

A TUDOMÁNYOS KUTATÁSTÓL AZ IPARI GYÁRTÁSIG TARTÓ FOLYAMAT SZERVES EGYSÉG

Kutatás-logikai kísérlet az izzólámpa története nyomán. 1830 — 1940

BALÁZS TIBOR

Egy kísérletről kívánok beszámolni. Ez a kísérlet a logika szerepét kívánja közelebből megvilágítani egy természettudományos kutatási folyamat kapcsán. Mi az oka annak, hogy azonos tudományos, technikai és gazdasági feltételek esetén *is* ugyanaz az új tudományos eredmény különböző módon és időben tudja megtermékenyíteni a termelőfolyamatot? Nincs-e szerepe ebben a késésben a *logikai összefüggések* nem kellő figyelembevételének?¹

Kísérletem a logikai kísérlet sajátos formája volt. Abból a feltételezésből indultam ki, hogy a megismerés mint folyamat a nem-tudástól a tudáshoz vezető út. A társadalmi gyakorlat a maga szükségleteivel és problémáival a fejlődés minden egyes pontján megtermékenyíti a gondolkodást. Megindul — pontosabban —, *tovaindul*, továbbfejlődik ennek hatására a megismerési folyamat, amely a maga áttételein keresztül vezet a nagyüzemi termelés felé. Célul tűztem ki ennek a megismerési folyamatnak a végigkísérését a viszonylagos kezdetektől a folyamat betetőzéséig.² A megismerési folyamat egymásba kapcsolódó mozzanataiból alakul ki az adott konkrét társadalmi termelőfolyamat egésze, vizsgált esetünkben az izzólámpagyártás kialakulását, ill. továbbfejlődését kitermelő kutatások és az arra épülő gyártás. Az egyes részmegismerési folyamatok alkotják ennek a társadalmi termelőfolyamatnak kutatási szakaszait.

De mielőtt a konkrét anyag ismertetésére rátérnék, *két* előzetes megjegyzést kell tennem. Az egyes kutatások fogalmi meghatározásánál szándékosan eltértem a mai általános gyakorlattól. Ezt két megfontolás alapján cselekedtem.

¹ Hivatkozás történhet — többek között — *G. Sartonra*, aki kihangsúlyozza a tudománytörténetben az ismeretelmélet szerepét. „A tudománytörténésznek alapos ismeretelméleti képzettsége kell hogy legyen. Ha nincs is szándékában ismeretelméleti kérdéseket önállóan feldolgozni, tisztában kell hogy legyen azok jelentőségével. Képes kell hogy legyen tudományos tényeket mind logikai, mind kronológiai folyamatában vizsgálni és elemezni és összehasonlítani a tudományos módszereket. . . A tudomány sok vonatkozásban úgy fejlődik, mintha megvolna a maga autonóm élete. . . *Mégis minden tudományos kérdés ellenállhatatlanul föltételez olyan új kérdéseket, melyek semmi mással sincsenek hozzákötve, mint a logika kötetlékével.*” *G. Sarton*: „The History of Science and the New Humanism”, New York 1956, 148., 177. (Az én fordításom és kiemelésem — *B. T.*) További kiindulópontul 'szolgáltak számomra *Hegel* tanításai a megismerési folyamatokról. „A természetes tudat tárgya kétségkívül a konkrét, de az értelem szétválaszt, megkülönböztet, ragaszkodik a véges gondolati meghatározásokhoz; s a nehézség az egység megragadása és megtartása.” *G. W. F. Hegel*: „Előadások a filozófia történetéről”, Budapest 1958, III, 463. (Az én kiemelésem — *B. T.*)

² „A kezdeti a legelvontabb, épp mert a kezdeten van s még nem mozgott tovább; a végső alak, amely ebből a továbbmozgásból mint folytonos meghatározásból ered, a *legkonkrétabb.*” *I. m. I.*, 50. (Az én kiemelésem — *B. T.*)

1. A mai fogalmi nómenklatúrák (az alap-, az alkalmazott- és a fejlesztési kutatás) teljesen formálisak, elszakadtak a mögöttük húzódó tartalomtól. Szinte azt mondhatnók, hogy ahány alkalmazás, annyi egymásnak ellentmondó értelmezés. Ennek az eklektikus gyakorlatnak tápot adott, hogy a meghatározásokban fogalmi síkon eltérés csak a harmadik kutatási tevékenységnél: a fejlesztési, ill. az üzemi (félüzemi) kísérleteknél, ill. a célkutatásnál nem található.³ Ezért ezek a meghatározások nem alkalmasak a *tartalmas* formák jelölésére, márpedig csak világos és egyértelmű terminológiákkal lehet megfelelően ábrázolni a gondolkodás sajátos útját egy-egy körülhatárolt területen a viszonylagos kezdetektől a társadalmi realizálásig.

2. Három történeti korszakban kísértem végig azonos módszerrel az elektromosság jelenségének megértéséért és célszerű felhasználásáért folyó kutatásokat egy adott területen.⁴ *Munkám egyik eredménye éppen az, hogy az egymásra épülő kutatási tevékenységek szekvenciája nem esetleges, hanem a gondolkodás általános törvényszerűségei által meghatározott.* Feltevésem szerint az egyes kutatási tevékenységek funkciója sajátos és a maga helyén általában elengedhetetlen. Ez a felismerés bizonyos értelemben ellentmond a jelenleg érvényesülő gyakorlatnak, ezért helyesnek látszik, hogy ez az *új tartalom új formában* is jelenjék meg. Ezért a továbbiakban az alapkutatás helyett a szovjet terminológia alapján a *felderítő kutatást*⁵ (FK), az alkalmazott kutatás helyett a *társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatást* (TFK), végül a fejlesztési, illetve a célkutatás helyett a *technológiai kutatás* (TK) fogalmi kritériumait fogom alkalmazni.

E három kutatási tevékenység *megkülönböztető sajátosságait* a következőkben látom:

1. *A felderítő kutatás (FK)* „tárgya a természeti jelenségeknek, azok tulajdonságainak és törvényszerűségeinek mind mélyrehatóbb feltárása, e jelenségek mind sokoldalúbb megismerése. A kutatás *specifikuma*, hogy szisztematikusan még *nem* vizsgálja a jelenség társadalmi felhasználásának lehetőségét”.

2. *A társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatás (TFK)* „tárgya a megismert új jelenségek társadalmi hasznosítása. Ez a kutatás az új jelenségeknek olyan tulajdonságait, feltételeit vizsgálja, melyek révén lehetővé válik a társadalmi hasznosítás megvalósítása. A kutatás *specifikuma*, hogy — szemben a felderítő kutatással — itt *már* a társadalmi hasznosítás központi célkitűzésként jelentkezik és másfelől — szemben a technológiai kutatással — itt *még* a kutatás tárgyát az adott nagyüzemi termelés konkrét gyakorlati szempontjai *nem* befolyásolják”.

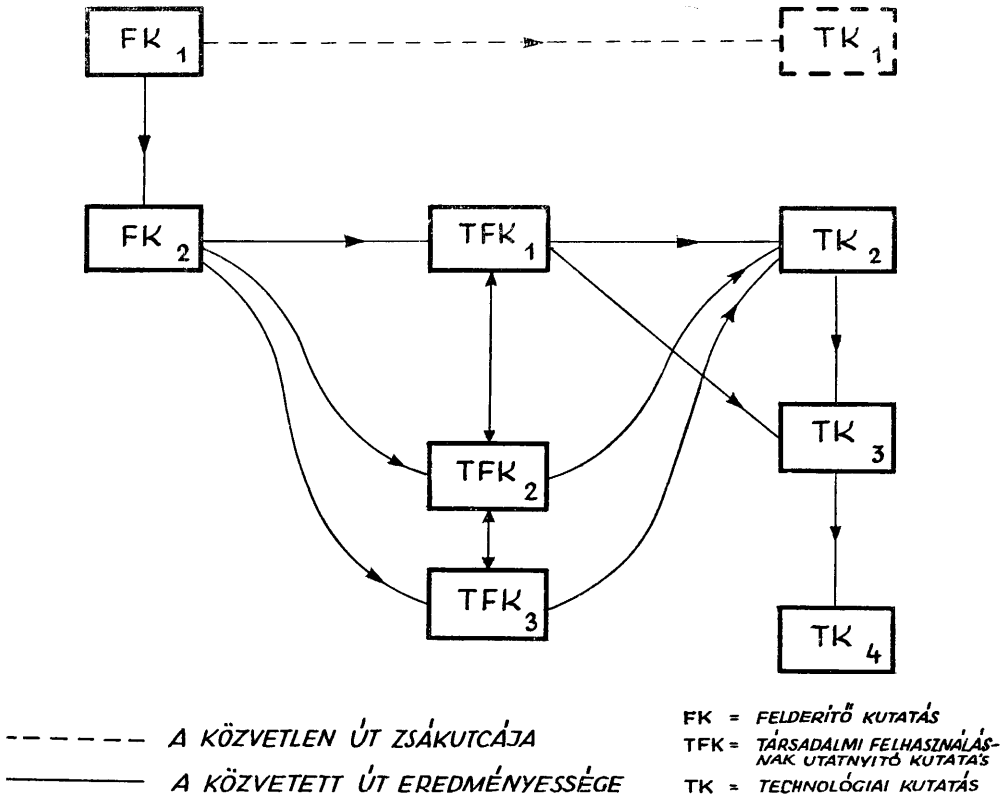
3. *A technológiai kutatás (TK)* „tárgya a társadalmi felhasználásnak utatnyitó új kutatási eredmények nagyüzemi termelésre való szisztematikus

³ Kónya Albert—Erdei Ferenc: „Az országos távlati tudományos terv és a kutatások koordinálása”, Tudományos és Felsőoktatási Tanács, Budapest 1960, 28—29.; Geleji Sándor: Természettudomány — műszaki tudomány; „Magyar Tudomány”, 1961/7—8, 451. V. ö. Geleji Sándor: „Feljegyzés a kutatási formák értelmezésével kapcsolatban”, MTA Műszaki Tudományok Osztályának körlevele, 1961. V. ö. „A meghatározások kritikájához”. Balázs Tibor: A tudományos kutatástól az ipari gyártásig az izzólámpa története nyomán (1830—1940); „Tudományszervezési Füzetek”, Akadémiai Kiadó 1965, 14., 18—20.

⁴ Balázs Tibor: „A tudományos kutatástól. . .” i. m.

⁵ „. . . A természet olyan törvényszerűségeinek feltárására irányuló *felderítő-kutató-munkák*, amelyek a haladás új útjait nyitják meg.” Keldis, M. V.: A szovjet tudomány és a kommunizmus építése; „Pravda”, 1961. jún. 13.

A SZÉNSZÁLÁS VAKUUMLÁMPA



1. ábra

előkészítése. A kutatás *specifikuma*, hogy az (új) nagyüzemi termelés gyakorlati, gazdaságossági szempontjai a kutatás tárgyára és tartalmára meghatározó szerepet játszanak”.⁶

Logikai kísérletem néhány eredményét az alábbiakban ismertetem. Ez három szakasz egymásba fonódó folyamatából áll: az *Edison-féle szén-szálás vákuumlámpa*, a *gáztöltésű wolframlámpa* és a *kriptonlámpa* keletkezéstörténetéből. Mindegyiket külön modellben is ábrázolom, mindenütt feltüntetve, hogy az adott konkrét kutatás feltevésem szerint a kutatási tevékenységek *melyik* típusába tartozik. A folyamat egységét jelzi a folytatólagos számozás (pl. TK₅).

A modell nem célozza a folyamatoknak a maguk viszonylagos teljességében való ábrázolását, mert nem fizikátörténeti, hanem tudománytörténeti modelltől van szó. Utóbbi természetesen csak a főbb összefüggések vizsgálá-

⁶ E fogalmak tartalmának és sajátosságainak részletes kifejtésére lásd Balázs Tibor, i. m. 14–19., 120–127. és 132–145. Fel kell hívni a figyelmet, hogy bár ez az új tartalom ott még régi köntösben jelentkezik, de *konkrét logikai tartalma már teljesen más volt.*

tára szorítkozhat. Célunk e modell bemutatásával az, hogy fő vonalaiban tükrözzük a tudományos-technikai folyamatokban is a megismerés tevékenységtípusainak egymásból keletkezését, strukturális összefüggéseit.

I

Az első kísérlet tárgya az Edison-féle szénszálás vákuumlámpa keletkezéstörténete volt. Húsz kutató előzőleg már 1809-től kezdve kutatta az elektromosságunk világításra való alkalmazását.⁷ Ők az elektromosságot a maga közvetlenségében akarták megragadni és alkalmazni (TK₁). Azonban a rendelkezésükre álló generátorok — mint áramforrások — még a galvánelem (FK₁) hasznavehetetlen helyetteseinek bizonyultak.⁸ Így kudarcuk nem volt véletlen. *Az új kutatási eredmény — ez esetben az elektromosság — eredményes realizálásának az útja mindig sokkal bonyolultabb.*

M. Faraday (FK₂) után például kiterjedt kutatások folytak azoknak az általános elméleti feltételezéseknek a talaján, amelyek — többek között — még szükségesnek bizonyultak ahhoz, hogy a régi galvánelemet az elektromágneses indukción alapuló új géppel hatékony módon fel lehessen váltani (TFK₁).⁹ Továbbá szükséges volt a megismert új összefüggések részleteinek a kidolgozása, például az indukált áram irányának a meghatározása (TFK₂),¹⁰ az indukált áram törvényeinek matematikai megalapozása (TFK₃).¹¹ Alapvetően ezekre a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatási eredményekre támaszkodva kapott szárnyra a kutatás az ötvenes évek elején, és így ütötte át a célszalagot szinte egyidőben W. Siemens, H. Wilde, C. Varley, Ch. Wheatstone dinamójával (TK₂). Megemlíthetjük még a higanyos vákuumszivattyú felfedezését (TK₃).¹² Így a hetvenes—nyolcvanas évekre megteremtődött a kereskedelmileg is hasznosítható izzólámpák létrehozásának legfontosabb tudományos-technikai előfeltétele.

Ha a *spontán egyidejűség* rejtélyére keressük a választ, akkor figyelemmel kell kísérnünk a teljes folyamatot a kezdetektől annak betetőzéséig. Így foghatjuk át a tudomány adott épülete egészét és azzal együtt mind a kudarcok, mind a sikerek szakaszait. Mert *a siker döntő magyarázatához, megértéséhez éppen a kudarcok megértésén át vezet az út.*¹³

Például mi magyarázza a magyar *Jedlik Ányos* kudarcát? Jedlik Ányos 1856-ban ugyancsak felismerte az elektromos áram „önerősítéssel” történő

⁷ A. A. Bright: „The Electric-Lamp Industry”, New York 1949, 23—24.

⁸ a) *Elektromos telepekre*, lásd H. Davy (1812), J. F. Daniel (1836), W. R. Grove (1839), R. W. Bunsen (1841); R. J. Forbes — E. J. Dijksterhuis: „A History of Science and Technology”, London 1963, 455. b) *Mágneselektromos gépekre*, lásd S. dal Negro, M. H. Pixii, J. Saxton és E. M. Clark gépeit. P. Dunsheath: „A History of Electrical Engineering”, London 1962, 99—103. *Mindazonáltal ezek a generátorok még áramforrásként a galvánelem hasznavehetetlen helyetteseinek bizonyultak.* R. J. Forbes: *Man the Maker*; „A History of Technology and Engineering”, London — New York 1958, 287.

⁹ A hő mechanikai egyenértéke J. P. Joule 1845; az energia megmaradásának törvénye H. Helmholtz 1847.

¹⁰ H. Lenz 1834.

¹¹ Fr. Neumann 1845—1847.

¹² H. Sprengel 1865.

¹³ „Biztosnak vehetjük, hogy van egy bizonyos determináltság a felfedezések egymásutánjában, aminek legjobb bizonyítéka az egyidejű felfedezések gyakori előfordulása.” G. Sarton, i. m. 20. (Az én fordításom és kiemelésem — B. T.)

termelésének gondolatát.¹⁴ Ezen elv alapján készítette el 1856–1859 között áramfejlesztő gépét: „Unipolar Inductor”-át.¹⁵ Jedlik Ányos ezzel a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatási eredményével nemcsak W. Siemenset, hanem W. Ritchie-t, C. és S. Varleyt is megelőzte.¹⁶ Jedlik eredményéről a nemzetközi tudományos világ nem tud és ezt általában azzal magyarázzák, hogy Jedlik kutatási eredményét nem publikálta. Ez természetesen komoly hátrányt jelentett, de itt még más körülmény is szerepet játszott. Erre fény derül abból, hogy W. Siemenset nemcsak Jedlik, hanem többek között a dán Soren Hjorth is megelőzte, aki — szemben Jedlikkel — 1854-ben elért alkalmazott kutatási eredményét publikálta: egy gépet, amely a dinamóéhoz hasonló elvek szerint készült, és a dinamó felfedezőjének mégsem őt vagy a többi, előzőekben említett kutatót, hanem W. Siemenset tartják.¹⁷ *Jedlik Ányos nem a publikálás elmaradása miatt, hanem döntően gépe technológiai kidolgozatlanlansága miatt maradt el W. Siemens és a többiek mögött.* Nem egyedülálló eset az ilyesmi. Megemlíthetjük az amerikai J. Henry példáját, aki sorozatos nagy értékű tudományos felfedezésig jutott el.¹⁸ Eredményeit publikálta. Ennek ellenére eredményei — hazája akkori gazdasági és technikai elmaradottsága következtében — felhasználatlanok maradtak.¹⁹ Itt is, mint Jedlik Ányosnál, hiányzott a tudományos eredmény ipari bevezetéséhez elengedhetetlenül szükséges technológiai kutatás. Jedlik Ányos tragédiája hazánk tragédiája volt. *Felhasználásnak utatnyitó kutatómunkája hatástalan maradt, mert gazdasági és technológiai elmaradottságunk következtében hiányzott még a technológiai kutatás igen fontos, további láncszeme.*

Milyen további kudarcok érdemesek említésre ezen a területen? Érdekes pl. az USA-ban Edison után a technológiai megközelítés módszerének stagnálása. Nevezetesen a technológiai kiindulópont az adott időpontban csak *további* tudományos eredmények talaján lehetett volna eredményes, de pontosan ez volt az, ami akkor hiányzott az USA-ban. Ugyanolyan kudarc a tudományos gondolat megrekedése Európában. A hősugárzás akkor elért eredményei még nem jutottak el az iparig. Végül is mi magyarázza, hogy az *európai izzólámpaipar 1880–1912 között minden koncentrált erőfeszítése ellenére sem tudott egy áttörést és tartós fölényt kivívni, és a tízes évek második felétől kezdve az amerikai ipar vette át a vezető szerepet.*²⁰

Érdemes ezeket az összefüggéseket közelebbről megvizsgálni (lásd a gáz-

¹⁴ „Mi történnék — írta Jedlik Ányos —, ha netán jelentékeny villanyfolyam mielőtt más célra használtatnék, a delejek körül helyezett tekercsen végig vezetettének? Ha ez a delejek eredőjét öregbítené, akkor a villanyfolyam is erősíttetnék, mi által a delejek ismét erősebbekké tétetnének, ezek pedig ismét erősebb villanyfolyamot adnának és így tovább bizonyos határig.” Horváth Árpád: Jedlik Ányos élete és alkotásai; „Fizikai Szemle”, 1957. október, 140.

¹⁵ Uo.

¹⁶ A. A. Bright, i. m. 28., W. Siemens: „Mein Leben”, Lipcse 1942, 305–306.

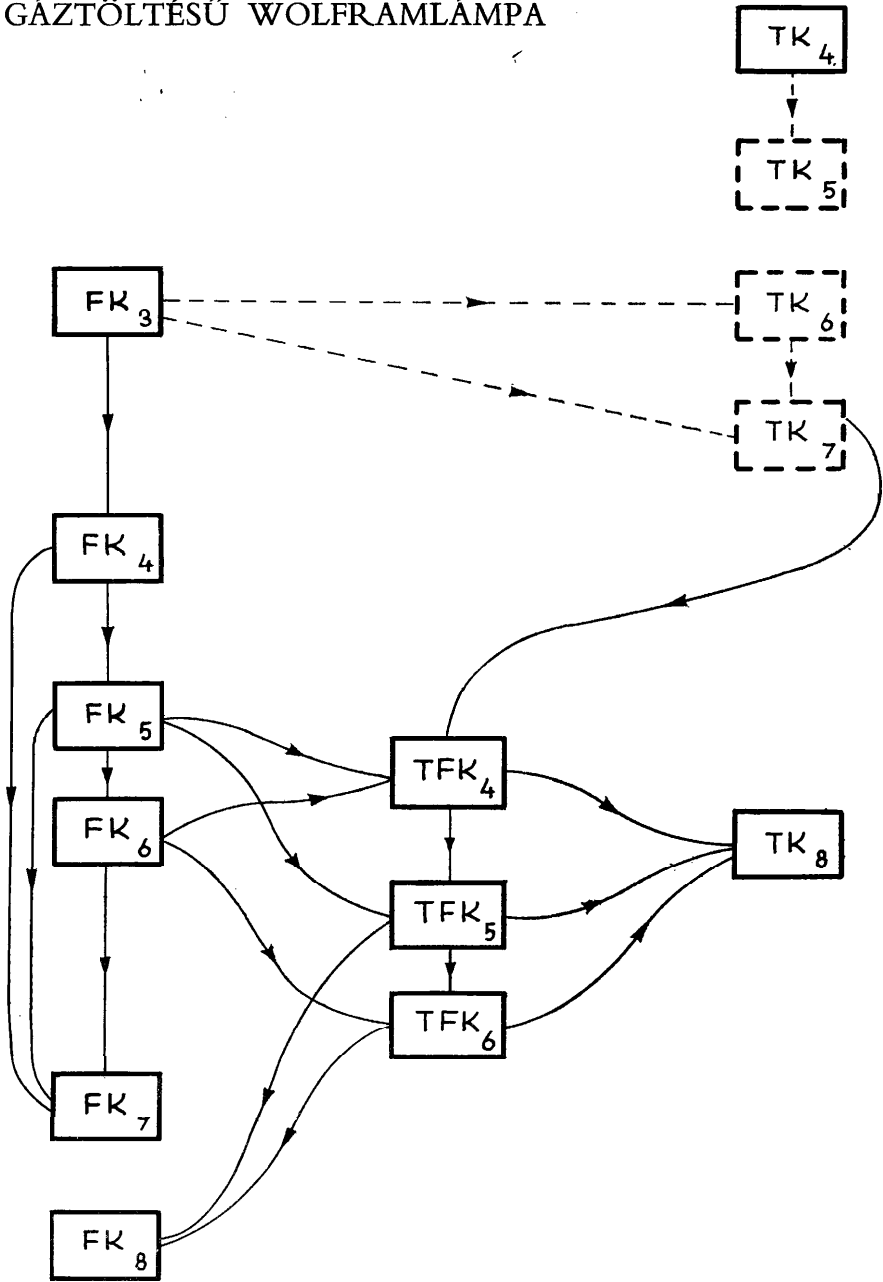
¹⁷ Eötvös Loránd: „Jedlik Ányos emlékezete”, Emlékbeszéd az MTA közgyűlésén, 1897. május 9-én; „Akadémiai Értesítő”, 6. k. 6, Budapest 1897, 13.

¹⁸ Felfedezte az elektromos indukciót. Ezt gyakorlatban is alkalmazta és elektromosságot hozott létre mágnesség révén. Azonkívül felfedezte a mindkét irányú áramátalakítás elvét. 1829-ben megszerkesztette az első elektromotort. Szerkesztett ezenkívül még egy távirókészüléket is kb. 1500 m-es vezetékkel. R. J. Forbes, i. m. 285.

¹⁹ Uo.

²⁰ A wolfram izzószálát ugyan Európában — Magyarországon — találták fel, azonban a tömeggyártásra alkalmas technológia kidolgozása és ennek alkalmazása már az Egyesült Államokban történt.

A GÁZTÖLTÉSŰ WOLFRAMLÁMPA



----- A KÖZVETLEN ÚT ZSÁKUTCÁJA
 ————— A KÖZVETETT ÚT EREDMÉNYESSÉGE

FK = FELDERÍTŐ KUTATÁS
 TFK = TÁRSADALMI FELHASZNÁLÁS-
 NAK UTATNYITÓ KUTATÁS
 TK = TECHNOLÓIAI KUTATÁS

2. ábra

töltésű wolframlámpa modelljét). Ami az *amerikai ipart* illeti, arra ebben a periódusban a szénszál adott tulajdonságainak további javítása volt jellemző. Ez a szűk *technológiai kiindulópont* eleve korlátok közé szorította az elérhető eredményeket. Nem vették észre, hogy bár Edison ugyancsak technológiai kiindulóponttal indult, de alapvető különbséget jelentett, hogy Edison az előtte már megalkotott felderítő és a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatási eredmények talaján kezdett hozzá munkásságához. Munkája átütő erejét éppen az előző tudományos eredmények sikeres, nagyüzemi alkalmazásra való előkészítése jelentette (TK₄). Tehát a módszer — a technológiai kiindulópont — sikerét, a siker szükséges előfeltételét éppen az új tudományos eredmények jelentették. Edison után is először azokra az új tudományos eredményekre volt szükség, amelyeknek talaján a technológiai kiindulópont ismét kiemelkedőt alkothatott. Ezek hiányában az amerikai kutatóknak egyelőre meg kellett elégedniük a lépésben való haladással (TK₅).

Ami az *európai ipart* illeti, itt a fejlődés két vonalon indult el. A század utolsó harmadában került sor a hőmérsékleti sugárzás általános törvényeinek kidolgozására (FK₃).²¹ Ezen a nyomon elindulva az európai izzólámpaipar megkezdte az Edison-féle lámpaszerkesztéshez tapadó köldökzsinór elvágását. Felismerték, hogy a szénszál nem lehet kizárólagos formája az izzótestnek. Megindultak a kutatások más magasabb olvadáspontú anyagok után. A választás a fémekre esett, és a századforduló táján egymás után került sor az ozmium, a tantál stb. lámpák készítésére (TK₆).²² Az egyik legjobb lámpa viszont nem fém izzótesttel működött: ez *W. Nernst* lámpája volt.

W. Nernst a göttingai egyetem elektrokémiai tanszékének volt a professzora, akit utóbb a fizikai kémia területén végzett kutató munkájáért Nobel-díjjal tüntettek ki. *W. Nernst* az alapvető sugárzási törvényeket *közvetlenül* alkalmazta lámpájában (TK₆). A Nernst-izzó fémoxidok (pl. Mg, Ca) és föld-fémek keverékéből álló kis hengeres test volt. A Nernst-izzó 2350°C hőmérsékleten működött. Olyan szelektív sugárzó test volt, melynek hatásfoka kb. 50%-kal szárnyalta túl a közönséges szénszálal izzólómpa hatásfokát. Ez a nagy hatásfok-különbség adja a magyarázatát a Nernst-izzó elterjedésének Európában és az USA-ban egyaránt 1912-ig.²³ Mindazonáltal a Nernst-izzó túl költséges volt kereskedelmi használatra, ezért fölénye is csak időleges lehetett.²⁴

Amennyire egészséges és korszakot nyitó volt a felismerés, hogy az izzótest anyaga szén helyett fém lehet, annyira kezdetleges volt még ezen a fokon a technológiai kivitelezés.

A lámpaszerkesztés továbblépett ezen az úton, és felismerte — éppen az előző kísérletek tapasztalatai alapján — a *wolfram* egyedi jelentőségét.²⁵ A sugárzó testnek wolframféméből való készítése új fejezetet nyitott az izzólámpa fejlődésében. A tudomány már több mint száz éve ismerte a wolfram-

²¹ Fekete sugárzás G. Kirchhoff 1860; J. Stefan—L. Boltzmann törvény 1879—1884; W. Wien megoszlási törvény 1893 és M. Planck sugárzási törvény 1900.

²² Auer v. Welsbach platinával majd tóriummal kísérletezett, végül ozmiumlámpát készített 1898; továbbá tantálból is készítettek lámpát 1905. A. A. Bright, i. m. 174—176., és 127.

²³ A. A. Bright, i. m. 171—173.

²⁴ De a tudományos kutatásoknál a Nernst-izzót azóta is használják az infravörös tartományban.

²⁵ A wolframnak alacsonyabb az olvadáspontja, magasabb a gőznyomása és lassúbb a párolgása.

fémet, de először csak a századforduló táján került rá sor, hogy ezen a területen alkalmazzák. Juszt Sándor és Hanaman Ferenc technológiai módszerekkel alkották meg az első wolframszálas izzólámpát (TK₇). Ez a technológiai fejlesztés eredményezte azt, hogy az 1910-es évekig a Juszt- és Hanaman-, illetve a lényegében hasonló Kuzel-féle lámpák voltak a legjobbak a világpiacon.

Mégis mi a magyarázata annak, hogy az európai izzólámpaipar — bár új anyagok alkalmazása tekintetében kb. 1900—1912 között fölénybe került az amerikai izzólámpaiparral, de — 1912 után mégis döntően lemaradt vele szemben? Ennek a gazdaságtörténeti jelenségnek a magyarázatát hiába is keressük a felszínen, a közvetlenség szférájában.

W. Nernst semmivel sem volt kisebb tudós, mint I. Langmuir, és mégis a Nernst-izzó — mint kereskedelmi termék — csak nagyon rövid ideig tartó sikert tudott biztosítani. A magyarázat *nem* található ez esetben a személyi feltételek különbségében, bár az sohasem kapcsolható teljesen ki, továbbá nem kereshető a gazdasági-technikai háttér különbségében sem. Az összefüggések megvilágításához mélyebbre kell ásnunk. *A magyarázat a gondolkodás sajtószzerű útjában található.*

Európában — mint láttuk — két vonalról kísérelték meg az elszakadást az őstől: az Edison-féle szénszálas vákuumlámpától. Egyfelől a hőmérsékleti sugárzás új elméleti eredményeinek felhasználásával: *a felderítő kutatás felőli megközelítéssel közvetlen átlépéssel keresték az ipari megvalósítás lehetőségét (FK₃ → TK₈),*²⁶ másrészt empirikus tapasztalatok alapján *a technológiai kutatás módszerével, ugyancsak közvetlen átlépéssel (FK₃ → TK₇)*²⁷ keresték az ipari megvalósítás lehetőségét. A két vonal abban megegyezett, hogy *mindkettőnél hiányzott még a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatás közbülső igen lényeges láncszeme. Ez a hiányosság adja legfőbb magyarázatát e korszak technológiai jellegű kutatásai aránylag csekély eredményének.* A viszonylag csekély eredmény tette azután lehetővé, hogy az új vonalon elinduló amerikai izzólámpaipar a tízes évek második felétől a világfejlődés élére kerüljön (TK₇ → TFK₄).

II

*„Langmuir szilárd meggyőződése volt, hogy az ipar kötelességének kell, hogy érezze az alapvető tudományos kutatások támogatását, teljesen függetlenül attól, mutatkozik-e valamilyen nyereség vagy sem, — azért az adósságáért, amellyel minden ipar a tudománynak tartozik pusztá léte miatt.”*²⁸

Az előbbieken tárgyalt kudarcok tanulságait alaposan feldolgozták az amerikai General Electric Co.-nál (GE), ahol igen előnyös volt a helyzet további tudományos eredmények eléréséhez ezen a területen. A GE Kutató

²⁶ A Nernst-izzó.

²⁷ Lásd a Juszt—Hanaman-féle első wolframszálas lámpát.

²⁸ A. Rosenfeld: „The Quintessence of Langmuir: A Biography”, Oxford—London—New York—Párizs 1962, 84. (Az én fordításom és kiemelésem — B. T.)

Laboratóriumát 1894-ben alapították. Ez volt az első olyan kutatólaboratórium a világon, amely szervezetileg egy termelővállalathoz tartozott.²⁹ Az izzólámpa kutatórészleget kb. a századforduló táján alapították. Ezekkel az ipari kutatóbázisokkal az amerikai GE kb. tíz-húsz esztendővel előzte meg európai versenytársait.

I. Langmuir W. Nernst legjobb tanítványa volt. Az amerikai izzólámpa-iparnak a Nernst-izzó a századforduló táján nagy konkurenciát, veszélyes ellenfelet jelentett — ha a lámpa költséges volta miatt nem is tartósan.³⁰ Ezért nem tekinthetjük véletlennek, hogy I. Langmuirt — aki ebben a problémakörben alkotóképességét már doktori értekezésében³¹ megmutatta — röviddel az USA-ba való visszatérése után, 1909-ben meghívták a GE Kutató Laboratóriumába.

Langmuir életműve számos kiemelkedő eredményével a megfelelő áttételeken keresztül termékenyítőleg hatott sok iparágra. Széles és sokoldalú kutatótevékenységéből csak azokra kívánunk hivatkozni, melyek jelentékeny mértékben befolyásolták az izzólámpaipar további fejlődését az 1909 — 1912-es időszakban.

Langmuir e tárgybeli kutatásaival két okból is foglalkozunk. Egyrészt I. Langmuir izzólámpa-kutatásai fordulatot jelentenek a tudomány és az ipar addig is fennállt kapcsolatában. Ez a kapcsolat most intimebbé, szervezetté válik. *I. Langmuir tevékenysége az elsőik egyike, amellyel a tudományos kutatás közvetlenül beépül az ipari szervezetbe. Másrészt ennek az ipar szervezetébe beépülő és az ipar céljaival koordinált tudományos kutatómunkának nyomon követésével betekintést nyerhetünk abba a bonyolult folyamatba, amelyen keresztül a tudományos kutatás megközelíti, majd megoldja azokat a feladatokat, amellyel az ipar továbbfejlődését szolgálja.* Kutatótevékenysége a vizsgált hároméves időszakban olyan alapvető felfedezésekig vezetett, mint a Langmuir-féle körfolyamat és a nitrogén töltésű izzólámpa.

Ez felveti azt a kérdést, hogy mennyiben helytálló a nemzetközi szakirodalom beállítása, amely Langmuirnek izzólámpákkal kapcsolatos kutatásait is „pure science”, „fundamental science”-hez tartozó, tehát alapkutatásnak tekinti? Utalhatunk pl. P. L. Kapiczának a tudományszervezők egyik nemzetközi fórumán tett alábbi megállapítására: „Beszélünk a tudomány kétféle osztásáról: fundamentális és alkalmazott tudományról, de ez a felosztás önkényes, és nehéz tudni, hol végződik a fundamentális és hol kezdődik az alkalmazott tudomány. Ez a felosztás inkább adminisztrációs szükségleteken alapszik, mint az anyag természetén. Langmuir pl. ipari területen működött, de fundamentális felfedezéseket tett, mialatt megoldotta az izzólámpa-fejlesztés technikai problémáit.”³²

²⁹ B. J. Stern: Freedom of Research in American Science; „Science and Society”, 18, 1954/2, Spring. 98.

³⁰ Ugyanebben az időben kidolgozták a General Electricnél a húzott wolframdrót tömeggyártásra alkalmas technológiáját.

³¹ Langmuir doktori fokozatát W. Nernst alatt nyerte el. Doktori disszertációjának tézisei különböző gázok disszociációs jelenségeivel foglalkoztak alacsony nyomáson hevített izzó platinaszál szomszédságában, vagy a Nernst-izzóban. P. Bridgman: „Some of the Physical Aspects of the Work of Langmuir”, E. Rideal—P. W. Bridgman—A. Rosenfeld: „Langmuir the Man and the Scientist”, Oxford—London—New York—Párizs 1962, 419., 434.

³² P. L. Kapitza: The Future of Science. Bulletin of the Atomic Scientists; „The Magazine of Science and Public Affairs”, April 1962, 3.

Konkrétan Langmuir *nem* az izzólámpa-fejlesztés technikai problémáit, hanem alapvető tudományos problémákat oldott meg. Az ipari területen való működés *nem* zárja ki felderítő kutatás végzésének lehetőségét. Erre éppen Langmuir tevékenysége az egyik szép példa; végül a különbség, a perdöntő különbség *nem* a fundamentális és az alkalmazott tudomány között húzódik, mert a tudomány egységes egész, hanem sokkal inkább a kutatás és a kutatás eredményeinek alkalmazása között található. P. L. Kapicza fenti megállapításai sajnos sematikusak, elnagyoltak, és nem a konkrét helyzet elemzésére támaszkodnak.³³

Nézzük I. Langmuir kutatásait közelebbről. Kutatásai során az első kérdés volt, hogyan befolyásolja a vákuum jósága a lámpa minőségét? Ez egy központi jellegű kérdés volt, hiszen a lámpaszakemberek nagy része a még finomabb vákuum előállításán dolgozott, mert bizonyosra vették, hogy így érik el a lámpa hatékonyságának javítását. Miután finomabb vákuumot akkor még nehéz volt előállítani, Langmuir megfordította a kérdést, szándékosan rontotta a vákuumot, hogy így megfigyelhesse a káros hatásokat. A legkülönbözőbb gázokat vezette a ballonba és kidolgozta az izzó wolframszál térségében a hőveszteségek elméletét. Miután feltárta a disszociáció döntő szerepét a szál hőveszteségében, figyelme olyan gázok felé fordult, amelyek feltehetően nem disszociálnak (higanygőz, nitrogén). A kísérletek feltárták, hogy a wolframszálakat működésben lehetett tartani az olvadáspontokhoz közeli hőmérsékleten sokkal hosszabb ideig, mint ahogy azokat vákuumtérben lehetett volna működtetni azonos hőmérséklet mellett. Tehát a nitrogénnel töltött wolframszálaz izzólámpa sokkal magasabb hőfokra volt hevíthető, mint a wolframszálaz vákuumlámpa és sokkal hosszabb időtartamon át. Így Langmuir demonstrálta, hogy éppen nem a vákuum, vagy akár a finomabb vákuum, hanem ellenkezőleg, a *gáztöltés* révén lehet majd a lámpát javítani (TFK₄).³⁴

Langmuir e tudományos munkája révén szakadt el egyszer s mindenkorra az a köldökszínór, amely a századforduló kutatógárdáját még az őssel: az

³³ „A fő hangsúlyozandó szempont — és ha ezt kellően megértjük, a többi már nehézség nélkül következik —, hogy a *pontosság történeti területen ugyanolyan alapvető követelmény, mint tudományos területen és hogy mindkét területen ugyanaz a jelentősége*. Képzett történészek furcsának tarthatják, hogy azzal fáradozok, hogy azt magyarázzam, ami számukra nyilvánvaló, de szükséges így cselekedni, hogy véget vessünk a tudósok velünk szembeni előítéletének és képessé tegyük őket arra, hogy jöjjenek és félúton találkozzanak a tudománytörténészekkel ahelyett, hogy elgáncsolják munkánkat. . . Az igazság keresésében sohasem lehetünk elég meggondoltak és alázatosak. A jó tudós ezt kiválóan megérti saját szakterületén, de hajlik arra, hogy az alázatosságot és a megfontoltságot a szelek szárnyára vesse, amint történelmi témákra tér át. Nos, ez tűrhetetlen és védhetetlen. A tudós nem köteles történeti munkát végezni, de ha ezt teszi, akkor köteles hű maradni az általa elfogadott pontosság és tisztesség normájához, mert különben bőven meg lesz bírálva. Gondatlan történeti munka ugyanúgy megvetésre érdemes, mint a gondatlan kísérleti munka és hibák a jól ismert történeti módszerek elhanyagolása következtében ugyanúgy szégyenteljesek, mint hibák a jól ismert kísérleti módszerek elhanyagolása következtében.” NB. G. Sarton eredetileg nem is történész volt, hanem matematikus! G. Sarton: „The Study of the History of Science”. „The Study of the History of Mathematics and the Study of the History of Science”. (A két munka egy kötetben.) Dover Publications, Inc. New York 1957, 10–11., 18. (Az én fordításom — B. T.)

³⁴ I. Langmuir: „Unforeseeable Results of Research”. I. Langmuir: „The History of the Gas Filled Lamp”. A. Rosenfeld—E. Rideal—P. W. Bridgman, i. m. 343—345., 258—260.

Edison-féle izzólámpával összekapcsolta. A kérdés az, vajon a vákuummal való szakítás Langmuir egyedi nagy tette volt, vagy pedig szerves folyománya, továbbfejlesztése az addigi eredményeknek? A kérdésnek nem annyira Langmuir személye szempontjából van jelentősége, mint inkább a *gondolkodás törvényszerű útja szempontjából*.

Langmuir számos helyen emlékezik meg azokról a tudósokról, akikre kutatásai során támaszkodott, így különösen J. J. Thomsonról. Azt írja, hogy „az irodalomban pl. J. J. Thomson munkájában . . . számos megállapítást találunk, hogy a fémek vákuumban szinte vég nélkül adnak le gázokat és lehetetlen a fémeket izzítás közben a gázoktól megszabadítani” (FK₅).³⁵ J. J. Thomson e kísérleteinél — összevetve Langmuiréval — elsősorban feltűnik a probléma *megközelítési módszerében látható különbség*. J. J. Thomson a jelenséget fémhengerben, illetve üvegedényben vizsgálta (FK₅).³⁶ Ez megfelel annak a megközelítési célnak, amely első nekifutásként a problémát *önmagában* kívánta megismerni. Langmuir jelentős lépéssel továbbment. Már kereste a megoldást, hogy az új jelenség ismeretében miként lehet annak káros hatását megszüntetni, ezért a jelenséget reprodukálta az izzólámpában. Azonban Langmuir a jelenséget nemcsak egyszerűen reprodukálta, hanem az arról szóló ismereteinket megnövelte. Továbbhaladva J. J. Thomson útmutatásán, hogy gáz szabadul fel az üvegedény és a fémhenger falából (FK₅),³⁷ Langmuir módszeres tudományos munkával aránylag rövid idő alatt felismerte, hogy ez a gáz: vízgőz, amely a wolframmal kémiai reakcióra lép és hidrogént hoz létre,³⁸ miközben a wolframszál párolgását és ezen keresztül korai pusztulását idézi elő (TFK₅).

Langmuir további kutatásaiban központi helyet foglal el a *hidrogén* szerepének tisztázása a lámpa belső terében. Ezzel kapcsolatban meg kell említenünk, hogy a hidrogéngáz speciális viselkedésére már H. A. Wilson is felfigyelt. „Azt találta, hogy egy izzó platinaszálból ritkított levegőbe leadott elektromosság legnagyobb része, a platina (előállításánál) abszorbeált hidrogénnek tulajdonítható” (FK₆).³⁹ Ezen túlmenően H. A. Wilson megállapította, hogy „a hidrogén igen csekély nyomainak jelenléte egy izzó platinaszálból eredő elektromos töltésvesztéséget rendkívüli módon megemeli” (FK₆).⁴⁰

Hasonló módon, mint előzőleg, itt sincs szó a felderítő kutatási eredmény egyszerű átvételéről, hanem arról, hogy miként lehet a Wilson-féle felismerést felhasználni most már nem önmagában, hanem az alkalmazás összefüggésében. Jelentős e kutatás sajátosságában, hogy *ennek az alkalmazásnak, közelebbről az alkalmazás lehetőségei kutatásának semmilyen kapcsolata sincs még az adott nagyüzemi alkalmazással*. Ugyanakkor Langmuir nem határolt el — helyesen és szükségesen — az *alkalmazás általános problematikájának* vizsgálatától. Ezért kutatta a szálhőmérséklet és a hidrogéngáz viselkedésének összefüggését és ezek a kutatások vezettek ahhoz a felismeréshez, amellyel

³⁵ I. m. 254.

³⁶ J. J. Thomson: „Elektrizitäts Durchgang in Gasen”, Lipcse 1905, 158—159.

³⁷ I. m., uo.

³⁸ I. Langmuir: „Atomic Hydrogen as an Aid to Industrial Research. Fundamental Research and its Human Value”. Id. E. Rideal—P. W. Bridgman—A. Rosenfeld, i. m. 257., 259., 319.

³⁹ H. A. Wilson, Proc. Roy. Soc. 72., 272—276. (1903). Id. J. J. Thomson, i. m. 166.

⁴⁰ J. J. Thomson, i. m. 159.

a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatásai e ponton továbbfejlesztették a wilsoni eredményeket, hogy a hidrogéngáz-tér nemcsak elektromos töltésvesztést okoz, hanem a szálhőmérsékletet is rendkívüli módon csökkenteni (TFK₆).⁴¹

Ezek a kutatások vezettek az *atomos hidrogén* felfedezéséhez (FK₇). Vajon miért tételezte fel Langmuir, hogy azon a ponton, ahol a hidrogéngáz annyira radikálisan eltérő módon kezd viselkedni,⁴² ott a hidrogénmolekulák atomjaira estek szét? Mire alapította Langmuir ezt a feltételezését?

A disszociációval és különösen annak hő hatására bekövetkező jelenségével előzőleg W. Gibbs, L. Boltzmann és J. J. Thomson foglalkozott (FK₄). Igaz, hogy J. J. Thomson az ionos disszociáció érdekelt, tehát mikor a disszociáció termékei elektromos töltéssel rendelkeznek, mert őt a jelenség *önmagában*, még minden további megszorítás nélkül érdekelt, míg *Langmuir társadalmi felhasználásának utatnyitó kutatása* a disszociációval már a hővesztés szempontjából foglalkozott, hogy vajon mi nyeli el a hőt olyan nagy mértékben az izzólámpában. Ezért kutatta és találta is meg a disszociáció termékeit neutrális atomok vagy molekulatöredékek formájában. *Langmuir azért fedezte fel az atomos hidrogént (FK₇), mert L. Boltzmann, J. J. Thomson és különösen W. Gibbs előzőleg, anélkül hogy az atomos hidrogént demonstrálni tudták volna, pontosan leírták, sőt matematikai formulában is kifejezték a hő hatására bekövetkező disszociáció jelenségét (FK₄).* E kutatások eredményeinek felhasználásával tudta Langmuir kimutatni, hogy a vákuumlámpák korai feketedését az atomos hidrogén keletkezése és a Langmuir-féle körfolyamat útján a lámpában visszamaradt vízgőz okozza (TFK₅). Ezzel utat nyitott ezen hiba kiküszöbölésére.

További, újabb kutatási területe volt az izzószál hővesztéseinek vizsgálata. Ez vezetett az ún. Langmuir-féle film felismeréséhez. Ezzel a problémakörrel kapcsolatos kutatások már az általunk vizsgált periódus (1909–1912) utolsó szakaszán helyezkednek el. Ezért nem véletlen, hogy *ezek a kutatások már átmenetet képeznek a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatástól a felderítő kutatásra.* Kiindulópontja itt is az volt, mitől függenek a hővesztések az izzólámpában, de kutatási területe és vizsgálati módszere fokozatosan szélesedett. *A Langmuir-féle filmnek (utóbb) elnevezett jelenség már általános törvényszerűség megnyilvánulása magas hőmérsékleten levő testek körüli térségben (FK₈).* Eszerint a sugárzó test konkrétan „az izzószál közvetlen közelében levő gázréteg nem vesz részt a konvekciós áramlásban, hanem a lámpa fonalát egy aránylag elég nagy átmérőjű, nyugalomban levő gázréteg veszi körül. A hőleadás nem magának a fonalnak a felületén történik, hanem e szinte nyugalomban levő rétegnek a külső felületén, vagyis adott hőfok, valamint gázösszetétel esetén nem a huzal valóságos felületével, hanem ennek a rétegnek külső felületével arányosak.”⁴³ Ebből a tudományos eredményből ké-

⁴¹ I. Langmuir: „Atomic Hydrogen”, i. m. 254–259., A. Rosenfeld: „The Quintessence of I. Langmuir: A Biography”, i. m. 81., I. Langmuir: „Fundamental Research”, i. k. 319.

⁴² Amikor ui. Langmuir hidrogént vezetett be a ballonba, egyedi, a normálistól teljesen eltérő jelenséget tapasztalt. Nevezetesen, amikor az izzó wolframszál hőmérséklete elérte a kb. 3600°C-t, a gáz ugrásszerűen kezdte elnyelni a hőt, amíg ötszörösét nem fogyasztotta el a normálisnak.

⁴³ Szigeti György: A kutatás szerepe egy iparág fejlődésében; „Fizikai Szemle”, Budapest, II. évf. 3, 72.

zenfekvő volt Langmuirnak az a gyakorlati következtetése, hogy olyan tömött spirált kell készíteni, amely még ezen a rétegen *belül* helyezhető el, mert ez esetben a konvekciós hőveszteségeket csökkenteni lehet.

Langmuir kutatási tevékenysége igen nagy jelentőségű volt. Megteremtette a felderítő kutatási eredmények hasznosítása *lehetőségének* feltételeit. Hiába tudták pl., hogy növelni kell a szálhőmérsékletet, ha azt nem lehetett megvalósítani. A Langmuir-féle film ismeretében ezen a téren a fejlődés most megindulhatott. Másfelől a gáztöltés gondolata Langmuir kitartó tudományos munkájának az eredménye volt, mellyel a vízgőz megújuló káros szerepét tisztázta. A gáztöltés további távlatokat nyitott az izzólámpagyártás fejlődésében (TK₈).⁴⁴

Azzal, hogy megkíséreltük Langmuir kutatásait beágyazni a természettudomány nagy folyamába és azokat nem külön, önmagukban szemléltük, azzal célunk nem Langmuir tevékenysége jelentőségének csökkentése volt. Ellenkezőleg, célunk az, hogy bebizonyítsuk a *társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatásnak a felderítő kutatással egyenértékű tudományos rangját*. Másrészt arra törekedtünk, hogy bemutassuk a felderítő és a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatás egymásból való kifejlődését és érzékeltessük a kettő kölcsönös feltételezettségét. Ez a viszony nem egyértelmű, bár *az alap- és uralkodó tendencia az általánosról irányul az alkalmazás (filozófiailag a különös) felé, mégis sok esetben a társadalmi felhasználásnak utatnyító kutatás hat vissza és termékenyíti meg, indítja el új ösvényen a felderítő kutatást*. Ez történt Langmuir esetében is, mikor a gáztöltésű izzólámpa kutatások vezették őt a felületi kémia területén elért felderítő kutatásaihoz, konkrétan elsőnek a róla elnevezett Langmuir-féle film felfedezéséhez.

A hővezetés és az atomos disszociáció tudományos eredményei tehát csak azért tudták megtermékenyíteni a tudományt az atomos hidrogén demonstrálásával és az ipart a gáztöltésű izzólámpával, mert Langmuir célirányosan folytatta J. J. Thomson, H. A. Wilson, W. Gibbs és mások kutatásait. *Mint tudományos eszmekincs a kettő csak együtt, összehatásában egész.*

III

Logikai kísérletem befejező részében Bródy Imre kutatásaival foglalkozom: a kripton-töltésű izzólámpa felfedezésével. Bródy Imre a két világháború közötti időszak egyik nagy magyar fizikusa volt (1890–1945). Eötvös Loránd tanítványa volt, majd a göttingai egyetemen Max Born mellett dolgozott. Átmenetileg a „Zeitschrift für Physik” szerkesztését is végezte, s így közvetlen kapcsolatba került a fizika fejlődésének legfrissebb eseményeivel. Mikor 1923-ban hazahívták, belépett az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt Pfeifer Ignác egyetemi tanár vezetése alatt álló kutatólaboratóriumába. A kriptonlámpa felfedezését is hasonló módszerrel kívánom bemutatni, ha — bőséges források hiányában — nem is olyan szélesen, mint Langmuir tevékenységét. Tehát e felfedezést sem fogom önmagában ábrázolni, hanem

⁴⁴ A nitrogéntöltésű izzólámpa nagy fejlődést jelentett a vákuumlámpához képest. Langmuir eredményeire támaszkodva az amerikai technológia ezt ki is használta. Megkét-szereztek az 1000 órás élettartamot és a hatásfoknövekedés is hasonló ütemű volt: 10-ről 20 Lm/W-ra. A. A. Bright, i. m. 331.

beágyazva a természettudomány nagy folyamába, hogy így az egymásba kapcsolódó kutatási láncok érzékelhetőek legyenek.

A II. fejezetben elmondottak egyértelműen magyarázzák az amerikai izzólámpaipar kiugrását és előretörését a tízes években. De felvetődhet a kérdés, hogy a húszas években miért lassult meg ez a fejlődés, miért nem folytatódott a Wien—Langmuir irányzat, miért tudunk megint csak technológiai fejlesztésről?⁴⁵

A húszas években hasonló helyzet alakult ki, mint Langmuir felléptét megelőző két évtizedben. Ahogy akkor az Edison nevéhez kapcsolódó szintézisen, úgy most már Langmuir gáztöltéssel kapcsolatos eredményein is *túlhaladt a fejlődés*. (Lásd a kriptonlámpa modelljét a 753. oldalon.)

A fejlődés direkt és indirekt nyomvonalon haladt tovább. Egyfelől a gondolkodás a közvetlenség szférájában az *adott* technológiai folyamat fejlesztését szolgálta. Így pl. 1918-ban empirikus megfontolás alapján a nitrogén töltőgázt argonnal cserélték fel, és több kisebb-nagyobb jelentőségű fejlesztést hajtottak végre (TK₉).⁴⁶ Figyelemreméltó, hogy ez a közvetlen út kínálkozik a legkézenfekvőbb megközelítésnek — akár Langmuir felléptekor a vákuum tisztítása —, ugyanakkor ez a „legkézenfekvőbb” megoldás csak erősen *moderált hatásfokú fejlesztést eredményez*.

Másfelől a gondolkodás indirekt módon — látszólag kerülőúton — közelítette meg ezt a problémát is. Tekintsük át ennek az indirekt útnak röviden az előzményeit. Kb. száz éve történt, hogy két kutató egymástól függetlenül felfedezte a termodiffúzió jelenségét (FK₉).⁴⁷ Munkájuk eredménye azért fogja majd — többek között — az izzólámpagyártást is egy bizonyos fejlődési ponton megtermékenyíteni, mert felderítő kutatási felismerésük hozzájárulást jelentett a hőenergia által indukált különféle mozgások megismeréséhez. A Ludwig—Soret effektus a maga empiriájával még alkalmatlan volt új ipari folyamatok megtermékenyítéséhez. Előbb az empiriát fel kellett oldani és az összefüggéseket egzakt matematikai formában kifejezni. Ez két ütemben történt. Az első ütem a kinetikus gázelmélet Maxwell, Kelvin és Boltzmann által fémjelzett tevékenységéhez fűződik (FK₁₀). De még nem sikerült semmilyen bizonyítékát adni a különálló molekulák és atomok *létezésének*, és olyan megfigyelést sem eszközöltek, amely valójában demonstrálta volna a molekulák folyamatos hőmozgását.⁴⁸ Olyan helyzet állt elő a tudomány fejlődésében — aminő sokszor bekövetkezik —, hogy a gondolat mozgásában fellelhető belső szükségyszerű összefüggés lendítette át a tudományos kutatást ama ellentmondásán, amely a gondolat mint megsejtett valóság (ti. a molekulák létezése) és az addig megismert világ korlátja (ti. a molekulák nemismerete) között fennállott. J. Perrin francia fizikusnak 1908-ban sikerült kvantitatív módon is kimutatnia folyadékban a molekulák folyamatos hőmozgását (FK₁₁).⁴⁹ Ezzel *megteremtődtek a feltételei a nem egyenletes hőmérsékletű gázmolekulák viselkedését egzakt módon leíró elmélet kialakulásának*.

⁴⁵ A. A. Bright, i. m. 325.

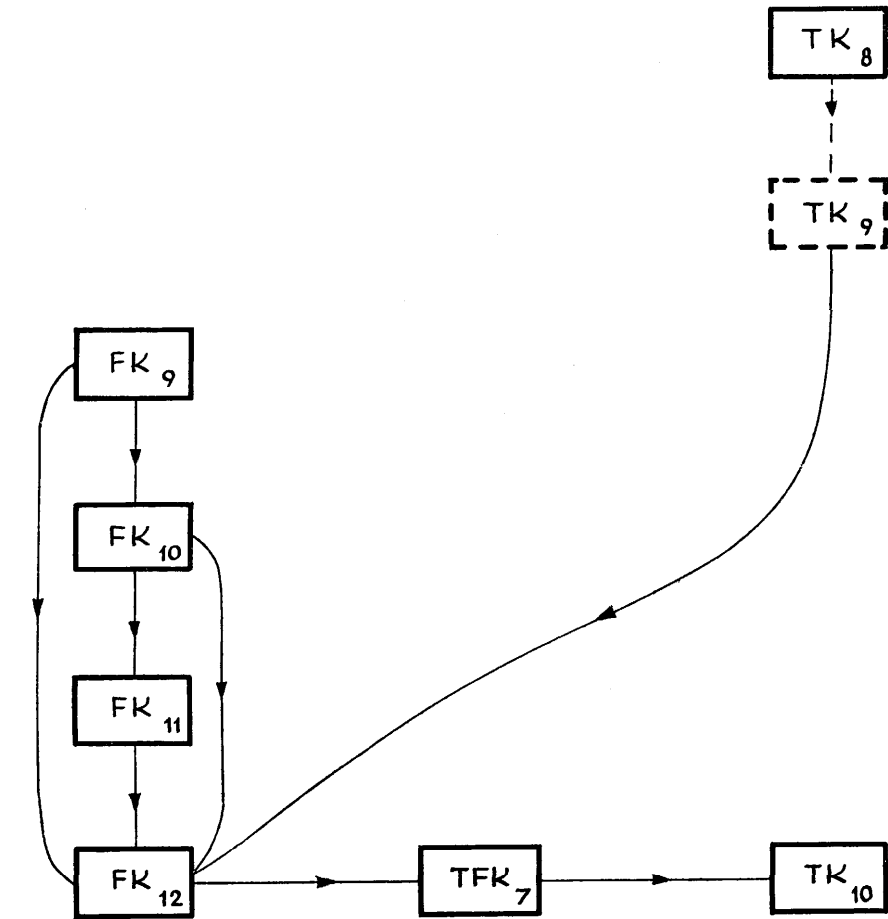
⁴⁶ Pl. a leforrasztási hegy nélküli lámpák, a lámpafejelő kitt anyagának kifejlesztése, a ballonok belső homályosítása a káprázás csökkentése érdekében stb.

⁴⁷ C. Ludwig (1856) és Ch. Soret (1879). Id. W. Jost: „Diffusion in solids, liquids, gases”, New York 1952, 521.

⁴⁸ L. B. Loeb: „The Kinetic Theory of Gases”, New York—London 1934, 6.

⁴⁹ I. m. 7. V. ö. J. R. Kantor: „The Logic of Modern Science”, Bloomington-Indiana 1953, 179—180.

A KRIPTONLÁMPA



----- A KÖZVETLEN ÚT ZSÁKUTCÁJA
 ————— A KÖZVETETT ÚT EREDMÉNYESSÉGE

FK = FELDERÍTŐ KUTATÁS
 TFK = TÁRSADALMI FELHASZNÁLÁS-
 NAK UTATNYÍTÓ KUTATÁS
 TK = TECHNOLÓGIAI KUTATÁS

3. ábra

Ennyiben foglaltuk össze az új elmélet kialakulásának előzményeit. És ennél a pontnál már elgondolkoztató a vonatkozó tények időbeli egybekapcsolódása.

Langmuir után (1912) kézenfekvően adódott a továbbhaladás közvetett, tehát nagyobb eredménnyel kecsegtető útja. Langmuir megalapozta és a technológiai kutatás áttételén keresztül lehetővé tette a gáztöltésű izzólámpa gyártását (TK₉). Ez az egyik első — ha nem a legelső — iparszerű alkalmazása a gáztöltésnek magas hőmérsékleten. Emellett maga az izzólámpa is, mint egy sajátos végtermék, általános előnyei miatt ekkor már az érdeklődés homlokterében volt. Így minden bizonnyal Langmuir után adódtak izgalmas kérdések, melyek a tudományos világot foglalkoztatták. Pl. tulajdonképpen *milyen* folyamat zajlik le egy izzólámpában? *Miért* jobb a gáztöltés, mint a vákuum? *Mitől* függ az élettartam? *Mi szabja meg*, hogy az argon- vagy a nitrogéntöltés-e a jobb? *Így kerülhetett* napirendre a *gázelegyek mint olyannak* magas hőmérsékleten való további megismerése. És elgondolkoztató tény, hogy a termodiffúzió törvényszerűségeit gázelegyekben röviddel ezután kvantitatíve is kidolgozták. *A megismerés egymásba kapcsolódó mozzanatai bámulatos ütemben lépnek színre.* J. Perrin lökést adott a kinetikai gázelmélet továbbfejlődésének, mikor demonstrálta a molekulák folyamatos hőmozgását (FK₁₁) (1908). Langmuir az izzólámpában demonstrálta a hidrogénmolekulák hidrogénatomokká való disszociációját (FK₇).⁵⁰ Továbbá megalkotta a nitrogéntöltésű izzólámpát (TFK₄).⁵¹ És 1911–1916-ban — tehát gyakorlatilag szinte párhuzamosan — D. Enskog és S. Chapman egymástól függetlenül (!) és mégis szinte egyidejűleg elméletileg kidolgozták a termodiffúzió jelenségének törvényszerűségeit (FK₁₂).⁵² Végső tételük szerint egy különböző hőmérsékletű gázelegyekben a nehezebb gázmolekulák az alacsonyabb hőmérsékletű területre igyekeznek, amíg a könnyebb molekulák a magasabb hőmérsékletű területen koncentrálnak.⁵³ Ez az újabb felderítő kutatási eredmény foltehetően megoldást kínált a lámpaszakemberek rejtélyeire is. Mindenesetre tény, hogy amíg a lámpafejlesztés a régi és 1911–1916-tal túlhaladott elméleti alapokon történt, az csak moderált technológiai fejlesztés maradt (TK₉).

Nagyjából így állt a helyzet, mikor Bródy Imre a kutatásait az Egyesült Izzóban megkezdte. Számunkra ehelyütt elsősorban az a fontos, hogy Bródy kutatásai hogyan kapcsolódnak a fizika nagy folyamába. Az izzólámpa-kutatásait Bródy Imre 1929-ben kezdte meg. Számára is adódott két alternatíva: kutatni és fejleszteni az adottat, vagy teljesen új alapokon elindulni, amikor is a kutató semmit sem fogad el feltétlenül.⁵⁴ Kutató metodikájában felis-

⁵⁰ The Dissociation of Hydrogen into Atoms; JACS 34. 860. (1912)

⁵¹ Tungsten Lamps of High-efficiency. I. Blackening of Tungsten Lamps and Methods of Preventing it, II. Nitrogen-filled Lamps, Proc. AIEE 32. 1894 (1913.)

⁵² D. Enskog: Zur Elektronentheorie der Dispersion und Absorption der Metalle. Ann. Phys. 38. 731–764 (1912). S. Chapman: The Kinetic Theory of a Gas Constituted of Spherically Symmetrical Molecules. Philosophical Trans. Roy. Soc., A 211, 433–483 (1912). S. Chapman: On the Law of Distribution of Molecular Velocities and in the Theory of Viscosity and Thermal Conduction in a Nonuniform Simple Monatomic Gas. Phil. Trans. Roy. Soc. I. m. A 216 279–348 (1916).

⁵³ S. W. Benson: „The Foundation of Chemical Kinetics”, New York—Toronto—London 1960. 10. Thermal Diffusion 186–187.

⁵⁴ Bródy Imre: „A kriptonlámpa”, Előadás a Magyar Elektrotechnikai Egyesület Mérnöki Szakosztályának 1936. december 3-i ülésén, Budapest 1937, 3–9.

merhető a fokozatosság: az adott kutatási, normatív gyakorlattól való fokozatos eltávolodás igénye.

Bródy azt vizsgálta, hogy a nitrogén-argongázzal töltött lámpák hatásfoka *miért jobb*, mint a tiszta nitrogéntöltésű lámpáké. Tudta, hogy az argonak kisebb a hővezetőképessége és ezt a tényt az izzólámpaiparban általában elfogadták a nagyobb gazdaságosság kellő magyarázatául.⁵⁵ De Bródy ezt mégsem fogadta el a hatásfokemelkedés *feltétlen* magyarázatául, pusztán munkahipotézisként. Így első hipotézise az volt, hogy az argon kisebb hővezetőképessége okozza a hatásfokemelkedést. De a kísérlet feltárta, hogy a hipotézis téves volt.⁵⁶ Bródy második hipotézise feltételezte, hogy a wolframgőz-diffúzió argontartalmú nitrogénben kisebb, mint tiszta nitrogénben. A számítások azonban megmutatták, hogy nem a kisebb diffúzió-sebesség eredményezi a hatásfokemelkedést. Következésképp a második hipotézis is tévesnek bizonyult.⁵⁷

Bródy Imre kutatási metodikája abból a szempontból is tanulságos, hogy szenvedélyes tudásvágy fűti át. Nem elfogadni a készen kapott értékítéleteket — pl. mikor az argon kisebb hővezetőképességét elfogadták a nagyobb gazdaságosság *kellő* magyarázatául —, hanem újra kritikailag átvizsgálni mindent a bura belső terében. Bródy ekkor jöhetett rá, hogy a különböző magyarázatok ellenére tulajdonképpen még senki sem érti, ő maga sem (!), hogy mi is szabja meg konkrétan nitrogén-argon gázelegyben a wolfram-molekulák viselkedését egy magas hőmérsékletű térségben. Ez a felismerés indíthatta el teljesen más úton, tehát mikor a vizsgálandó jelenséget *nem a meglevő* ismeretek talajáról értelmezik, hanem *új*, még ezután megszerzendő szakirodalmi ismeretek tárházából merít a kutató. Bródy ekkor módszeres munkával tanulmányozta át a gázelegyek fizikájának az irodalmát, méghozzá annak nemcsak legkurrensebb részét, hiszen mikor célhoz ért, akkor közel 15—20 évre ásott már vissza. Így jutott el Bródy ahhoz a felismeréséhez, hogy a fizika e tárgykörben, a század második évtizedében már *meghaladta* a századforduló táján meglevő ismereteket. (TK₉ → FK₁₂). Nevezetesen, hogy a termodiffúzió új felderítő kutatási eredményei alapján már világos értelmezést nyerhet az argonlámpa fölénye a nitrogénlámpával szemben. A továbbiakban adjuk át a szót Bródynak magának: „A termikus diffúzió érvényesülésére a gáztöltésű izzólámpa úgyszólván tökéletes körülményeket nyújt. A Langmuir-féle filmben kb. egy milliméter távolságon kb. 2100°C hőmérsékletkülönbség áll fenn . . . A kis töménységű nehéz gáz ebben az esetben az izzószálról elpárolgó wolfram, amelynek molekulásúlya lényegesen nagyobb (186), mint az argoné (40), vagy a nitrogéné (28). A termodiffúzió az elpárolgó wolframatomokat a Langmuir-film külső határfelületére viszi, onnan azután a konvektív gázáramlás magával ragadja, s az üvegfalhoz viszi, ahol lecsapódik. Ez a folyamat — éppúgy, mint a közönséges diffúzió — az izzószál anyagának pusztításával a lámpa feketedését és kiegésését okozza. Ennek alapján *már érthető*, hogy miért javítja annyira a lámpát a nitrogénnek argonnal való helyettesítése. A nitrogén molekulásúlya 28, az argoné 40, tehát az argon súly tekintetében közelebb áll a wolframhoz, mint a nitrogén, ezért a termikus diffúzió

⁵⁵ Pálos J.—Illényi A.: „Bródy Imre 1890—1955”, Budapest 1957, 204. A címben szereplő elhalálozási dátum sajnos téves. Bródy Imrét 1945-ben Németországban a náci fasiszták meggyilkolták.

⁵⁶ Bródy Imre, i. m. 6.

⁵⁷ I. m. 6—7.

romboló hatása kisebb argonban, mint nitrogénben. Ez a felismerés, hogy a gáztöltésű izzólámpa élettartamát jelentékeny részben a termikus diffúzió szabja meg, vezetett arra a gondolatra, hogy olyan töltőgázt kell használni, amelynek molekulásúlya lehetőleg nagy. Akkor ugyanis adott szálhőmérséklet mellett a lámpa élettartama növekszik. Ha pedig a szál hosszát és átmérőjét stb. célszerűen választjuk, akkor a szál izzási hőmérsékletét felemelhetjük anélkül, hogy a lámpa élettartamát csökkentenénk.”⁵⁸ (TFK₇) Bródy rögtön a nemesgázokra, kriptonra és xenonra gondolt, azonban ritkaságuk és ezért drágaságuk miatt ennek használatától egyelőre el kellett tekinteniök.

Az első kísérleteket ezért Bródy és Millner Tivadar vegyületgázokkal folytatták. Bár a vegyületgázok molekulásúlya a wolframénál nagyobb, az effektust kimutatni nem sikerült, mert ezen a magas hőmérsékleten a wolframszál anyaga a vegyületgázokkal kémiai reakcióra lépett és a wolframszál tönkrement.

Ekkor tért vissza Bródy a kripton-töltés gondolatára. A történetíró csak röviden regisztrál, pedig ez a pont általában a tudományos megismerés folyamatában az egyik legdöntőbb *fordulat*, mikor a tudós az általa felismert összefüggés ismeretében *kitart* álláspontja mellett és szívós, következetes felvilágosító munkával lassan áttöri a megszokottság, az újtól való idegenkedés ködfalát és megteremti a feltételeket ahhoz, hogy az új felismerést realizálni lehessen.

Így került sor a végleges hipotézisre, amely a 186 atomsúlyú wolframszálhoz 84 atomsúlyú kripton-gázt szemel ki az addigi 40 atomsúlyú argongáz helyett, és ebben látja a hatásfokemelkedés megfelelő magyarázatát.⁵⁹ A kísérletek Bródy harmadik hipotézisét teljesen igazolták.⁶⁰ Ezzel a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatás a lámpa belső terében befejeződött. (TFK₇) Az eredmények alapján az új eljárást szabadalomra nyújtották be⁶¹

Bródy Imre nagyságát mutatja az is, hogy tevékenysége nem korlátozódott csupán az elmondottakra. Saját szavaival szólva: „Természetesen nem lehetett jó kriptonlámpát úgy készíteni, hogy az argontöltést egyszerűen kriptonnal helyettesítve minden mást változatlanul hagyunk, hanem a lámpát az új anyagnak megfelelően át is kellett szerkeszteni.”⁶² Szinte kiérzik ezekből a szavakból a modern tudós körültekintő gondoskodása, aki segíti az új tudományos eredmény gyakorlati megvalósításáért folyó küzdelem kezdeti, legdöntőbb, legtöbb problémát magában rejtő szakaszát is (TK₁₀). Itt nincs tér ennek az útnak az ismertetésére, pusztán azt kívánom kiemelni, hogy Bródy elsőként a világon olyan kriptongyártási tervet dolgozott ki Polányi Mihálylyal⁶³ együtt ennek a ritka nemesgáznak a levegőből való kivonására, amely a kripton mint főterméket szolgáltatja (TK₁₀).

⁵⁸ Uo. 7—9. (Az én kiemelésem — B. T.)

⁵⁹ Bródy Imre eredeti jegyzete: „A vonatkozó kísérleteket Theisz Emil kartársammal végeztem.” Bródy Imre, i. m.

⁶⁰ A biztonság kedvéért Bródy még két kísérletet állított be. Egyet az ellenkező oldalról — tehát éppen a legkönnyebb atomsúlyú héliummal és egyet kriptonnal. A kísérletek fényesen igazolták a hipotézist.

⁶¹ „Gáztöltésű fémszálas elektromos izzólámpa” címmel 1930. augusztus 11-én 103 551 sz. alatt.

⁶² Bródy Imre, i. m. 9.

⁶³ I. m. 11.

Emeljük ki a kriptonlámpa műszaki-gazdasági realizálása alapján a *technológiai kutatás* fontos szakaszának néhány jellegzetességét. Különböző jellegű feladatokkal találkozunk benne. Így pl. a kriptonlámpa megalkotása kilenc kutatási feladat eredménye volt.⁶⁴ Minél közelebb esik még a technológiai kutatási feladat a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatáshoz, annál több hasonlóságot állapíthatunk meg a kettő között. Logikai s egyben időbeli sorrendben is, annak ütemében, ahogy megteremtődnek az új nagyüzemi gyártás feltételei, úgy kerül jellegében mind távolabb a technológiai kutatás még hátralevő része a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatástól és válik dominánssá a kettejük közötti *különbség*. A technológiai kutatások túlnyomó részénél⁶⁵ a módszer kialakulását a feladat célja, jellege, a kutatás támpontjai alakítják ki. Így válnak e kutatási feladatok mind körülhatároltabbá, mind több gazdasági és technikai paraméter által megszabottá. Természetesen az egyes feladatok itt sem mechanikusan követik egymást, hanem szoros hatás – kölcsönhatás érvényesül az egymásból fakadó feladatok között. Bizonyos – főként – határesetekben a technológiai kutatás visszahat és újabb eredménnyel gazdagítja a tudományt.⁶⁶

Az ipari gyártás 1936-ban indult. Kezdetben csak díszvilágítási célokat szolgáló gyertya- és gömblámpákkal, mert a kriptonlámpák ára az addigi lámpákkal szemben magasabb volt. De fehérebb fényük, gazdaságosabb fénykihasználásuk, hosszabb élettartamuk rövid úton meghódították a világpiacot. És az azóta eltelt közel negyven év alatt is a kriptonlámpa könnyűipari exportunk egyik jelentős cikke volt és maradt. Kiderült, hogy az izzólámpa tudományok alapokon való továbbfejlesztése egy csapással több olyan kérdésben is fejlődést hozott, ahol eddig technológiai kutatási módszerekkel nem tudtak eredményt elérni. Így pl. a lámpa térfogatát a felére csökkenthették. Ez a körülmény kevesebb üveg és kevesebb kriptonlámpa alkalmazását tette szükségessé, másrészt szebb külalakot is biztosított.

A kriptonlámpa megalkotásában az összefolyamat egyes „állomásai” hiánytalanul és idejében egymásba kapcsolódtak. Igaz, hogy a kriptonlámpához vezető felderítő kutatási eredmény eredetileg ugyan 1911–1916-ban megszületett (FK₁₂), de elsőnek a világon Bródy Imre ismerte fel 1930-ban, hogy Chapman felfedezését beillesztheti az új izzólámpa megalkotásának folyamatába (TFK₇), s így tevékenysége révén a *tudományos-technológiai munkamegosztás önkéntelen figyelembevételével kb. 6–8 év alatt a világszint fölé kerültünk*.

Mégis mi a magyarázata annak, hogy a tudományos világ Bródy Imre felfedezéséről nem tud és a kriptonlámpa felfedezését a holland Phillips Műveknek tulajdonítja? Úgy érzem, e helyütt szükséges erre is kitérnem. Bródy tudományos eredményét külföldön nem publikálta. Ugyanakkor a második szabadalma,⁶⁷ amely a kriptonlámpa levegőből való kitermelésére vonatkozott,

⁶⁴ Kutatások a kriptonnak levegőből való kivonására, a wolframszál továbbfejlesztésére, a kripton arányának pontos meghatározására a levegőben, megfelelő zárófolyadékra, a Langmuir-féle film megállapítására, a töltőgáz nyomás csökkentésére, ill. növelésére, végül a töltésnél elvesző kriptonlámpa visszanyerésére. Részletesen lásd Balázs Tibor „A tudományos kutatástól az ipari gyártásig”, i. m. 108–119.

⁶⁵ I. m. 115–119.

⁶⁶ Pl. a levegőben levő kriptonlámpa mennyiségének pontos meghatározása.

⁶⁷ Magyar szabadalom, 1930. október, 104 186 sz. Egyesült Izzólámpa és Villamossági RT Szabadalmi Iroda adatai. P. 80 a.

még nem volt gazdaságos. Az Izzó megkereste ekkor a gázválasztó vállalatokat, hogy adjanak el kriptongázt. Ez a lépés azonban nem járt kellő eredménnyel. Ekkor — nyilván tőkehiány miatt — az Izzó kutatólaboratóriumának igazgatója személyesen ajánlotta fel a Claude Paz et Silva, valamint az A. G. für Linde's Eismaschinen vállalatoknak, hogy közösen tőkésítsék *Bródy új kriptongáz előállításának gondolatát*, amely szerint a kriptongázt — szemben az eddigi eljárással — főtermékként állítanák elő (TK₁₀).⁶⁸ Az Izzó javaslatát elfogadták és felépítették Ajkán az első kriptongáz-termelő gyárat. Egyidejűleg a Bródy ily módon megismert új eljárását sietve saját szabadalmuként benyújtották, és így sikerült Bródyt a sikeres, a második kriptongáz előállítására vonatkozó szabadalma benyújtásában megelőzniük. Így az Egyesült Izzó kénytelen volt a szabadalmi törvények értelmében licenc-díjat fizetni.⁶⁹ Mi pedig *eleget kívánunk tenni a tudománytörténeti igazságnak, midőn megállapítjuk, hogy ez nem érinti Bródy Imre prioritását.*

IV

Végezetül emeljük ki e logikai kísérlet néhány eredményét.

1. *A természettudomány bármely területén egy-egy diszciplínán belül a gondolat mozgása szerves egységet alkot a viszonylagos kezdetektől a technológiai előkészítésig.* Az új felderítő kutatási eredmény egyfelől, és az objektív társadalmi szükséglet — amelynek talaján az létrejött — másfelől, szükségszerűen, a dolgok logikája alapján maguk után vonják, életre hívják a megismert új természeti törvényszerűség társadalmi alkalmazhatóságának problematikáját: a felhasználásnak utatnyitó kutatást. Ez a kutatás csak feltárja a felhasználás *lehetőségét*, de a nagyüzemi termeléshez vezető közvetlen utat még nem építi meg. Ugyanakkor mégis *maga ösztönöz* továbbhaladásra a technológiai kutatás felé. Ezt meggyorsítja az a körülmény, hogy ezen a fejlődési ponton már nagyrészt feltáruznak az új eredmény révén nyerhető előnyös gazdasági kihatások. A kutatás szempontjai már mind több gazdasági paraméter által meghatározottá válnak. Ezek a kutatások már a technológiai kutatások csoportjába tartoznak. E három kutatási szakasz nem jelent merev elhatárolást. Ellenkezőleg, eleven, lüktető a közöttük érvényesülő *kölcsönhatás*, amely időnként ellenkező előjelű mozgást is indukál.⁷⁰

Ez a szerves egység nem hivalkodó, hiszen a logika nem tud propagandát kifejteni. De elárulja önmagát, maga mutatkozik meg a felderítő és a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatások *sorozatosságával*, mikor *minden felső irányító szerv közbelépése nélkül* „felelt” a kutató elme a kor egy-egy, a gyakorlat által felvetett kérdésére. Igen figyelemre méltó a gondolkodás — szinte azt mondhatnók — „tervszerű” mozgásáról az az egybe-

⁶⁸ Ez az elgondolás lényegesen különbözött Bródy első, a kriptongáz előállítására vonatkozó szabadalmától, ahol még a kriptongázt a levegő összes többi alkotórészével együtt dúsították.

⁶⁹ A Claude Paz Silva francia gyár 1933 februárjában, az A. G. für Linde's Eismaschinen 1933 márciusában, míg az Izzó csak 1934 januárjában nyújtotta be „Eljárás az oxigénnél magasabb forráspontú nemesgázok előállítására” c. szabadalmát 111 665 sz. alatt. Egyesült Izzó Szab. Ir. P. 1000. I.

⁷⁰ Pl. mikor a wolframfémvel kapcsolatos technológiai kutatások hívták fel a figyelmet az igen kis szennyezéseket tartalmazó wolframfém metallurgiai elméletének kidolgozására.

esés, amit vizsgált eseteinkben láthattunk. Így az elektromágneses indukciónál az angol Faraday és az amerikai Henry (1831), a dinamónál Varley (1866), a német Siemens (1867), az angol Wheatstone (1867) és Wilde (1868). Továbbá a termodiffúzió első észlelésénél a német Ludwig (1856) és a svájci Soret (1879). Végül a termodiffúzió kifejlett elméleténél Enskog (1911–1912) és Chapman (1912–1916). Elgondolkoztató továbbá, hogy ebben a szerves egységben milyen „tervszerűen” épültek ki az egymásba láncszerűen kapcsolódó szakaszok. Így ékelődik a korai vákuumlámpákkal való kudarcok (TK₁) után,⁷¹ de szinte a dinamó felfedezésével (TK₂) egyidejűleg a higanyos vákuumszivattyúnak (TK₃) a felfedezése (1865), hogy majd Edissonnal célhoz érjen a sikeres izzólámpáért akkor már közel hetven éve folytatott küzdelem (TK₄). Az új fejlődési szakasz mozgását egyfelől a hőmérsékleti sugárzás törvényszerűségeinek megismerése (FK₃),⁷² másfelől a gázok magas hőmérsékleten való tulajdonságainak vizsgálata (FK_{4–6}) — közelebről az elektromosság vezetése gáztérben — készítette elő. Langmuir rövid úton (9–12 év) felismerte e kutatási eredményekben rejlő lehetőségeket a társadalmi felhasználás érdekében s így az ő munkája (TFK_{4–6}), másrészt a sikeres technológiai kutatás (TK₈) révén⁷³ megint „záródhatott az áramkör”, kiépülhetett az izzólámpagyártás új szakasza. Végül — hasonló módon, mint előzőleg — bár sem Enskog, sem Chapman nem volt ipari szakember és nem is ipari keretben kutattak, mégis az új felderítő kutatási eredményük (FK₁₂) adta bázison teremtette meg Bródy Imre (TFK₇ → TK₁₀) az izzólámpagyártás új szakaszát.

2. *Ez a szerves egység differenciált egység,*⁷⁴ azaz nem azonos lényegű kutatások egymást kölcsönösen feltételező egysége. A szerves egység mindenekelőtt annyit jelent, hogy ezen belül az egyes kutatási tevékenységek: a felderítő, a társadalmi felhasználásnak utatnyitó, és a technológiai kutatások nem esetlegesen követik egymást, vagy akár maradnak el, mert *kölcsönösen feltételezik egymás létét*. Így a tudományos kutatás két sajátos funkciójú egyenértékű részből áll: a felderítő és a társadalmi felhasználásnak utatnyító kutatásból. Mindkettő része ugyanannak a tudományágnak, mindkettő egyaránt eredeti felfedezésekig jut el, *mindkét kutatás sajátos, egymástól eltérő jellegének megfelelően*. Ezért az egyik nem „pótolhatja” a másikat, a másik nem „helyettesítheti” az egyiket. Elméletileg és különösen ismeretelméletileg teljesen más területen mozog a felderítő, és megint más területen a társadalmi felhasználásnak utatnyító kutatás. A két terület és az ebből fakadó két problematika különbségére és egységére fény derül, ha a felderítő kutatást az *általános* és a társadalmi felhasználásnak utatnyító kutatást a *különös* ismeretelméleti fogalmaival hozzuk összefüggésbe. A kettő közötti összefüggés az esetek többségében mégis rejtett, nem közvetlenül a felszínen megnyilvánuló, hanem sokkal intimebb, mélyebb és komplexebb. Sok esetben az új felderítő kutatási eredménynek éppen *nem* az a vonatkozása vezet az alkalmazás küszöbéig, amely a legvalószínűbbnek látszik. Egyik legdöntőbb sajátosság az a felismerés lehet, hogy a két terület ismeretelméletileg is más jellegű, hogy

⁷¹ Lásd a 7. sz. jegyzetnél.

⁷² Fekete sugárzás G. Kirchoff 1860; J. Stefan—L. Boltzmann törvény 1879—1884; W. Wien-féle eltolódási törvény 1893; M. Planck sugárzási törvény 1900.

⁷³ W. Coolidge és Pacz A.

⁷⁴ „... a megismerés tehát a különjének a szintézise.” G. W. F. Hegel, i. m. III, 403. (Az én kiemelésem — B. T.)

mindkét területnek megvannak a maga sajátos mozgástörvényei. Következésképp ami az egyiknél — tehát a jelenségnek önmagában való vizsgálatánál — elsődleges fontosságúnak számított, az már föltehetőleg nem így funkcionál a felhasználás *lehetősége* kutatásánál és másfelől lehetséges, hogy egy olyan mellékkörülmény, amely a felderítő kutatásnál szinte figyelmen kívül hagyható volt, itt már központi jelentőséget nyer.⁷⁵ *Így található meg a tudomány egységén belül, az érzéki cselekvés területén mind a felderítő, mind a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatás.* Tehát nem diszciplínában való kettősségről van szó, hanem arról, hogy az érzéki, emberi tevékenység — tehát éppen nem a diszciplína — tekintetében nem beszélhetünk egységes (egyenemű!) tudományos kutatásról, hanem arról, hogy az egyes tudományágak, miközben művelik őket, tehát mozgás közben, részelemeikre hasadnak. *A kettő mozgása, hatása és kölcsönhatása fejleszti tovább a tudomány adott területének egész épületét.*

Az összefolyamat kutatási szakaszainak ez a kölcsönös feltételezettsége a megismerés egy adott tartományán belül áll fenn. Ezen belül az egyik kutatási szakasz szükségszerűen fejlődik ki a másikból, és hol előbb, hol utóbb az új eredmény realizálódik. Ha viszont a megismerési folyamat bővül és létrejön egy újabb felderítő kutatási eredmény, akkor a folyamat ismét lejátszódik, ezúttal már magasabb szinten.⁷⁶ Ez fejeződik ki abban a lényeges feltételben, hogy *ha idejében felismerjük* — ahogyan Langmuir és Bródy is tette —, hogy az egyes (elszórt) kutatási tevékenységek *miként kapcsolhatók egybe láncná, összefüggő sorrá, akkor meggyorsul az új eredmény társadalmi realizálása.* Ez történt a kriptonlámpa esetében is, aminek a révén 6–8 év alatt a világszint fölé ugrottunk.

Az összefolyamaton belül az egyes kutatási szakaszok elhelyezkedése objektív, megfelel a gondolkodás fejlődése sajátosságának. Ez legfőképpen a *kudarok* elemzéséből tűnik ki. A kudarok vizsgált eseteinkben nem esetlegesek, hanem *szükségszerűek voltak.* Akár a korai izzólámpakutatók galvánelemre épülő lámpáit (TK₁),⁷⁷ akár az elektromágneses indukcióra épülő korai genétárorokat⁷⁸ vizsgáljuk, egyértelműen kitűnik, hogy vagy a felderítő kutatás volt még maga fogyatékos (a galvánelem) (FK₁), vagy ha már birtokba vette az új jelenséget (M. Faradaynál) (FK₂), úgy még hiányzott a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatás (a Faraday utáni mágnes-elektromos gépeknél), vagy hiányzott még a technológiai kutatás igen fontos záróláncszeme (Jedlik Ányosnál). Továbbmenőleg akár az amerikai ipar Edison utáni *megettorpanását*, akár a W. Nernsttel is fémjelzett európai ipar pusztán csak átmeneti időre szóló fölényét követő *lemaradását* vizsgáljuk a századforduló táján — ugyancsak feltárul, hogy itt is fogyatékos volt a megismerés folyamatára épülő kutatási lánc. Az *előzőnél* tudományos alapok nélkül, csak technológiai fejlesztéssel (TK₄ → TK₅), míg az utóbbinál ugyan már tudományos alapokon, de még a társadalmi felhasználásnak utatnyitó kutatás bekapcsolása nélkül, közvetlen átlépéssel (FK₃ → TK₆) keresték a társadalmi reali-

⁷⁵ Pl. a remanens mágnesség a dinamónál, vagy Edison után a finom vákuum központi jellegű kutatási céljáról való átcsapás a gáztöltésre.

⁷⁶ Pl. a kilencszázhuszas években D. Ensckog és S. Chapman révén. Ehhez illeszkedett Bródy I. kutatása és a kriptonlámpa megvalósítása a harmincas években.

⁷⁷ Lásd a 7. sz. jegyzetnél.

⁷⁸ Lásd a 8. sz. jegyzetnél.

zálás lehetőségét. Mind e mögött az a természetes emberi törekvés húzódik, amely a dolgokat a maguk *közvetlenségében* gondolja el és ragadja is meg. Tehát pl., ha a termelést kívánjuk fejleszteni, akkor kézenfekvőnek „látszik” a termelés *adott* formáját venni bonckés alá. Amennyire igaz ez a technológiai kutatásnál, annyira még nem az a társadalmi felhasználásnak *utatnyitó* kutatásnál. Pedig a cél már mindkét típusú kutatásnál nagy vonalaiban ugyanaz, de csak nagy vonalaiban és rendkívül fontos a két kutatás közötti különbség.

Langmuir és Bródy esetében is az elérendő cél az adott termelőfolyamat megjavítása volt. Mégis az elérendő cél *megközelítését* más irányból hajtották végre. Kutatásuk *csak végső célkitűzésében* kapcsolódott az adott termelési folyamathoz, a kutatás konkrét tárgya és az egész jellege attól független volt. A fizikai-kémiai folyamatok elemzésénél jóformán „előlről” kezdtek mindent, miközben „semmit sem fogadtak el feltétlenül”.⁷⁹ Ennek a fontos kutatásnak *differentia specificá*-ja, hogy itt még a felhasználás csak közvetett. A cél már a felhasználás, de ez a kutatás *tárgyi tartalmában, egész módszerében még elhatárolt attól, hogy a kikutatandó új felhasználást a régi, tehát az adott alkalmazás alapján hozza létre. És ennek köszönheti sikerét!*

3. A *technológiai kutatás* szinte átvetíti a társadalmi felhasználásnak utatnyitó új kutatási eredményt az üzemszerű termelés síkjára. Ezzel a fázissal a logikai lánc teljessé válik. Említettük, hogy a technológiai kutatás szintézise különböző részkutatási feladatoknak. De e kutatások jellegét, konkrét célját és metodikáját már alapvetően meghatározza az összfolyamatban betöltött szerepük.

4. A *tudományos megismerés sajátosságai*, hogy minél inkább látszólag „eltávolodunk” attól a termelési gyakorlattól, amelyet megújítani szándékozunk, valójában annál inkább közeledünk hozzá.⁸⁰

5. Az összfolyamat egy sajátos kapcsolódási rendszernek is felfogható. Ezen belül minél jobban érvényesül egy-egy adott kutatási fázis általános körülményeiben annak a fejlődési szakasznak — mint a megismerési folyamat egyik szakaszának — tulajdonképpeni természete, annál könnyebben érhető el abban a szakaszban az optimális teljesítmény. Következésképpen az *egész rendszerben minél inkább érvényesül a három kutatási tevékenység eredeti sajátos lényege, egymástól különböző sajátosságai, annál inkább érvényesül HET a közöttük levő és tulajdon természetükből fakadó különbségük; következésképp annál inkább lerövidül HET az átfutási idő.*⁸¹

Most már válaszolhatunk a bevezetőben feltett kérdésre. Adott gazdasági, tudományos és technikai feltételek esetén akkor tudjuk a viszonylag leggyorsabb előrehaladást elérni, ha a gazdasági tervezőmunkában a tárgyi-anyagi feltételek *mellett* a megismerés fejlődésének sajátosságai is tekintettel vagyunk, ha a három kutatási forma tervezésében és mindennapi gyakorlatában sem tévesztjük azt szem elől.

*

⁷⁹ Bródy Imre, i. m. 3—9.; J. D. Bernal: *Fundamental and Applied Aspects of Research Problems. The Direction of Research Establishments. Proceedings of a Symposium held at the National Physical Laboratory, London 1957, 1. 6.*

⁸⁰ V. ö. Sz. L. Rubinstein: „Lét és tudat”, Budapest 1962, 80—81.

⁸¹ V. ö. „A kutatási szakaszok megkülönböztető sajátosságai.” Balázs Tibor, i. m. 154. v. ö. továbbá 14—19., 120—127., 132—145.

Befejezésül szeretném kiemelni, hogy fenti következtetések csupán *egy iparág* keletkezés- és fejlődéstörténetének tanulmányozásán alapulnak. Ez szükségképpen behatárolhatja e következtetések érvényességét. Meggyőződésem, hogy további ilyen logikai kísérletek jelentős mértékben járulhatnak hozzá a tudományról való ismereteink gazdagodásához, a tudomány saját-szerű mozgásának jobb megértéséhez és nem utolsósorban az új tudományos eredmények gyorsabb ütemű kiaknázásához.*

* Ezúton kívánok köszönetet mondani Szigeti György akadémikusnak a lektoráláson túlmenő segítségéért.