

látott valami érdekeset. Rettenetes unalmas arcot is tudott mutatni. Volt, hogy ötször mondtuk el ugyanazt, míg végül hatodikra azt mondta, hogy “valóban, ebben van valami”. Egy probléma viszont az első pillanatban felkeltette az érdeklődését. A következő feladatot kaptuk itt jelenlevő hárman, ill. még egy negyedik, Zselev Borisz Mihov, aki jelenleg Bulgáriában igazgató. Van egy úgynevezett szénőrlőmalom, amibe szén adagolnak, a malom megőrli a szénét, a por fölmeleg egy légszérbe, a nagyobb szemcsék a relatív sebességük miatt visszaesnek további őrlésre, a finom por eltávozik az égőkhöz. Ez rendszerben, ez egy világos rendszer, ha “tisztá szénnel” dolgozunk. De a bányászat nem tiszta szén, hanem éghetetlen meddővel (mondjuk kővel) kevert szén tud csak szolgáltatni, így a követ is meg kellett őrlölni. De a kő a nagyobb sűrűsége miatt sokkal finomabba őrlődik meg ilyen rendszerben, mint maga a tiszta szén. Hogyan lehetne közben elválasztani a meddőt a széntől? Ez volt a meddősztérválasztási kísérlet. A probléma rendkívül fontos volt. Annak idején a főnökünk kitalálta, hogy miután a malom úgy is forog (tehát “ez olyan, mint egy centrifuga”), csapoljuk meg oldalt, ott vegyük el a durvább, a “centrifuga” szélén kivágódó szemcsét, a finomabbat pedig vihetjük tovább. Hát ez nagyon szimpatikus, de nekünk sehogy se akart ízleni a dolog és nem tudtuk megmondani, hogy miért. És akkor azt mondja Fényes: Kavargattatok ti már figyelmesen teát? (Hozzáteszem, azok számára, akik jártasak ebben a témában: fölírhatta volna a Helmholtz-egyenletet is, és bemutathatta volna, hogy a Helmholtz-egyenletnek nincs olyan megoldása, mint amit kívántak tőle, de ő teát kavart.) Tessék kavargatni a teát. Hol gyűlik össze a cukor, amíg nem olvad meg? A közepén. A szélén sohasem fog leülepedni. Tudniillik más dolog, amikor az egész rendszer forog, és más, amikor csak belül van forgás. Tehát: akkor lett volna egy ilyen szénőrlő malom centrifuga, ha az egész malmot, mint a ringliszpilt tekergettük volna magunk körül.

Ez csak egy “didaktikai” szemléltetés: Hogyan lehet egy nagyon egyszerű példával egy fizikai lehe-

tetlenséget bizonyítani. Nem akarom túlidealizálni Fényest, mert ismétlem, voltak rendkívül fontos problémák, amelyek mellett elment, mert nem tudtuk felkelteni az érdeklődését. De volt azért egy olyan terület, amelyre rendkívül erősen ráharapott, és tulajdonképpen azt, hogy én abban előbbre haladhattam, elsősorban nem magamnak, hanem neki köszönhetem. Ez most nem álszerénység! A leghatározottabban leszögezem: mindazt, amit a hasonlósági modellezés terén sikerült letennem az asztalra más-ként, mint ahogy azt a nemzetközi irodalom tárgyalja (talán érthetőbben, talán egyszerűbben, talán általánosabban és ugyanakkor konkrétan), ami közvetlenebb segítséget ad ma már a fizikai és a műszaki modellezéshez, mint amelyet esetleg 20 évvel ezelőtt, azt Fényes Imre útmutatásainak köszönhettem. Tulajdonképpen rendkívül egyszerű volt itt is a meglátása. Azt mondta: igaz, hogy a geometriai hasonlóság nem lehet feltétele a fizikai folyamatok — ő így fogalmazta, én mondhatom: műszaki folyamatok — hasonlóságának, de az is igaz, hogy a geometriában a legszemléletesebben fogalmazódnak meg a hasonlósággal kapcsolatos tételek és fogalmak. Vigyük át ezeket a folyamatok rendszerére, és ennek segítségével lehet (nem kihasználva egyebet, mint az egyenletek dimenzionális homogenitását) nagyon világos és általánosítható összefüggéseket levezetni.

Bevezetőmben idéztem Pascalt. És hogyha a jövőt nézem, akkor azt tanultam Imrétől, hogy ez a fajta szemléletmód és demokratizmus az oktatásban is fontosabb annál, amit tanítunk. Ez a szemléletmód és a hallgatókkal való kapcsolat talán egy olyan oktatási rendszerben fog igazán beteljesülni, amelyben megszűnik az a felfogás, hogy az oktatónak a hallgatók előtt állandóan piederstálon kell állnia; amelyben tanár és diák között a munkatársi viszony és kapcsolat fog uralkodni. A jelenlegi munkánkkal ezt igyekszünk továbbvinni, és én nagyon remélem, hogy mindaz, amit mi itt az általános technikai műveltség terén csinálunk, valamilyen módon Fényes Imre munkáját is folytatja.

HARMINC ÉVES AZ OPTIKAI MŰHOLDMEGFIGYELÉS MAGYARORSZÁGON

Almár Iván
MTA Csillagászati Kutatóintézet

A kezdet

Harminc évvel ezelőtt — az első szputnyik felbocsátását követő hónapokban — kezdődött szerény keretek között az űrkutatási tevékenység hazánkban. Az első, illetve a második szputnyik 1957 végi indításával összesen három objektum került Föld körüli pályára: két műhold és egy üres rakétafokozat. E három, tulajdonképpen meglepően fényes égitest mozgásának megfigyelése kis távcsövekkel is lehetséges volt. Azt

is tudni lehetett, hogy a Földhöz viszonylag közeli pályát a Föld alakjának deformációi, illetve a felsőlétkör fékező hatása ismeretlen mértékben perturbálja. Mozgásuk követése, és így pályájuk folyamatos elemzése az akkori körülmények között csak sűrűn és sok helyről végrehajtott pozíciómérések segítségével volt elképzelhető. Ehhez viszont nemzetközi megfigyelőhálózatra volt szükség. E hálózat szervezését a SzUTA Csillagászati Tanácsa (Asztroszovjet) már az

első szputnyik felbocsátása előtt, 1957 nyarán megkezdte. A programban való részvételre felkérést kapott többek között Detre László akadémikus, az MTA Csillagvizsgáló Intézetének akkori igazgatója is, aki a megfigyelések megszervezésével e sorok íróját bízta meg. A Szovjetuniótól kapott 40 db kis méretű, de fényerős AT-1 távcső segítségével eleinte három állomást szereltünk fel: először Budapesten, az intézet tetőteraszán, majd Baján a TIT ottani obszervatóriumában és Szombathelyen a városi Gotthard Obszervatóriumban.

A megfigyelők a moszkvai Kozmosz központból kapott távirati előrejelzések alapján az átvonuló műholdak pozícióját a közeli csillagokéhoz viszonyították, és az időpontot stopperórával rögzítették. Az eredményt még az észlelés éjszakáján táviratilag továbbították Moszkvába. Az első sikeres észlelésre Budapesten, 1958. január 23-án került sor, ez a dátum tekinthető a követőhálózat születésnapjának. Ezzel egyidejűleg rádiós megfigyelések is folytak már hazánkban, de csak sporádikusán, nem egy nemzetközi szolgálat részeként. Az optikai műholdmegfigyelő hálózat működése volt az első, űrkutatási célú vállalkozás Magyarországon azt követően, hogy az első szputnyikok felbocsátásával az űrkorszak megkezdődött (Bay Zoltán nevezetes Hold-radar kísérlete korát messze megelőzte).

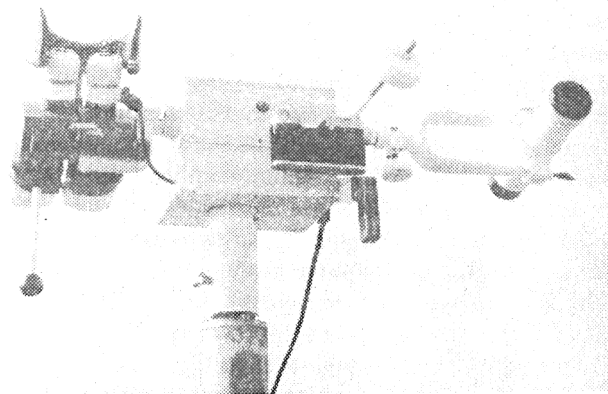
Az első években a vizuális megfigyelés amatőr lelkesedéssel és módszerekkel, minimális állami támogatással folyt. Az észlelési módszerek tökéletesítése viszont kezdettől fogva napirenden szerepelt, ilyen publikációink már 1958-ban megjelentek a nemzetközi szakirodalomban. Talán külön is említhetők a néhai Érdi Krausz György mérnök speciális nomogramjai, melyek a távcsövek beállítását, illetve a megfigyelések feldolgozását könnyítették meg. 1961-ben Illés Erzsébet elvégezte egy ilyen nomogram rács-pontjainak kiszámítását URAL-1 számítógéppel; ez volt az első csillagászati feladat Magyarországon, melynek megoldására számítógépet vettek igénybe. Ezek a nomogramok ajándékként eljutottak az együttműködő országok megfigyelőállomásaira is.

A nemzetközi együttműködés kezdettől fogva a munka lényegéhez tartozott. Nemcsak az egységes felszerelés és a központi előrejelzés-szolgáltatás miatt, hanem azért is, mert csak földrésznyi területről összegyűjtött megfigyelések egységes feldolgozása biztatott tudományos vagy gyakorlati eredménnyel. A szputnyikészlelő hálózat közös "Bulletinje" 1958 óta folyamatosan megjelent, és közölte a 20 ország megfigyelőállomásairól érkező híreket és publikációkat. A szocialista országokban működő megfigyelőállomások képviselőinek első hivatalos értekezlete 1961 elején volt Moszkvában. 1962 márciusában a szocialista országok tudományos akadémiai multilaterális együttműködési megállapodást kötöttek, mely az e területen folyó közös kutatásoknak először adott szervezeti keretet. Az együttműködési bizottság

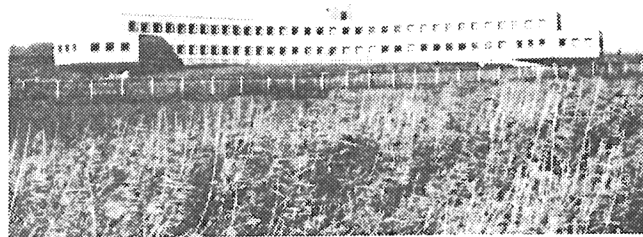
elnöke, az Asztroszovjet akkori elnökhelyettese, A. G. Maszevics lett, aki azóta is a témában illetékes szervezet vezetője. 1962-től rendszeressé váltak a felváltva különböző szocialista országokban (évente, majd két évente) rendezett tudományos konferenciák. Az e konferenciák anyagát tartalmazó kötetek ugyancsak 1962-től jelennek meg – váltakozva a résztvevő országok kiadásában – orosz vagy angol nyelven "Mesterséges holdak megfigyelései" címmel. A konferenciákon 1965 óta rendszeresen részt vesznek nyugati szakemberek is, akiknek előadásai hozzájárulnak a nemzetközi háttér kiszélesedéséhez, gazdagodásához. Érdemes megemlíteni, hogy az 1965 évi konferenciára éppen Budapesten került sor, és ez volt az első nemzetközi űrkutatási tanácskozás hazánkban.

A szputnyikmegfigyelés kezdeti korszakának "amatőr jellegét" említve nyilvánvaló, hogy ez tartósan összeegyeztethetetlen az akadémiai kutatások céljaival. Még 1962-ben két tudományos együttműködési javaslat született, s ezt azóta számos további követte. Az egyik programot Ill Márton bajai csillagász kezdeményezte "INTEROBS" néven, és célja az volt, hogy kváziszinkron megfigyelésekkel a kiválasztott műholdak keringési idejének csökkentését és ezen keresztül a perigeum körüli légsűrűséget közvetlenül mérni lehessen. Hozzá kell tenni, hogy akkoriban még igen kevés mérés állt rendelkezésre a 100 km fölötti légkörről és főleg annak változásairól, ezért a pontatlan, de sok hold mozgását követni képes vizuális módszerek használata akkor teljesen korszerű volt. A másik program pulkovói csillagászok javaslatára ugyanekkor született, és a fényes Echo-1 hold egyidejű fotografikus megfigyelése útján kívánta levezetni a megfigyelőállomások relatív helyzetét, távolságát. Valójában ezzel ki is alakult a mesterséges holdak megfigyeléseinek két legfontosabb hasznosítási területe, vagyis a kozmikus geodézia, illetve a felsőlégkör semleges komponensének kutatása.

1963-ra a Miskolci Uránia Csillagvizsgáló belépésével teljessé vált a magyar megfigyelőhálózat, mely 1972-ig folyamatosan, szolgálatyszerűen végezte az átvonuló műholdak pozícióinak vizuális, majd részben fotografikus, illetve Szombathelyen fotoelektromos megfigyelését. A négy állomás évente átlag 50 hold 1000–1500 átvonulásáról 15–35 ezer vizuális megfigyelést gyűjtött, archivált, illetve részben fel is dolgozott. Ez a megfigyelésszám az említett években elérte a szocialista országokban végzett műholdmegfigyelések 30–40%-át. Az észleléseket a négy állomás 8–10 munkatársa végezte, a kutatásokat az MTA évi 100 ezer Ft-tal támogatta. A magyar vizuális megfigyelések ilyen nagy száma főképp annak köszönhető, hogy hamar áttértünk TZK távcsövek osztott köreinek félautomatikus regisztrálására, mely fényképezőgéppel, vagy filmkamerával történt (miközben a megfigyelő távcsövét követte az áthaladó műholdat). (1. kép) 1963-ban kezdődött a legfény-



1. kép Átalakított vizuális követőtávcső a miskolci állomáson



2. kép A FÖMI penci Koszmosz Geodéziai Observatóriuma

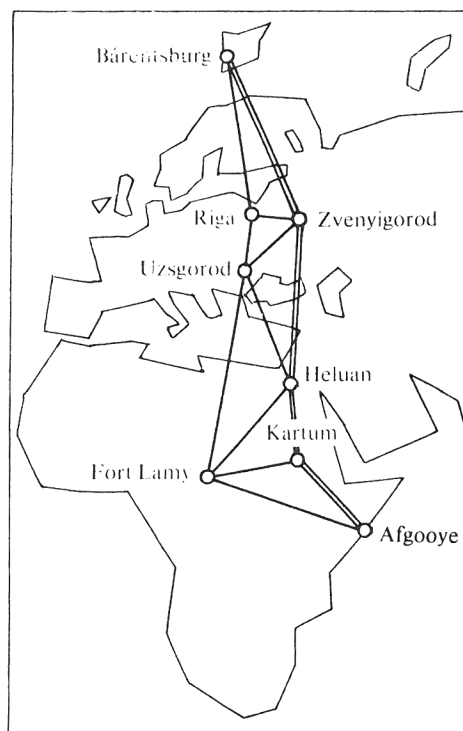
sebb holdak fotografikus megfigyelése (mely a pozíció százszor pontosabb rögzítését teszi lehetővé) Baján, majd más állomásokon is. Korszerű, a halványabb műholdakat is követni, illetve fényképezni képes kamera 1969-ben került először hazánkba, a bajai állomásra. Ez a szovjet AFU-75 távcső kozmikus geodéziai programokba is bekapcsolódott, és a Csillagvizsgáló Intézet a magyar Geodéziai Szolgálattal (MÉM OFTH) közösen üzemeltette.

A kozmikus geodézia fejlődése hazánkban

A tudományos irányítást az MTA Csillagászati Bizottságának 1962 végén alakult Szputnyikmegfigyelési Albizottsága végezte. Ez a testület koordinálta, irányította a hazai megfigyelőhálózatot, és képviselte az MTA-t a multilaterális együttműködésben. 1968-ban az MTA Geodéziai tudományos bizottsága mellett külön kozmikus geodéziai albizottság alakult. 1967-ben az Interkozmosz megalakulásával annyi változott, hogy az új szervezet önálló szekcióként átvette a korábbi multilaterális együttműködést. A Koszmosz Fizikai állandó munkabizottság 6. (egy későbbi átszervezés után 4.) szekciójaként az együttműködés a következő programmal folytatódott: 1) kozmikus geodézia és geodinamika, 2) felsőlégköri sűrűségváltozások és pályameghatározás, 3) a földi berendezések fejlesztése, tökéletesítése. Mivel a pályameghatározás módszerei időközben tökéletesedtek, nem volt szükség tovább a vizuális megfigyelőhálózatra. Ehelyett a hetvenes évekre fotografikus, majd lézeres követésre alkalmas obszervatóriumok világhálózata létesült az Asztroszovjet segítségével. A hálózat mintegy 30 állomásából kettő működik Magyarországon: az MTA Csillagászati Kutatóintézetének Bajai Observatóriuma és az 1972–1976 között felépült FÖMI Koszmosz Geodéziai Observatóriuma (KGO) Pencen. (2. kép) Alapműszerük eleinte a már említett AFU kamera volt, majd 1977-ben Pencen az NDK gyártmányú Zeiss SBG távcsőre került az Interkozmosz együttműködésben kifejlesztett lézer egy példánya. Ez az elsőgenerációs lézer 3000 km távolságig 60–100 cm pontosságú mérést

tesz lehetővé geodéziai holdakra. Jelenleg 11 Interkozmosz állomáson van hasonló lézer, melyek pontossága geodinamikai feladatokhoz sajnos már nem elegendő.

Ez az obszervatórium-hálózat azonban arra alkalmas, ami a 70-es évek elején, mint fő cél szerepelt, vagyis a földi geodéziai hálózatoktól független, kozmikus hálózatok létrehozása. 1971-től kezdve “Nagy Húrok” elnevezéssel indult Interkozmosz program, mely a lézertűkrökkel felszerelt geodéziai holdak (GEOS, BE stb.) egyidejű fotografikus, illetve lézeres megfigyelésével próbált többszáz kilométeres oldalhosszú poligonokat felépíteni az Északi-sarktól a Déliig Afrikán keresztül (1. ábra), illetve később Kelet-Nyugat irányban. A tiszta háromszögelési módszer azonban a gyakorlatban keresztülvihetetlennek bizonyult, ezért a “Dinamika” program kereté-



1. ábra A “Nagy Húrok” hálózat főbb állomásai

lenére ezek az obszervatóriumok megfigyeléseikkel kezdettől fogva igyekeztek bekapcsolódni a nemzetközi MERIT kampányba, melynek célja egyrészt a Föld dinamikai paramétereinek nagy pontosságú meghatározása, másrészt a lehetséges megfigyelési módszerek összehasonlítása volt. Az 1983 évi kampány eredményeképpen eldőlt, hogy a földi rotáció ellenőrzését, vagyis például a pólusvándorlás meghatározását a jövőben a hagyományos csillagászati megfigyelési technikák helyett geodinamikai állomásokon végzik kozmikus módszerekkel (lézer, VLBI). El kell ismerni, hogy e tekintetben Magyarország és a többi szocialista ország kedvezőtlen helyzetben van, mert nem rendelkezik a szükséges korszerű észlelési technikával. Közismert viszont, hogy a geodinamika mind elméleti mind gyakorlati szempontból mennyire ígéretes terület, ahol az élvonalbeli kutatás eredményei jelentkeznek. (Példa erre a tektonikus táblamozgások közvetlen megfigyelése, vagy a szeizmológiai szempontból is fontos gyors pólusingadozások kimutatása nagy időfelbontású mérésekkel.)

A műholdmegfigyeléseken alapuló kutatások természetesen nem lehetnek megalkalmas mesterséges holdak nélkül. Bármilyen természetes ez a megállapítás, a szocialista országok eddig alig tettek valamit ezen a területen; a geodéziai holdakat az USA, Franciaország és Japán bocsátotta pályára. Interkozmosz részről egyedül az IK-Bulgária-1300 hold említhető, melyet kísérleti célra bolgár lézertűkrökkel felszerelve 1981-ben bocsátottak fel. A 80-as évek második felében végre napirendre került egy speciális geodéziai hold készítése és felbocsátása az Interkozmosz program keretében. A GEO-IK nevű hold, melyet úgy terveznek, hogy mindenféle technikával követhető legyen, szovjet-lengyel-bolgár együttműködéssel épül, és előreláthatólag a 90-es évek elején kerül pályára. Hazánk sajnos nem vesz részt a fejlesztésében.

Felsőlégi kutatásaink eredményei

A mesterséges holdak optikai megfigyeléseinek másik fontos hasznosítási iránya a semleges felsőlégi kör vizsgálata a holdak mozgását fékező légellenállás mérése alapján. Mint cikkünk elején említettük már, e kutatások kezdettől fogva a Csillagvizsgáló Intézetben folytak, mint az intézet egyik fő kutatási iránya. Az elmúlt 25 évben két csoportban 4–5 kutató dolgozott folyamatosan ezen a területen: a bajai obszervatóriumban Ill Márton és munkatársai (Both Előd, Veres Ferenc, Nagy Sándor stb.), Budapesten pedig Illés Erzsébet, Almár Iván és Horváth András. Magyarország, mint e téma koordinátora az Interkozmoszszon belül, létrehozta a rendelkezésre álló megfigyelések adatbázisát, megszervezte a téma nemzetközi szemináriumait, kiadta azok anyagait stb. A 60-as években a legfontosabb cél a megfigyelési technikához illeszkedő feldolgozási eljárás és tudományos fel-

adat meghatározása volt. Mivel a kelet-európai megfigyelőállomások csak a pálya rövid ívét tudták a viszonylag pontatlan vizuális megfigyelésekkel lefedni, valamennyi pályaelem változásának nyomkövetése nem járhatott sikerrel, viszont a légsűrűségi változásokra legérzékenyebb P keringési idő kellő pontossággal levezethető volt. Ugyanakkor P változása szorosan összefügg a perigeum fölött H/2 magasságban mért ρ légsűrűséggel

$$\rho = - \frac{0,590}{\delta \sqrt{H^*}} \dot{P} \left[F(e) + 0,266 \frac{\epsilon}{\sqrt{e}} \sin^2 i \cos 2\omega \right],$$

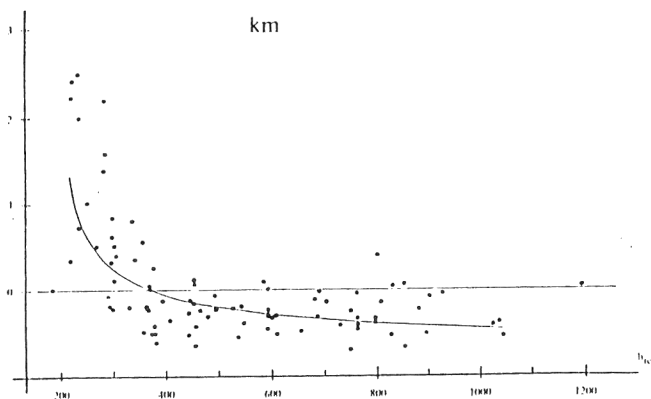
ahol H^* a H skálamagasság legjobb becsült értéke, a, e, i, ω pályaelemek, $\delta = C_D FS/m$ a közegellenállási együttható és a hold paramétereiből adódó mennyiség szorzata, ϵ a légkör lapultsága, $F(e)$ pedig a Besselfüggvények sorfejtéséből adódó faktor. Egyértelmű, hogy minden olyan időintervallumban, melyre a periódusén kívül valamennyi pályaelem változása elhanyagolható, használható ρ és a megfelelő \dot{P} arányossága. Például a gyorsan lezajló légköri zavarok néhány napja alatt ez a feltétel általában teljesül, és ez lehetőséget ad a periódusgörbe közvetlen használatára a felsőlégi körben lezajló sűrűségváltozások vizsgálatában anélkül, hogy a pontatlanul ismert δ faktorra szükség lenne.

A 60-as évek második felében már megjelentek Jacchia félig empirikus modelljei a 120 km fölötti semleges légkör (termoszféra, illetve exoszféra) sűrűségének, illetve hőmérsékletének leírására. E modellekből alakult ki később a COSPAR referencia modellje, a CIRA, melynek ellenőrzését, javítását és finomítását tűzte ki célul minden, a mesterséges holdak pályaváltozásain alapuló felsőlégi kör kutatás. A termoszféra hőmérsékletének és sűrűségének minden lényeges ingadozása megtalálható már a korai modellekben is: a Nap-irányú kidudorodást létrehozó napszakos effektus, a Nap rotációjával összefüggő 27 napos ciklus, valamint a naptevékenység 11 éves periódusa, az ismeretlen eredetű fél éves effektus és végül a geomágneses aktivitással összefüggést mutató geomágneses effektus. Az Interkozmosz tagországok kutatói az elmúlt negyedszázadban valamennyi effektus vizsgálatával foglalkoztak, és hozzájárultak a CIRA javításához, kiegészítéséhez.

Különösen sokoldalúan foglalkoztak a magyar kutatók a geomágneses effektussal. Ez a jelenség abban tér el a többitől, hogy geomágneses viharok fellépését megjósolni nem lehet, ezért e váratlan hőmérséklet- és sűrűségnövekedések tanulmányozására senki nem tud előre felkészülni. E vizsgálatokhoz a vizuális megfigyelések alkalmasabbak, mint a csak szórványosan rendelkezésre álló fotografikusok. A budapesti csoport a 200–1200 km magasság között keringő 34 holdra vonatkozó 30 ezer megfigyelés feldolgozására új módszereket alkalmazott, továbbá bevezette a felsőlégi kör reagálásának összintenzitását jellemző

$$D = \int_a^b \frac{\rho - \rho_o}{\rho_o} dt = \int_a^b \frac{\dot{\rho} - \dot{\rho}_o}{\dot{\rho}_o} dt = \frac{\Delta P_b}{\dot{P}_o}$$

“ekvivalens időtartam” fogalmát. (Itt a 0 index az a-tól b-ig tartó geomágneses vihar időszakán kívüli átlagértéket jelöli.) Ezzel sikerült a modelltől való eltérés, mint a magasság függvényét meghatározni (3. ábra). E vizsgálatok szerint a légköri reagálás erőssége függ a napszakos kidudorodás középvezetési mért szögtávolságtól is.



3. ábra A geomágneses viharok idején mért légköri reagálás összintenzitását jellemző “ekvivalens időtartam” (D) eltérése a modellértéktől (D_j), mint a magasság függvénye

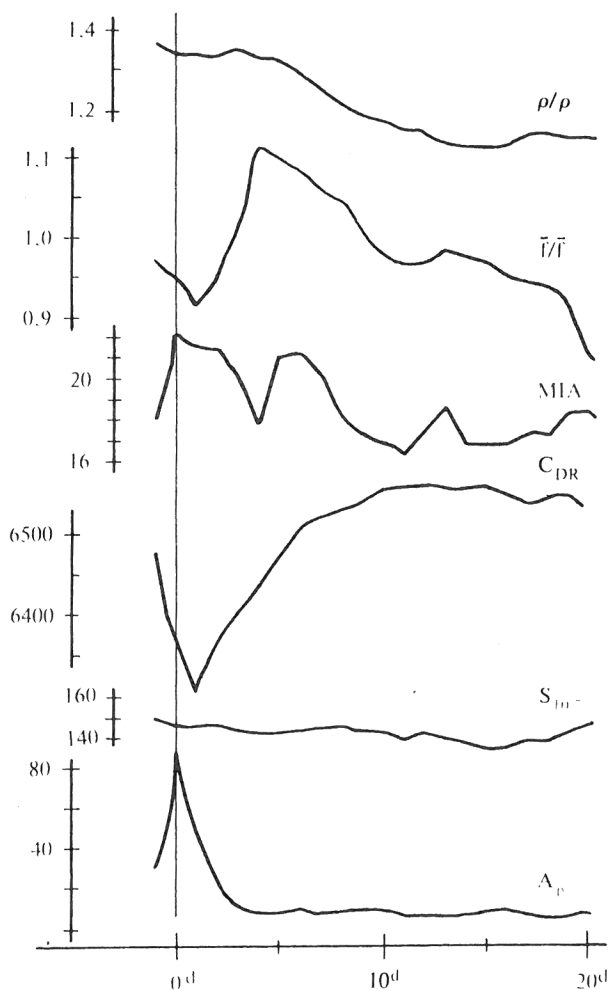
A bajai csoport az optikai megfigyeléseken kívül nagy időfelbontású (2,8 s), pontos, *in situ* akcelerométeres mérésekhez is hozzájutott. A CERGA központ francia kutatóival való évtizedes együttműködés (mely időközben szovjet kutatókkal is bővült) lehetővé tette a felsőlégköri modellek újszerű ellenőrzését a

$$H = - \frac{Z_1 - Z_2}{\ln(\rho_1 / \rho_2)}$$

skálamagasság-értékeken keresztül (ahol Z a magasság). A francia CACTUS akcelerométer műholdon mért gyorsulásadataiból először a 290–390 km közötti magasságtartományra vonatkozó sűrűségi skálamagasság profilok készültek (összesen 7000), majd a különböző effektusok részletes vizsgálata következett. A kis hajlásszögű pályán keringő francia hold mérései lehetővé tették például a geomágneses aktivitással egyidejű termopauza-ingadozás, valamint O/N_2 összetételi változás vizsgálatát alacsony szélességeken. Az eredmény szerint a hőmérséklet növekedése erősen függ a helyi időtől, és – ellentétben az újabb felsőlégköri modellekben foglaltakkal – az egyenlítő környékén is jelentős. Viharok idején összetételi változások is fellépnek.

Ugyanakkor a budapesti csoport megállapította, hogy a modellek más szempontból sem tükrözik megfelelően a geomágneses effektust. Az aktivitás mértékét ugyanis valamennyi felsőlégköri modellben vagy az A_p vagy a K_p planetáris geomágneses indexszel fe-

jezik ki. Ez az index viszont geomágneses viharok idején általában gyors növekedés után gyors csökkenést mutat, míg a megfelelő légköri reagálás lecsengése elhúzódó – a felsőlégkör sűrűsége és hőmérséklete még több nap elteltével is a nyugalmi értéknél lényegesen nagyobb. Ezért ebben a “visszatérési fázisban” az A_p nem megfelelő index. Kimutattuk, hogy sok vihar lefolyását átlagolva a felsőlégkör semleges komponense (az ionosféra állapotát tükröző MIA indexhez hasonlóan) gerjesztett állapotot mutat. Ezt a “felsőlégköri utóhatást” igazolja a 4. ábra, melyen f a mért sűrűségnek a CIRA-72 referencialégkör megfelelő adatához viszonyított értéke.



4. ábra A “geomágneses utóhatás” fellépését igazoló diagram

Francia kutatókkal közösen, a CACTUS akcelerométer méréseinek feldolgozása alapján, több más effektussal kapcsolatban is új eredmények születtek a bajai csoportban. Így megállapították, hogy

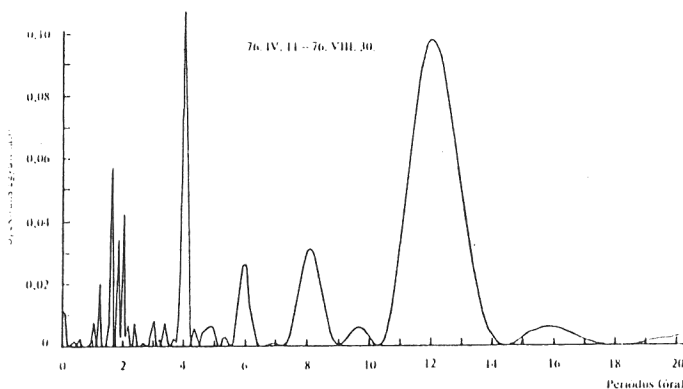
1) a napszakos effektus amplitúdójának változása a magassággal eltér a modellekben megadott menettől; az eredményből következtetni lehet annak az övezetnek az alsó határára, ahol már a He dominál;

2) skálamagassági adatok alapján sikerült a napszakos effektus felharmonikusainak (12,8,6 és 4 órás periódusok) kimutatása. A magasabb felharmoniku-

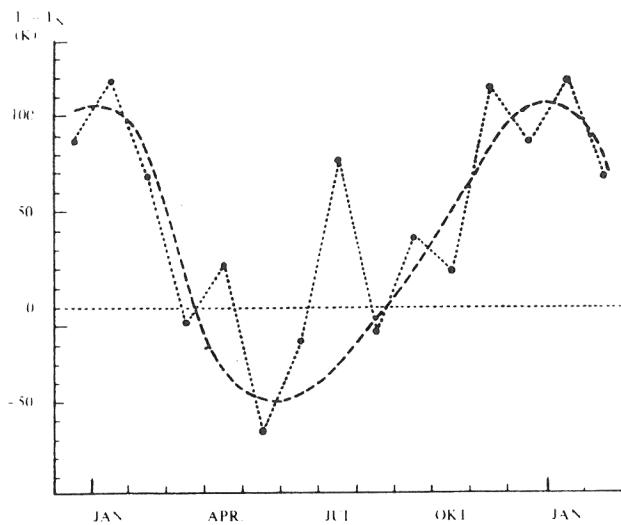
sok amplitúdójának összege 340 km magasságban eléri a 24 órás amplitúdó 30%-át (5. ábra). Feltehető, hogy eredetük összefügg az alsóléggörből származó planetáris, vagy árapály hullámok energia disszipációjával;

3) a féléves effektus az O/N_2 arányban is megjelenik. Jelentős aszimmetria mutatkozik a felmelegedésben az északi, illetve a déli félgömb között: 350 km magasságban az egyenlítőtől északra 800 K, délre 840 K az egész évre közepelt átlaghőmérséklet (6. ábra).

A magyar kutatóknak új, a modellekből hiányzó felsőléggöri jelenségek kimutatása is sikerült. Egy a budapesti csoportban 1965–72 közötti 50 ezer sűrűségadaton végzett statisztikai elemzés alapján megállapítást nyert, hogy meglepően sok olyan maximum jelentkezik a felsőléggör sűrűségében, melyet a hagyományos indexek nem jeleznek. A vizsgálat szerint e többletmaximumok túlnyomó része jól követi a galaktikus kozmikus sugárzásnak a Deep River állomáson mért menetét (C_{DR}), pontosabban a talált maximumokat C_{DR} csökkenések előzik meg. A C_{DR} , mint a felsőléggör állapotát jelző index elméleti megfontolásokkal indokolható.



5. ábra A napszakos effektus félharmonikusainak jelenlétét igazoló diagram



6. ábra A déli (T_N) és északi (T_S) félgömb átlaghőmérsékletének eltérése, mint az évszak függvénye. Megfigyelhető a déli félgömb magasabb átlaghőmérséklete

Összességében az MTA Csillagászati Kutatóintézet két csoportjában sokféle, eredményes kutatás folyik a semleges felsőléggör változásainak jobb modellezése érdekében.

Befejezés

Negyedszázaddal ezelőtt a felsőléggöri és a kozmikus geodéziai kutatások együtt jöttek létre, mert közös megfigyelési anyagon alapultak, hasonló pályameghatározási módszereket alkalmaztak, és egymást segítették céljaik elérésében. Később a műholdmegfigyelési módszerek szakosodása miatt a kétféle alkalmazás elvált egymástól, és egyre csökkent a közös kutatások lehetősége. Újabb azonban ismét közeledés figyelhető meg főként azért, mert a geodéziai-geodinamikai célokat szolgáló holdak deciméteres, sőt centiméteres pontosságú pályakövetése a légellenállás, mint fontos nem-gravitációs perturbáció nagypontosságú meghatározását követeli meg. A nagy magasságban ható légellenállást legjobban meghatározni viszont éppen a geodéziai holdak mérhető fékeződése alapján lehet, ezért e kétféle kutatás kapcsolata erősödött.

Nemcsak a kozmikus geodéziai kutatások fejlődése kívánja meg specializált holdak felbocsátását és követését, hanem a felsőléggör korszerű módszerekkel történő vizsgálata is. Különösen fontosak az aeronómiai holdak (OGO-6, AE és DE holdak) *in situ* mérései akkor, ha a légkör összetételének változásait, illetve az energiatranszport útjait kívánjuk nyomon követni. Ezekhez a kutatásokhoz különböző magasságokban hosszabb ideig, nagy időfelbontással végzett mérések szükségesek. Az Interkozmosz illetékes szekciója ezért foglalkozik a GEO-1K holddal egyidejűleg egy speciális aeronómiai hold-rendszer tervezésével is. Az IKAR nevű hold és a méréseit kiegészítő, akcelerométeres társhold (MACEK) egyidejűleg végezné az összetétel és az összsűrűség méréseit. Ezek az *in situ* vizsgálatok jól kiegészítenék a földi megfigyeléseken alapuló felsőléggöri kutatásokat. Magyarország sajnos műszeresen nem vesz részt e hold fejlesztésében sem, viszont vállalkozott a megfigyelések sokoldalú feldolgozására.

Az e cikkben vázlatosan bemutatott kutatások egyik fő jellegzetessége, hogy az eredmények kivétel nélkül nemzetközi együttműködés alapján születtek. A másik jellemző vonás, hogy az anyagi – beruházási, vagy költségvetési – támogatás végig alacsony szintű volt ezen a modern, interdiszciplináris és a korábbi hagyományokra alig támaszkodó szakterületen. Ugy is fogalmazhatnánk, hogy az optikai és rádiós műholdmegfigyelésekkel vesznek részt a szegényebb országok az űrkutatásban. Magyarországon mindenestre ez az űrkutatás egyetlen olyan területe, amely már több, mint 25 éves múlttal rendelkezik, ugyanakkor képes a fejlődés által megkövetelt folyamatos megújulásra.

(Néhány összefoglaló tanulmány a magyar és a külföldi irodalomból)

- [1] Almár I.: A felsőlégkör sűrűsége mesterséges holdak pályaváltozásai alapján, Magyar Tudomány 1965/7–8.
- [2] Almár I., Ill M.: A felsőlégkör sűrűségének meghatározása az űrkutatás eszközeivel, Fiz. Szemle 1970/2 és 3.
- [3] Joó I.: A penci Kozmikus Geodéziai Observatórium és jelentősége a magyar geodéziában, Geod. és Kartográfia 1976/3.
- [4] M. K. Abele, I. Almár etc.: Iszpolzovanyie opticeszkij nabljudenyij ISzZ dlja celej geofiziki i geodezii, Po programme "Interkozmosz", Masinosztronyije Moszkva 1976
- [5] A. G. Maszevics, T. V. Kaszimenko: Mezsduarodnoje szotrudnyicsesztvo po probleme "Iszpolzovanyie nabljudenyij ISzZ dlja geodezii i geofiziki", Naucsnüe Informacii No. 60 Moszkva 1986
- [6] M. Ill: 20 years of upper-atmospheric research, leadva a Nabljudenyija ISzZ No. 25, Budapest, 1987 kötete számára.

A FÖLD, AZ ÉLŐLÉNYEK ÉS AZ ENTRÓPIA

Atsushi Katsuki
Shinshu Egyetem Fizikai Intézete

1. Bevezetés

Az élettel kapcsolatban sok kérdést kell még megválaszolnunk.

Élünk, tehát lélegzünk. Azt szoktuk mondani, hogy friss levegőt (oxigént) lélegzünk be, és piszkosat (szén-dioxidot) fújunk ki. Mint a kémiai formulából látható, több anyagot adunk le, mint amennyit felvesszünk, azaz O_2 -t szívunk be, és CO_2 -t fújunk ki. Hasonló a helyzet az ivással és a vizelettel is, azaz H_2O -t veszünk fel, és $H_2O + CO(NH_2)_2$ -t (urea) adunk le.

Ez meglehetősen "gazdaságtalannak" látszik. Lehet, hogy az Élet rossz közgazdász? Miért iszunk vizet, miért eszünk és miért lélegzünk? Miért csak a Földön van élet, és miért nincs a Marson, a Vénuszon vagy a Holdon? Mi az, ami megkülönbözteti a Földet a többi bolygótól?

Hogy megválaszolhassuk ezeket a kérdéseket, az entrópia szemszögéből kell megvizsgáljunk a problémát. [1]

Az életjelenségek, például az egyes egyedek önfenntartása és növekedése, a szaporodás stb., a növekvő entrópia törvényével ellentétesnek tűnnek, és így azt gondolhatnánk, hogy az entrópián alapuló szemlélet hatósugarán kívül esnek. De az élőlények is az anyag általános megjelenési formái közé tartoznak, bár azoknak nagyon speciális fajtái, és így alá kell vetniük magukat ezen általános formulákat irányító törvényeknek; tehát egyetlen élőlény sem lehet kivétel az entrópia növekedésének általános törvénye alól.

Ha így van, miért látszanak az élőlények kivételnek ezen törvény alól?

Schrödinger úgy jellemezte az élőlényeket, hogy azok "negatív entrópiát esznek" [2]. Valójában ez nem a fenti kérdésre adott válasz, hanem egy, a fentihez nagyon hasonló másakra, de sugallja azt, hogy az entrópia adja az élet megértésének kulcsát.

Elhangzott a Nemzetközi Csillagászati Unió "Élet az Univerzum"-ban (Bioasztronómia) c. konferencián Balatonfüreden, 1987. június 26-án. (Fordította: Pázmándi Ferenc)

Tehát, miért látszanak az élőlények kivételnek ezen törvény alól? Azért, mert egy élőlény olyan nyitott rendszer, amely kis entrópiájú anyagokat vesz fel a környezetéből, és magas entrópiájúakat ad le; ez az a valóságos folyamat, amely Schrödinger gondolata, a negatív entrópia fogyasztása mögött áll.

Tehát az élőlények fennmaradásához a környezetüknek kis entrópiájú állapotban kell maradnia; ha nem így lenne, nem tudnának kis entrópiájú anyagokat felvenni a környezetükből. A környezetnek pedig, hogy kis entrópiájú állapotban maradjon, szüksége van egy olyan mechanizmusra, amely meg- szabadítja a fölösleges entrópiájától.

Egy adott égitesten élő élőlények számára a környezetet maga az égitest. Azt az égitestet, amelyen élőlények élnek, hívjuk ezentúl "élő" égitestnek.

Ahhoz, hogy egy csillag vagy egy bolygó "élő" égitest legyen, szüksége van egy entrópiát disszipáló folyamatra. Általában az entrópialeadás lehetőségét egy másik égitestről érkező sugárzás, mint magas hőmérsékletű hőforrás, és az űr, mint alacsony hőmérsékletű hőelnyelő, teremti meg. A Föld számára ez a Nap sugárzása és a Földet körülvevő űr. De ez csak a lehetőséget termeti meg, szükség van még egy speciális folyamatra is, amely megvalósítja ezt a lehetőséget. Valóban, ha csak a Nap sugárzását nézzük, tulajdonképpen ugyanaz a helyzet a Földön, a Marson, a Vénuszon és a Holdon is. Mi az a speciális folyamat, amely megkülönbözteti a Földet a többi bolygótól, és lehetővé teszi, hogy entrópia távozzon a Földről?

Ez a víz körforgása.

A 2. pontban tárgyalom a Föld helyzetét, amely éppen megfelelő a víz körforgásához. A 3. pontban kimutatom, hogy finom életfolyamataikhoz az élőlények kétfajta kis entrópiájú anyagot használnak. Ezek a tiszta, folyékony víz és a szénhidrátok, melyeknek lényegesen különböző termodinamikai tulajdonságaik vannak. A 4. pontban a fotoszintézist, mint a szénhidrátokat újratermelő folyamatot vizsgálom az entrópia szemszögéből. Itt lesz szó a pórúson keresztül elszőkö, elpárologó, de a fotoszintézis

A szerkesztőbizottság elnöke:

Marx György

Felölös szerkesztő:

Turiné Frank Zsuzsa

A szerkesztőbizottság titkára:

Berényi Dénes

Szerkesztőbizottság:

Antal János, Barlai Katalin, Barta György, Belezna Ferenc, Berényi Dénes, Bitó János, Bor Zsolt, Bozók László, Csákány Antal, Csekő Árpád, Cser László Dede Miklós, Gaál István, Gnädig Péter, Haiman Ottó Hoffmann Tibor, Holics László, Károlyházy Frigyes Keszthelyi Lajos, Kiss Dezső, Koblinger László Konczos Géza, Kovács László, Kozma László, Kro Norbert, Kunsfalvi Rezső, Lendvay Ödön, Lovas István Marx György, Németh Judit, Patkó György, Ront Györgyi, Sas Elemér, Szabó Ferenc, Tichy Géza, Tótl Eszter, Turiné Frank Zsuzsa, Turi László, Ujj János Valkó János, Vermes Miklós, Zawadowski Alfréd Zámori Zoltán

Címkepink:

A miskolci Uránia Csillagvizsgáló szputnyikmegfigyelő állomásán a hatvanas években kifejlesztett és eredményesen használt műszer. A távcső vizuális műholdkövetésre szolgált az osztott körök fotografikus regisztrálásával (Almár Iván cikkéhez.)

TARTALOM

<i>Kiss Dezső:</i> Fényes Imre emlékülés	81. old.
<i>Benedek Pál:</i> A nulladik főtételről	82. old.
<i>Fáy Gyula:</i> Fényes Imre munkássága a kvantummechanikai valószínűségi mezővel és kvantumlogikával kapcsolatban	84. old.
<i>Horváth József:</i> Egy magyar fizikus aki Hegelt is olvasott	89. old.
<i>Szűcs Ervin:</i> Fényes Imre – műszaki tanácsadó	93. old.
<i>Almár Iván:</i> Harminc éves az optikai műholdmegfigyelés Magyarországon	95. old.
<i>Atsushi Katsuki:</i> A Föld, az élőlények és az entrópia	102. old.
<i>Antal János:</i> Valkó Iván Péter	110. old.
NÉGYSZÖGLETES KERÉK	
A FIZIKA TANÍTÁSA	
<i>Molnár László:</i> Folyadékkal tölthető levegőlencse	114. old.
<i>Szabó Gábor:</i> A csillagászati tananyag komplex szemléltetése	116. old.
<i>Vámos István:</i> Mikroszámítógépek összekapcsolása fizikai kísérleti eszközökkel – univerzális interfész mikrogepekre	118. old.
ESEMÉNYEK	

СОДЕРЖАНИЕ

Д. Кишш: И. Феньеш	
П. Бенедек: О нулевом начале термодинамики	
Др. Фаи: Деятельность И. Феньеша по квантовомеханическому полю вероятности и по квантовой логике	
Й. Хорват: Венгерский физик, читавший сочинения Гегеля	
Э. Сюч: И. Феньеш как технический консультант	
И. Альмар: 30 лет оптическому наблюдению искусственных спутников Земли в ВНР	
А. Кацуки: Земля, живые организмы и энтропия	
Я. Антал: И. П. Валько	
ПРОБЛЕМЫ И УПРАЖНЕНИЯ	
ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ	
Л. Молнар: Воздушная линза для наполнения жидкостями	
Г. Сабо: Комплексные наглядные объяснения учебной тематики астрономии	
Л. Молнар: Простой пиргелиометр для относительных измерений	
И. Вамос: Сопряжение микрокомпьютеров с экспериментальными физическими приборами	
ПРОИСХОДЯЩИЕ СОБЫТИЯ	

INHALT

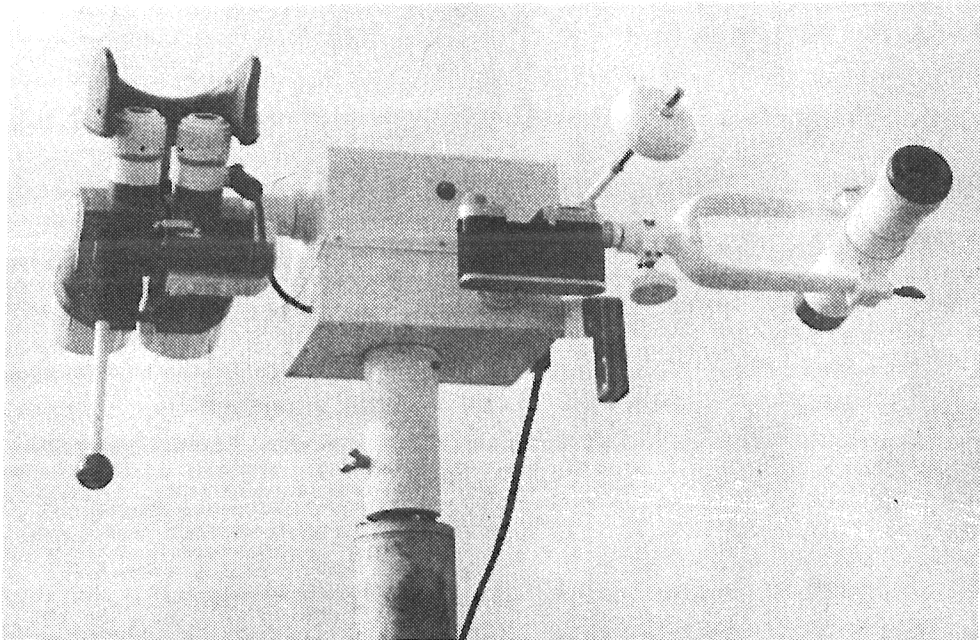
<i>D. Kiss:</i> I. Fényes	
<i>P. Benedek:</i> Über den nullten Hauptsatz der Thermodynamik	
<i>Gy. Fáy:</i> Die Arbeiten von I. Fényes über das quantenmechanische Wahrscheinlichkeitsfeld und die Quantenlogik	
<i>J. Horváth:</i> Ein ungarischer Physiker, der auch Hegel las	
<i>E. Szűcs:</i> I. Fényes als technischer Konsultant	
<i>I. Almár:</i> Dreißig Jahre optischer Beobachtung von künstlichen Satelliten in Ungarn	
<i>A. Katsuki:</i> Erde, Lebewesen und Entropie	
<i>J. Antal:</i> I. P. Valkó	
PROBLEME UND AUFGABEN	
PHYSIKUNTERRICHT	
<i>L. Molnár:</i> Luftlinse zum Anfüllen mit Flüssigkeiten	
<i>G. Szabó:</i> Komplexe Veranschaulichung des Lehrstoffs der Astronomie	
<i>I. Vámos:</i> Das Zusammenschalten von Mikrocomputern mit Geräten der Experimentalphysik	
EREIGNISSE	

CONTENTS

<i>D. Kiss:</i> I. Fényes	
<i>P. Benedek:</i> On the zeroeth principle of thermodynamics	
<i>Gy. Fáy:</i> The papers of I. Fényes on the quantum mechanical probability field and quantum logic	
<i>J. Horváth:</i> A Hungarian physicist who also read Hegel	
<i>E. Szűcs:</i> I. Fényes as a technical consultant	
<i>I. Almár:</i> Thirty years of optical observation of man-made satellites in Hungary	
<i>A. Katsuki:</i> The Earth, living beings, and entropy	
<i>J. Antal:</i> I. P. Valkó	
PROBLEMS	
TEACHING PHYSICS	
<i>L. Molnár:</i> Air lens to be filled with liquids	
<i>G. Szabó:</i> A complex display of astronomical curriculum topics	
<i>I. Vámos:</i> Interfacing micro-computers with physical experimental apparatus	
EVENTS	

fizikai szemle

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat lapja



1988/3