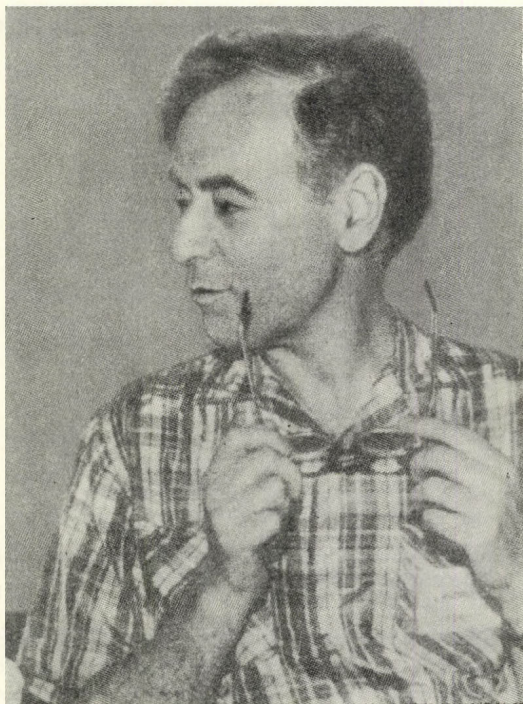


Lev Davidovics Landau

az 1962. évi fizikai Nobel-díjas

„Kezdetől fogva mély benyomást gyakorolt ránk az a képessége, hogy behatoljon a fizikai problémák gyökeréig, és mély benyomást tettek az emberi élet különböző kérdéséről vallott erőteljes nézetei, amelyek annyi vitára nyújtottak módot. Ezek az élénk emlékeim abból az időből származnak, amikor — mintegy 30 esztendővel ezelőtt — Landau koppenhágai intézetünkben dolgozott. De Szovjetunióban tett látogatásom óta is az ő személyes varázsának sok kincsét őrzöm. Megismertem törekvését, hogy előbbre vigye az elméleti fizikai kutatást a Szovjetunióban, ami



neki oly nagy mértékben sikerült is. Sokat beszéltem vele, és nem csupán azt a csodálatot láttam, amellyel őt munkatársai természetes módon körülveszik, hanem megtaláltam benne azt a mély és lelkes egyéniséget is, amely bennem és mindnyájunkban oly mély tiszteletet ébreszt.” Ezek Niels Bohr szavai, amelyeket az elmúlt évben írt le arról a tudósról, akit méltán sorolhatunk természettudományos lángelmékben nem szűkölködő korunk öt legkiválóbb élő fizikusa közé. Aki egyszer találkozott és elbeszélgetett vele, aki olvasta lebilincselő élményt jelentő értekezéseit és könyveit, nem képes elfogulatlanul szólni róla, nem tudja elfelejteni közvetlen, mégis nagyságot mutató karakterét. Mindnyájunkat őszinte öröm fogott el, amikor a Nobel-díj nekijuttatásáról értesültünk. Csak azt találgattuk, hogy melyik alkotásáért részesült ebben a nagy nemzetközi kitüntetésben. A szilárd anyag, az alacsony hőmérséklet, az atom-

mag, az elemi részek, a kvantumelmélet fizikájának művelői egyaránt tudták említeni olyan eredményeit saját munkaterületükről, amelyet érdekesnek tartottak ilyen kitüntetésre.

Lev Davidovics Landau 1908-ban született Bakuban. Tizennégy éves korában iratkozott be az egyetemre és tizenkilenc éves volt, amikor azt elvégezte. De már az egyetemi évek lezárása előtt jelentek meg dolgozatai, az első 1925-ben, közvetlenül a kvantumfizika megszületése után. Landau neve azóta egyéforrt a modern fizika ragyogó kiteljesedésének majd minden fejezetével.

Tizenkilenc éves korában ő vezette be a sűrűségmátrix fogalmát, amelyet Neumann János ennek alapján fejlesztett ki a kvantumelméleti munka egyik leghasznosabb eszközévé. 1929-ben másfél évet Koppenhágában (és más nyugateurópai kutatócentrumokban) töltött. Itt ismerkedett meg Niels Bohrral, akit mesterének vall. 1930-ban Peierlssel együtt megírta a foton kvantumelméletéről (lokalizálhatóságáról, mérhetőségéről) szóló alapvető munkáját, amellyel egy kutatási irány úttörőjévé vált. Harkovban a kvantumelmélet kibontakozása nyomán fellendülő anyagszerkezeti kutatások felé fordult figyelme.

Felismeri azt a jelenséget, amit ma az elektron-gáz Landau-féle diamágnességének neveznek. Kristályszerkezet, ferromágnesség, félvezetők, szupravezetők, plazmák, mind érdeklik. Különösen kiemelkedő tette a másodfajú fázisátmenetek termodinamikájának kiépítése. Előtte az n -edrendű fázisátmenet fogalma csupán formális kategorizálásként volt ismeretes, ő feltárta az ilyen átmenetek teljes jelenségkörét. (A hivatalos indokolás szerint ez volt az egyik eredmény, amelyért a Nobel-díjat neki ítéltek.)

Időközben, 1937-ben Moszkvában ment, a Fizikai Problémák Intézetébe, amit Kapitza, a szuprafolyékonyság felfedezője hozott létre. Itt érthető módon az alacsony hőmérsékletek felé fordul érdek-lődése. Észrevette, hogy nem egyedi héliumatomok viselkedésének leírása, hanem a szuprafolyadék kollektív mozgásainak tanulmányozása vezethet el a természet e meglepő tüneményének megfejtéséhez. A kollektív gerjesztés által képviselt kvázi-részecskéknek a roton nevet adta. 1941-ben félempirikusan feltárja a szuprafolyékonnyá váló kvantumfolyadékok gerjesztésének energiaspektrumát, ami később Bogoljubovnak és Valatin Jánosnak lehetővé tette, hogy megadja a szuprafolyékonyság (és később a szupravezetés) teljes magyarázatát. Landau maga eljut innen a szuprafolyadékokban fellépő második hang megjósolásához. (Ugyanezt Tisza László valamivel korábban a kevésbé gyümölcsöző Landau-féle makroszkopikus elmélet alapján látta előre. Peskov 1944-ben kísérletileg igazolta Tisza és Landau elméleti következtetését.)

A korábbi Fermi-gáz-kutatásoknak és a későbbi szuprafolyékonyság-kutatásoknak közös mederben

való egyesülését jelentette a Fermi-statisztikát követő hélium 3-folyadék vizsgálata. Itt ismeri fel a „zérus-hang” jelenségét, mint a Fermi-felület rezgéseit. „Ekkor már Landau teljesen otthonos a Fermi-tengeren való hajózás művészetében” — írják róla egy amerikai méltatásban.

Mindez elég lett volna egy életműhöz, egy Nobel-díjhoz. De közben kibontakozott a magfizikai kutatás, ami Landaut nem hagyhatta érintetlenül. A magerők problémája, a maganyag termodinamikája, a csillagokban végbemenő termokleáris reakciók nemcsak érdeklik, hanem időálló eredmények elérésére is készítetik. A harmincas évek végén már az elméleti magfizikának is kiemelkedő alakjai közé számítják.

Az anyagszerkezeti kutatások mellett soha nem szűnt meg érdeklődése a természet alapvető törvényeinek feltárására egyre merészebben törő kutatások iránt sem. A foton kvantumelméletével foglalkozó alapvető műve óta szakadatlan láncban sorakoznak ilyen irányú írásai, amelyek 1954-ben a kvantumelektrodinamika alapjaira vonatkozó dolgozatában érik el csúcspontjukat. Ez a Bohr 70. születésnapja alkalmával kiadott emlékkötetben jelent meg. Üttörőként vetette fel a kérdést, amely azóta a kvantumelméleti kutatások középpontjába került: miként viselkednek a kvantumterek a perturbációszámítás alkalmazhatósági határain kívül? Sikerült kapcsolatot teremtenie a részecskék eredeti, csupasz töltése és az észlelhető, vákuumpolarizáció folytán leárnnyékolt töltése közt. Ő mutatott rá először arra, hogy a leárnnyékolás egy következetes számítás keresztülvitelekor esetleg teljesnek adódhat, ami a kölcsönhatások teljes eltűréséhez, a kvantumtérelmélet nehézségeinek egyik alapvető forrásához vezet. Azóta is a vitatható perturbációszámítást megkerülő módszerek kidolgozása foglalkoztatja. Mindezen eredményei igen élénk visszhangot, gyümölcsöző vitákat váltottak ki a nagy nemzetközi kongresszusokon.

A harmincas években foglalkozott még a kozmikus záporok statisztikus elméletével, a negyvenes években a gyors részecskék ionizációs veszteségével, az ötvenes években a gyors részecskék sűrű közegben történő fénykisugárzásánál fellépő sajátos jelenségekkel. Ezek az eredményei igazán fontosakká a kísérleti kutató számára váltak.

Ezekben az évtizedekben kerül fokozatosan a fizikai alapkutatások előterébe a nagyenergiájú fizika, az elemi részek fizikája. Újabb lépéssel távolodott el a tudomány az emberi méreteken kialakult szemléletes tárgyak világától, hogy még mélyebbre hatolva megértse az anyag szerkezetét. És itt bontakozik ki legszembetűnően Landau tudományos egyéniségének ereje. Erre talán két példát említünk meg.

1957-ben az anyag gyenge kölcsönhatásai vonták magukra a kutatók figyelmét. Furcsa, izgalmas időszak volt ez: tapasztalati tényé vált, hogy a paritás megmaradási törvénye szigorúan nem érvényes, aminek matematikai következményét úgy vonták le, hogy a világ nem tükrözés-szimmetrikus. Még a geometerek számára is meg-

döbentő következtetés. Ekkor jelenik meg Landau egyik rövid cikke, amelyben egy képlet sincs. Idézzük néhány mondatát: „Első pillanatra úgy látszik, hogy a paritás megmaradásának megsértése a tér aszimmetriáját jelenti tükrözésekkel szemben. Ha tekintetbe vesszük, hogy a tér izotróp (az impulzuszórára megmaradási tétel érvényes), ez a felfogás igen különösnek tűnik. Szerintem a tér tükrözési aszimmetriájának elfogadása az elméleti fizikát igen súlyos helyzetbe hozná. De benyomásom szerint helyzetünkben kiút található. Tudjuk, hogy erős kölcsönhatásoknál kétségkívül érvényes a paritás megmaradása és a töltéstükrözéssel szemben való invariancia. Tegyük fel, hogy gyenge kölcsönhatásoknál e két megmaradási tétel külön-külön nem érvényes, azonban invariancia áll fenn e két transzformáció egyidejű alkalmazásával (a kombinált tükrözéssel) szemben. Ez azt jelenti, hogy e tér teljesen szimmetrikus, csupán az elektromos-töltések jelentenek a világban olyan tükrözés-aszimmetrikus képződményeket, mint a jobbkezes, vagy a bal. (A K-mezon tükröképe az anti-K-mezon.) Ez az aszimmetria éppoly kevésbé érinti a tér szimmetriáját, mint — mondjuk — a sztereoizomér molekulárok léte. A vákuum nem lehet optikailag aktív, azonban a töltött részeket (elektronokat és magokat) nem önmagukba viszi át a kombinált tükrözés, ezért minden — korábban szimmetrikusnak minősített — anyag elforgatja a polarizáció síkját, a gyenge kölcsönhatások révén, bár — természetesen — ez a hatás elenyészően kicsiny lehet.” Ez a pár mondat érzékelteti, hogy Landau mélyebbre látott, de ezenkívül soha nem vette le figyelmét a megfigyelt jelenségekről, amelyek ezt a mélyebbre látást valójában lehetővé tették.

A másik jellegzetes Landau-munkaterület a mezonok sokszoros keletkezése. 1950 táján vált egyértelműen világossá, hogy a fotonnal ellentétben a mezonok nem feltétlenül egyesével keletkeznek, hanem egy elemi aktusban egyidejűleg akár több száz új részecske is születhet. A korábbi statisztikus elméletek sok mindentől számot tudtak adni, de a részletekről (így a szögeloszlásról) már hamis képet festettek. Landau ekkor bátran a folyamat részletes fizikai megértéséhez, leírásához látott. Két Lorentz-kontrakció által körlappá lapított proton sokmilliárd elektronvoltage energiával egymásnak szalad. Lefékeződnek. Relatív mozgási energiájuk az ütközés folytán 10^{15} fokra hevíti az atommagokat felülmúló sűrűséggel egybeolvadt masszát. A csepp emlékeztet a Landau által oly szeretettel vizsgált erőskölcsönhatású kvantumfolyadékokra, de olyan szélsőséges állapotban, amilyenben ember anyagot még soha nem vizsgált. A 10^{50} cm³ térfogatú tűzcseppben lökeshullám alakul ki, a térfogat fénysebességgel tágul, közben az anyag adiabatikusan hűl. Végül elérve a 10^{12} fokot az addig amorfan összeolvadt massa elemi részecské hull szét, két proton nászából megszülve a száz új nukleont és mezont. Landau ezen a területen érezte magát igazán otthon, ahol hidrodinamika és kvantumtérelmélet, fenomenologikus hő-

tan és relativitáselmélet együttes bevetésével biztos érzékkel tájékozódott. Olyan hozzáértő kezdeményezőknek, mint Ferminek és Heisenbergnek munkáját vitte közel a befejezéshez. Itt elért eredményeit emelte ki másodikként a Nobel-díj indoklása.

Landau tudományos egyéniségének jellemző vonásaként kell kiemelnünk egész fizikát átfogó komplex szemléletét. Mindig ott találjuk, ahol természetismeretünk gyümölcshozó elmélyítésére nyílik lehetőség. Nem matematikai dedukcióval, hanem intuitív fizikai érzékkel ragadja meg az ismeretlen jelenség lényegét. Amit lényegtelennek érez, átugorja. Matematikáját sokszor érte kifogás, végső igazát mégis elismerték. A feltárás során virtuóz ügyességgel állítja szolgálatába az elméleti fizika egész apparátusát — kezében a fizika divatból kiment fejezetei, mint a hidrodinamika, fenomenológiai termodinamika és a dielektrikumok leíró elektrodinamikája új életet nyernek, átütő sikerre segítenek a legmodernebb területeken. Fizikai intuíció, a teljes elméleti fizika művészi kezelése, az egész területen való otthonos mozgás tekintetében a legnagyobbak is nehezen kelhetnek Landauval versenyre.

Moszkvában minden héten nagy esemény a Landau-szeminárium. Itt egyszer a kvantumelmélet axiomatikus alapjainak revíziójáról, máskor egy szilárdtestfizikai mérésről van szó. Az elméleti fizikus számára is szokatlanul tüzes vitában a referáló alig jut szóhoz. Landau mindenhez ért, minden érdekli. A vitában vele és ellene érvelnek tanítványai, köztük olyan nemzetközi tekintélyek, mint Bereszteckij, Lifsic, Okun, Pomerancsuk, Szmorodinszki, Ter-Martirosian és még vagy száz. Idézzük itt egy szovjet tanítványát: „Lev Davidovicsnak az elméleti fizikához való hozzájárulása nem szorítkozik saját tudományos dolgozataira. Aktivitásának másik oldala egy kiterjedt szovjet fizikai iskola megteremtése. A tudomány iránti elapadhatatlan lelkesedése, éles kritikája, talentuma és gondolati tisztasága sok fiatal vonzott Lev Davidovicshoz. E fiatal és érett tudósok száma, akik Dauhoz fordultak (így hívják tanítványai és munkatársai) igen nagy. Lev Davidovics kritikája forró és könyörtelen, de a külső él mögött ott van a nagy tudományos elvek rejtett tisztelete, a nagy emberi szív és emberi kedvesség. Egyaránt őszinte benne az a törekvés, hogy kritikával segít-

sen másokon, és az a meleg elismerés, ahogy fogadja mások sikereit.”

Aki intézetében akar dolgozni, legyen az végzett szovjet egyetemi hallgató vagy külföldi aspiráns, annak le kell vizsgáznia a Landau-féle „elméleti fizikai minimumból”. Ez pedig nem egyéb, mint a sokkötetes „Landau-Lifsic”. Ha valaki kvantumelektrodinamikával akar foglalkozni, annak két hét alatt hidrodinamikából is felelnie kell. És Landau tanítványai bebizonyították, hogy ez sem nem maradiság, sem nem túlzás, hanem sikert érdemlő pozitív maximalizmus.

Amikor a „Landau-Lifsic” megjelent, kötetét angolra lefordították, a nyugati fizikus világ elámult. Érdemes elolvasni a megjelent kritikákat. Kemmer egyenesen azt írja, hogy ebből érti meg a szovjet természettudomány sikereit. Az elektromosságtankönyv első fejezete a Minkoski-tér ív-elemére vezető tapasztalatokkal indul, a második fejezet az elektrodinamikai invariáns hatáselve, és a háromszáz oldalas kötet addig alig észlelt mélységében tömöríti magában az elektrosztatikától optikán és sugárzó elektronokon át Riemann-térig és gravitációs hullámokig a klasszikus térelmélet egész körét. Ragyogó példái pedig mindent a tapasztalathoz kötnek. A „Landau-Lifsicre” önálló publikációk támaszkodnak és hivatkoznak, méltán tartják az eddig született legjobb elméleti fizikai tankönyvnek.

De a magyar olvasó, ha nem is veheti kézbe a „Landau-Lifsic” aspiránsokhoz szóló hat kötetét, magyarul elolvashatta a „Landau-Rumert”, amely ugyanezt a relativitáselméletet középiskolás szinten meséli el, ugyanabban a ragyogó stílusban.

Landaut a Szovjetunió Tudományos Akadémiája mellett tagjává választotta a Dán Akadémia, a Holland Akadémia, a londoni Royal Society, az USA Nemzeti Tudományos Akadémiája. Háromszor kapott Lenin-díjat, elnyerte a Max Planck és Fritz London érmet, végül Nobel-díjat. De nem csak a hivatalos szervek, hanem a világ fizikusainak ezrei állták körül gondolatban beteggyát, amelyen hetekig feküdt eszméletlenül az elmúlt évben őt ért szerencsétlen kimenetelű autóbaleset után. Vártuk a híreket, hallottuk, hogy négyszer hozták vissza a klinikai halálból és fellélegeztünk, mikor megtudtuk állapota jobbrafordulását.

A magyar fizikusok is köszöntik az év fizikai Nobel-díjasát. *M. Gy.*

A tudományos kutatás irányai korunkban IV.

Atomenergia

Energia maghasadásból

Bevezetés

Ha a hagyományos forrásokból nyerhető energiafajták (szén, olaj, vízi energia stb.) termelése fokozásának lehetőségét szembeállítjuk az emberiség állandó szaporodásával, és az energia fogyasztás ebből eredő megnövekedésével, akkor nyilvánvaló, hogy még ennek a század-

nak vége előtt bizonyosan szükség lesz más energiaforrásokra. Ez azt jelenti, hogy azokat a kutató és fejlesztő munkákat, amelyek az olyan új forrásokból, mint például a napsugárzásból és magreakciókból kapható energiák előállítására irányulnak, a lehető legerőteljesebben kell folytatni.

Az atomenergia maghasadásból vagy fúzióból nyerhető. Ma már megállapított tény, hogy a hasadási reaktorok segítségével az atomenergia elektromos energiává átalakítható. Az általános perspektíva azonban az, hogy