

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

E. Kolman

Co je to kybernetika

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 1 (1956), No. 2, 202--211

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137085>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1956

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

CO JE TO KYBERNETIKA

Что такое кибернетика? *Voprosy filosofii*, 1955, č. 4, str. 148—159.

Časopis *Voprosy filosofii* otiskl v 5. čísle ročníku 1953 stať *Komu sloužit kybernetika* (Komu slouží kybernetika), která byla podepsána *Matěrialist*. V 47. čísle ročníku 1953 francouzského pokrokového časopisu *La Pensé* se objevila analogická stať *André Lantena*. Konečně ve 4. čísle časopisu Polské akademie věd *Mysl filozoficzna* (ročník 1954) uveřejnili *St. Boguslavskij*, *G. Greněvskij* a *I. Šapiro* stať *Dialogi o kybernetike*.

Tyto staťi spravedlivě kritisují reklamní kampaň, která se rozvinula kolem kybernetiky, zejména v USA. Zdůrazňují v nich pokusy, jimiž byla kybernetika vydávána za universální vědu, která nahradí psychologii a společenské vědy. Někteří kybernetici, a ještě spíše filosofové, kteří se přizívají na kybernetice spolu a reakčními žurnalisty, rozšiřují tvrzení, že prý automatické stroje a hlavně elektronické matematické stroje mohou nahradit duševní práci člověka.

Se strany reakce se skutečně kybernetiky využívá k tomu, aby se vzkřísila buržoasní sociologie a idealistická filosofie, a aby se jí dodal vědecký náťer. Na druhé straně však všechny uvedené staťi přistupují k této otázce poněkud jednostranně, přehlížejíce všechno, co je v kybernetice kladného. Kybernetika vyvolala velký ohlas. Označovat ji za mystifikaci nebo za pseudovědu je ovšem velmi jednoduché; naši protivníci by se však sotva zabývali nesmyslným podnikem, utráceli spoustu prostředků, budovali celé ústavy, svolávali kongresy, vydávali speciální časopisy — pouze proto, aby diskreditovali Pavlovovo učení. K tomu mají levnější prostředky v idealistické propagandě a ve válečné agitaci. Nelze také přezírat fakt, že jeden z nejslavnějších žijících fysiků *Louis de Broglie* předsedal konferenci o kybernetice, která se konala v roce 1951 ve Francii. Ve své neobyčejně zajímavé a závažné staťi »Filosofický smysl a praktický význam kybernetiky«, uveřejněné v časopise *Les Atomes* v lednu 1952, de Broglie kritizuje neoprávněnou snahu kybernetiky nastoupit na místo ostatních věd, zejména psychologie a sociologie. Zároveň však tato stať rozebírá kladné stránky kybernetiky.

Právě kladné stránky kybernetiky zasluhují obzvláštní pozornosti, a to nejen se strany matematiků a techniků, ale také se strany filosofů.

Co je to kybernetika?

Název pochází od řeckého slova »kibernos«, což znamená vůdce, lodivod. Název říká, že jde o řídicí vědu v nejširším slova smyslu. Vymyslel jej vynikající francouzský matematik, fysik a filosof *André Marie Ampère* (1775—1836), jenž se pokusil (v knize vydané v roce 1843) podat vědeckou klasifikaci věd. Tehdy to byl název vědy, která ještě neexistovala. Nejde však o název.

Dnešní kybernetika vznikla 100 let po Ampèrově práci. Připravili jí půdu vědecké práce v různých zemích. Z ruských a sovětských vědců se na tom podílejí *Černyšev*, *Šorin*, *Andronov*, *Kulebakin* a jiní. Jako nový samostatný vědní obor ji vypracoval jeden z neznámějších amerických matematiků *Norbert Wiener* (1894), profesor matematiky na Kolumbijské universitě. Wiener je autorem originálních prací z matematické statistiky a harmonické analýsy. Za války se zabýval užitím matematiky při studiu poruch v bezdrátovém vysílání, v protiletcecké obraně, při řízení reaktivních střel a při stavbě elektronických matematických strojů, Wiener přišel na myšlenku, že kvantitativní zákonitosti kmitů

v různých soustavách řídicích mechanismů a při vysílání signálů odpovídají kvantitativním zákonitostem známých dějů, které probíhají v nervové soustavě. Později pracoval Wiener ve fyziologickém ústavu v Mexiku.

Wiener napsal dvě základní díla o kybernetice. První vyšlo v roce 1948 pod názvem *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* (Paříž). Wiener se tu na mnoha místech odvolává na práce sovětských vědců, na Pavlova, Kolmogorova, Krylova a Bogoljubova. V poslední kapitole se vyslovuje dost neurčitě o tom, že by snad kybernetika mohla být využita při studiu společenských jevů. Píše zde totéž, co řekl v interviewu pro francouzský časopis *Les Atomes* v září 1951: »...myslí-li stroj nebo nikoli, to je pouze otázka definice...« Jinými slovy tu souhlasí s pragmatistickým »pravdivé je to, co je prospěšné«.

Tři roky nato (1951) vyšla druhá Wienerova kniha *Human Use of Human Being* (Londýn), která byla určena k popularisaci kybernetiky. Zde se kybernetika definuje takto: »Kybernetika je analytické studium isomorfismu struktury sdělování v mechanismech, v organismech a ve společnostech.« Psychické a sociální procesy se tu tedy redukuje na fyziku, a to ještě v zjednodušených schemech. Na rozdíl od první Wienerovy knihy je tu však kromě apologetiky liberalismu, typické pro buržoasní inteligenci, také ostrá kritika politiky amerických monopolů. Pro tuto kritiku byla kniha stažena z amerických knihoven.

My samozřejmě nehodnotíme kybernetiku podle politických názorů Wienerových. Ani Wienerovy filosofické názory nejsou pro naše stanovisko rozhodující.

Co je tedy kybernetika?

Odstraníme-li všechny nánosy, kterými se tento nový vědní obor pokryl v podmínkách, v nichž vznikl, můžeme říci, že kybernetika je vědecká teorie, která studuje procesy, jež, ač samy o sobě co do podstaty různé, se ve svých kvantitativních formách shodují, a připouštějí proto jednotný výzkum.

To není v přírodních vědách nic nového. Za příklad může sloužit teorie kmitů. Kmity mohou být mechanické, akustické, termické, optické, elektromagnetické, seismické, fyziologické atd. Kmity (výkyvy) se vyskytují i v oblasti ekonomie. Psal o nich Marx ve svém známém dopise Engelsovi z 31. května 1878. Píše tam, že hodlá matematickou analýzou stoupajících a klesajících cenových křivek, diskonta atd. určit základní zákony krise.

Kmity mohou být kvalitativně rozdílné, jejich kvantitativní forma je však stejná. Proto je možná a také existuje teorie kmitů.

Co si podobného je v kybernetice. Kybernetika je v jádře matematická teorie informací a teorie řízení mechanismů dějů, které mohou mít nejrozmanitější materiální základnu. Jaké děje zahrnujeme pod pojmy informace a řízení? Uvedme jednoduchý příklad: Wattův odstředivý regulátor, jímž se udržuje rychlost parního stroje na stanovené výši. Princip Wattova regulátoru je obecně známý. Posuďme však tento přístroj s poněkud obecnějšího hlediska. Je to mechanismus, který sám sebe řídí. Práce člověka, který by otvíral a zavíral záklpku, je zde zbytečná. Koná ji sám stroj tím, že předává regulátoru nutnou informaci o tom, že rychlost otáčení se změnila. Máme tu mechanismus, který sám pečuje o to, aby určitá veličina, v daném případě úhlová rychlost otáčení, zůstávala stálá. Není třeba hlídat změny, stroj tu koná fyzickou a psychickou práci, kterou by jinak musel konat člověk.

Složitější stroj tohoto typu je samočinný pilot. Jeho jádrem je citlivá soustava, která reaguje na každý odklon letadla od stanoveného směru a v případě takového odklonu předá signál (informaci) soustavě, která jej zesílí a přemění v mecha-

nický pohyb příslušného kormidla nebo křídélka. O to, aby se letadlo nehoupalo, pečuje tak zvaná zpětná vazba, která obráceně zase uvádí v soulad odklon kormidla nebo křídélka s odklonem letadla. Výchytku od stabilní polohy letadla registruje gyroskop, signály se přenášejí ve formě elektrických impulsů.

Zvláštní pozornosti z mnoha různých automatických zařízení zasluhují dnešní elektronické matematické stroje. Theorie informací se sice nevztahuje jen na matematické stroje, je však nesporné, že vytvoření těchto strojů mělo velký význam v rozvoji kybernetiky. Sporné je a nepodloženým zveličováním zůstává však srovnávat zavedení těchto strojů s revolucí, kterou znamenal vznik dekadické soustavy nebo vynález knihtisku. Zatím ještě žádný převrat nepozorujeme. Je ovšem také pravda, že člověk 15. století, doby, kdy byl v západní Evropě vynalezen knihtisk, si sotva mohl představit onu nesmírnou kulturní revoluci, kterou tento vynález znamenal.

Myšlenka matematických strojů je velmi stará. Již ve středověku vynalezl R a i m o n L u l (1235—1315) jednoduchý logický stroj. B. P a s c a l sestrojil první počítač stroj, který pak L e i b n i t z v roce 1671 zdokonalil. Velký význam měly také vynálezy petrohradského inženýra O d n e r a (1874, Odnerovo kolo). První stroj pro integrování diferenciálních rovnic sestrojil na počátku tohoto století A. N. K r y l o v.

Počítač stroje převádějí všechny čtyři základní početní úkony na sčítání. Odčítání se provádí jako úkon obrácený k sčítání. Násobení se provádí jako opakované sčítání, dělení jako opakované odčítání. Jde v podstatě o postup, jakým se vyvíjela matematika od dob starého Egypta a Mezopotamie. Technicky je počítač stroj soustava koleček, rozdělených (ozubených) na 10 stejných dílů, což odpovídá cifrám 0 až 9. Otočen kolečka o jeden díl znamená přidání jednotky.

Předchůdci dnešních matematických strojů jsou kromě počítač strojů také tak zvané statistické stroje, konstruované na principu perforovaných lístků. Lístky se prorážejí děrami, které jistým způsobem odpovídají registrovaným údajům. Pak se perforované lístky vkládají do stroje, který podle potřeby shrnuje lístky podle daného kritéria. Tyto stroje, zvané také aralytické stroje, provádějí tedy logickou klasifikaci. Proto se jich používá také k řešení úloh, v nichž se vyskytuje větší množství úkonů stejného typu.

Počítač a analytické stroje pomohly při vynálezu nového druhu matematických strojů — rychlých matematických strojů s automatickým řízením. První takové stroje byly postaveny v roce 1943 pro účely dělostřelectva a letectva. Místo kolečkových mechanismů mají elektromechanická nebo elektronická relé. Čísla se tu převádějí na elektrické impulsy, čímž se početní úkony proti obyčejným počítač strojům tisíckrát zrychlují.

Avšak tyto stroje nepracují jen neobyčejně rychle, ony také samostatně přenášejí výsledky dílčích výpočtů z jedné části stroje do jiné a mají kromě toho elektronické ústrojí, zvané paměť, do něhož se ukládají dílčí nebo i konečné výsledky. Takový stroj může také sám vybrat určitý postup v té které fázi výpočtu, je-li postupů možných více. Je-li úloha nesprávně zadána, nebo dosáhnou-li eventuální chyby jisté přípustné hranice, stroj to signalizuje a zastaví se. »Příkazy« (viz dále) k postupnému provádění úkonů a základní údaje zachycuje stroj perforováním lístků nebo magneticky na pásech. Proto je třeba, aby před spuštěním stroje matematik vypracoval »program« řešení úlohy a upravil jej tak, aby »příkazy« byly pro stroj srozumitelné.

Elektronické matematické stroje jsou dost objemné. Elektronický integrátor zabírá prostor menší automatické telefonní ústředny, má kolem 18 000 elektronek,

na 70 000 kondensátorů a asi 500 000 relé. V poslední době se podařilo tyto stroje značně zjednodušit a zmenšit jejich objem tím, že se elektronky nahrazují polovodičovými elementy.

Tyto stroje mohou řešit algebraické rovnice a jejich soustavy, diferenciální rovnice, integrální rovnice atd.

Elektronické matematické stroje především urychlují a z hospodárňují práci. Ale to není vše. Existují úlohy, které je třeba řešit ve velmi krátkém čase, což vylučuje použití obyčejných počítačích strojů. Příkladem, prakticky velmi důležitým je předpovídání počasí. Meteorologická teorie předpovídání počasí je dostatečně zpracována. K předpovědi počasí na 24 hodin dopředu je však nutno řešit jisté nelineární parciální diferenciální rovnice. Metoda řešení je známá, řešení samo však trvá normální cestou kolem dvou týdnů. To ovšem bere úloze všechnen praktický smysl. Matematický stroj řeší takovou úlohu pouze asi za dvě hodiny, a dnes se pracuje na dalším zdokonalení, jak co do přesnosti výsledků, tak pokud jde o rychlost výpočtu.

Význam dnešních matematických strojů je velmi široký. Pro pochopení toho je třeba zamyslet se nad některými fakty. Během 200 let, od roku 1726 do roku 1926 bylo vydáno podle dostupných statistických údajů 7281 prací o zinku v různých jazycích. Za dalších 20 let, od roku 1926 do roku 1946 pak bylo o tomtéž tematiku vydáno dalších 19 431 prací. Již z toho je vidět, jak lavinovitě narůstá množství vědeckých poznatků. Vědecký pracovník a bibliograf se stále obtížněji orientuje v literatuře, která v jeho oboru vychází. To platí pro kterýkoli obor. A tu přicházejí na pomoc stroje. Všechna podstatná data z každé nově uveřejněné vědecké práce se zapisují na lístky, které se vkládají do stroje, který je schopen automaticky vytřídit všechny lístky, jež se právě žádají. Potřebuje-li na příklad vědecký pracovník všechny práce, které vyšly v ruštině za určitou dobu o určitých sloučeninách zinku, stroj mu je za několik vteřin vyhledá.

Elektronické matematické stroje mají také velký význam pro přírodní a technické vědy. Dosud se musely všechny úlohy, na příklad ve fyzice, formulovat zjednodušeně. Některá data se vůbec zanedbávala, jiná se opisovala, aby bylo možno úlohu přibližně řešit, což by při uvažování všech dat bylo technicky neproveditelné. Matematické stroje umožňují nyní řešení úloh s ohledem na všechna data, což znamená vyšší stupeň přesnosti řešení, v technice pak na příklad velké materiálové úspory a p.

Pohovořme nyní o významu matematických strojů pro matematiku samu.

Je jasné, že stroj sám nemůže nikdy počítat, že člověk mu musí určit program. Program musí být podle možnosti vhodný pro celou kategorii úloh. S vynálezem elektronických matematických strojů vznikl úkol vytvořit algoritmy pro určité typy úloh, a tak vznikla celá teorie algoritmů. Sovětští matematikové, zejména A. A. Markov, autor nedávno uveřejněné významné práce »Theorie algoritmů«, P. S. Novikov, N. A. Šanin a jiní mají na vypracování této nové teorie velký podíl. Dokázali zejména, že existují kategorie úloh, pro něž nelze nalézt jediný algoritmus, jež je nutno řešit individuálně v každém případě. Již toho je jasné, že není možné sestavit matematické stroje, které by zcela nahradily práci matematika. O nesmírném významu matematických strojů při sestavování tabulek není třeba se šířit. Je však ještě jedna matematická disciplína, ve které mohou matematické stroje velmi účinně pomoci. Je totiž velmi mnoho úloh, pro jejichž řešení existují dosud jen nedokázané hypotézy. Zvláště mnoho je jich v tak zvané teorii čísel. Matematické stroje ovšem nemohou rozhodnout o správnosti té které hypotézy, mohou však do značné míry posílit její hodnověrnost.

Takovéto stroje tedy nejen nahrazují a šetří lidské duševní síly, ale uskutečňují i mnohé, co bez nich by bylo neuskutečnitelné. Jádrem všeho, o čem tu hovoříme, je elektronika a theorie informací. Pokusme se o krátký výklad.

Máme řekněme knihu o 1024 stránkách a víme, že na některé nám neznámé stránce je určitá ilustrace. Při hledání této ilustrace obracíme po řadě každou stránku a přesvědčujeme se, je-li tam hledaná ilustrace nebo nikoli. Když žádanou stránku najdeme, to jest když dostaneme kladnou odpověď, přestaneme listovat a úloha je vyřešena. Ilustrace může však být také až na poslední stránce. V tomto krajním případě musíme tedy projít 1024 odpovědi — informací.

Existuje však ještě jiný způsob, jak tuto úlohu řešit. Vezmeme první polovinu knihy (512 stran) a zběžně ji prolistujeme; dejme tomu, že tam ilustraci nezahledneme. Druhou polovinu knihy opět rozdělíme na poloviny a opět jednu z nich zběžně prolistujeme. Dejme tomu, že tam hledanou ilustraci zahledneme. Pokračujeme pak stejným způsobem, až ilustraci vyhledáme. Takových kroků musíme učinit 10, vzhledem k tomu, že $1024 = 2^{10}$.

Na tomto jednoduchém příkladě je zřetelně vidět, že proces (může jít o rozmanité procesy jiné) se netýká obsahu ilustrace nebo obsahu nějakých signálů. Důležité je pouze stanovit nejmenší číslo odpovědi ano — ne (v našem případě 10), kterých je třeba při hledání žádané odpovědi.¹⁾

Problémy theorie informací, zejména otázku objemu (množství) informací lze studovat pomocí theorie pravděpodobnosti. To má rozhodující význam pro teorii tak zvaného kodování. Kodem rozumíme »příkaz« matematické formy, který se zavádí do elektronického matematického stroje, aby tento provedl určitou matematickou operaci. Kod je soubor čísel, z nichž první určuje úkon, který se má provést. Ostatní čísla znamenají buňky paměti stroje, z nichž se vybírají data, jež jsou pro řešení úlohy potřebná.

S něčím podobným se setkáváme v telemechanice. Při sestavování kodů je třeba dosáhnout maximální stručnosti, jednoznačnosti, zřetelnosti, vylučující příkazy, které stroj nemůže zpracovat, nebo příkazy chybné. Velmi významné jsou pro teorii kodování práce A. A. Markova (Markovovy řetězce, 1910—1919) a práce amerického matematika Shannona (viz A. Ja. Chinčín, *Pojem entropie v theorii pravděpodobnosti*, SOVĚTSKÁ VĚDA — Matematika, fyzika, astronomie, sv. IV, 1954, č. 1 [překlad z ruštiny]).

Elektronické matematické stroje pracují na podkladě dvojkové číselné soustavy, která má jen dvě cifry: 0 a 1 (viz článek citovaný v pozn. 1]). Také v theorii informací se objevují jen dva prvky: 0 a 1, které znamenají odpovědi »ano« nebo »ne«. Třetího tu není třeba. To však není nic jiného, než známý zákon formální logiky o vyloučení třetího, podle něhož je libovolný výrok buď správný nebo nesprávný. Tato shoda není náhodná. Theorie informací používá ve velké míře formální logiky, ovšem nikoli v obvyklém školském, elementárním smyslu, nýbrž ve smyslu tak zvané symbolické nebo matematické logiky (výrokový počet). Dnešní formální logika používá symbolických method, zejména formulí, jichž se odedávna používá k vyjadřování matematických vztahů, a jež se v praxi dobře osvědčily. Formální logika však zdaleka nezaměňuje, jak se domnívají někteří filosofové, složité zákony logického myšlení elementárními matematickými pravidly (viz N. I. Kondakov, *Logika*, str. 481, 1954).

¹⁾ Na tomto místě mluví pak autor dále o objemu (množství) informací a o entropii v theorii pravděpodobnosti. Tato partie je v překladu vynechána. Čtenář se o ní podrobně a srozumitelně dočte v článku S. L. Sobolev, A. I. Kitov, A. A. Ljapunov, *Základní rusy kybernetiky*, v tomto časopise, č. 1, 1956. *Pozn. překl.*

Formální logika má ovšem omezenou platnost, neřeší otázku dialektického protikladu, a extrapolována přes hranice své platnosti vede k paradoxům, lhotejno, používá-li symbolické metody nebo nikoli. Přes tuto omezenou platnost je mocným a nezbytným nástrojem poznání, a její rámec lze rozšířit. Proti Kantovu tvrzení, že logika od dob Aristotelových nejen »nemusela udělat ani krok zpět«, ale ani »nemohla udělat krok vpřed a pravděpodobně je zcela uzavřeného a dokončeného charakteru« (předmluva k 2. vydání »Kritiky čistého rozumu«, překlad N. L o s s k é h o, str. 9, 1915), formální logika se stále vyvíjela a stávala se, jak dokazují Engels »... od dob Aristotelových až podnes polem prudkých debat«. — (*Dialektika přírody*, Svoboda Praha, 1950, str. 41) dějištěm bojů mezi materialismem a idealismem.

Pravda je, že se logikové po dlouhou dobu soustřeďovali v podstatě na gnoseologické problémy své vědy, a že theorie techniky myšlení se vyvíjela velmi zvolna. Matematické a přírodovědci, jako Descartes, Newton, Pascal a jiní byli nuceni sami se zabývat zdokonalováním metod logického bádání. Teprve v první polovině 19. století, kdy logika přestala být vědou spekulativní, když se úzce spojila s konkrétními vědami, začal rychlý rozvoj nového směru, charakteristického symbolickými metodami. Zdálo se, že je to jeden z článků periody kritické revise základů vědy. Snaha po takové revisi se po Bolzanovi a Cauchyovi, spolutvůrcích matematické analýsy, a po Lobačevském a Bolyaiovi, objevitelích neeuklidovské geometrie, přenesla z matematiky do mechaniky a fyziky, kde se vedoucí disciplinou stala elektrodynamika. Právě proto byla formální logika přepracovávána a začala používat symbolických metod. Tato kritická revise pak vedla k skvělým výsledkům v matematice, fyzice i v logice samé.

Nová symbolická metoda umožnila studovat logickou strukturu i takového vědního oboru, jako je matematika a podmínky přísné logické konstrukce vědy obecně, tedy i logiky samé. Význam symbolických metod se potvrdil i praxí, kde se těchto metod využívá nejen při vypracovávání matematických teorií, na příklad theorie grup, theorie pravděpodobnosti a p., ale také při studiu kvantové mechaniky a zejména v teorii informací.

I theorie informací i symbolické logiky se na západě využívá k idealistickým a metafyzickým závěrům s polovědeckým nátěrem, k boji proti materialismu a dialektice. A mnoho našich filosofů, kteří uvěřili idealistickým logikům a filosofům, zaujalo k oběma disciplinám ostře odmítavé stanovisko. V obou uvedených disciplinách pracují v SSSR nejen filosofové, ale i matematické, kteří dosahují skvělých výsledků. Gnoseologické otázky jsou však v těchto vědních odvětvích opomíjeny.

Vraťme se k našemu temat. Matematické stroje sestávají jednak z elektronů, jednak z elektrických obvodů. V sestavování schemat z těchto prvků mají velký význam tak zvané booleovské algebry, jejichž theorie vznikla v roce 1848. V SSSR se jimi začal zabývat jako první V. I. Š e s t a k o v.

K elektrifikaci na příklad moderní lodi je třeba postavit malý model a empiricky hledat nejlepší variantu. Možnost použít symbolické logiky se zakládá na tomto: nepřihlížíme v síti k velikosti proudu a napětí, všímáme si pouze počtu a rozmístění kontaktů a vypínačů. Vezmeme-li dva libovolné konce a a b , proud mezi nimi buď prochází nebo nikoli. V prvním případě řekneme, že »odpor« X ve schematu a, b je roven nule, v druhém případě $X=1$. Vezmeme-li dva jiné konce, přesvědčíme se, že »odpor« Y bude roven X tehdy a jen tehdy, je-li současně $X=0, Y=0$ a také $X=1, Y=1$ současně. Dále zjistíme, že při seriovém zapojení obou schemat bude výsledný »odpor« $X+Y$, při paralelním zapojení pak $X \cdot Y$. Zavede-

me-li nyní ještě symbol \bar{X} , značící »negaci« »odporu« (to znamená, značí-li X zapojení kontaktu, je \bar{X} vypnutím kontaktu a obráceně), snadno se přesvědčíme, že zákony, jimiž se řídí »odpory«, jsou zcela ve shodě se zákony formální logiky (výrokového počtu).

Kybernetika je, jak jsme již řekli, teorií informací a řízení mechanismů, a to složitá theorie, která zasahuje do mnoha vědních oborů. Je vědeckou teorií, pokud logicky sjednocuje jevy reálného světa, které mají různou podstatu, ale stejnou kvantitativní formu. Kybernetika byla ověřena v praxi a má pro ni velký význam. Označovat ji proto za »ohromnou mystifikaci« je velkým omylem. Něco jiného je ovšem, k čemu se jí využívá. Tak na příklad anglická firma »Berkley«, která vyrábí elektronické matematické stroje, zkonstruovala zajímavou hračku, přenosný elektronický stroj, kterému říkají »myš v labyrintu«. Představme si odkrytou hliníkovou krabici, přepaženou hliníkovými přehrádkami na 25 »cel«. Do jedné cely se dá železná myš s ocáskem i s vousky, a do nejbližší cely se položí železný kousek »špeku«. Krabice se postaví před diváky a v jisté vzdálenosti od ní se zapojí stroj. Jakmile stroj spustí, »myš« se začne pohybovat, pokouší se dostat na všechny strany, prochází klikatě všemi celami dokud nedojde k »špeku«; tam se zastaví. Celkem k tomu potřebuje takto 120 vteřin. Pak se pokus opakuje. Tentokrát se však dostane »myš« k »špeku« nejkratší cestou, což trvá jen 15 vteřin. Tento aparát zapůjčuje firma za jistou úplatu anglickým školám k demonstraci vzniku podmíněných reflexů, jak je napsáno v prospektu. Dokazuje se, že nikoli »myš«, nýbrž stroj vypracoval podmíněný reflex, a že má proto paměť! Nesmyslnost tohoto tvrzení je zřejmá, i když nelze popřít, že se najdou pošetilci, kteří po tomto pokusu uvěří v mechanistickou podstatu podmíněných reflexů a myšlení vůbec.

Je směšné tvrzení, že »myš«, nebo stroj, umístěný za krabici s »myši« a »špekem« vypracovává podmíněný reflex, že má paměť. Není však směšné tvrzení, že ve stroji vznikly trvalé elektromagnetické spoje, které se udržely, že proto ani aparát, ani »myš« nekonají již zbytečných pohybů.

Procesy vznikající ve strojích a podmíněné reflexy nejsou totožné, existuje však mezi nimi jistá analogie. Jsme však oprávněni mluvit o analogii? Je to vědecká kategorie? Vezmeme-li »Velkou sovětskou encyklopedii«, dočteme se v 2. svazku pod heslem »analogie«, že »soud per analogiam nemůže dodat závěru hodnověrnosti, ale často vede k představám a domněnkám, jejichž správnost či chybnost nutno ovšem zjistit dalším studiem a ověřením«. Stať obsahuje pouze příklady chybných analogií a jak se jich zneužívá. Není zde však ani zmínky o tom, že kromě chybné analogie existuje i analogie vědecká, která má velký význam jako metoda bádání.

Soudy per analogiam najdeme na mnoha místech u zakladatelů našeho světového názoru. Vzpomeňme třeba známého místa ve Stalinově díle »Otázky leninismu«, kde se provádí analogie mezi přemístěním centra revolučního hnutí ve 40. letech minulého století v Německu a přemístěním centra revolučního hnutí na začátku 20. století v Rusku. Ve skutečnosti má analogie velký význam jak pro vědy společenské, tak pro vědy přírodní.

Historie přírodních věd a techniky dokazuje, že pomocí analogie bylo učiněno mnoho významných objevů a vytvořeno mnoho hypothes, z nichž později vznikly vědecké theorie. Na příklad vynikající anglický fyzik C. H. Maxwell, jeden ze zakladatelů elektrodynamiky, bohatě využil analogie elektromagnetického pole s nestlačitelnou kapalinou. Přitom zdůrazňoval, že neprevádí elektřinu na kapalinu, že elektřina není fluidum. Avšak mnoho elektromagnetických jevů odpovídá

kvantitativně jevům v nestlačitelné kapalně. Na tom není nic mechanistického, idealistického, ani nevědeckého. V přírodě, ať je jakkoli různotvárná, jediná hmota prochází množstvím kvalitativně různých materiálních procesů, jež podléhají při vši své kvalitativní rozdílnosti týmž kvantitativním zákonitostem.

Pokud nezapomeneme, že per analogiam srovnávané jevy jsou přes zjištěnou kvantitativní shodu kvalitativně odlišné, jsme mimo nebezpečí metafysického sklouznutí. Každá analogie je jen přibližná, má hranice, v nichž jí lze použít, v těchto hranicích však má, není-li sama přímo chybná, poznávací hodnotu. Abychom se pak vyhnuli analogiím chybným, musíme srovnávat znaky nikoli náhodně shodné, nýbrž shody skutečné, pramenící z vnitřních vztahů mezi jevy. Za těchto podmínek je analogie nejen přípustná, ale dokonce nutná ve vědeckém bádání. Proto jí technika dnes ve velké míře využívá, na příklad v modelování v hydrodynamice, v areodynamice, v geologii, všude tam, kde kvalitativně různé jevy podléhají týmž kvantitativním zákonitostem. Přesvědčivě se to dokazuje ostatně také v 28. svazku »Velké sovětské encyklopedie«.

Je tedy přípustné mluvit o analogii mezi činnostmi stroje, byť sebe dokonalejšího a složitějšího, a činnostmi živého organismu, dokonce mozku a nervové soustavy? Nezdá se, že by to bylo mechanistické hledisko. Živý organismus je zároveň fyzický objekt, a třeba se zákonitosti, jež pro něj platí, neredukují na fyziku, ve všech biologických jevech se fyzikální zákony uplatňují. Biofyzika, která se takovými otázkami zabývá, má plně oprávnění. Ani psychofysiologické jevy nečiní výjimku. Biofyzik *Lazarov* pokračoval v pracích *Helmholtzových*, *Weberových*, *Fechnerových*, *Sečenovových*, *Timirjazových*, *Čagovceva* a *Danilevského*, a v roce 1916 vypracoval iontovou teorii vzruchu, v níž pak spolu s ním pracovala celá škola sovětských biofysiků. Bylo dokázáno nesčíslnými experimenty, že vzruch v živé tkáni začíná při určité změně koncentrace volných iontů, že všechny tkáně, tedy i tkáně čidel a centrální nervové soustavy podléhají zákonu podráždění, který zní »vše nebo nic«. A právě v tom je zdroj analogie mezi procesy v nervové soustavě a procesy v elektronických matematických strojích. V obou případech se setkáváme s elektromagnetickými procesy, které probíhají v síti a které připouštějí pouze jednu ze dvou možných alternativ — vypojení nebo zapojení.

Tato vlastnost naší nervové soustavy je výsledkem přirozeného vývoje, v jehož průběhu se přizpůsobila zejména v tom smyslu, aby co nejlépe a nejspolehlivěji odrážela reálné děje ve vnějším světě. Analogie mezi nervovou soustavou a elektronickým strojem spočívá tedy nakonec v materiální jednotě jejich existence, nebo — jak řekl Lenin — počátek se vyskytuje jen u organické hmoty »a „v základě samé stavby hmoty“ lze pouze předpokládat existenci schopnosti, která odpovídá počítku« (*Materialismus a empiriokriticismus*, Svoboda Praha, 1952, str. 32).

Nesmíme zapomenout, že se za popíráním možnosti jakékoli analogie mezi některými organickými a anorganickými procesy často skrývá neovitalismus, odmítání materialistického výkladu projevů života.

Výzkum některých psychologických procesů se provádí metodami, jichž se používá i při výzkumu jevů v neživé přírodě. Vezměme na příklad děj pamatování a zapomínání. Při jeho studiu se uloží člověku, aby si zapamatoval padesát nahodile zvolených slabik. Člověk se je naučí z paměti a pak se registruje, kolik slabik si zapamatoval. To se opakuje vždy po několika dnech několikrát po sobě s velkým množstvím lidí, načež se zjistí průměry. Dostaneme tak závislost mezi množstvím zapamatovaných slabik a časem. Odchytky od této závislosti pramení z toho,

že lidé mají různou paměť, výsledný graf se však u všech lidí shoduje, i když ne do všech podrobností.

Pozoruhodné je, že takovou křivku můžeme získat nejen empiricky, ale i theoretickou úvahou.

Základní partie elektronických matematických strojů nebyla proto pojmenována jako paměť náhodně; přílehavějšího termínu není. Samozřejmě je nutno i přes tuto analogii rozhodně protestovat proti tomu, že by procesy probíhající v lidském mozku byly totožné s procesy, které probíhají ve stroji. Ale studium procesů ve strojích nám může pomoci pochopit alespoň nejjednodušší kvantitativní stránky činnosti nervové soustavy, které souvisí s pamatováním a zapomínáním.

Musíme mít přitom na paměti, že naše analogie je, jako ostatně každá analogie, neúplná, a že platí jen v jistých hranicích. Paměťový orgán stroje musí mít — jako všechny ostatní jeho složky — konstantní, na čas nezávislé charakteristiky. V nervové soustavě však vznikají i při zapamatovávání sebe nesmyslnějších slabik logická spojení, takže zde se charakteristika pamatování a zapomínání s časem mění. Teorie informací lze tedy použít při kvantitativním studiu psychofysiologických procesů pouze jako první aproximace. Avšak i taková první aproximace má svou platnost v příslušných mezích, což je velmi důležité na příklad v diagnostice.

Vezmeme-li však kteroukoli učebnici psychologie, která v SSSR vyšla, nalezneme tam jen samé nejasné úvahy o fyziologické podstatě paměti. O použití fyzikálně matematických method studia v psychologii nechtějí autoři ani slyšet. Jejich použití je ovšem tím obtížnější, čím složitější je oblast výzkumu, a dokud nebylo strojové matematiky, nebylo naděje na úspěch. Proč by však dnes nebylo možno k této úloze přistoupit?

Podstatné je ovšem, aby aplikace matematických method v psychologii byla vědecká. Příkladem nevědeckého použití kvantitativních method v psychologii je smutně proslulá psychotechnika a pedologie se svými methodami antisociálních testů, které zaneřádily v 30. letech sovětskou psychologii. Stejně odstrašujícím příkladem je americká škola Rashevského (viz N. R a s h e v s k y, *Mathematical Biophysics, Physicomathematical Foundation of Biology*, Chicago 1938), která biologii, psychologii a sociologii redukuje na diferenciální a integrální rovnice.

Tímto směrem jdou někteří američtí a západoevropští kybernetikové. Mluví o »elektrickém mozku«, slibují stroje, které lidský mozek nahradí atd. V pozadí všeho toho není nakonec nic jiného než »business«, jemuž se tu zájmy vědy podřizují.

Různé automaty se vyrábějí jen k reklamním účelům. Automaty, napodobující pohyby živočichů nebo lidí byly známy již dříve. Již ve středověku sloužily takové automaty z počátku zábavě šlechty, později za atrakce cirkusů a panoptik. Jejich důmyslná zařízení, při jejichž konstrukci často pomáhali význační vědci a vynálezci, byla počátkem dnešních »živých automatů«. Tak byl postaven na příklad automat »šachista«, který je schopen vyhrát jednoduchou partii šachu a který protestuje zvoněním proti porušení pravidel hry.

Avšak automaty, sestrojené za pomoci theorie informací, nejsou pouhé hříčky. Existuje stroj, který může nahlas číst libovolný text, což je velmi významné pro slepce. Byl sestrojen model stroje, který překládá z jednoho jazyka do jiného (viz na příklad článek *Elektronické překládání*, v tomto časopise; č. 1, 1956. *Pozn. překl.*). Překlad sice není literárně příliš elegantní, ale je zcela srozumitelný.

Tak vznikají z drobností celá odvětví vědy a techniky. Automatické hračky jsou vlastně pravzory mechanismů, které usnadňují lidskou duševní práci. Tak na pří-

klad výše popsaná »myš v labyrintu« je vlastně předobrazem automatické telefonní ústředny, která bude registrovat, s kterými čísly se abonent nejčastěji spojuje a bude pak pracovat při spojování podle principu výběru, tedy rychleji.

Stroje, založené na teorii informací, jsou nesporně velkým pokrokem lidského myšlení. Dnešní elektronické matematické stroje mohou i část programování a kodování obstarat samy, což ukazuje perspektivy pro stroje ještě dokonalejší.

S hlediska společenské funkce těchto strojů je však velký rozdíl mezi SSSR a zeměmi kapitalistickými. V kapitalistických zemích se kybernetiky využívá kromě jiného také k zastrašování středních vrstev inteligence možnostmi nezaměstnanosti, hrozbami, že ji nahradí stroje, čímž se vynucuje její poslušnost vládnoucí třídě. V SSSR je situace právě opačná. Přes to však nezůstala ani sovětská věda ušetřena vlivu nihilistického poměru k vědeckému projevu. Odstrašujícím příkladem byl poměr některých našich filosofů k teorii relativity a ke kvantové fyzice, kde se spolu se správnou kritikou idealistických závěrů a extrapolací v těchto vědních oborech tyto vědy nesprávně zavrhovaly vůbec jako reakční. Mlčením se ještě dnes přechází velký klad, který vnesla do vědy dnešní symbolická logika a zůstává se pouze u kritiky idealistických závěrů, které jsou dílem buržoasních logiků. Takový jednostranný postoj, představující logiku jako obor nezávislý na gnoseologii, je nesprávný. Logika a teorie poznání jsou nerozlučně spjaty, nejsou ovšem totožné. Úlohou marxistů není jen kritika chybného, ale také materialistický výklad pozitivních výsledků kterékoliv vědecké disciplíny. To se týká také kybernetiky.

Docházíme k závěru. Doposud byla technika v podstatě prodloužením lidských rukou, ať jde o pazourek z doby kamenné, nebo o dnešní moderní kombajn. Dnes však vstupuje technika do nové epochy, kdy začíná nahrazovat i některé naše psychické funkce, kdy se stává prodloužením také našeho mozku. To není žádný idealismus. Mozek a celá nervová soustava jsou stejně materiální jako ruce, a stroje, vyrobené lidskýma rukama, i naše abstraktní myšlenky a ideje jsou produktem hmoty, a jejich antithese má podle Lenina jen relativní gnoseologický a nikoli ontologický význam.

K. Marx píše v díle »Ke kritice politické ekonomie«: »Příroda nevytváří žádné stroje, lokomotivy, železnice, telegrafy, selfactory atd. To jsou produkty lidské průmyslové výroby, přírodní materiál přetvořený na prostředky vlády člověka nad přírodou nebo jeho činnosti v přírodě. Jsou to lidskou rukou vytvořené orgány lidského mozku« (K. Marx, *Grundrisse zur Kritik der politischen Oekonomie*, str. 594, 1939, překlad autorův). Marx tu zdůrazňuje, že stroje nejsou jen prodloužením lidských rukou, ale že jde o orgány lidského mozku. Marx tím chtěl pravděpodobně říci, že mozek lze v jistých mezích prodloužit právě tak jako ruce. Lidstvo donucuje přírodu stále více, aby pracovala pro člověka nejen tak, že šetří jeho svalovou energii, ale také energii duševní.

S ovládnutím atomové energie vstoupilo lidstvo do epochy nové techniky, neporovnatelné s epochou páry a elektřiny. Dosáhne jistě toho, že nová technika bude všude, jako v SSSR, využívána k mírovým a k budovatelským účelům. Zároveň nadchází doba nesmírného kulturně technického převratu, doba automatických strojů, které převezmou částečně naši duševní práci. I v energetice jsme dosud na samém začátku, před perspektivami, které dnes sotva lze dohlédnout.

Volně přeložila J. Klánská