

IN MEMORIAM PERJÉS ZOLTÁN (1943–2004)

Két évvel ezelőtt távozott közülünk *Perjés Zoltán*, a gravitációelmélet nemzetközi hírvizsgálója, a magyarországi relativitáselméleti iskola megteremtője. Nemrég készítettünk el egy kiadványt, amely tudományos munkáit foglalja egybe és rendszerezi annak elősegítésére, hogy iskolateremtő tevékenysége és eredményei minél szélesebb körben ismertté váljanak. A *Fizikai Szemle* olvasói körében is ezt szeretnénk elérni, ezért e kötet megjelenésének alkalmából újra földízzük emlékét.

Életrajzát inkább csak kiegészítjük, és visszautalunk a halála után megjelent nekrológra.¹ Kutatói pályájának és tudósi habitusának bemutatására helyezve a hangsúlyt két nemzetközi hírvizsgáló munkatársára, *Cornelius Hoenselaers*, a Loughboroughi Egyetem Matematika Tanszékének egyetemi tanára, az Einstein-egyenletek egzakt megoldásainak elismert szakértője, valamint *Paul Tod*, az Oxfordi Egyetem Matematika Tanszékének professzora, a matematikai relativitáselmélet és a tvisztorelmélet kiváló művelője által az említett kötet számára írt méltatását adjuk közre² (némileg szerkesztett formában), kiegészítve három egykori tanítványának személyes visszaemlékezésével.

Perjés Zoltán 1943-ban született Budapesten. Édesanyja (*Rubik Olga*) révén rokona a Rubik-kocka világhírű föltalálójának, *Rubik Ernő*-nek. Valószínűleg ezen családi gyökerekkel függ össze az élete végéig megőrzött erőteljes homo ludens arculat: nagy lelkesedéssel oldott meg „játékos” matematikai problémákat. (Tudjuk persze, hogy a kutató elmétől nem idegen sem a játék, sem a játékosság, elegendő itt Zoltán egyik világhírű kollégájára és barátjára, a később még szóba kerülő *Roger Penrose*-ra utalnunk.)

Középiskolai tanulmányait Budapest egyik legkitűnőbb középiskolájában, a Piarista Gimnáziumban végezte, ahonnan az érettségi után rögtön az Eötvös Loránd Tudományegyetem fizikus szakára került.

Érdeklődését már a pályája kezdetétől a gravitáció elmélete kötötte le. Egy rövid – kényszerű – kitérő után a Rézszecke- és Magfizikai Kutatóintézet Elméleti Osztályára (illetve annak az egykori KFKI-beli jogelődjeinek egyikére) került, ahol már szabadon foglalkozhatott az általános relativitáselmélettel. Kezdetben a stacionárius gravitációs terekkel (ilyen pl. egy egyenletesen forgó „fekete lyuk” által létrehozott téridő), a csatolt Einstein–Maxwell-egyenletek szerkezetével foglalkozott. Kidolgozta az Einstein-elmélet tanulmányozása céljára igen fontos úgynevezett Killing-szimmetriák spinorelméletét, majd ezt alkalmazva sikerült az Einstein-egyenletek addig nem ismert, új megoldásait előállítania. Ezek az eredmé-

nyei nagyon jelentősek, számos további kutatásnak nyitottak utat (részletesebben C. Hoenselaers írására utalunk).

Egy másik, érdeklődése középpontjában álló téma az elméleti fizika egyik legnagyobb megoldatlan problémája, a gravitáció kvantumelmélete volt. Emiatt elkezdett a Roger Penrose által javasolt, a probléma addigi megközelítéseitől radikálisan különböző tvisztorelmélettel foglalkozni. 1972–73-ban egy évet töltött a londoni Birkbeck College-ban, ahol Penrose csoportjában maga is részt vett a tvisztorelmélet kidolgozásában (erről Paul Tod számol be részletesebben).

Tudományos eredményeinek köszönhetően jelentős nemzetközi ismertségre és elismertségre tett szert, sokfelé hívták külföldre, hosszabb-rövidebb időre. Nagyon sok külföldi egyetemen és kutatóintézetben, nemzetközi konferenciákon tartott előadást eredményeiről.

A magyar tudományos életben is igen aktív szerepet játszott, számos „Nemzetközi Relativitáselméleti Műhely” rendezett, létrehozott egy – sajnos, csak néhány évig fennálló – Nemzetközi Elméleti Fizikai Kutatócsoportot a KFKI-ban a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával. Számos diplomamunkásnak, doktoranduszának és aspiránsnak volt témavezetője, s tanítványai közül jó néhányból a gravitációelmélet nemzetközileg is elismert kutatója lett.

Meg kell említeni Perjés Zoltán tudomány népszerűsítő tevékenységét is – többek között a *Fizikai Szemle* hasábjain. (*21/2* 48 és *21/3* 1, 1971).

Forgács Péter
MTA KFKI RMKI

PERJÉS ZOLTÁN ÉS AZ EINSTEIN-EGYENLETEK EGZAKT MEGOLDÁSAI

Az egzakt megoldások vizsgálata azon kutatási területek egyike volt, melyekkel Perjés Zoltán kis megszakításokkal, de igen hosszú ideig aktívan foglalkozott. Munkájával a relativitáselmélet sok más kutatóját is inspirálta, és a terület több fontos új fogalmának megalkotása az ő nevéhez fűződik.

Az Einstein-egyenletek megoldása rendkívül nehéz feladat, és a témáról beszélni sem nagyon lehet a matematika olyan ágai, elsősorban a differenciálgeometria, szakkifejezéseinek használata nélkül, amelyek esetleg nem közismertek a fizika más területén járatosak számára. Az alapfeladat röviden megfogalmazható: egy négyváltozós, nemlineáris, csatolt parciális differenciálegyenlet-rendszer megoldását kell valamilyen ismertnek tekintett függvényekkel kifejezni. A megfogalmazás mögött rejlő feladatnak azonban ilyen

¹ Rácz I., *Perjés Zoltán 1943–2004. Fizikai Szemle* 55/2 (2005) 70

² *Lukács Árpád*, RMKI Elméleti Főosztály fordításának felhasználásával

PERJÉS ZOLTÁN, A TVISZTORELMÉLET MAGYAR TUDÓSA

általánosságban egyetlen megoldása sem ismert. A gyakorlatban egyszerűsítő feltételeket kiróva, konkrét speciális esetekre vonatkozó megoldások megtalálására törekszünk. Egy ilyen speciális eset az, amikor stacionárius (időtől nem függő) megoldásokat keresünk (matematikai szaknyelven: feltesszük egy időszerű Killing-vektormező létezését).

Pályája kezdeti szakaszán Zoltán kidolgozott egy formalizmust, melyben a téridő tulajdonságait leíró Einstein- vagy Einstein–Maxwell-egyenleteket egy háromdimenziós sokaság és két komplex skalármező (Ernst-potenciál) segítségével írta fel. Az egyik komplex skalármennyiség a gravitációs potenciál általánosításának tekinthető, míg a másik az elektromágneses teret írja le, és egy, a háromdimenziós tér Ricci-tenzorát tartalmazó egyenletben forrástagként szerepel. Ennek a háromdimenziós térnek a leírására kidolgozott egy ma is az Ő nevéhez fűződő módszer (spinegyütthető- és spinorformalizmust). Ennek segítségével rájött arra, hogy abban az esetben, ha a fenti felbontásban szereplő háromdimenziós tér sík, a megoldások kifejezhetők a Laplace-egyenlet megoldásaival. Ezeket a megoldásokat később újra felfedezték, és így ma *Perjés–Israel–Wilson-megoldások*-ként ismertek.

Ugyanezt a formalizmust alkalmazva *Kóta Józseffel* az időfüggetlen gravitációs terek egy másik osztályára vonatkozó valamennyi megoldást megadta.

Ehhez a problémakörhöz legközelebb a nyolcvanas évek közepén tért vissza, amikor kollégáival a fordított problémát vizsgálta: a szokásos esetben először az Ernst-egyenletet oldjuk meg, majd a kapott megoldásból kapható a háromdimenziós tér metrikája. Az Ernst-potenciált a háromdimenziós tér egy komplex koordinátájaként felhasználva az Ernst-egyenletek egyszerű alakra hozhatók, de a metrika kiszámolása jóval nehezebb lesz. Ennek ellenére ezzel a módszerrel számos fontos tételt sikerült igazolniuk.

1990 táján Zoltánt több, az egzakt megoldásokkal kapcsolatos probléma is érdekelte. Bizonyos sugárzást tartalmazó, az úgynevezett Robinson–Trautman-téridők aszimptotikus tulajdonságait, a stacionárius Einstein–Maxwell-terek multipólmomentumait vizsgálta. E cikk szerzőjével közösen olyan új kutatási irányvonalat indított el, amely az egzakt megoldások egy új osztályának a megkonstruálásához vezetett el.

A vázolt témák és eredmények korántsem teljes listájával azt kívántam bemutatni, hogy Perjés Zoltán relativitáselméleti kutatásainak jelentőségét és eredményeinek hatását a terület kutatói közösségére aligha lehet eltúlozni.

E rövid írás végén szeretném még azt elmondani, hogy Zoltán élénk, az emberi megismerés minden területe iránti érdeklődéssel és életkedvvel teli személyének elvesztése közösségünk minden Őt ismerő tagja számára – így számomra is – nehezen betölthető űrt hagyott maga után.

Cornelius Hoenselaers
Loughborough-i Egyetem, Anglia

A Roger Penrose (lovaggá ütése óta „Sir Roger”) körül kialakult tvisztorelméleti kutatócsoporthoz akkor csatlakoztam, amikor ő 1973-ban intézetünkbe érkezett, mint az alkalmazott matematika Rouse Ball professzora. Vele együtt érkeztek a Birkbeck College-beli munkatársai, így mi, az újonnan csatlakozók jó képet kaphattunk arról, hogy milyen volt a tvisztorelmélet fénykora, még Londonban. A csoport számára a „szentírást” Penrose és *MacCallum* 1973-as cikke (*Physics Reports* 6C(1973) 241–315) jelentette, ami az 1970-es előadásai alapján.

Bár személyesen nem volt jelen, megbeszélésein gyakran szóba került a birkbecki csoport egy tagja, Perjés Zoltán, a tvisztorelmélet magyar kutatója. Az 1972–73-as tanévet töltötte Birkbeckben Leverhulme-ösztöndíjas vendégkutatóként. Ezt az évet arra szánta, hogy alaposan megvizsgálja a tömeggel rendelkező részecskék tvisztorelméleti leírását.

Zoltán a csoportba a görbült terek feletti spinorok avatott ismerőjeként érkezett. Korábban kidolgozott egy módszert, amelyben egy háromdimenziós tér $SU(2)$ -spinorjai segítségével vizsgálhatók a stacionárius téridők. A Penrose-féle tvisztorelméletről és a spinhálózatokról szóló cikkek hatására döntött úgy, hogy kiutazik ezek szerzőjéhez. Birkbeckbe érkezésével nagyjából egy időben jelent meg első tvisztorelméleti műve, melyben az említett Penrose–MacCallum-cikkben foglaltakkal ismertette meg a magyar olvasót.

A fizikában Penrose által bevezetett „tvisztor” mint matematikai fogalom egy négydimenziós komplex vektortér (a T tvisztortér) egy elemét (Z^α) jelenti, amely, itt nem részletezett tulajdonságainak köszönhetően, fizikai jelentéssel is felruházható: megfelelő leírását adja egy zérus tömegű, spinnel rendelkező relativisztikus részecskének.

A tvisztorelmélet számos alapvető eredménye fűződik Penrose nevéhez. Zoltán kutatásai szempontjából közvetlen fontossággal ezek közül kettő bír. Az egyik a tömeg nélküli részecskét leíró tvisztor (gravitációs vagy elektromágneses) síkhullámon való szóródásának tárgyalása. A másik, hogy miképpen alkalmas két vagy több tvisztor (kvadratikus) kombinációja tömeggel és spinnel egyaránt rendelkező részecskék, azok impulzusának és impulzusmomentumának leírására.

Zoltán Birkbeckben született első művében a relativisztikus pontmechanika jól ismert dinamikai mennyiségeinek (tömeg, impulzus és impulzusmomentum) a tvisztorváltozókkal való kifejezését dolgozta ki.

Munkásságának jelentős eredményeket hozó része indult ki abból az ismert nem-egyértelműségből, amely a több-tvisztor – tömeges részecske megfeleltetés sajátossága. A tömeges részecskét reprezentáló (kvadratikus) kifejezés (tvisztor-) változóit bizonyos szabályok szerint felcserélve az új kifejezés ugyanannak a tömeges részecskének felel meg, a „szabályok”

összessége egy úgynevezett belső szimmetriát alkot. E szabályok részletes tanulmányozásával Zoltán arra az eredményre jutott, hogy a háromtvisztor-részecske belső szimmetriacsoportja az elemi részecskék akkori rendszerezésének alapját jelentő $SU(3)$ csoport egy négyparaméteres komplex translációcsoporttal való inhomogén kiterjesztése, az $ISU(3)$ csoport. Birkbeckből való távozása után Zoltán tvisztorelméleti munkáinak középpontjában az elemi részecskéknek ezen a belső szimmetriacsoporton alapuló osztályozása állt. Részletesen kidolgozta az $ISU(3)$ csoport ábrázoláselméletét. Kitért az n -tvisztor részecske esetére is, amikor a szimmetriacsoport az $SU(n)$ inhomogén kiterjesztése.

Munkájának egy fontos „mellékterméke” az a felismerés, hogy, míg a tvisztorokon alapuló osztályozási rendszerekben a kéttvisztor-részecskék pontszerűek és leptonnak felelnek meg, addig a háromtvisztor-részecskék hadronok, és az őket alkotó tvisztorok a kvarkokkal azonosíthatók.

A háromtvisztor-részecskék és a hadronok közötti analógiát erősíti meg egy birkbecki kollégájával, *George Sparling*gal közösen írt későbbi, az úgynevezett tömegfelhasadást vizsgáló cikkének sikere is. Ebben egyesítik a Gell-Mann–Okubo-tömegformulák egy egész sorát.

Zoltán egyik cikkét velem együtt írta. Egymástól függetlenül kezdtük tanulmányozni a nem nulla spinű és tömegű részecskék (sík, valamint impulzusszerű) gravitációs, illetve elektromágneses hullámokon való szóródását. A jelenségre adott leírásunk a helyes eredményt adta a tömeggel rendelkező, zérus és nem zérus spinű részecskékre elektromágneses és gravitációs térben ható erő kifejezésére.

A nyolcvanas évek közepén *Hughston* és *Shaw* a klasszikus húrelméletet – ami nem más, mint az egydimenziós kiterjedt test mozgásának a természetesen adódó Hamilton-függvénnyel való leírása – öntötték a tvisztorelmélet segítségével geometriai formába. Zoltán ennek a geometriai elméletnek a kvantálását végezte el Penrose tvisztorkvantálási eljárását alkalmazva.

A tvisztorelmélet fejlődése Oxfordban és a világ más tájain is haladt tovább, és el is ért egy-két igen látványos eredményt. Azonban az elmélet egyre inkább matematikaivá vált, és egyre inkább átkerült a matematikusok érdeklődési körébe. Zoltán továbbra is inkább fizikusnak vallotta magát, és így nem volt igazán kedvére való ez a változás. A hetvenes és a nyolcvanas években Ő és budapesti csoportja az oxfordi és a pittsburghi csoportokkal együtt továbbra is nagy erőfeszítéssel dolgoztak a tvisztorrészecske-elmélet továbbfejlesztésén. Ez az erőfeszítés ugyan nem vezetett a szokásos értelemben is teljes elmélet kifejlesztésére, de az alkalmazott ötletek és módszerek jelentősége ezen messze túlmutat. A tvisztorrészecske-elmélet a ma általánosan elfogadott elmélet eredményeinek jelentős részét kevesebb és természetesebb feltevésből kiindulva képes reprodukálni. Nem szükséges a szín bevezetése, az elmélet tisztán

geometriai jellegű, és az unitaritás és a relativisztikus szimmetriák egyesítéséhez is természetes alapot szolgáltat.

Utolsó tvisztorelméleti dolgozatában Zoltán – ismét *George Sparling*gal közösen – arra tesz kísérletet, hogy az Einstein-egyenletek valós, Lorentz-szignatúrájú megoldásai esetére is definiálják a tvisztorokat. (Ez igen nehéz probléma, és régóta foglalkoztatja a tvisztorelmélettel foglalkozó kutatókat.) Cikkükben egy konkrét példát vizsgálva meghatározzák a Schwarzschild-téridő egy absztrakt tvisztorterét. Számomra különösen szép emlék, hogy ezt az eredményt személyesen Zoltántól hallhattam egy budapesti konferencián.

Paul Tod

Oxfordi Egyetem, Anglia

TANÍTVÁNYAI MEGEMLÉKEZÉSE PERJÉS ZOLTÁN RÓL

Zoltán kedvenc problémája az általános relativitáselmélet egzakt megoldásainak keresése volt, de érdeklődése rendkívül széles körű volt. Tanítványaiként ennek hasznélvezői voltunk. Ebben a rövid megemlékezésben a velünk végzett közös munkái közül mutatunk be néhányat.

A stacionárius tengelyszimmetrikus téridők multipól-momentumaival kapcsolatos kutatásokat *Cornelius Hoenselaers* német kutató, Zoltán egyik legjobb barátja javasolta, aki számtalanszor látogatta meg itt Magyarországon is. A momentumok kifejezhetők a téridő geometriáját meghatározó Ernst-potenciál szimmetriatengelyen való sorfejtési együtthatóival. A kapott kifejezéseket azóta is használják, amikor egy újonnan megtalált téridő koordináta-rendszer-független jellemzését akarják megadni a gravitációs multipól-momentumai segítségével.

Zoltán hihetetlen kitartással, precizitással és nagy sebességgel tudott papíron vagy táblán számolni. Ugyanakkor valószínű, hogy nemzetközi viszonylatban is az elsők között volt, aki nagyszámítógépen futtatott algebrai programokat használt egyenletek megoldására. Mesélte, hogy amikor 1984-ben Tokióban töltött kilenc hónapot, a legjobb barátja egy tornateremnyi méretű számítógép volt, és, hogy hazafelé menet a gyorsvasúton olvasta a sornyomtató által kiírt százoldalas futási eredményeket. Ha valami érdekeset talált, a következő megállónál átszállt a visszatérő vonatra, akármilyen késő este is volt, és beírta a módosított programot a gépteremben. A számítógép egyik legnagyobb felhasználója lehetett, mert három hónappal elhalasztották a gép kibővítését, hogy zavartalanul dolgozhasson a hazautazása előtti utolsó hónapokban.

A nagy kihívások érdekelték. Ilyen volt például az gravitáció kvantumelméletének kidolgozása. Ebben az irányban való első lépésnek tekintette az általa

kidolgozott parametrikus sokaság formalizmust. Ennek keretében a téridő térré és idővé történő felbontása nem a szokásos hiperfelületek mentén történik, hanem időszerű görbék mentén.

Zoltán egzakt megoldások keresésére irányuló erőfeszítéseinek egyike a tökéletes folyadékokat tartalmazó téridők megtalálását célozta meg. A „nagy kihívás” itt egy forgó neutroncsillag belsejében a téridő geometriáját leíró egzakt megoldás megtalálása volt. Ebben a témában az első lépés egy olyan általános tetrad formalizmus kidolgozása volt, ami megkönnyítette további egzakt megoldások keresését. Ezt a munkát egy tehetséges fiatal svéd diákkal, *Mattias Marklund*dal egy konferencián való véletlen találkozás indította, ami az Umeai Egyetem relativitáselméleti kutatócsoportjával való tartós együttműködéssé bővült az évek során.

Az Einstein-egyenletek bonyolultsága miatt az egzakt megoldások keresése rengeteg próbálgatással jár, igen gyakran kudarccal is. Olyasmi lehet, mint az aranyásás. Zoltán kedvét sosem vették el a sikertelen próbálkozások, tudta, hogy ott van az arany valahol. A feltevéseknek, amelyekkel megoldást talált, a matematikai jelentése sokszor világosabb volt, mint az, hogy fizikailag minek felelnek meg. Ilyen volt, például, a téridő görbületi tenzorának speciális Petrov-osztályba való tartozása. Noha egy gömbszimmetrikus csillagot leíró téridő Petrov D osztályba tartozik, eldöntetlen kérdés volt, hogy a csillag forgó változata még mindig kielégítheti-e ezt a tulajdonságot. Ennek a bizonytalanságnak a feloldására merült fel a *Hartle* által kidolgozott lassú forgás közelítés használata. Csak ha egy feltevés a lassan forgó csillagra is igaz maradhat, akkor érdemes ilyen tulajdonsággal rendelkező gyorsan forgó megoldást keresni. A legismertebb téridő-megoldás, amiről remélni lehetett, hogy egy izolált forgó csillagot írhat le, a *Wahlquist*-megoldás volt. Azonban a *Hartle*-formalizmus alkalmazásával ki lehetett mutatni, hogy már a lassan forgó változata is szükségképpen egy külső objektum által deformálva van.

Egy további fontos témakör a neutroncsillagokból és/vagy fekete lyukakból álló kompakt kettős rendszerek pályafejlődése gravitációs sugárzás jelenlétében. Ezekbe a kutatásokba Zoltán *Kip Thorne*-nal való konzultációi eredményeképpen kapcsolódott be. Az általános relativitáselmélet szerint a gyorsuló tömegek gravitációs sugárzást bocsátanak ki. Neutroncsillagokból és/vagy fekete lyukakból álló kompakt kettős rendszerek esetén ez a sugárzás jelentős változást okoz a pályaparaméterekben. Zoltánnak ez a munkája egy új kutatási irányt nyitott meg, amely a perturbációs számítás egyre magasabb rendjeiben, a rendszer fizikai paramétereitől függő járulékok kiszámítását tűzi ki célul. Tanítványaival közösen kiszámította a spin-pálya kölcsönhatási járulékokat, melyek a pályafejlődésben és a gravitációs sugárzási veszteségekben jelennek meg.

A perturbációs technikák alkalmazásával, valamint a gravitációs sugárzás vizsgálatával figyelme a fekete

lyuk perturbációk felé fordult. Töltéssel rendelkező fekete lyukak érdekelték, melyekre sikeresen levezetett egy, az elektromágneses és gravitációs potenciálokra vonatkozó csatolt egyenletrendszer abban az esetben, amikor a perturbált téridő stacionárius vagy tengelyszimmetrikus. Ebben a munkában a Killingvektorok létezését és az általa kidolgozott 3 dimenziós formalizmust használta fel.

Hamarosan megszülettek az eredmények a perturbált téridőre vonatkozó szimmetriák feltételezése nélkül is. A perturbált Maxwell-spinorra vonatkozó homogén hullámegyenlet megoldása adja a nyírást meghatározó hullámegyenlet forrástagját. Később sikerült általánosítania az eredményeket kozmológiai állandót is tartalmazó fekete lyukak esetére.

Az eredmények publikálása során kisebb vita alakult ki a bírálóval a mértékrögzítési feltételekkel kapcsolatban. Ez a párbeszéd indította el azt a munkát, amelyben a főirányok mérhetőségét vizsgáltuk, továbbá azt, hogy hogyan adható meg a perturbált téridő egy általános definíciója. Zoli ezen munkái nemzetközi téren is jó fogadtatásra találtak. Kollégáival együttműködésben megvizsgálták Petrov D típusú téridők perturbációit a Kasner-téridő példáján keresztül, valamint a specialitási index szerepét a kozmológiai modellek dinamikájának vizsgálatában.

Zoli konzultációi *J. Ehlers* professzorral a Friedmann-univerzumok perturbációinak vizsgálatára ösztönözték. Diplomamunkásával ki is dolgozták por és sugárzás jelenlétében a lineáris perturbációs probléma egyenleteit sík téridő esetén. Ezt a munkát továbbfejlesztette a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás fluktuációinak vizsgálatával.

Zoltánt jól ismerte és becsülte a nemzetközi relativitáselméleti közösség. Az általa szervezett konferenciákra a szakma legjobbjai is eljöttek Magyarországra. Ilyenkor nekünk, tanítványainak is többször volt alkalmunk családja vendégszeretét élvezni, otthonában olyan neves vendégekkel vacsorázhattunk együtt mint Roger Penrose, *Roy Kerr*.

A munkához való viszonya igen becsületos és őszinte volt. Tisztelettel közeledett mindenkihez, aki komolyan dolgozott, függetlenül attól, hogy világhírű kutatóról vagy még csak egyetemi hallgatóról volt-e szó. A közös munkában nagy tudással, igen jó meglátásokkal és gyors gondolkodással vett részt. Tanítványait és társ szerzőit egyúttal barátainak is tekintette. Egyszer elmondta, hogy a társ szerzőkkel közösen írt cikkek számára barátokkal való beszélgetést jelentenek, ezért ezeket jobbnak tartja.

Saját bevallása szerint pályázati munkaterveit úgy írta meg, hogy a majdani beszámoló készítésekor a jövő időt egyszerűen múlt időbe tehesse. Semmi olyat nem ígért meg, amit ne gondolt volna megvalósíthatónak. Nem jól tűrte a dilettantizmust, a törtétezt és a nagyképűséget.

Fodor Gyula, Vasúth Mátyás
Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet
Gergely Árpád László
Szegedi Egyetem