

# Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

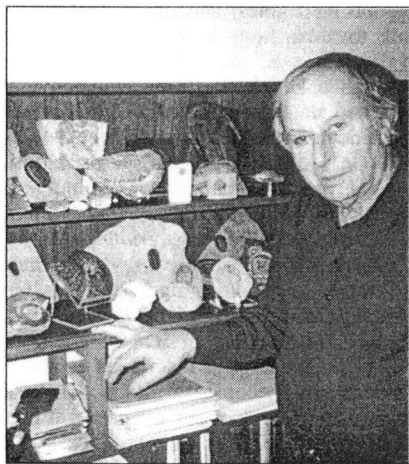
126. évf. 8. sz.

1995. AUGUSZTUS ÁRA: 68 Ft

## Hiperon és ősrák

RICCARDO LEVI-SETTIVEL,  
a Chicagói Egyetem Enrico Fermi Intézetének igazgatójával beszélget  
HORVÁTH GÁBOR

*Riccardo Levi-Setti sokoldalú tudós, egy személyben elemi részecskéket felfedező fizikus, új trilobitafajokat leíró paleontológus és amatőr festő. Munkatársaival együtt fedezte fel a  $\sigma^+$  hiperont, fejlesztette ki és vitte sikerre a pásztázó ionmikroszkópiát, és néhány új háromkaréjos ősrák-faj latin némenklatúrájában is szerepel a neve. Jelenleg a chicagói Fermi Intézet igazgatója.*



## Természet Világa



A TUDOMÁNYOS  
ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT  
ÉS A KÖZLÖNY- ÉS LAPKIADÓ  
FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben  
SZILY KÁLMÁN

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI  
KÖZLÖNY

126. ÉVFOLYAMA

1995. 8. sz. augusztus

# Hiperon és ősrák

RICCARDO LEVI-SETTIVEL,  
a Chicagói Egyetem Enrico Fermi Intézetének igazgatójával beszélget  
HORVÁTH GÁBOR

*Riccardo Levi-Setti sokoldalú tudós, egy személyben elemi részecskéket felfedező fizikus, új trilobitafajokat leíró paleontológus és amatőr festő. Munkatársaival együtt fedezte fel a  $\sigma^+$  hiperont, fejlesztette ki és vitte sikerre a pártázó ionmikroszkópiát, és néhány új háromkaréjos ősrák-faj latin némenklatúrájában is szerepel a neve. Jelenleg a chicagói Fermi Intézet igazgatója.*

– Ön 1927-ben Milánóban született, jelenleg amerikai állampolgár. Milyen volt az ifjúkora?

– Apám a szőrmeszakmában dolgozott. Bátyám az angol nyelv nyugalmazott professzora. Olaszországban nőttem fel, a II. világháború idején voltam gyermek, nem hagytam kellemes élményeket bennem. A természettudományok már korán felkeltették érdeklődésemet. Úgy 6-7 éves lehettem, mikor elkezdtem ásványokat és kővületeket gyűjtögetni. Később egyre inkább elmélyültem a kémiában, majd a fizikában. 12-13 évesen rendszeresen beültem az egyetemi fizikaelőadásokra. Tanulmányaimat a háború után a Páviai Egyetemen folytattam tovább, ahol 1949-ben szereztem doktori fokozatot.

– Felesége is olasz származású? Mivel foglalkoznak a gyermekei?

– Kétszer nősültem. Mindkét feleségem amerikai, mindkettőtől két-két gyermekem született. Első házasságomból származó fiam jelenleg harmadéves orvostanhallgató a Chicagói Egyetemen, lányom filmszínésznő Hollywoodban.

– Olaszországból 1956-ban érkezett az Amerikai Egyesült Államokba, Chicagóba, ahol aztán végleg letelepedett. A kutatómunkán túl volt-e ennek a változtatásnak más oka is?

– Az ötvenes évek közepén a Milánói Egyetemen dolgoztam a nukleáris emulziós technika specialistájaként. Intenzíven kutattam a kozmikus sugarakat, továbbá részecskefizikával foglalkoztam. Nevem akkor vált szélesebb körben is ismertté, mikor felfedeztem a szigma hiperont. Ezen túlmenően abban a szerencsében volt részem, hogy számos részecskefizikai jelenség első megfigyelője és leírója lehettem. Ezért hívtak meg Chicagóba Telegdi Bálint professzor, a híres magyar származású fizikus. Akkor Fermi már nem élt, és gazda nélkül maradt a nukleáris emulziós laboratórium. Engem azért hívtak Chicagóba, hogy átvegyem ezt a laboratóriumot.



1. ábra. Riccardo Levi-Setti és kedvenc trilobitái

Áttelepülésemnek tehát tisztán szakmai okai voltak.

– Miként vált fizikussá, miért pont a magfizikát választotta hivatásul?

– Már fiatalon nagyon megragadott a fizika. 10-12 éves koromtól különböző készülékeket építettem, leutánozva az akkori modern fizikában használatos technikát: összeszereltem pl. egy Geiger-Müller-féle számlálócsövet és egy ködkamrát, de készítem röntgenfelvételeket is. Doktori fokozatom megszerzése után egy nyarat Brüsszelben töltöttem Giuseppe Occhialini csoportjában. Méltán híres olasz fizikus volt, aki először P. S. M. Blackettel majd C. Powell-lel dolgozott együtt, akik mindketten Nobel-díjasok. Szakmai bennfentesek szerint Occhialini kétszer maradt le a Nobel-díjról. Volt egy nukleáris emulziós laboratóriuma, ahol elsősorban a kozmikus sugárzást tanulmányozta. Akkortájt sok új elemi részecskét fedeztek fel a kozmikus sugárzás nagy magasságokbeli de-

tektálása segítségével. Abban az időben a részecskefizika hősi korszakát élte, sok minden történt a modern fizikában.

– Mi volt a témája az Ön doktori értekezésének?

– „A kristályok paramágneses rezonanciaabszorpciójának a vizsgálata”. E témát egyik professzorom ajánlotta, aki a *Physical Review*-ban egy amerikai kísérletről olvasott, mely a kristályokbeli rezonanciaabszorpciót tárgyalta. Akkor én éppen mikrohullámú technológiával foglalkoztam, egy hullámvezetőt építettem. Professzorom azt ajánlotta, hogy a készülékkel megpróbálkozhatnék rezonanciaabszorpciós spektrumok felvételével. Sikeresen felépítettem a berendezést. Fermi 1949-ben meglátogatta a laboratóriumot Páviában, s akkor már működés közben megnézhettem az eszközümet, valamint azokat az abszorpciós spektrumokat, melyeket vele készítettem. Tetszett neki, jó véleményvel volt munkámról.

– Mesélne az első chicagói évekről?

– A chicagói Enrico Fermi Intézetbe eredetileg egy évre hívtak meg tudományos munkatársnak („research associate”). Fermi akkor már két éve halott volt. Útiköltségem fedezésére egy Fulbright utazási ösztöndíjat kaptam. Chicagóban 1956. július 1-jén kezdődött a kutatómunkám, de a Fulbright-ösztöndíjat csak július 20. után vehettem igénybe. Apám szavára hallgattam, aki ezt mondta: ha téged július 1-jére hívtak, akkor, ha török, ha szakad, ott kell lenned azon a napon. Felajánlotta, fizeti az útiköltségemet és megnyugtatót: felejtsem el a Fulbrightot. A Cristoforo Colombo hajó június 20-án indult Genovából, azzal még időben Chicagóba érhettem. Az Andrea Doria nevű hajón – amivel a Fulbright-ösztöndíjjal július 25-én akartam indulni – a korábban lefoglalt kabint persze lemondtuk. Szerencsém volt, hogy apám tanácsát követtem, mivel az Andrea Doria útközben egy viharban elsüllyedt az Atlanti-óceánban. A Cristoforo-

ro Colombo megérkezett Amerikába, s ennek köszönhetem, hogy most az Enrico Fermi Intézet igazgatója lehetek.

Chicago-ban hat hónap múlva meghívtak az egyetemre tanársegédnek, azóta is itt vagyok. Kezdetben nukleáris emulziókkal foglalkoztam. Az akkori időkben rendelkezésre álló legnagyobb gyorsítón, a berkeleyi Bevatronon végeztem kísérleteket  $K^+$  és  $K^-$  nehéz mezonok nyalábjával. A kísérletek eredményeit nyomdetektorokkal rögzítettük, majd a felvételeket chicagói laboratóriumunkban mikroszkóppal kiértékeltek.

– 1963-ban egy évet töltött Genfben, a CERN-ben. Mivel foglalkozott ott?

– Abban az időben akartam technikát váltani, a nukleáris emulziókról a buborékkamrára áttérni. Ezt szerettem volna a CERN-ben megtanulni, ezért egy buborékkamrás csoporthoz csatlakoztam. Először a protonszinkrotronnal létrehozott nagy energiájú antiprotonokkal dolgoztam hidrogén buborékkamra felhasználásával; az antiprotonok és a hidrogén kölcsönhatását vizsgáltam 5,7 GeV energián. Utána egy másik csoportba mentem, amely  $K^-$  mezonokat vizsgált szintén hidrogén buborékkamrával. Egy év múlva visszajöttem Chicagóba, ahol felépítettem egy buborékkamra-pásztázó laboratóriumot, s a CERN-ből magammal hozott filmeket analizáltam. Ekkor kezdődött együttműködésünk a CERN-nel, ami azóta is tart.

– 1992-ben lett a Chicagói Egyetem Enrico Fermi Intézetének az igazgatója. Gondolom, csupán a véletlen játéka, hogy ezen intézet vezetői „többnyire” olasz származásúak.

– Igen. Még Olaszországban kutattam, mikor Fermi több alkalommal is ellátogatót intézetünkbe. 1954-ben mezonfizikáról tartott előadás-sorozatot egy nyári iskolán Varennában. Engem is meghívtak, előadást tartottam kutatási eredményeimről. Emlékszem, nagyon aggódtam, ideges voltam, hogy Fermi előtt kell szerepelnem. Hipernukleonokról beszéltem, amikkel akkor éppen foglalkoztam, speciálisan a  $\lambda$ -hiperonról. Ferminek tetszett, amit csináltam, előadásom után hosszasan beszélgettünk az eredményeimről. Mindez alig néhány hónappal Fermi halála előtt történt. Akkor már nagyon beteg volt, és még azon év novemberében meg is halt gyomorrákban. Soha sem felejttem el azokat a napokat.

– Ön a „Phi-Beta-Kappa Society” tiszteletbeli tagja. Miféle titokzatos társaság ez?

– A Phi-Beta-Kappa több mint 100 éves társaság, melynek gyökerei az észak-amerikai közösség alapításának a kezdetéig nyúlnak vissza. Olyan tudós, elit társaságról van szó, melynek tagjai kutatók és diákok. Engem 1975-ben választottak tiszteletbeli tagnak, mikor a trilobitákról szóló könyvem első kiadása megjelent. Előadást kellett tartanom, majd megválasztottak rendes tagnak. Felnőtt kutatókon kívül a

legjobb egyetemek legeslegjobb hallgatói lehetnek tagjai a társaságnak. A Chicagói Egyetemen pl. minden évben általában 20-30 eminens diák nyeri el a megaszteló  $\pi - \beta - \kappa$ -tagságot.

– Több mint 230 publikációt mondhat magának, több könyvet is írt. Kutatói tevékenysége a kozmikus sugarak vizsgálatával kezdődött, majd nagy energiájú- és részecskefizikával folytatódott. Az 1950–1962-es időszakból néhány fontos eredmény fűződik az Ön nevéhez a részecske- és hipernukleon-fizikában. Mondana valamit ezekről?

– Kezdetben nem tudták, hogyan is keletkeznek, honnan jönnek a nehéz  $K$  mezonok. Én szolgáltatam az első bizonyítékot arra, hogy az atommag bomlásából származnak. De a legfontosabb eredményem kétségtelenül a  $\sigma^+$  felfedezése volt. Azt tapasztaltuk, hogy a  $\sigma^+$  két protonra bomlott. Az ezt követő években sok új hipernukleont találtunk, egyre nagyobb mért kötés energiával. Megmutattuk továbbá, hogy a semleges  $K$  mezon valójában a  $K^0$  és antirészecskéjének, a  $K^0$ -nak a keveréke. Ez az eredményünk kísérleti alátámasztása volt a Gell-Mann és Pais neutrális  $K$  mezon modelljének.

– Ön 1963-tól 1973-ig  $K$  mezonokat tanulmányozott, és antinukleon- és hiperonfizikával foglalkozott. Ezután témát váltott. 1973 és 1980 között egy tézionizációs, folyékony fém ionforrásos nagy felbontású pásztázó ionmikroszkóp kifejlesztésén munkálkodott. Elárulna néhány kulisszatitkot erről a mikroszkópos módszerről?

– A nagy energiájú magfizikát és a vele kapcsolatos technikát másra kezdtünk használni. Először protonnyalábokkal foglalkoztam, mivel egy protonmikroszkópot akartam építeni. Később rájöttem, a nehéz ionok nyalábjai e célra sokkal előnyösebbek. Nagyon nehéz volt az ionokat kis foltra fókuszálni. A pásztázó elektronmikroszkóp analógiájára megépíttem a saját pásztázó ionmikroszkópomat. Súlyos probléma volt az is, hogy nem voltak elég fényerős ionforrások. A plazmatronok meg túl nagy fókuszfoltot eredményeztek, gyakorlatilag lehetetlen volt a velük előállított ionnyalábokat négyzetmilliméternél kisebb foltra fókuszálni, ami csapnivalóan rossz felbontást jelentett. Drasztikusan le kellett csökkenteni az ionforrás méretét, amit téremissziós módszerrel értem el. Így egy tézionforráshoz jutottam, ami lényegében a téremissziós elektronmikroszkópiához hasonlít. Az utóbbinak az alapjául szolgáló jelenséget az 1940-es évek végén Erwin Müller tanulmányozta részletesen. Ő egyszerre fedezte fel az elektronok téremisszióját és az ionok tézionizációját.

A tézionmikroszkópban csúcsról emittált ionok vetülnek egy képernyőre, és irtózatossá nagyításban diffrakciós-interferenciás képpé formálják a csúcs atomi szintű szerkezetét. Tézionforrást használtam, felgyorsítva és fókuszálva a kibocsátott ionnyaláb. Első protonnyalábunkhoz

egy 100 KV-os gyorsítót építettünk hidrogénion téremissziós forrással. Sikerült ezt a protonnyaláb 1–100  $\mu\text{m}^2$  területű foltba fókuszálni, de a nyalábintenzitás túl kicsinek bizonyult. Az 1970-es évek végén tértünk át folyékony fém (pl. gallium) ionforrásokra, amivel jelentősen növelhettük a forrás intenzitását. Ezután terveztünk egy új, második generációs tézionmikroszkópot speciálisan a folyékony fém ionforrásra, hiszen az addigi prototípus lényegében egy hagyományos téremissziós mikroszkóp volt. Ez a berendezés ma is kifogástalanul működik.

A módszer további fontos trükkje, hogy egy elsődleges ionnyalábbal a vizsgált felületről másodlagos ionokat ütünk ki, melyeket összegyűjtünk, transzportálunk és analizálunk. Az elsődleges ionnyaláb a vizsgálandó felületet pásztázza végig, a másodlagos ionokat tömegspektrummal azonosítjuk. Kezdetben kvadrupól tömegszűrőt használtunk, manapság nagy hatékonyságú mágneses tömegspektrómétert alkalmazunk.

– Mire lehet használni ezt a másodlagos ion tömegspektróskópiát, mikroanalízist, nagy felbontású képalkotó technikát?

– Ezzel a berendezéssel széles spektrumú kutatást tudunk végezni, mivel sokféle vizsgálatra alkalmas. Alkalmaztuk pl. fémek, ötvözetek, kerámiák, kompozit anyagok szerkezeti elemzésére, fotoemulziókbeli mikroszemcsék alakjának a vizsgálatára. Tézionmikroszkópunk fő előnye, hogy a képalkotás mellett a beépített tömegspektróméterrel az izotópok tömegszámát is pontról pontra meg lehet határozni. A hagyományos elektronsugaras mikroszkópiában csak az atomszám ismert. Ezért aztán mikroszkópunk az izotóponyjelzéses technikában képalkotóként használható. A biológiában is igen hasznos ez a módszer, mert segítségével nyomon követhető a jelzett molekulák élő szervezetbeli fiziológiás viselkedése. Vizsgáltuk pl. a kromoszómák szerkezetét, és meghatároztuk néhány speciális nukleotid kromoszómabeli eloszlását. Sok olyan információhoz jutottunk, amelyek más módszerrel nem, vagy csak részben lettek volna hozzáférhetőek.

Mikroszkópunkkal az autoradiográfiás-fotoemulziós technikánál sokkal jobb felbontás érhető el. Szisztematikus vizsgálatokat folytatunk az ember és a harmatlégy (*Drosophila*) kromoszómáival, de tanulmányozzuk pl. a csontok fiziológiáját is. A Ca, Na és K koncentrációját mérjük a csontfelületen és figyeljük, miként változik ezen elemeknek a háztartása, ha a csontot különböző külső terheléseknek, behatásoknak, kezeléseknak tesszük ki. Szóval számos érdekes tudományos probléma vizsgálatában játszhat fontos szerepet ez a mikroszkópia.

– Kérem, szöjljön röviden munkahelyéről, az Enrico Fermi Intézetéről.

– Intézetünket 1944-ben alapították. Ide hozták azokat a kutatókat, akik addig a



Metallurgiai Laboratóriumban dolgoztak, s megvalósították a szabályozott nukleáris láncreakciót, elsősorban Fermi és munkatársait. A cél az atomenergia békés felhasználási módjainak kutatása volt. A három alintézet, a Nukleáris Fizikai, a Fémfizikai és a Sugárbiológiai Intézet ugyanabban az épületkomplexumban nyert elhelyezést, ahol most is beszélgetünk. A híresebb alapító tagok közül említhetők: *Fermi, Urey, Dempster, Libby, Chandrasekhar és Allison*. Fermi volt a Nukleáris Fizikai Intézet vezetője; halála után nevezték el Enrico Fermi Nukleáris Fizikai Intézetnek; később aztán elhagyták a nukleáris fizikai jelzést. Röviddel ezután kezdtek el építeni a 450 MeV-es szinkrociklotront, amelyet 1951-ben helyeztünk üzembe, és úgy 10 évig működött igen aktívan.

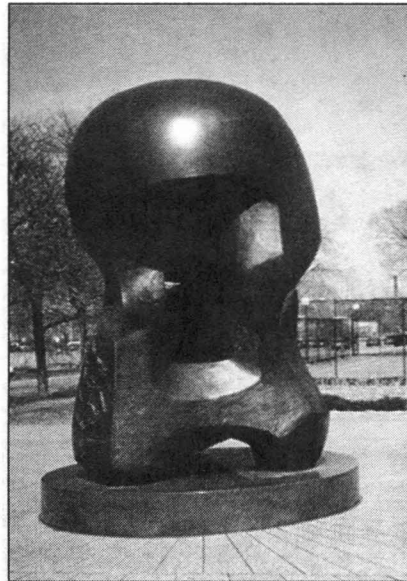
– *Milyen kutatási programok futnak jelenleg az Enrico Fermi Intézetben?*

– Az egyik aktív terület a nagy energiájú fizika. Számos nagy kísérletben intézünk szorosban együttműködik a genfi Fermi Labbal a LEP gyorsítón a CERN-ben. Több csoportunk állandóan ott dolgozik számos fizikussal. Összesen 8 egyetemi professzorunk van, akik nagy energiájú fizikával foglalkoznak a legnagyobb gyorsítók mellett.

Egy másik fő vonal a csillagászat és az asztrofizika. Számos obszervatóriumunk van a világ különböző tájain, az infravörös és optikai csillagászati műszerektől kezdve az ultraibolyán keresztül a röntgenszilágászatig mindenféle berendezéssel. Texasban van pl. az ARCH-teleszkópunk 3,6 m átmérőjű tükörrel, és ugyanott van egy 2,5 m tükörátmérőjű távcsövünk a *Sky Survey* céljaira, azaz millió galaxis pozíciójának az egész égbolton való felvételére. Intenzív munka folyik a bolygó kutatásban is kozmikus sugarakkal, ballonokkal, űrszondákkal, különböző űrszondákkal. Számos űrszondát is készítettek a mi intézetünkben, pl. a Jupitert, a Szaturnuszt és a Neptunuszt vizsgálókat, néhány közülük már el is hagyta bolygórendszerünket.

– *Őn nemcsak kísérleti részecskefizikus, hanem egyben a földtörténeti perm időszakban kihalt háromkaréjos ősrakok (trilobiták) neves szakértője is. Megírta a „Trilobites – A Photographic Atlas” című könyvet, amely 1975-ben jelent meg. Megvallom, sokáig abban a hitben éltem, hogy Őn paleontológus. Az Önnel kialakult szakmai kapcsolatom sem a részecskefizikának, hanem a trilobita-szem paleo-biooptikai vizsgálatának köszönhető. Mióta foglalkozik trilobitákkal?*

– Kisfiúként kezdtem el ammoniteszeket gyűjteni, trilobitával csak jóval később „találkoztam”. Néhány éve már Amerikában éltem, mikor Chicagótól mintegy 20 km-re egy kőfejtőben virágot szedtem a feleségemnek. Eközben véletlenül megpillantottam egy nagy mészkősziklát, amely telis-tele volt fossziliákkal. Tudni kell, hogy Chicago területe tengeri zátony volt a szilur időszakban, hasonlóak a geológiai



2. ábra. A chicagói Enrico Fermi Intézet előtt álló emlékmű, amely az első, ember által létrehozott szabályozott maghasadási láncreakciónak, a Fermi-féle atommaglyának állít emléket

és óslénytani viszonyai, mint pl. Prágának és környékének.

A virágzedést követően ki-kijárogattam ebbe a kőbányába, ahol hamarosan találtam egy trilobitát, amit sikerült a beágyazó kőzetből kipreparálnom. Csodálatosan jó megtartású példány volt. Ekkor kezdődött a trilobitákra való vadászatom, ami hobbimá vált. Rengeteg trilobita kövületet gyűjtöttem erről a lelőhelyről; ezek főleg lenyomatok voltak. Gumival kiöntöttem, így pozitív másolatokhoz jutottam. Elkezdtém a trilobita szakirodalmat is olvasgatni és lassan szakértőjükké váltam. Később Amerika más fossziliálelőhelyein is gyűjtöttem. Mindez a '60-as évek elején történt, ekkor „fertőztek meg” ezek a kihalt állatok. Később elkezdtem őket fényképezni, és mikor tekintélyes számú trilobitafelvétel gyűlt össze, kiadtam őket egy fotóatlaszban. Az 1975-ben a Chicagói Egyetemi Nyomda és Kiadó jóvoltából megjelent fotóatlasznak az anyaga 15 év gyűjtőmunka eredménye volt. Közben felvettem a kapcsolatot számos, trilobitákra szakosodott paleontológussal, pl. az Edinburghi Egyetem geológia és geofizika tanszékéről Euan Clarksonnal, akivel 1973-ban találkoztam az oslói Trilobita Konferencián, és akkor kezdtünk el együtt dolgozni a trilobitaszemek optikáján.

– *Clarkson professzorral együtt 1975-ben a „Nature”-ben egy lenyűgöző cikket publikált a schizochroális trilobitaszemek optikájáról. Ön fedezte fel a phacopida trilobiták szemlencséjének az optikája és a Descartes–Huygens-féle aplanatikus lencsék közti analógiát. Elmesélné e felfedezés történetét?*

– Az említett konferencián Clarkson néhány vázlatot mutatott nekem az általa újonnan felfedezett schizochroális trilobita-szemlencsék szerkezetéről. Kíváncsi volt a furcsa alakú kéttágú lencséknek a funkciójára. Rögön felismertem, hogy ez csakis valamiféle optikai korrekciót szolgálhat, mivel fizikusként természetesen ismertem hasonló korrekciós felületeket; ilyeneket használnak pl. a Schmidt-távcsövekben is. Visszatérve Chicagóba, azonnal a könyvtárba mentem és Huygens valamint Descartes összegyűjtött műveiben utánanéztam a problémának, mert emlékeztem, hogy ők voltak az elsők, akik lencsekorrekciókkal is foglalkoztak. Egészen meglepődtem, mikor rábukkantam egy Huygens által szerkesztett korrekciós lencsefelületre, amely szinte tökéletesen azonos volt a Clarkson által a *Crozonaspis struvei* nevű trilobita szemlencséjében találttal. Descartes munkái között is felleltem egy általa konstruált korrekciós felületet, amely meg a *Dalmanitina socialis* trilobita szemlencséjében megformázott-hoz hasonlított. Ezek után nem volt kétséges, hogy sejtésem helyesnek bizonyult, miszerint a trilobitaszemekben speciális korrekciós mechanizmus működött.

Később szereztem egy nagyobb darab kalcit egykristályt, amit olyan alakúra csiszoltattam, amilyen a kéttágú trilobitalencsék felső tagja volt. Az már eredetileg, az állat életében is kalcitból állt. Az első lencsetagot átlátszó, nagy törésmutatójú műanyagból formáztattam ki. Leutánoztam tehát a *Crozonaspis struvei* szemlencséjét, s egy felnagyított optikai modelljét elkészíttettem az intézet ügyes kezű optikusával. A modellt azután vízbe merítettem, hiszen a trilobiták vízben éltek, és ezzel a lencsével néhány víz alatti felvételt készítettem. Meglepetően élesen sikerültek a képek, bizonyítván, hogy a trilobiták élesen láthattak a szemükkel. Fénynyalábot bocsátva a fluoreszkáló festékkel megfestett vízbe merített lencsére, láthatóvá tettem a fény útját, és bizonyítottam, hogy e trilobitalencsék szinte egzakt fókuszponttal rendelkeztek. A korrekciós felület tehát a szemlencse gömbi hibáját küszöbölte ki.

Ezután kissé beleástam magam a Descartes–Huygens-féle korrekciós felületek matematikájába és optikájába, majd Clarksonnal közösen a *Nature*-ben beszámoltunk e paleo-biooptikai felfedezésünkről. A probléma matematikájának tisztázásában Chandrasekhar segédkezett.

– *Hány példányt számlál az Ön trilobitagyűjteménye?*

– Nehéz pontosan megmondani, mert sok, általam gyűjtött trilobitakövületet a chicagói *Field Természettudományi Múzeumnak* adományoztam. Például az összes olyan fossziliát, amelynek a fényképe a trilobita atlaszom '75-ös első kiadásában szerepelt, a múzeumnak adtam. Ezután új gyűjteményt alapítottam. Bergströmmel 1978-ban publikáltuk azt a cikket, amelyben az általam felfedezett új trilobitafajokat írtuk

le. Ezek holotípusait is az említett múzeum őrzi. Soha nem számoltam még a gyűjteményemet, de amint látja, itt a szobában minden polc, fiók és szekrény trilobita-maradványokkal van tele, és lent a pincében is van még egy rakás a preparációs szobában. Több száz kövületem lehet, számuk talán az ezret is meghaladja.

– *Mikor van ideje a fizika mellett trilobitavadászatra, és hol találja ezeket a kövületeket?*

– Konferenciák ürügyén sokat utaztam a világban, és mindig magammal hordoztam egy hátizsákban a geológuskalapácsot meg egyéb kövületvadász szerszámot. Számítlan jobbnál jobb, sokszor egészen eldugott trilobita-lelőhelyet ismertem meg. Az elmúlt 20 évben rendszeresen meglátogattam pl. Új-Foundlandot, ahol minden nyáron több hetet töltöttem trilobiták kiásásával, többnyire családom kíséretében.

– *Mit tart Steven Spielberg „Jurassic Park” című filmjéről?*

– A könyvet is olvastam, a filmet is láttam, véleményem szerint az előbbi sokkal jobb az utóbbinál. De meg kell hagyni, a film impresszív, az „action”-re kiéhezett nagyközönségnek készült. Nekem nem tetszett különösebben, mert túlzottan a bombasztikus jelenetekre összpontosított, sok fontos részt kihagytak Chrichton regényéből, pl. a könyv lelegejét, ami előkészítette a történetet. Bizonyos értelemben azonban a könyv sokkal rémisztőbb, mert részletesen ecseteli a véres, ijesztő jelene- teket. Mindenesetre a könyv és a film is jó reklám volt az őslénytán számára.

– *Michael Chrichton, a könyv szerzője egyébként itt tanult medicinát a Chicagói Egyetemen.*

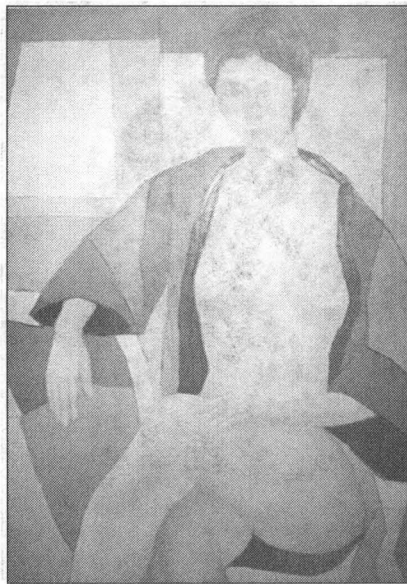
– Tényleg? Nem is tudtam. Szóval a könyvét jónak tartom, a film is fantasztikusan jól sikerült, főleg a dinoszauruszok imitációi.

– *Érdekes, hogy pl. a dinoszauruszok mozgását többé-kevésbé rekonstruálni lehet csontmaradványaik és járásnymkövületeik alapján, de a látórendszerüket nem, mivel az nem kövült meg. Ugyanakkor a sokkal korábban élt trilobiták szemét és látásának bizonyos sajátosságait nagy pontossággal sikerült rekonstruálni.*

– Igen, ez valóban érdekes. Bár úgy gondolom, a dinoszauruszok szeme és látása lényegében hasonló lehetett a modern hüllőkéhez és madarakéhoz. A szerves, kocsonyás lencsés szemek nem fosszilizálódtak, nem úgy, mint a részben kalcitból álló trilobitaszemek.

– *Az Ön egyik kollégája, Roland Winston alapozta meg és fejlesztette ki a nemképező optika („nonimaging optics”) tudományát itt, a Chicagói Egyetemen. A nemképező optika egyik elvének biológiai rendszerekben való megnyilvánulását pedig Ön fedezte fel az élő kövületek számító Limulus patkórák ősi szemeiben. Mi a kapcsolata a nemképező fénykoncentratoroknak a Limulus-szemmel?*

– Winston ún. „Compound Parabolic



3. ábra. Egy eredeti Levi-Setti-festmény

Concentrator”-okat (CPC) konstruált a gyenge Cserenkov-sugárzás nagy hatékonyságú összegyűjtésére és detektálására. Ezek speciális profilú, nemképező optikai elemek (tükrök, kúpok), melyek alakját a célnak megfelelően tervezik. A CPC-k formáit tehát már korábbról ismertem a fizikából. Később találkoztam a biológiában a *Limulus* patkórák összetett szemében előforduló ún. kristálykúpok alakjával. A biológiai szakirodalomból meg- lepve tapasztaltam, hogy a *Limulus*-kris- tálykúpok alakja kísértetiesen hasonlít a Winston-féle CPC-kúpokéhoz. Ismét le- gyártattuk a *Limulus*-szembeli kris- tálykúpok Winston-féle optikai modelljét, felnagyított műanyag CPC-keket. Ezek kép- alkotását, ill. fénygyűjtő képességét vizs- gálva bizonyítottuk, hogy a *Limulus* Wins- ton-féle CPC-keket használ. Készíttem to- vábbá mikroszkópos felvételeket a *Limu- lus*-szem leképezéséről is, azaz demonst- ráltam, amit egy patkórák a világból lát- hat. Így lehetett tanulmányozni a szem op- tikai sajátosságait. Az eredményeket szintén a *Nature*-ben publikáltuk 1975-ben. Így számomra 1975 a „biooptika éve” volt. Érdekes volt látni, hogy a fizika, pontos- sabban az optika egyes elveit miként „ta- lálta fel” a természet, és hogyan alkalmaz- ta az evolúció során azokat egyes bioló- giai rendszerekben.

– *Úgy tudom, a Naprendszerben a leg- nagyobb fényintenzitás itt Chicagóban, méghozzá az Enrico Fermi Intézet tetején lévő laboratóriumban fordul elő. Igaz ez?*

– Igaz. Winston és csoportja a napfényt fókuszálja egy többfokozatú CPC-vel. Ily módon a Nap felületén uralkodó fényűrű- ségnél is nagyobb sűrűségeket képesek elér- ni, amit pl. lézerek optikai pumpálására használnak.

– *Irodájának falait, valamint lakásának*

*szobáit is számos olajfestmény díszíti, a saját művei. Mióta festeget?*

– Tizenéves koromtól amatőrként pin- gáltam, később azonban a Chicagói Művé- szeti Intézetben (*Art Institute of Chicago*) tanultam festeni.

– *Cseresznyepiros Toyota sportkocsijá- nak rendszámabláján nem „Chicago, Illi- nois” áll, hanem az, hogy „FOSSIL”. Ez az identifikáció talán kedvenc trilobitáira utal?*

– Igen. A gyors piros sportkocsik mel- lett fő hobbim a trilobitafossziliákkal való pepecselgetés.

– *Az Enrico Fermi Intézet előtt egy absztrakt szobor áll. Mit ábrázol ez az em- lékmű, mire emlékeztet?*

– Ez a szobor az első, ember által létre- hozott szabályozott maghasadásos láncre- akciónak, a Fermi-féle atommáglyának ál- lít emléket. A mű értelmezésem szerint a természet erőinek, a fizika törvényeinek az anyagból történő kibontakozását ábrázol- ja. A felső, gomba alakú rész az atombom- ba-robbantások jellegzetes felhőjét szim- bolizálja. A kompozíció egésze emberi ko- ponyát sugall, amiben mindez leképező- dött és megszületett.

Gondolom, minden magyar fizikus tud- ja, hogy a Fermi-féle atommáglya megal- kotásában Wigner Jenő is jelentős szerepet játszott. Ő ajándékozott Ferminek a sike- res kísérleti demonstráció után egy palack Chiantit.

– *Mint atommagfizikusnak mi a vélemé- nye a tudománynak az emberiség sorsá- ban és jövőjében játszott szerepéről?*

– Számomra úgy tűnik, hogy a tuda- mány az egyetlen eszköz az emberiség megmentésére. A Föld népessége ugyanis lassan eléri azt a szintet, aminél több em- bert a bioszféra egyszerűen nem képes el- látni. A háborúk alternatívájaként egyedül a tudomány segíthet e „korlátlan növeke- dés” megállításában és kordában tartásá- ban. Itt elsősorban a születésszabályozás orvostudományi módszereire gondolok, mint a demográfiai robbanás megakadá- lyozásának egyedüli reális és „humánus” eszközére. A tudomány segíthet a talajok termőképességének a növelésében is. Nem sorolom tovább. A tudomány legfontosabb céljának az életkörülmények javítását (pl. agrártudomány, orvostudomány, technika), valamint a népességnövekedés megállítá- sát tekintem. Mindezt természetesen em- berhalál, gyilkosságok és népirtások nél- küll kell elérnünk.

Azt viszont nem hiszem, hogy a tuda- mány belátható időn belül képes lesz arra, hogy a bolygóközi űrben vagy a Naprend- szer más bolygóján lakható telepeket ren- dezzen be az emberiség számára. Ez saj- nos még nagyon sokáig csak a fantasztí- kum birodalmába sorolandó vágyalom lesz, nem is beszélve arról, a Naprendsze- ren kívüli világok meghódításáról. Ne- künk ezzel az egyetlen, Földnek nevezett bolygóval kell számolnunk, annak tudatá-

ban cselekednünk, hogy nincs hová elmenekülnünk.

– Ön szerint mennyire veszélyes az emberiség számára a nukleáris energia használata?

– Szó se róla, veszélyes, de nincs más lehetőségünk. Gondoljuk meg, 50 évig mégiscsak megúsztuk valahogyan az emberiség világháború nélkül, és ebben paradox módon a nukleáris energia, pontosabban az atomfegyverek is fontos szerepet játszottak. A nukleáris fegyverek elérték azt az ördögi fejlettségi szintet, hogy megvalósulhatott Alfred Nobel álma: a „világ-békét” a pusztító fegyverek elrettentő hatásával érhetjük el. Erre a dinamit Nobel idejében még nem volt alkalmas, nem tudván az egész bioszférát néhány perc alatt megsemmisíteni. Ha objektívek akarunk lenni, és félretesszük érzelmeinket, akkor látnunk kell, hogy az egész világra kiterjedő háborúskodást mégiscsak a nukleáris energia birtoklása akadályozta meg eddig.

– Mit gondol a tudósok, főleg az atomkutatók felelősségéről?

– Úgy vélem, a kutatók, a tudósok legnagyobb felelőssége az oktatás, az emberek tanítása. Megtanítani a diákokat a tudományra, lehetőségeire és korlátaira. Szintén fontos a politikusok tudomány általi pozitív befolyásolása. Nekik is, vagy legalábbis tanácsadóiknak, több „fizikát” kell tudniuk manapság, nehogy elkövesse nek valamilyen globális ostobaságot.

A tudósok mindig új világot teremtenek. Sohasem lehetünk biztosak abban, hogy a kutatási eredményeket valamikor egyesek nem használják-e aljas célra. Nem állíthatjuk meg a tudomány fejlődését csupán azért, mert „rossz emberek rosszat akarnak”. Meg kell tanítanunk az embereket, hogy „jóra” használják a tudomány eredményeit. A gyerek kezébe adhatunk gyufát, hogy szükség esetén tüzet gyújthasson a melegedéshez. Ugyanakkor kötelességünk megismertetni vele a használat módját, s azt is, hogy milyen veszélyes lehet a tűz.

Az viszont tény, hogy a politika sokszor kihasználja és megerősokolja a tudományt, mondjuk amikor újabb és újabb, értelmetlen fegyverrendszereket fejleszt ki. A világot behálózó számítástechnikai információs rendszerek (amelyek végső soron szintén a politika és a gazdaság szolgálatára jöttek létre, no meg a haditechnika háttéréként) viszont igen pozitív szerepet tölthetnek be az emberiség fejlődésében. Az egész világon bárki hozzáférhet a legmagasabb színvonalú ismeretekhez is. Mindez az emberek oktatásának, felvilágosításának és tájékoztatásának szolgálatában áll, amit én a legfontosabbnak tartok.

[Az interjú a Fialat OTKA (F 012858) támogatásával készült.]