

## Modern kozmológia

### Kozmikus „történelem“

A történész jól bevált módszerekkel kutat: levéltárak anyagát vizsgálja, ásatásokat végez, ősi mítoszokból próbálja kihámozni a valóságot. A geológus „megfúrja” a földkérget, vizsgálja a tengerek üledékeit; a különböző földtörténeti korok rétegeit egymás mellé rakva állítja össze bolygónk történetét. Mit tegyen az, aki ennél jóval messzebbre akarja visszapergetni a múltak fonalát, s a világegyetem kialakulásának körülményeit óhajtja tisztázni? Milyen dokumentumokra támaszkodhat? Egyáltalán vannak-e erre vonatkozó hiteles dokumentumok?

A jelenkori fizika — érdekes módon a mikrovilág titkait fűrkészve — olyan jelenségeket fedezett fel, amelyek összekapcsolhatók a csillagászati megfigyelésekkel, s így egységes elmélet alapján magyarázható a világegyetem kialakulása és fejlődése.

A világegyetem keletkezésére vonatkozó adatokért évmilliárdokkal kell visszamennünk a múltba. Paradoxonnak tűnhet, de a csillagász könnyebben tud hiteles adatokat szerezni évmilliárdokkal ezelőtti történet eseményekről, mint a történész a legközelebbi múltról. A csillagász ugyanis szemtanúja lehet az évmilliárdokkal korábban történteknek. Amikor távcsövével egy olyan kozmikus objektumot szemlél, amely ötmilliárd fényév távolságra van, akkor egy ötmilliárd évvel ezelőtti eseményt lát: ennyi idő szükséges ahhoz, hogy a hírt hozó fényjel eljusson hozzá. Így olyan múltbeli információkhoz jut, amelyek hitelességéhez nem férhet kétség. A további kérdés az, hogy a „történelmi adatok” birtokában hogyan dolgozható ki a „kozmosz történelem”. Az az elmélet, amely erre a kérdésre hivatott választ adni, a fizika szakterületéhez kapcsolódik.

### A fizika érvei

1. *Táguló univerzum.* A csillagászok már a század elején megfigyelték, hogy a távoli galaxisok színképvonalai eltolódnak a vörös felé. Ezt a jelenséget a hangtanból jól ismert Doppler-effektussal tudták megmagyarázni: tapasztalatból tudjuk, hogy egy mozgó hangforrás változtatja hangmagasságát (frekvenciáját) attól függően, hogy távolodik-e vagy közeledik. A távoli galaxisok esetében észlelt színképetolodásból ezek távolodására következtethetünk, s a távolodás sebessége is meghatározható. 1929-ben E. Hubble megállapította, hogy a galaxisok távolodási sebessége arányos a Földtől mért távolságukkal: minél távolabb van tőlünk egy galaxis, annál nagyobb sebességgel távolodik. Matematikailag a Hubble-effektust az  $R = t_H \cdot v$  egyenlettel írhatjuk le. Az egyenletben szereplő  $t_H$  az ún. Hubble-állandó, amelynek értéke 15-20 milliárd év. Ha feltesszük, hogy a tőlünk  $R$  távolságra levő galaxis mindig ugyanazzal a  $v$  sebességgel távolodott, akkor  $t_H$  idővel ezelőtti a galaxis  $R = 0$  távolságra volt tőlünk. Ennek minden galaxisra igaznak kell lennie — ami azt jelenti, hogy valamikor a világegyetemben levő anyag egy közös helyen volt összesűrűsödve, amely 15-20 milliárd évvel ezelőtti szétrobbant, s azóta folytonosan távolodnak egymástól a galaxisokba rendeződött anyaghalmozatok.

2. *Kozmikus háttérsugárzás.* Az 1940-es években George Gamow kidolgozta a kémiai elemek kialakulásának ún. „ősrobbanás-elméletét”. Eszerint a világegyetem kezdeti állapotában egy végtelen sűrűségű és igen magas hőmérsékletű ősananyag volt, amely instabilitása folytán felrobbant. A robbanásakor képződött elemi részek közötti kölcsönhatásból szépen levezethetők a különböző magreakciók, amelyek az idők folyamán elvezettek az egyes kémiai elemek kialakulásához.

Gamow elméletének továbbfejlesztése során a fizikusok több érdekes tényre figyeltek fel. Rámutattak arra, hogy az elméletből következően a robbanás nyomán

igen magas hőmérsékletű izotrop elektromágneses sugárzásnak kellett létrejönnie, amely kitöltötte az akkori univerzumot. A számítások azt mutatták, hogy ez a sugárzás túléli a világegyetem tágulását, hőmérséklete viszont állandóan csökken — az univerzum tágulásával fordított arányban. Ma ezek szerint legfeljebb 2–5 Kelvin-fok között mozoghat az értéke, s az egész világegyetemet betöltő izotrop sugárzás formájában kimutatható kell hogy legyen.

A Bell-laboratórium két elektromérnöke, A. Penzias és R. Wilson 1965-ben radioteleszkópos méréseket végzett 7,35 cm-es hullámhosszon. Meglepetésükre jelentős mikrohullámú zajt észleltek, amelyről később kiderült, hogy az univerzumban mindenütt jelenlevő *háttérsugárzás*. További vizsgálataik szerint a kimutatott sugárzás megfelel egy 2,7 Kelvin hőmérsékletű fekete test sugárzásának az adott frekvencián, energiasűrűsége nem nagy, de a sugárzás olyan nagy méretű izotrópiát mutat (ezt később a műholdas mérések is igazolták), hogy fel kell tételezni: egyenletesen tölti ki az univerzumot.

Penzias és Wilson felfedezése oly megkapó módon összevág az ősrobbanás elméletével és különböző más mérési adatokkal a világegyetemre vonatkozóan, hogy 1978-ban méltónak találták a fizikai Nobel-díjjal való kitüntetésre.

3. *Anyag-szingularitás* — *forró univerzum*. A fizikusok előtt régóta bizonyos, hogy a végtelen, homogén és statikus univerzum elképzelése tarthatatlan. A változó univerzumra vonatkozó elméleti vizsgálatok közül kiemelkedik az 1965-ben Penrose és Hawkins által bebizonyított tétel, mely szerint a gravitációs tér mozgásegyenleteinek — ésszerű alapfeltételek figyelembevételével — nincs olyan megoldása, amely a múlt vagy a jövő irányában végtelen időnkig kiterjeszhető lenne. Más szóval a világegyetemben állandó *folytonos változás* nem lehetséges: valamikor, a múltban vagy a jövőben ugrásszerű változásnak kellett vagy kell bekövetkeznie. Matematikai nyelven a tétel úgy fogalmazható meg, hogy a gravitációs tér mozgásegyenleteiben egy véges időpillanatban szingularitásnak kell fellépnie. Ez azt jelenti, hogy az anyagot tartalmazó világegyetemben szükségszerűen kell léteznie olyan állapotnak, amikor az univerzum sajátosságai alapvetően különböznek egy előző vagy egy következő állapot sajátosságaitól.

A felsorolt adatok birtokában, a Penrose—Hawkins-tételre alapozva, a fizikusok kidolgozták a világegyetem kialakulására vonatkozó „forró univerzum” modellt.

## Így lett a világ

Az elmélet szerint mintegy 15-18 milliárd évvel ezelőtt az univerzum anyaga végtelen sűrűségű és rendkívül forró állapotban volt. Ez az anyagsűrűsödés instabillá vált, és felrobbant („Big Bang”). A robbanás termékei fénysebességgel szóródtak szét, tehát a „Nagy Bumm” pillanatában kezdett tágulni a világegyetem, s ezzel együtt megindult a lehűlés, eleinte gyorsan, majd egyre lassabban. A robbanás után egymilliomod másodperccel a hőmérséklet mintegy  $10^{13}$  fok, egy másodperc múlva már  $10^{10}$  fokra — a korábbi érték ezredrészére — hűl le. Ekkor még milliomod másodpercenként változik az univerzum összetétele, s kialakulnak az anyagnak azok a legelemibb építőkövei, melyekből a jelenleg elemi részecskének tekintett képződmények (elektron, proton, neutron, foton) felépülnek. Az első ezredmásodpercben az univerzum instabil nehéz részecskék (hadronok) és elemi részek (kvarkok) elege. Az első másodperc végére az instabil részecskék elbomlanak, és az univerzumot fotonok, elektron—pozitron párok és neutrínók termikus egyensúlyban lévő keveréke alkotja.

A világegyetem e korai állapotára jellemző a termikus egyensúly: a gyors változások ellenére a hőmérséklet mindenütt ugyanaz. Ez azért lehetséges, mert a részecskék szabad úthossza kicsi, sebességük meg majdnem fénysebesség; így energia-különbségük hamar kiegyenlítődik a szapora ütközések következtében. Az elemi részecskék között ekkor végbemenő reakciók (elektron—pozitron és proton—anti-proton szétsugárzás) nagy mennyiségű fotongázt, azaz elektromágneses sugárzást termelnek, amely a fennálló termikus egyensúly folytán egyenletesen tölti ki a teret. Penzias és Wilson a kozmikus háttérsugárzásban az ősrobbanáskor képződött s az egymilliárdok során lehűlt fotongázt fedezte fel.

Az elmélet teljes képet ad az univerzum további fejlődéséről is. Az első órában végbemegy a szabad neutronok spontán elbomlása, a hőmérséklet  $10^8$  fokra csökken. Ezen a hőmérsékleten megindul a proton—neutron összekapcsolódás, a hidrogénatommagok mellett hélium- és lítiummagok képződnek. Az univerzum első évezredének végére a hőmérséklet pár ezer fok lesz, s megkezdődik az atomos hidrogén és hélium kialakulása. Mintegy 50 000 év után a sugárzási korszak befe-

jeződik, a hőmérséklet ezer fok alá süllyed. Az egyre hűlő hidrogéngázban a gravitáció hatására anyagsűrűsödés indul meg: tömörülni kezdenek a galaxis-halmazok, galaxisok, csillagok. Az utóbbiak belsejében új magreakciók mennek végbe, lehetőséget nyitva nehezebb atommagok kialakulására. Ez a folyamat napjainkban is tart, miközben az egyre táguló univerzumban a fotogáz hőmérséklete lassan tovább hül.

### Végkövetkeztetés helyett

Önkéntelenül felvetődik a kérdés: vajon az univerzum történetére vonatkozó elmélet idővel nem szorul-e gyökeres átalakításra? Figyelembe kell vennünk azt, hogy nem társadalmi, hanem természeti jelenségek történetéről van szó, s eszerint kell próbálnunk felelni a kérdésre. Le kell szögeznünk, hogy egy elmélet helyességét mindig a gyakorlati tények döntenek el. A „forró univerzum” elmélet két fontos mérési eredményre (Hubble-effektus, háttérsugárzás) alapoz, és számos kísérleti, elméleti eredmény áll összhangban vele.

Más elméleti modell segítségével mindeddig nem sikerült egységes magyarázatot adni az ismert adatokra. Nyilvánvalóan vannak ilyen próbálkozások, és ezek külön-külön egyik vagy másik kísérleti eredményt logikusan megmagyarázzák. Az ősrobbanás elmélete azonban *minden adatot* szervesen magába épít és összefüggésbe hoz egymással; ezért a szakemberek úgy vélik, túllépte a hipotézis korszakát, és reális tényként lehet vele számolni.

Eddigi ismereteink alapján egyre világosabbá válik, hogy a végtelen kicsi (a mikrokozmosz) és a végtelen nagy (a kozmosz) világában azonos törvények uralkodnak, s az egész univerzum története lényegében benne van egyetlenegy atom történetében. Ha a fizika pontosabb magyarázatot tud majd adni az atomot felépítő részecskékről s az azokat összekapcsoló erőterekről (köölcsönhatásokról), akkor megfejtí az atom keletkezésének rejtélyét — ez pedig elvezet a világegyetem kialakulásának részletesebb feltárásához.

Egy természettudományos problémát egy adott pillanatban egy adott szintig tudunk megmagyarázni; minden okoskodás, ami ezen túlmegy, vagy termékeny, vagy meddő filozofálás, de semmi esetre sem tartozik a természettudományok területéhez.

Fenti cikkem befejezése után egy érdekes közleményt olvastam, amely beszámol Y. B. Zeldovics és munkatársai újabb kutatásairól s arról, hogy ezek talán utat nyitnak a kozmológia továbbfejlesztése irányába, és az univerzum ősrobbanás előtti állapotáról is felvilágosítást adnak. Az új elmélet abból indul ki, hogy a vákuum az anyag sajátos állapota, amely bizonyos esetekben polarizációs jelenségek színhelye lehet. A vákuumban lévő elektron például kipolározza a vákuumot, s abban egy virtuális elektron—pozitron párt kelt. A kvantum-elektrodinamika ezzel a vákuumpolarizációs jelenséggel magyarázza a hidrogénatom szinképeének hiperfinom szerkezetében jelentkező Lamb-eltolódást.

Zeldovics professzor kutatásai arra világítanak rá, hogy ha a vákuumban valamilyen gravitációs potenciállal számolunk, akkor elég nagy térgörbület esetén a gravitációs tér görbületi nyomása nagyobb lehet, mint a lokális energiasűrűség, s ez lehetővé teszi, hogy a gravitációs tér pozitív munkát végezzen és a vákuumban reális részecskéket hozzon létre. Ez a jelenség az *igazi vákuumpolarizáció*, s az új feltevés lényegében arra utal, hogy a vákuum erőtere generálja a korpuszkuláris szerkezetű anyagot.

A vákuum zérótól különböző gravitációs térerőssége nem kizárt dolog, hiszen a terek kvantumelméletében zérótól különböző vákuumenergiával számolnak. Ez annak a kvantummechanikai törvénynek a következménye, amely szerint bármely fizikai rendszer minimális rezgési energiája zérótól különbözik.

Ha bebizonyosul, hogy a vákuumfluktuáció folyamata elvezet az igazi vákuumpolarizáció jelenségéhez, akkor megint nagy lépést tett előre a kozmológia tudománya, és újabb évmilliárdokat ad fiatalnak amúgy sem nevezhető világegyetemünk életkorához.

Puskás Ferenc

## A folyadékkristályok múltja és jövője

Bizonyára nem túlzás napjaink egyik „technikai csodájának” nevezni a modern karórák és zsebszámítógépek digitális kijelzőjeként alkalmazott folyadékkristályokat. Nem túlzás már csupán azért sem, mert a tranzistorhatás felfedezése óta nem volt elektronikai elem, melynek alkalmazásán annyian dolgoztak volna, mint a folyadékkristályos kijelzőkön, és sok műszaki újdonság, például a „lapos” tévékészülék megvalósítását is a folyadékkristályok alkalmazásának egyre bővülő lehetőségeitől várják.

A tudományoknak is van gyermekkoruk, kamasz- és felnőttkoruk. Általában más tudományok méhében fognak, s amikor szűkké válik számukra az addigi keret, önálló létre kelnek: mintegy „megszülük” önmagukat. Így van ez a folyadékkristályok fizikájának önállósulásával is, ami — úgy tűnik — első lépés a szerves szilárd testek és a részben rendezett szerves anyagok fizikájának egységes felépítése, elméletének megteremtése felé.

A folyadékkristályokat hosszú ideig anyagszerkezeti furcsaságoknak tekintették, napjainkban azonban egyre inkább elfogadott az a nézőpont, hogy az anyag negyedik, sajátos halmazállapotát jelentik. Az első anyag, melynek viselkedése nyomán a folyadékkristálytulajdonságokra fény derült, egy kolesterinészter volt; azóta tudjuk, hogy számos, a természetben előforduló vagy szintetikus előállított nagy molekulájú szerves vegyület veheti fel e halmazállapotot. Sok ilyen vegyület több mint száz éve ismert, de hogy folyadékkristályos „természete” van, arra csak kb. 1890 után figyeltek fel — bár már 1850-ben jelentek meg értekezések, amelyek egyes szerves anyagok erre valló tulajdonságait írják le.

Az első folyadékkristályos anyagot F. Reinitzer osztrák botanikus fedezte fel 1888-ban. Észrevette, hogy a szilárd kolesterinbenzoát  $145^{\circ}\text{C}$ -on megolvad, és zavaros folyadékká változik, s csak tovább melegítve,  $179^{\circ}\text{C}$  fölött válik áttetszővé, tisztává. Hűtéskor a folyadék  $179^{\circ}\text{C}$ -on újra zavarossá változott, majd  $145^{\circ}\text{C}$  alatt megindult a kristályosodás folyamata. Reinitzer arra gondolt, hogy kettős olvadásponttal rendelkező anyagot fedezett fel; csak később sikerült O. Lehmannak polarizációs mikroszkóppal kimutatnia, hogy a meg-

olvadt anyag olyan „közbelső fázisról” van szó, amikor a folyadékban optikailag anizotrop tartományok léteznek.

A századforduló utáni vizsgálatok már arra engednek következtetni, hogy a „közbelső fázis” új, merőben más állapot, mint az izotrop folyadéké. Ebben az állapotban az anyag tulajdonságait illetően erősen anizotrop, de valamilyenre folyékony is, sokszor a reális folyadékokkal megegyező mértékben. Lehman ezt a szilárd és cseppfolyós halmazállapot közötti fázist, melyben az anyag optikai tulajdonságait tekintve szilárd, mechanikai tulajdonságait tekintve cseppfolyós halmazállapotú, folyadékkristály-állapotnak nevezte. Az elnevezés később — az 1950-es években — heves viták tárgya volt, s ha fennmaradt is, nem egymagában maradt fenn: polgárjogot nyert mellette a G. Friedel javasolta „folyékonykristály mezofázis” név. Az újabb tudományos közleményekben gyakran szerepel a szóban forgó fogalom „mezofázis”, „mezomorf állapot” megjelöléssel.

A folyadékkristályok fizikájának alapjait 1920 körül kezdik lerakni, de az 1933-ig e témakörben megjelent munkák a továbbiakban évtizedekre feledésbe merülnek, és a „közbelső fázis”, illetve a bizonyos körülmények között ilyen halmazállapotot felvevő anyagok tanulmányozása csak az 1960-as évek elején kerül újra a figyelem középpontjába. A múltbéli eredményekből, úgy látszik, a tudománytörténetet is inkább csak a jelenben fontosnak mutakozó dolgok előzményei érdeklik; ezzel magyarázható, hogy a mondott évtizedekben megjelent, nagyközönségnek szánt kézikönyvekben — amilyen például a nálunk is sokak által forgatott hatkötetes *Természettudományi lexikon* — hiába keressük a folyadékkristályok egykori kutatóit. A téma renezánsza után azonban hosszú időre illendő lesz ismerni az olyan kutatók nevét, mint G. W. Gray, aki 1962-ben összefoglalta a folyadékkristályokra vonatkozó kémiai tudást, anyagot, vagy mint G. H. Heilmeyer, aki a folyadékkristályoknak a megjelenítő (display) technikában való használhatóságára hívta fel a figyelmet.

Angliai és indiai egyetemeken már 1960-tól, különböző franciá, amerikai és japán intézetekben valamivel későbbtől folynak intenzív alap kutatások, s természetesen mindenütt nyomukban jár az alkalmazott kutatás. A Szovjetunióban a tudományos akadémia kristallográfiai intézete és a leningrádi egyetem a kutatások központja. Mintegy tíz éve

Romániában is nagy súlyt helyeznek a téma tanulmányozására: idevágó kutatásokat végeznek a bukaresti Politechnikai Intézet, a kolozsvári és a temesvári egyetem fizika tanszékén, a Bukarest—Mágyurele-i központi fizikai kutatóintézet keretében pedig külön szakembercsoport foglalkozik a folyadékkristályos kijelzők technikájával.

A vizsgálatok kiderítették, hogy igen sok vegyület — jelenleg több mint 6000-ról tudunk — kerülhet folyadékkristály-állapotba. Újabb szerves vegyületeket napjainkban is gyakran fedeznek fel, illetve állítanak elő, s ezek közül kb. minden kétszázadik mutat meghatározott hőmérséklettartományban folyadékkristályos tulajdonságot. Világossá vált, hogy az ilyen anyagok nem gömbszimmetrikus molekulákból állnak, hanem pálcika vagy korong alakú molekulákból, amelyek helyzetét nem csupán tömegpontjuk helye határozza meg, hanem molekulatengelyük iránya is. Talán kissé szakszerűtlenül, de szemléletesen szólva, a molekulák helyzetétől és rendezettségétől függ a folyadékkristály optikai viselkedése: amikor például a molekula-„pálcikák“ a felületre merőlegesen állnak, az anyag átlátszó — és fordítva, amikor párhuzamosan állnak, az anyag átlátszatlan. Az elektromos erőter a molekulákat egy pillanat alatt ilyen vagy olyan irányba rendezheti; lényegében ennek köszönhető, hogy a hosszú évtizedekig csak laboratóriumi érdekességként számon tartott folyadékkristályok elindultak a gyakorlati alkalmazás útján.

Túl a fenti, erősen egyszerűsített példán, a folyadékkristályoknak má már több mint tizenöt elektrooptikai effektusa ismert, s több termo- és piezoptikai, sőt akusztó- és magnetooptikai effektusa szolgál a kutatások s az alkalmazás tárgyául. A folyadékkristályokat egyre szélesebb körben használják fel az óráiparban; a folyadékkristályos hőmérők ma már legalább olyan elterjedtek, mint higanyos vagy alkoholos elődeik; s már az első — ugyancsak folyadékkristályok alkalmazásán alapuló — sikképcsöves zsebtélevízió-mintapéldányok is elhagyták az „ellovak“ cégek szerelősarnokait. Mindez azonban az itt fel nem sorolt megvalósításokkal együtt is csak a kezdet; a jövő dönti majd el, melyek lesznek azok a műszerek, készülékek, legkülönbözőbb berendezések, amelyekben „munkát adunk“ a folyadékkristályoknak.

Az alapkutatás terén is új tudományos felismerések elé nézünk, hiszen a szerves rendszerek fizikája a szilárdtestfizika egyik legfiatalabb, rohamosan fejlődő ága. A folyadékkristályoknak az élő rendszerekben való jelenléte olyan szerkezeti egyszerűsítésekhez vezet, amelyek által a rendszerek jobban megismerhetővé válnak. A további kutatások nyilvánvalóan eltörlik a mezsgyét a fizika, a kémia, a biológia, a műszaki tudományok közül az elektronika és határtudományai között, s a várható konkrét eredményeken túlmenően az egyetemes tudás integrálásához járulnak hozzá.

Selinger Sándor

## ORVOSTUDOMÁNY

### Informatika és medicina II.

Közleményünk első részében az informatika orvostudományi térhódításának három pásmáját tekintettük át (betegellátás, tudományos kutatás, orvosképzés). Most negyedikül egy olyan pásmát veszünk szemügyre, amelyről már korábban azt mondtuk, hogy az informatika behatolása itt a legjelentősebb: az egészségügyi-gazdasági szervezés és statisztika tevékenységi körét.

Az utóbbi két évtizedben az egészségügyben is számottevő minőségi változás ment végbe. Hazai viszonyaink jellemzésére elmondható, hogy ma már minden megyeszékhelyen korszerű kórház és rendelőintézet működik. 1981-ben 41 600 orvos és 133 600 nővér dolgozott

az egészségügyi hálózatban, s ezer lakosra 9,5 kórházi hely jutott (összesen 208 700 ágy). Természetesen ez nem jelenti azt, hogy az eljövendő években nincsen mit javítani.

A központi vezetéstudományi és informatikai intézet létrehozása, az egészségügyi minisztérium felszerelése nagy kapacitású számítógéppel, a majdnem minden megyében működő területi számítóközpontok és a megyei egészségügyi igazgatóságok munkájának fokozatos egybehangolása évről évre biztatóbb. Tíz esztendő — mióta a folyamat elkezdődött — rövid idő látványos eredmények eléréséhez, az irány azonban kétségtelenül pozitív. Nem volt ez másképp a fejlettebb országokban sem! A tudomány kibontakozása nem szimultán, se nem lineáris, hanem lépcsőzetes, és ez-

alól az egészségügyi vezetéstudomány sem kivétel.

A helyzet értékelése során azonban jó, ha nem esünk tévedésbe: ha egy terület kórházait összekötjük egy nagy számítógéppel, s az adott funkciókat egységes rendszerbe foglaljuk, ezzel még nem „informatizáltuk” az egészségügyet, nem szerveztük át a rendszerelméletet szellemében. Ez csak ott és akkor kezdődik, ahol a felhasználó kórház-igazgatók, rendelőintézeti vezető főorvosok, kórházi osztályvezetők, gazdasági és személyzeti osztályfőnökök bizni kezdenek a rendszerben, s amikor a kért információkat képesek beilleszteni saját „modell-igénykeretükbe”. De igazán működőképes akkor lesz a szervezés e modern formája, amikor az említett vezetők menet közben új javaslatokkal jönnek, hogy a rendszer hatékonyságát és alkalmazkodóképességét a gyakorlatban fokozzák: amikor nemcsak érteni és használni, de uralni kezdik a rendszert. Ez biztosítja a tevékenység dinamikus tökéletesítését, javítja a kórházak munkájának minőségét, fokozza az orvosok s a gazdasági vezetők sikerélményét.

Lássunk azonban közelebről egy-két szervezési problémát, hogy az elmondottakat konkrétumokkal példázzuk.

A modern kórházcsoportok és egyes osztályok, a mentőszolgálat, a laboratóriumok, a gazdasági egységek stb. között bonyolult vízszintes és függőleges útvonalak (utak, folyosók, liftek) vezetnek. Hogyan lehet a közlekedést úgy ésszerűsíteni, hogy bizonyos útvonalak mindig szabadon maradjanak sürgősség esetére, továbbá, hogy a steril és fertőzött műszerek, fehérműk sohasé keresztezzék egymást; hogy a látogatók, orvosok, betegek külön útvonalakat használjanak, és hogy a betegélelmezés ne találkozzék az osztályokról kikerült tonnányi hulladékkal? Egy 1200—1500 ágyas egyetemi klinika vagy egy sokemeletes megyei kórház esetében a cél elérése hosszas tervezést, szigorú fegyelmet és legalább egyévi „bejáratást” igényel.

Tudományosan az útvonalcsoportosítás a gráfelméletre épül. Számítógépes szimuláció útján ma már pontosan ki lehet rajzoltatni mindenféle célszerű hálótervet, s a „kritikus út” módszerével (Critical Path Method) a belső közlekedés és szállítás optimálisan ésszerűsíthető. Ugyanígy oldható meg a központi laboratórium, az osztályok és a műtéti részleg legjobb kihasználása.

Az operációkutatás Philip M. Morse és George Kimball meghatározása szerint olyan tudományos módszer, amely egy vállalat vezetőjének mennyiségi tájékoztatást ad a felügyelete alatt álló folyamatokra vonatkozó döntéseihez. Egy

nagy kórház vagy egyetemi klinika, esetleg az egészségügyi igazgatóság vezetői szempontjából e módszer ismerete igen jelentős. Az operációkutatás azon a felismerésen alapul, hogy az egész rendszer működése olyan mértékben közeledik a tökéleteshez, amilyen eredményesen működnek az őt alkotó alrendszerek. A korszerű számítógépek megjelenése előtt az optimalizálást célzó operációkutatás nem volt könnyű feladat. Ma egyfelől minden kórházi osztály, másfelől minden olyan funkció, mint a betegélelmezés, a betegforgalom, a gyógyszerellátás, a műtéti beavatkozások stb., egy-egy alrendszernek fogható fel, és olyan működési program írható elő mindegyik számára, amely a leghatékonyabb az illető alrendszer s legelőnyösebb az egész szempontjából.

A példákat még sokáig szaporíthatnám. Hadd mondjam el azonban ehelyett, hogy amikor 1962-ben a marosvásárhelyi OGYI társadalomorvostani tanszékén megalakítottam az ún. abszolvens kabinetet, egyrészt egy olyan visszacsatolási módszerre gondoltam, amely országos szinten információkat szolgáltat orvosképzésünk hatékonyságáról és az oktatók céltudatos beállítottságáról. Másrészt mint volt falusi körorvost az érdekelt, hogy végzettjeink hogyan és mennyi idő alatt illeszkednek be az ismeretlen, néha távoli környezetbe — orvosi, szociális, intellektuális, sőt pszichés szempontból. E bonyolult kérdések igen sok vetületére csak később jöttem rá. Kutatómunkám módszerei elmélyültek, s a tárgyi adottságok függvényében tökéletesedtek is (1970-ben létesült a tanszéken egy szerény IBM adatfeldolgozó központ).

1975-ben már tudtam, hogy amint az iparban léteznek végtermék-hatékonyságot elemző számítógépes módszerek és termelésoptimalizálás, nálunk is ki kell bontakoznia a visszacsatolással kombinált operációkutatásnak. Az orvosi ellátás, az orvosképzés hatékonysága is lemérhető. Ma fejlett és kevésbé fejlett országokban egyaránt tény, hogy az egészségügyi ellátás és az orvosképzés költségei évről évre nőnek. Az informatika kezünkbe adta azt az eszközt, amellyel ezeknek az óriási kiadásoknak az eredményessége is ellenőrizhető. Csupán egy dologra kell nagyon vigyáznunk: arra, hogy miközben hatékonyságot és minőséget követelünk meg — társadalmi méretekben — „a pénzünkért”, oktalanul ne fukarkodjunk az anyagi eszközökkel, mert minden erőltetett és akciószerű látszattakarékoskodás e téren szociális, sőt gazdasági ráfizetést von maga után.

Farkas Imre János