljudske zvezdarne (poročevalec M. Prosen). Pavle Zajc, predmetni učitelj matematike in fizike na šoli Majde Vrhovnik za vrsto krožkov na šoli in za vsesplošno delovanje pri popularizaciji matematike in fizike v osnovni šoli (poročevalec A. Kregar). Čestitki predsedujočega in predsednika društva se je pridružil celotni zbor.

V naslednji točki po poročilu predsednika nadzornega odbora F. Plevnika je stari odbor dobil razrešnico. Sledile so volitve novega odbora. Za predsednika je bil soglasno izvoljen dr. Peter Gosar, za podpredsednika dr. Rajko Jamnik, za tajnika Aleksander Kregar, za blagajnika pa Irena Snoj.

Drugi odborniki so:
Tehnični urednik Obzornika Franc Kvaternik;
vodja uprave Obzornika Viljem Sladič;
vodja sekcije za matematično fizikalne aktive za srednje šole Dušan Modic;
vodja sekcije za popularizacijo matematike Stane Pirnat;
vodja sekcije za popularizacijo fizike Tomo Škulj;
tehnični urednik zbirke Sigma Ciril Velkovrh;
vodja sekcije za matematično-fizikalne aktive za osnovne šole Pavel Zajc;
vodja sekcije za znanstveno dejavnost dr. Anton Moljk;
vodja sekcije za bibliografijo Jože Povšič;
vodja terminološke sekcije za matematiko dr. Alojzij Vadnal;
vodja terminološke sekcije za astronomijo Marjan Prosen.
Zastopnik društva v Prirodoslovnem društvu bo dr. Alojzij Vadnal.
Nadzorni odbor sestavljajo: France Plevnik, Niko Benkovič in Rado Torkar.
Častno razsodišče sestavljajo: France Ahlin, France Bezjak in dr. Ivan Vidav.
Zastopniki večjih krajev v Sloveniji so:
Celje — predsednik Ivan Kapš in tajnik Jožica Dolinšek;

Koper — Bogomila Kolenko;
Kranj — France Avsec;
Maribor — predsednik France Bezjak in tajnik Marija Munda;
Nova Gorica — France Perne;
Novo mesto — Dušan Modic, predsednik iniciativnega odbora.

Uredniški odbor Obzornika in uredniški odbor Sigme se nista spremenila.

Tudi odbor za vodenje matematično-fizikalnih aktivov je tak, kot je bil v lanskem letu.

Predstavnika DMFA SRS v plenumu Društva matematikov, fizikov in astronomov po V. kongresu bosta dr. Niko Prijatelj in dr. Anton Moljk.

Tudi v zvezi s točko Razno se je priglasilo več diskutantov. Glavne misli so že zapisane v gornjem poročilu. Omenimo naj še zahtevo zbora, da je potrebno takoj urediti seznam članov našega društva in ga objaviti v Obzorniku.

Po občnem zboru smo si ogledali nekatere kabinete in učilnice sodobne novogoriške gimnazije, kjer je čutiti resna prizadevanja učnega kadra. Hkrati se je odvijala odbojkarska tekma med Slovenijo in Ljubljano (3:0), katerih moštvi so sestavljali profesorji obeh predmetov. Ob 13.30 smo se odpeljali v Staro Gorico, kjer smo si ogledali zanimiv starogoriški grad in italijansko srednjo šolo, žal take stroke, da v zvezi z našimi predmeti ni bila zanimiva.

Zdi se, da je bil občni zbor v Novi Gorici s celotnim programom in razpravo uspešen in je še poglobil kolegialne vezi med člani društva, za kar imajo vse zasluge prireditelji kolegi z gimnazije Nova Gorica, katerim se najlepše zahvaljujemo za prijetno doživetje. Hkrati smo dolžni posebno zahvalo predsedniku občine Rudiju Šimacu, direktorju gimnazije Marjanu Urbančiču in prof. Branku Marušiču.

Aleksander Kregar in Albina Rebolj

STRUKTURA UČITELJEV MATEMATIKE IN FIZIKE V SLOVENIJI

Analiza učiteljev matematike in fizike na osnovnih in srednjih šolah v Sloveniji v šolskem letu 1969/70 je pokazala, da je kadrovsko stanje več kot zaskrbljujoče, ker je primanjkljaj učiteljev matematike in fizike zelo velik, redni dotok pa ne daje upanja, da se bo v prihodnjih letih izboljšala kvalifikacijska struktura. Poglejmo, kakšno je številčno stanje na šolah v Sloveniji:

V 1. koloni so naštete skupine občin, kjer so osnovne šole, pri srednjih šolah pa je vpisana vrsta srednje šole;
v 2. koloni je število šol;
v 3. koloni je število vseh ur matematike in fizike;
v 4. koloni je število kvalificiranih učiteljev;
v 5. koloni je število ur, kjer poučujejo kvalificirani učitelji;
v 6. koloni je število nekvalificiranih učiteljev;
v 7. koloni je število manjkajočih učiteljev in
v 8. koloni je odstotek strokovno zasedenih učnih ur matematike in fizike.

V spodnji preglednici so razdeljene vse popolne osnovne šole na 21 enot, in sicer tako kakor so organizirani aktivi za matematiko in fiziko v Sloveniji, razen za Ljubljano in Maribor, kjer so vse mestne občine združene v celoto.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1. Celje, Laško, Slovenske Konjice	18	936	15	338	37	27	36 %
2. Šentjur, Šmarje	20	546	6	119	37	18	22 %
3. Mozirje, Velenje, Žalec	17	835	15	340	33	22	41 %
4. Dravograd, Radlje, Ravne, Sl. Gradec	18	725	15	361	23	18	50 %
5. Il. Bistrica, Postojna, Sežana	15	691	11	212	36	20	31 %
6. Izola, Koper, Piran	13	688	12	302	25	19	44 %
7. Jesenice, Radovljica	12	737	11	236	28	11	32 %
8. Kranj, Škofja Loka, Tržič	17	936	25	468	33	20	50 %
9. Idrija, Logatec, Vrhnika	9	489	7	128	19	15	26 %
10. Grosuplje, Kočevje, Ribnica	12	711	8	208	25	24	29 %
11. Hrastnik, Litija, Trbovlje, Zagorje	10	759	9	220	30	24	29 %
12. Domžale, Kamnik	12	652	12	281	23	17	43 %
13. Ljubljana	42	2725	68	1426	79	54	52 %
14. Maribor	38	1471	34	640	66	37	43 %
15. Slovenska Bistrica, Lenart	15	493	6	125	23	17	25 %
16. Ormož, Ptuj	26	1006	11	311	47	33	31 %
17. Gornja Radgona, Ljutomer	14	451	1	20	31	18	4 %
18. Lendava, Murska Sobota	29	1005	5	120	53	41	12 %
19. Nova Gorica, Tolmin, Ajdovščina	22	1058	23	595	29	23	56 %
20. Brežice, Krško, Sevnica	23	836	8	194	37	30	23 %
21. Črnomelj, Metlika, Trebnje, N. mesto	27	1072	18	355	41	31	33 %
Skupaj osnovne šole	409	19044	322	7050	768	539	37 %

Najslabše je stanje v Prekmurju, in sicer na področju Ljutomera in Gornje Radgone, kjer je le en predmetni učitelj matematike in fizike in kjer je le 4 % učnih ur matematike in fizike strokovno zasedenih. Najboljše pa je na področju občin Nova Gorica, Tolmin, Ajdovščina, kjer je 56 % vseh ur matematike in fizike strokovno zasedenih.

Naslednja razpredelnica nam prikaže stanje v srednjih šolah:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Gimnazije	38	3191	111	2406	44	31	76 %
Tehniške in njim ustrezne šole	33	1497	56	1065	40	26	72 %
Šolski centri	42	1597	23	434	85	43	27 %
Poklicne šole	30	414	1	3	37	11	1 %
Skupaj srednje šole	143	6699	191	3908	196	111	59 %

Pri gimnazijah sta všteti obe vzgojiteljski šoli. Med tehniške in njim ustrezne šole štejemo vse štiriletne srednje šole. V šolskih centrih so zajete raznovrstne strokovne šole, in sicer tehniške in njim ustrezne šole, pa tudi poklicne šole. V zadnji skupini so samostojne poklicne šole, ki niso zajete v centrih.

Največ strokovno usposobljenega kadra je na gimnazijah (76 %) in na tehniških šolah (72 %). Če upoštevamo, da so na teh šolah med nekvalificiranimi učitelji šteti tudi predmetni učitelji matematike, ki že dolgo let učijo na srednji šoli, ter absolventi oddelka za matematiko in fiziko, torej učitelji, ki bodo predvidoma kmalu diplomirali, potem se odstotek kvalificiranih učiteljev zviša na skoraj 95 %. Ni pa tako v šolskih centrih in še manj na poklicnih šolah. Na 30 poklicnih šolah imamo samo enega učitelja z visoko izobrazbo, ki je predvidena za učitelje srednjih šol, in še ta uči svoj predmet le tri ure tedensko.

Na vseh srednjih šolah v Sloveniji bi moralo biti 291 stalnih učiteljev matematike in fizike. Pri tem se upošteva učiteljeva učna obveznost 22 tedenskih učnih ur pouka. Na šolah, kjer je manj kot 12 tedenskih učnih ur pouka matematike in fizike, ni bil predviden poseben učitelj. Te ure naj bi tudi v bodoče imeli učitelji — honorarci — drugih šol.

Trenutno torej manjka na osnovnih šolah 539 učiteljev matematike in fizike z diplomo višje šole ali prve stopnje na fakulteti, na srednjih šolah pa 111 učiteljev matematike in fizike z diplomo druge stopnje na fakulteti, če hočemo razbremeniti tiste učitelje, ki so preobremenjeni z nadurami in zamenjati tiste, ki nimajo ustrezne strokovne izobrazbe.

Kakšen je bil vpis in koliko študentov matematike in fizike je diplomiralo na višjih in visokih šolah v zadnjih enajstih letih, in sicer od 1958 do 1968, je razvidno iz teh podatkov:

Na pedagoških akademijah — oddelek za matematiko in fiziko:

	Vpisalo			Diplomiralo		
Leto	Ljubljana	Maribor	Skupaj	Ljubljana	Maribor	Skupaj
1958	22	—	22	6	—	6
1959	32	—	32	17	—	17
1960	54	—	54	12	—	12
1961	32	27	59	9	—	9
1962	48	59	107	7	1	8
1963	60	118	178	10	1	11
1964	89	49	138	5	4	9
1965	88	54	142	4	7	11
1966	101	67	168	5	14	19
1967	104	71	175	24	11	35
1968	90	53	143	20	13	33
Skupaj	720	498	1218	119	51	170

V 11 letih se je na PA v Ljubljani in Mariboru vpisalo 1218 rednih in izrednih študentov matematike in fizike; diplomiralo je 170 ali 14 %.

Na fakulteto za naravoslovje in tehnologijo — oddelek za matematiko in fiziko:

	Vpisalo			Diplomiralo		
Leto	ma-fi	fi	Skupaj	ma	fi	Skupaj
1958	25	3	28	5	6	11
1959	28	3	31	6	2	8
1960	21	—	21	9	2	11
1961	14	—	14	7	1	8
1962	22	—	22	10	1	11
1963	52	—	52	7	1	8
1964	32	—	32	7	1	8
1965	35	—	35	8	—	8
1966	56	—	56	1	—	1
1967	51	—	51	2	—	2
1968	44	—	44	3	—	3
Skupaj	380	6	386	65	14	79

V 11 letih se je na FNT — ma-fi pedagoško smer vpisalo 386 študentov matematike in fizike; diplomiralo je 79 ali 20 %.

Zaradi takega stanja je Zavod za šolstvo SRS sklical sestanek predstavnikov vseh prizadetih ustanov. Na razgovoru so prišla do izraza mnenja o naslednjih vprašanjih:

I.

Kje so vzroki, da je število diplomantov fakultete in pedagoških akademij povsem neustrezno glede na kritično stanje pri pouku matematike in fizike v osnovni in srednji šoli?

Poleg pedagoške smeri imamo na univerzi tudi tehniško smer za matematiko in fiziko, na katero se ponavadi vpišejo boljši dijaki. Vpis na vse smeri je še kar zadovoljiv (okrog 150 letno) toda na pedagoško smer le okrog 40 do 50 letno.

Na obe akademiji, ki vzgajata učitelje matematike in fizike za višje razrede osnovne šole, se letno vpiše okrog 150 rednih in izrednih študentov. Tudi to je zadovoljivo.

Diplomantov pa je le 20 % od vpisanih na univerzi in 14 % na obeh akademijah, kakor je razvidno iz zgornjih tabel.

Prisotni so bili mnenja, da je tako velik osip na univerzi posledica več faktorjev:

— Na pedagoško smer se vpisujejo slabši dijaki, kot na tehniško smer.

— Na matematično-fizikalnem oddelku je na razpolago dovolj štipendij, kar v nekaterih primerih privlači tudi tiste, ki nimajo daru za to stroko.

— Študij na fakulteti je preveč usmerjen samo na znanstveno delo in premalo k vzgajanju srednješolskih učiteljev.

— Zahteve študija, posebno v 1. letniku, so previsoke in premalo je asistentov, ki bi študentom pomagali premostiti začetne težave.

Na pedagoških akademijah je osip rednih študentov dosti manjši (okrog 50 %), pač pa je izredno velik osip izrednih študentov. To pa je posledica neustreznih delovnih pogojev in možnosti za študij.

Zaradi pomanjkanja kadra so vsi izredni študenti preobremenjeni s poukom. Večina njih je poročenih in ker nimajo štipendij, ali ne dovolj velikih, so prisiljeni sprejeti celotno delovno obveznost.

Delen vzrok za premajhen interes za ta predmeta pa leži tudi v srednji šoli. Marsikateri dijak, ki pokaže že v osnovni šoli zanimanje za matematiko, se pozneje premisli, ker mu množica drugih predmetov onemogoči poglobljen študij matematike.

II.

Kakšni naj bodo ukrepi oddelka za matematiko in fiziko FNT in obeh akademij za zmanjšanje osipa slušateljev, ne da bi zniževali raven in kakovost visokošolskega študija, ki pa naj bi bil tudi bolj usklajen z zahtevami šolstva glede izobrazbe in didaktično-metodične usposobljenosti bodočih učiteljev matematike in fizike za pouk v osnovni in srednji šoli.

Glede univerze so bile podane naslednje misli:

— Uvede naj se obvezno mentorstvo za vsakega študenta, še posebno v prvem letniku.

— Nekateri so bili mnenja, da bi metodiko morda ločili od stroke, in sicer tako, da bi po končanem študiju uvedli enoletni staž, med katerim bi imel kandidat polovično obveznost v šoli, ostali čas pa bi poslušal metodično-didaktična, psihološka in pedagoška predavanja. Za ta namen bi se morala kadrovska šola obogatiti z zbirko vseh tistih učil, ki se uporabljajo v osnovni in srednji šoli.

— Študentom tehniške matematike in tehniške fizike naj se vstavi v program metodika pouka matematike in fizike, za primer, da se bodo zaposlili na šoli.

— Za diplomirane inženirje obeh smeri pa naj se uvedejo poletni tečaji iz metodike in didaktike.

Tudi obe akademiji naj uvedeta mentorstvo vsaj za prvi letnik. Za izredne študente naj se poskrbi tako, da se v drugi letnik lahko vpišejo kot redni študenti. Štipendije naj se podaljšajo še za eden ali dva semestra po končanih predavanjih, da jih ne bi materialna stiska prisilila zaposliti se pred diplomo.

III.

Kakšne naloge naj prevzamejo za šolstvo pristojni republiški organi, predvsem zavod za šolstvo SRS.

Zavod za šolstvo SR Slovenije se bo prizadeval doseči:

— Da bi univerza in obe akademiji dobili potrebno število delovnih mest, predvsem za nastavitev asistentov-mentorjev;

— da bi srednje šole dobile zadostna sredstva za krožke, kjer bi se vzgajali najboljši matematiki in fiziki;

— da bi društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije dobilo zadostna sredstva za organizacijo tekmovanj učencev osnovnih in srednjih šol in za nagraditev najboljših;

— da bi nadarjeni dijaki za matematiko in fiziko dobivali že v srednji šoli štipendije;

— da bi se redno organizirali seminarji za sistematično izpopolnjevanje učiteljev matematike in fizike in zagotovila za to potrebna sredstva;

— da bo izpopolnil inšpekcijsko-svetovalno službo, ki bo vsako prizadevanje posameznika zabeležila in predlagala za pohvalo in nagrado.

Tudi če bomo vse to uredili, obstaja še vedno bojazen, da ta problem ne bo zadovoljivo rešen, če ne bo zadovoljivo rešen družbeni položaj prosvetnega delavca. Beg iz te stroke bo še vedno občuten, dokler ne bodo učitelji matematike in fizike materialno izenačeni z drugimi poklici, ki zahtevajo enako izobrazbo in ki imajo poleg višjih prejemkov še naziv (npr. inženir) in perspektive za brezplačno osebno izpopolnjevanje v domovini in v tujini.

Stanko Uršič

TRETJA MEDNARODNA OLIMPIADA IZ FIZIKE

Od 22. VI. do 2. VII. 1969 je bila v Brnu na Češkoslovaškem III. mednarodna olimpiada iz fizike, katere so se udeležile ekipe iz osmih držav, in sicer iz Bolgarije, Češkoslovaške, Jugoslavije, Madžarske, DR Nemčije, Poljske, Romunije in Sovjetske zveze. Jugoslavijo so zastopali: Miroslav Dorešić, dijak IV. razreda matematične gimnazije v Zagrebu; Antonije Đorđević, dijak

III. razreda XIV. gimnazije v Beogradu; Ante Jevicki, dijak IV. razreda gimnazije v Subotici; Krešo Tisaj, dijak IV. razreda matematične gimnazije v Zagrebu ter Zdravko Pribeg, dijak III. razreda šolskega centra za strojništvo in elektrotehniko v Zagrebu. Kandidati so bili izbrani na osnovi rezultatov, pokazanih na republiških in zveznem tekmovanju mladih fizikov in na osnovi eliminacijskega testa, ki je bil 11. VI. 1969 v Beogradu.

Tekmovanje v Brnu je trajalo dva dni, prvi dan so dijaki reševali pismene računske naloge, drugi dan pa eksperimentalno nalogo.

Po pregledu nalog je mednarodna komisija sklenila, da prejme 13 udeležencev prvo nagrado, 10 udeležencev drugo nagrado, 9 udeležencev tretjo nagrado, 5 udeležencev pohvalo ter 3 udeleženci potrdilo o udeležbi na Olimpiadi.

Jugoslavija je med ekipami zasedla peto mesto, najboljša pa je bila ekipa ČSSR. Med posamezniki jugoslovanske ekipe je prejel Antonije Đorđević prvo nagrado (45 točk od 48 možnih), Ante Jevicki drugo nagrado (39 točk), Zdravko Pribeg, Krešo Tisaj in Miroslav Dorešić pa tretjo nagrado.

Kakor se vidi iz navedenih rezultatov je Jugoslavija dosegla, ekipno in posamezno, mnogo boljši uspeh, kakor lani na II. mednarodni olimpiadi iz fizike v Budimpešti.

Naloge so bile naslednje:

1. Trije vozički A, B in C z masami $m_1 = 300$ g, $m_2 = 200$ g in $m_3 = 1500$ g sestavljajo sistem na sliki 1.

A) Na voziček C deluje v vodoravni smeri sila F take jakosti, da vozička A in B mirujeta glede na voziček C.

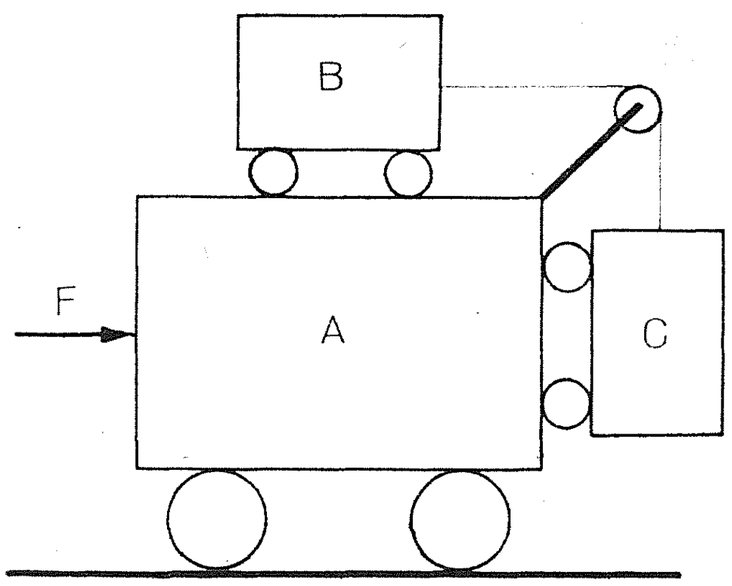
(a) Določite, s kolikšno silo je napeta nerazteglјiva vrvica, ki veže vozička A in B.

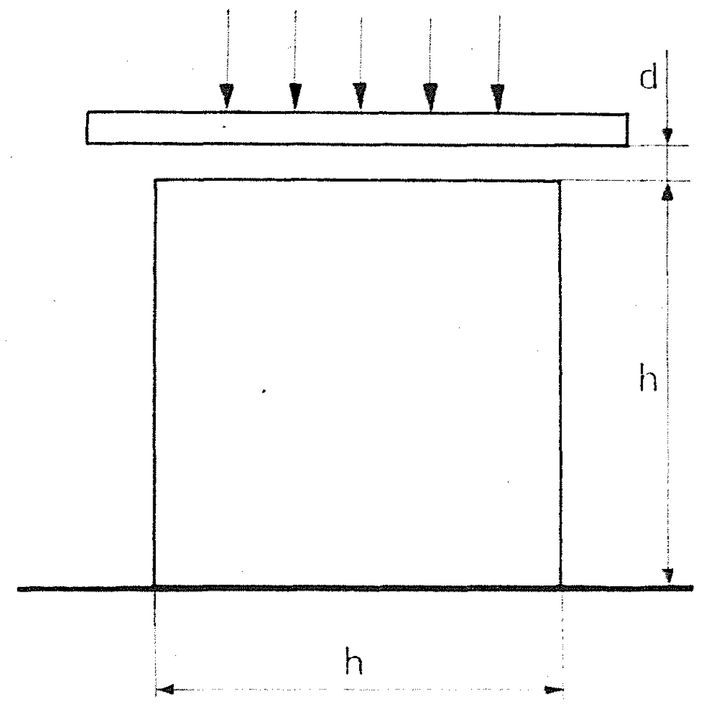
(b) Določite silo F.

B) Predpostavimo, da voziček C miruje.

(a) Določite pospešek vozičkov A in B.

(b) Določite, s kolikšno silo je napeta vrvica v tem primeru.





Pri reševanju naloge zanemarite sili upora in trenja, vztrajnostni moment kolesa škripca in maso vrvice.

2. V bakrenem kalorimetru z maso m_1 je voda z maso m_2 in temperaturo T_2. V kalorimeter damo led z maso m_3 in temperaturo T_3, manjšo od 0 °C.

A) Določite maso vode in ledu in njuno temperaturo po vzpostavljenem ravnovesju pri najsplošnejših vrednostih m_1, m_2, m_3, T_2 in T_3. Napišite enačbe za toploto za vse možne procese, ki pridejo v poštev pri reševanju naloge.

B) Določite temperaturo ter maso vode in ledu po vzpostavljenem ravnovesju, če je $m_1 = 1{,}00$ kg, $m_2 = 1{,}00$ kg, $m_3 = 2{,}00$ kg, $T_2 = 10$ °C in $T_3 = -20$ °C.

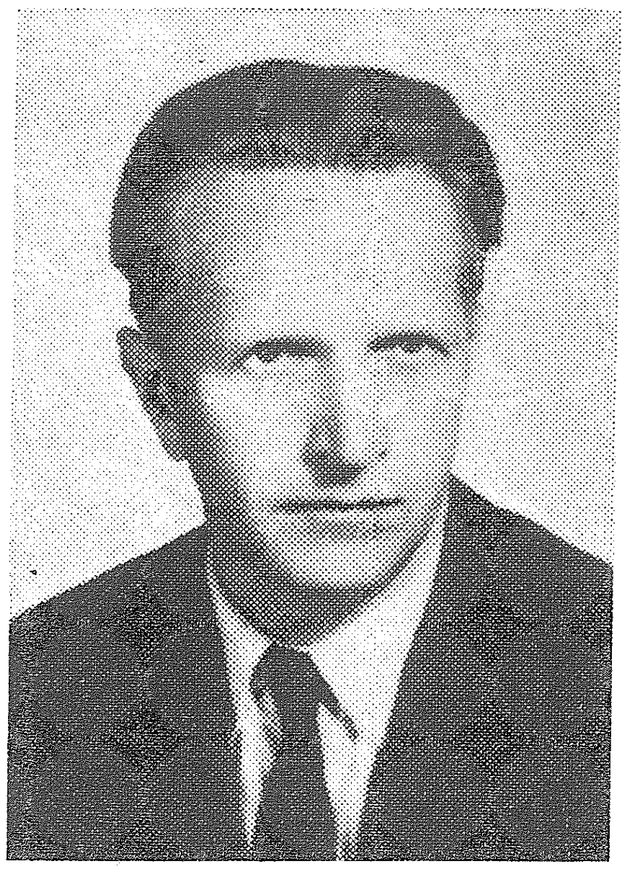
3. Kroglica z maso m in nabojem q je pritrjena na enem koncu neprevodne vrvice. Drugi konec vrvice je pritrjen na najvišjo točko navpično stoječega obroča z radijem R. Obroč je iz nedeformabilne žice z zanemarljivim presekom. Na obroču je enakomerno porazdeljen naboj Q enakega predznaka ko q.

Kolikšna mora biti dolžina vrvice l, da bi se kroglica po odboju nahajala na osi obroča, ki je pravokotna na njegovo ravnino.

4. Nad stekleno gladko kocko z robom 2,00 cm se nahaja gladka ploščica tako, da se med njo in kocko napravi tanka interferenčna plast zraka. Če osvetlimo od zgoraj ploščico pod pravim kotom (slika 2) s svetlobo valovnih dolžin 400,0 μm (4000 Å) do 1150 μm (11 500 Å), potem je pogoj za ojačenje odbite svetlobe na interferenčni plasti zraka izpolnjen za dve valovni dolžini iz navedenega intervala valovnih dolžin: za $\lambda = 400{,}0\ \mu$m (4000 Å) in še za eno valovno dolžino. Poiščite to drugo valovno dolžino. Izračunajte, za koliko je potrebno povečati temperaturo kocke, da bi se dotaknila ploščice. Koeficient linearnega temperaturnega raztezanja stekla je $\alpha = 8{,}0 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{st}^{-1}$ in lomni količnik zraka je $n = 1$. Med segrevanjem se razdalja med osnovnico kocke in ploščico ne spreminja.

Tomaž Skulj

V SPOMIN MARJANU KASTELCU



Marjan Kastelic, profesor matematike na gimnaziji Nova Gorica, se je rodil 23. 12. 1914 v Ljubljani, umrl je 24. 4. 1969, zadet od kapi.

V spomin dobremu strokovnjaku in pedagogu objavljamo skrajšan pogrebni govor, ki ga je imel ravnatelj gimnazije.

Dragi prijatelj Marjan, samo zrnce peska smo, ki ga je dvignila sila te zemlje v utrinek vesoljne sekunde, smo samo tresljaj v zvoku simfonije življenja, ki jo gode narava z vetrovi in valovi, s prvinami in sokovi skozi nekaj geoloških period; nič smo, ker izginjamo pred tvojimi dimenzijami, o Vesolje, in v trajanju tvoje večnosti, prav kakor brat črvič, ki bo glodal našo rakev.

Danes smo zadnjikrat s tabo na mrtvi straži vsi tvoji sorodniki, tvoji kolegi profesorji, tvoji dijaki in tvoji prijatelji.

Včeraj zjutraj se je s hitrostjo goriške burje raznesla tragična vest, Marjana Kastelca, profesorja matematike na novogoriški gimnaziji ni več — umrl je!

Trdo si se prebijal skozi življenje, ki je bilo skopo in kruto do tebe, kruto se je življenje od tebe tudi poslovilo.

Kakor bor-samotarec vrh planine, ki noče od nikogar milosti, si kljuboval usodi — tiho, brez besed, s stisnjenimi ustnicami. Čeprav si bolečine nosil sam, smo te mnogi razumeli, cenili in ljubili.

Na obletnico svojega rojstva — 55 let je, odkar si zadihal življenje, na obletnico svojega rojstva si življenju dal tudi svoj zadnji pozdrav. Takrat si verjetno po svoji navadi nagnil glavo, lasje so ti padli na čelo, verjetno si zašepetal *all right*, takrat so tvoje oči zadnjikrat dobrohotno in začudeno pogledale okrog in se za vedno zaprle. Tiho si šel skozi življenje, tiho si se od njega poslovil.

1. septembra 1950 te je pot pripeljala k nam Goričanom. Iz Celja si priromal, kjer si pustil leto prej svojo ljubo 8.a. 169 primorskih dijakov je takrat

prvikrat z začudenjem prisluhnilo tvojim nenavadnim razlagam — od tedaj so minila leta in prek 700 dijakov si s svojo varno roko popeljal prek mature do univerze.

S svojim obsežnim znanjem, s svojimi svojevrstnimi pedagoškimi in metodičnimi prijemi, s svojim toplim, človeškim odnosom do dijakov si lahkotno, vedro in šaljivo, z ljubeznijo in nekoliko donkihotsko širil matematično znanje.

Dolga dolga je vrsta tvojih bivših in sedanjih dijakov, ki se te bodo dobrohotno in hvaležno spominjali — nisi jim dal samo znanje — dal si jim vse več — preprostost in ljubezen. Presunljivo je bilo včeraj gledati mlade obraze tvojih dijakov, resnična prizadetost se je brala z njihovih oči. Kar ne morejo razumeti, našega Kastra ni več. Vso dolgo noč so tvoji četrtošolci prebedeli ob tebi — v 4.b; zvesto in pazljivo so hoteli biti s tabo pri tvoji zadnji razredniški uri.

Prijatelj Marjan, dijakom in gimnaziji si se posvetil, ljubezen si sejal in ljubezen si žel, množica, ki te je prišla zadnjikat spremljat, je živ dokaz za tvojo priljubljenost.

Ljubil si jasna obzorja, čisto črto med nebom in zemljo, blesk daljnih gora, ko jih ne mrače oblaki, resni sij juter;

ljubil si širino morja in vse drugo, kar je dajalo zrcalo tvojemu hrepenenju in neugnanemu iskanju;

ljubil si drzne vzpone človekovih misli, silovito žejo duha po resnici, življenjsko modrost;

vedel si, da sta bit in videz v večnem sporu, da se v nenehnih prelivih menjujeta oblika in vsebina;

ljubil si raznolikost življenja in brezdanje prostore njegovih skrivnosti;

ljubil si človeka, ki prerašča naravo ali se premetejsko bojuje z usodo;

ljubil si vse, kar poje prešerno pesem življenja.

Dragi Marjan, nič ti nisem povedal, česar ljudje že ne bi vedeli.

Vsem zbranim moram povedati še eno sintezo tvojih pogledov, ki sije v raznih variantah v skopih besedah tolikokrat nakazano: iz vsega človeškega raste človek, raste iz negacije svoje težke preteklosti, raste iz prastarih zapredkov svojih slabosti in zablod, kakor se iz črva razvija lep metulj, da vzleti v sončno jutro.

Besede gredo h koncu, če bi mogel videti, bi bil ponosen. Danes smo zadnjikrat s tabo pri tvoji matematični uri — vsi:

vsi — tvoji sorodniki,
vsi — tvoji kolegi profesorji;
vsi — tvoji dijaki;
vsi — tvoji bivši dijaki;
vsi — starši tvojih dijakov;
vsi — tvoji veliki prijatelji iz intimnega kotička kavarne;
vsi — drugi tvoji znanci in tovariši;
vsi — in kot zadnji tvoj tovariš, tvoj šef, kot si tolikokrat šaljivo rekel, tvoj prijatelj Marjan Urbančič.

»Naj iz srca ti vsaj spominov pene
zapljuskajo v tvoj samotni grob!«

Naj ti bo lahka naša goriška zemlja, ki te bo zadnja objela in te za vselej stisnila k sebi!

ODGOVOR

Odgovor na vprašanje 5 v Obzorniku za matematiko in fiziko 16, 94 (1969)

Izračunati je bilo treba kotni polmer Marsa 31. maja lani, ko je bil planet v opoziciji s Soncem. Od Zemlje je bil tedaj Mars oddaljen 0,4867 a. e.* in je svetil z magnitudo $-2{,}00^m$. Nalogo je bilo treba rešiti s predpostavko, da vidimo planet kot enakomerno svetlo okroglo ploščico, katere poprečni albedo je 0,10. Svetilnost Sonca je $3{,}07 \cdot 10^{27}$ cd.

Nalogo je pravilno rešil *Karel Šmigoc.* Njegovo rešitev objavljamo nekoliko prestilizirano.

Osvetljenost na površju Zemlje E, ki jo povzroča Mars z magnitudo $m = -2{,}00\ ^m$, izračunamo iz:

$$\log E/E' = -0{,}4\,(m - m')$$

Če je magnituda $m' = -14{,}18^m$, je osvetljenost $E' = 1$ lx. Osvetljenost E je torej:

$$E = 10^{-0{,}4\,(-2{,}00\,+\,14{,}18)}\ \text{lx} = 1{,}34 \cdot 10^{-5}\ \text{lx}$$

Osvetljenost E izračunamo tudi iz znane svetilnosti Sonca in znane razdalje planeta od Sonca. Ko je Mars v opoziciji s Soncem, je njegova razdalja r od Sonca enaka vsoti razdalje Marsa od Zemlje in razdalje Zemlje od Sonca, ki je 1 a. e. Gostota svetlobnega toka s Sonca na Marsu je:

$$j = I_\odot/r^2\,.$$

Tu je $I_\odot$ svetilnosti Sonca in $r = 1$ a. e. $+$ 0,4867 a. e. Od vpadle gostote svetlobnega toka j se odbije $a\,j$, kjer je a albedo za Marsovo površje. Iz zveze $a\,j = \pi\,B$ izračunamo svetlost osvetljene Marsove površine. Če vzamemo Marsovo površino kot enakomerno svetlo okroglo ploščo s polmerom r_0, dobimo za svetilnost I te površine: $I = \pi\,B\,r_0^2$. Osvetljenost E na Zemlji je potem $E = I/r_1^2 \cdot Z\,r_1$ smo označili razdaljo med Zemljo in Marsom. Končni izraz za E je:

$$E = I_\odot\,\alpha\,\varphi^2/r^2\,,$$

kjer je $\varphi = r_o/r_1$. Ker smo E že določili iz znane magnitude planeta, sledi za kotni polmer Marsa

$$\varphi = r\,(E/I_\odot\,\alpha)^{1/2} = 4{,}65\,.\,10^{-5}\ \text{radiana} = 9{,}6''\,.$$

* Pri podatkih v vprašanju je nastala tiskovna napaka: 1 a. e. $= 149{,}6\,.\,10^9$ m!

Karel Šmigoc

VPRAŠANJE

Lesena kocka z robom 10 cm iz z gostoto 0,7 g/cm³ je na eni ploskvi posrebrena, na drugi pa posteklena. Kocko položimo na vodo s površinsko napetostjo 0,07 N/m, kot kaže risba (na njej je dvig narisan pretirano, sili zaradi površinske napetosti pa sta samo nakazani). Ker je mejni kot med vodo in steklom 0^0, med vodo in srebrom pa 90^0, vleče površje vode postekleno ploskev navzdol, posrebreno pa v vodoravni smeri. Ali se bo kocka začela premikati? S pravilnim odgovorom lahko hitro izračunaš tudi višino, do katere omoči voda navpično stekleno steno.

S. Pahor

NOVE KNJIGE

Dr. Alojzij Vadnal, **Izbrana poglavja iz linearnega programiranja** (skripta), 156 strani, Ljubljana 1970, izdala in založila Ekonomska fakulteta.

Vsebino knjige lahko razdelimo na dva dela. Prvi del obravnava matematične osnove linearnega programiranja. Najvažnejšim navedkom o konveksnih množicah v vektorskem prostoru sledi formulacija problema pri linearnem programiranju, dokaz, da gre pri linearnem programiranju za iskanje minima linearne funkcije na konveksni množici s končnim številom ekstremnih točk in da se ta minimum, če sploh obstaja, zmeraj doseže v kakšni ekstremni točki. Nato je beseda o simpleksni metodi: o baznih rešitvah, o prehodu od ene bazne rešitve k drugi, tako da se pri tem zmanjša vrednost linearne funkcije, ki ji iščemo minimum, pa kako spoznamo, da je minimum dosežen ali da sploh ne obstaja.

Drugi del knjige je namenjen uporabam linearnega programiranja. Najprej je obdelan dietni problem, za njim pa proizvodni problemi. Ob njih avtor na preprostem zgledu obravnava, kako je odvisna rešitev linearnega programa od koeficientov linearne funkcije, ki ji iščemo ekstrem. Pri transportnem problemu opisuje metodo šahovske trdnjave (stepping stone), ki je za ta posebni primer ugodnejša od splošnega simpleksnega algoritma. Ob njej mimogrede pokaže, kako se izognemo degeneraciji v reševanju linearnega programa. Zadnje poglavje je posvečeno programiranju dvofaznih proizvodnih procesov.

Knjiga je napisana zelo jasno in korektno. Branje moti le precejšnje število tiskovnih napak, vendar te v glavnem niso ovira razumevanju. V celoti vzeto je knjiga prav dober uvod v osnovne pojme linearnega programiranja. Čeprav je namenjena predvsem ekonomistom, bo dobro služila vsem, ki se žele informirati o tej pomembni matematični metodi.

R. Jamnik

S precejšnjo zamudo poročamo o obsežnem delu dr. Svetozarja Kurepe **Konačno dimenzionalni prostori i primene.** Knjiga je izšla leta 1967 v zbirki MANUALIA UNIVERSITATIS STUDIORUM ZAGREBIENSIS, ki jo za Sveučilište u Zagrebu izdaja Tehnička knjiga.

Zajetni učbenik (788 strani) je razdeljen v dva dela, ki skupaj obsegata pet poglavij. Preglejmo jih in naštejmo paragrafe:

Prvi del.

Prvo poglavje: UVOD V LINEARNO ALGEBRO.

1. Pojem vektorskega prostora. 2. Končno razsežni vektorski prostori. 3. Operatorji nad končno razsežnimi vektorskimi prostori. Matrike. 4. Končno razsežne algebre. 5. Odvisnost matrike operatorja od baze. 6. Adjungirani prostor in adjungirani operator. Rang operatorja. 7. Reševanje sistemov linearnih algebrskih enačb. Determinante. 8. Sistemi linearnih neenačb. Linearno programiranje.

Drugo poglavje: TEORIJA REDUKCIJE LINEARNEGA OPERATORJA NAD KONČNO RAZSEŽNIM PROSTOROM.

1. Invariantni podprostori in lastne vrednosti linearnega operatorja. 2. Razčlenitev operatorja na premo vsoto operatorjev, ki niso povsem razcepni. Jordanova matrika operatorja. Funkcije operatorja. 3. Spektralna teorija operatorjev nad končno razsežnim vektorskim prostorom.

Tretje poglavje: UNITARNI PROSTORI.

1. Osnovne lastnosti unitarnih prostorov. 2. Hermitsko adjungiran operator. Normalni operatorji. 3. Spektralna teorija normalnih operatorjev. 4. Operatorji v realnih unitarnih prostorih. Polarni zapis operatorja. Motnja hermitskega operatorja. 5. Hermitski bilinearni in kvadratni funkcional. Forme. 6. Evklidski n-razsežni prostor.

Drugi del.

Četrto poglavje: UVOD V TEORIJO UPODOBITEV GRUP.

1. Končno razrežne upodobitve enoparametričnih in končnih grup. 2. Grupa zasukov trorazsežnega evklidskega prostora. 3. Infinitezimalni generatorji in matrični elementi upodobitev grupe SO(3). 4. Grupa unitarnih unimodularnih matrik drugega reda. Premi produkt upodobitev. 5. Razčlenitev upodobitve grupe SU(2) na nerazcepne. 6. Tenzorska polja.

Peto poglavje: MULTILINEARNI FUNKCIONALI. TENZORJI.

1. Pojem multilinearnega funkcionala in tenzorja. 2. Konstantni tenzorji. Dviganje in spuščanje indeksa. 3. Polje tenzorjev. 4. Tenzorski produkt vektorskih prostorov.

Prvi del vsebuje tradicionalno snov linearne algebre, le tu in tam preseže njene okvire. Prvi tak primer so končno razsežne algebre, vendar je ta paragraf še podrejen klasičnemu cilju. Razvije le toliko teorije, kolikor je potrebuje za ob ravnavo minimalnega polinoma matrike. Tudi linearno programiranje je redek gost v linearnih algebrah, ki so pisane po izročilih.

V drugem poglavju sega tretji razdelek v spektralno teorijo operatorjev, v teorijo analitičnih funkcij operatorjev, v teorijo perturbacij. Tako povede bralca ob preprostih končno razsežnih zgledih že kar daleč čez prag funkcionalne analize.

Drugi del knjige sestavljata ločeni poglavji. Prvo govori o upodobitvah grup, o homomorfizmih grupe v grupo linearnih operatorjev nad tem ali onim prostorom. Obravnava upodobitve končnih grup in upodobitve rotacijske grupe OS (3) ter njene krovne grupe SU(2). Za tak izbor govori troje: nerazcepne unitarne upodobitve teh grup so končno razsežne, obravnava SU(2) je preprostejša od splošne teorije kompaktnih Liejevih grup, vsi primeri igrajo pomembno samostojno vlogo v uporabi. Tako je to poglavje dostopen, pa vendar dovolj temeljit uvod v obsežno in težko poglavje funkcionalne analize: v teorijo upodobitev grup.

Zadnje poglavje je razpeto med linearno algebro in diferencialno geometrijo. V prvo sodi obravnava konstantnih tenzorjev, v drugo teorija tenzorskih polj. Le-ta obravnava izčrpno nad ploskvami v trorazsežnem prostoru, šele nazadnje se bežno dotakne razmer v poljubnem Riemannovem prostoru.

Jasno in bogato osnovno besedilo spremljajo številne naloge, ki se vzpenjajo od računskih zgledov do teoretičnih problemov.

Knjiga profesorja S. Kurepe bo prav gotovo dobrodošel učbenik tudi našim slušateljem matematike, pa tudi vsak fizik in tehnik, ki se dandanes ne more več izogniti matematiki, bo rad posegel po tem dragocenem priročniku.

F. Križanič

UTRINKA

ČUDNE MOLEKULE

Če opazujemo strujanje plina (tekočine) v cevi iz prozorne mase (če si pomagamo z različnimi sredstvi za vizualizacijo), vidimo pri zelo počasnem pretoku plina naslednje: plin se pretaka navidez po celem prerezu enakomerno. Posamezne molekule plina obdržijo zaradi vpliva viskoznosti, ki preprečuje popolnoma svobodno gibanje, svoje oddaljenosti od osi cevi. Vendar pa vse molekule nimajo iste hitrosti. Tiste, ki so pri steni, imajo zaradi trenja ob steno (stena je hrapava) manjšo hitrost. Čim bliže so proti osi cevi, tem bolj hitrost narašča. Pri tem se ne izpodrivajo, ker je njihova energija gibanja manjša od sile, s katero deluje nanje viskoznost. Tako strujanje imenujemo laminarno strujanje. Pri takem strujanju oddajo toploto steni le delci pri steni, ki se vanjo zadevajo. Delci proti sredini cevi pa oddajajo toploto proti steni le s prevajanjem skozi plin.

Vzeto iz knjige Bogdana Sicherla: Toplotna tehnika v metalurgiji (skripta) Univerza v Ljubljani, 1969, str. 346.

Opomba: Ta skripta je zdala Fakulteta za naravoslovje in tehnologio na osnovi pozitivne ocene prof. dr. ing. Bogomirja Dobovišk a.

ČUDNA DEFINICIJA

Poznamo več primerov, da pri krožni spremembi izgubimo nekaj dela in dobimo toploto. . . . Takšnim krožnim spremembam pravimo neobrnljive ali ireverzibilne krožne spremembe. Pri neobrnljivi krožni spremembi snov prejema delo in v zameno oddaja toploto.

Krožna sprememba se imenuje reverzibilna ali obrnljiva, če v celoti ne izgubimo mehanskega dela. Kolikor dela snov dobi na enem delu obrnljive krožne spremembe, ga na drugem delu najmanj toliko odda.

Rudolf Kladnik: Osnove fizike, I. del. Državna založba Slovenije, Ljubljana, 1969, str. 241, 242.

Opomba podpisanega: Kako je torej pri parnem stroju ali pa pri Carnotovem hladilnem stroju?

Utrinka zapisal: *Ivan Kuščer*

OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

Društvo matematikov, fizikov in astronomov SRS ima v zalogi še naslednje številke:

							Cena (din)
I.	1951	—	2	3	—		2,—
II.	1952	—	—	—	—		—
III.	1953—1954	—	—	—	4		1,—
IV.	1955—1956	1	—	3	—		2,—
V.	1956—1957	—	—	—	—		—
VI.	1957—1958	—	—	3	4		2,—
VII.	1960	1	2	3	4	K	4,—
VIII.	1961	1	2	3	4	K	4,—
IX.	1962	—	—	3	4		2,—
X.	1963	1	2	3	4	K	4,—
XI.	1964	—	2	3	4		3,—
XII.	1965	1	2	3	4	K	4,—
XIII.	1966	—	—	—	4		1,—
XIV.	1967	1	2	3/4		K	4,—
XV.	1968	—	2	—	4		2,—
I.—XV.	1951—1968	Stvarno in avtorsko kazalo					5,—
XVI.	1969	—	2	3	4		6,—
						Skupaj	46,—

Posamezna številka od I. do XV. letnika stane 1 dinar, XVI. letnika pa 2 dinarja. Naročite jih lahko na naslov Obzornik za matematiko in fiziko, Ljubljana, pp. 227, osebno pa jih lahko dobite v matematični knjižnici, Ljubljana, Jadranska c. 19. Vse, ki imajo doma predvsem tiste številke naše revije, ki so razprodane, pa jih ne mislijo ohraniti, prosimo, da jih odstopijo društvu.

Ciril Velkovrh

OBZORNIK ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

XVII. LETNIK — 1. ŠTEVILKA

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

VSEBINA

Članek Stran

O preskušanju statističnih hipotez (R. Jamnik) 1

Novici

Monopoli, kvarki, dioni (J. Strnad) 12

Nov način za merjenje gravitacijske konstante (P. Prelovšek) 20

Šola

Prizadevanja za izboljšanje povezave med srednjimi šolami in univerzo (J. Strnad) 24

Še nekaj besed o pouku fizike po programu PSSC (Đ. Basarić) . . . 26

Ob učnem načrtu za fiziko v osnovni šoli (F. Kvaternik) 27

Porazdelitev toka po vodniku (M. Hribar) 28

Domače vesti

21. redni občni zbor Društva mat., fiz. in astronomov SRS (A. Kregar in A. Rebolj) 31

Struktura učiteljev matematike in fizike v Sloveniji (S. Uršič) 37

Tretja mednarodna olimpiada iz fizike (T. Skulj) 41

V spomin Marjanu Kastelcu 43

Odgovor 45

Vprašanje 45

Nove knjige 46

Utrinka 48

CONTENTS

Article Page

On Testing of Statistical Hypotheses (R. Jamnik) 1

News

Monopoles, Quarks, Dions (J. Strnad) 12

New Method for Determination of the Gravitational Constant (P. Prelovšek) 20

School 24

Home News 31

Answer 45

Question 45

New Books 46

Sparks 48