Norman Károly

Relativitáselmélet gyermekeknek
9. fejezet

A téridő tele van nyelvi problémákkal

– Elővettem egy relativitáselméleti tankönyvet. Az effegyenlőemmszerá semmi ahhoz képest.

– Ezt hogy érted?

– Az volt ugye a gondom, hogy nem értelme szerint, hanem tipográfiája szerint ejtettem a második Newton-törvényt. Az a tankönyv effélét nem tett lehetővé. A szerző munkássága a két világháború között teljesedett ki, és otthonosnak találta, ha „megkülönböztetés végett a vektorokat gót betűkkel jelöljük”. Egyáltalán nem a nagynémet identitással van gondom, az bizonyos történelmi események kapcsán amúgy is áthangolódott; de próbáltál te már hangosan felolvasni gót betűs képletet? Amúgy a vektor önmagában is rémületes képződmény, nemhogy gót képrejtvényekkel jelölve. Ráadásul a szerző az előszóban kijelentette, hogy „mindenki ismeri azt a szánalmas hallgatótípust, aki félig értett elméletek ködében bolyong.” Nyilván elragadta a professzori önhittség, amelyet korábban már érintettem.

– Nyelvi nehézségekkel kerültél szembe? Agresszívebb egyedek ilyenkor támadnak, érzem a hangodból, hogy most megint nekem teszel szemrehányást olyasmiért, amiről mit sem tehetek. Ámde fraktúrügyben módomban áll, hogy megnyugtassalak. Én egykor abból a könyvből tanultam, pontosan tudom, melyikre hivatkozol; és szabályosan elmélyedtem a fraktúr, blackletter, óangol, Schwabacher és egyéb betűképekben, fontokat soroló, drága albumot vásároltam, az internet elterjedésével pedig fraktúr betűcsaládokat töltöttem le. Megismerkedtem németalföldi, azután reformációs kultúrfolyamatokkal, a könyvnyomtatás nyitányával, csupa olyasmivel, ami bízvást szoros kapcsolatban állhat a relativitáselmélettel, áthidalva három évszázadot. Éppen azt a fontot ugyan nem találtam meg, amely az általad jelzett könyvben szerepel, de ma már képes vagyok, akár fennhangon is, kiolvasni a képleteket. Ez igenis fontos: ha nem tudom kimondani, hogyan tudnám gondolni? Különben bőven vannak relativitáselméleti tankönyvek, amelyek nem jelölik a vektorokat gót betűkkel. És igen, én is személyes megtámadtatásként éltem meg, hogy a számomra legmisztikusabb fizikaágazat ráadásul gót betűkkel nehezíti az életemet. Jelzem, a görbült térben végrehajtandó kongruens vektoreltolás

során használatos Christoffel-szimbólumokat indexelt nagy görög gammával jelölik, esetenként ugyanabban a képletben.

– A micsodákat, a minek során, a milyen térben?

– Áh, semmi, semmi. Térjünk kicsit vissza ahhoz, hogy te nem hiszel a relativitáselméletben.

– Értem. Ezek a szavak nyilván a hittérítés-módszertan fegyvertárából valók, a Lem Kiberiáda című művében észlelt „kínvallatással egybekötött, hatodfokú meggyőzés" plasztikus fogalmi körében. Amint Torquemada...

– Szabad országban mindenki abban hisz, amiben akar, és abban nem hisz, amiben nem akar. Méghogy Torquemada. Legyen neki lapos a Föld.

– Ha valaki abban hisz, amiben akar, annak nem ellentéte az, hogy abban nem hisz, amiben nem akar. Annak az az ellentéte, hogy abban nem hisz, amiben akar, mármint nem hinni. Ha én nem akarok nem hinni, akkor akarok hinni.

– Kötekedni akarsz? Ha a hitre összpontosítunk, akkor a hit akarása vagy nem akarása a két ellentétes álláspont; ha az akarás szabadságára, akkor a hívés vagy a nemhívés.

– Pont fordítva. Amellett „és". Nem „vagy", hanem „és". A két ellentétes álláspont az akarás és a nemakarás, illetve a hívés és a nemhívés. Szóval nem „akarsz vagy nem akarsz", hanem „hiszel vagy nem hiszel". Szabadság kérdése, hogy ha akarok, hiszek, ha akarok, nem hiszek; illetve hit kérdése, hogy hiszek-e, vagy nem hiszek... Vagyis... Izgalmas kérdéskör a relativitáselmélet által okozott lelkiválságok és a magyar nyelv kettős tagadása között vélelmezhető mély kapcsolat. Amint az is bizonyos, hogy késeltek már kocsmában a relativitáselmélet miatt, és ezt bízvást az előzte meg, hogy emberek olyan szavakat kezdtek használni, mint te az előbb, Christoffel meg kongruens, aztán pedig összevissza kezdtek okoskodni. Mindkettő az elme alkohol okozta, végső összezavarodásának nyilvánvaló jele. Ha akarom, hiszek abban, hogy Einstein ivott, amikor a relativitáselméletet megalkotta. Erre utal különben az is, hogy okoskodásának tengelyében a tér meggörbülése áll. Ennyit arról a finom utalásodról, hogy aki nem hisz a relativitáselméletben, az szerinted laposföldhívő is. Vagy görbe, vagy lapos, nem igaz?! Különben is, mihez képest!?

– „Ma már minden út görbe" – írta Tolkien a Szilmarilokban. Te, figyelj. Szerinted ebben az állapotban tudunk még érdemileg foglalkozni a relativitáselmélettel?

– De még hogy! Most tudunk csak igazán. Az ember így sokkal könnyebben adja föl a gátlásait, amire a relativitáselmélettel szemben láthatólag nagy szükség van. Olvastam, hogy föl kell adni a klasszikus

fogalmakat is. Én immár teljesen készen állok rá. Né, ott a kocsma előtt, a tér is milyen görbe!

– Na jó. Akkor most menjünk ki innen az oxigénben dús, görbült térre, ami kis lépés az emberiség számára, de nagy lépés a mi számunkra.

– ...

– ...

– Erről a padról én addig nem megyek el, amíg a görbült tér nem áll tisztán előttem, még ha napokba telik is. Mégpedig gót betűk, az izé-szimbólumok és egyéb matematikai aljasságok nélkül. Én pontosan tudom, milyen az, amikor valaki, hirtelen elhatározással, végleg fölad valamit; de az nem én vagyok. És nem a sör végett ülök veled együtt már sokadszor, különben is többnyire én fizetem.

Nem föladni. Mit nem föladni, a gátlásokat, a klasszikus fogalmakat; vagy a relativitáselmélet megértését? Ez utóbbit, a fele sem tréfa. A mérnök eltökélt, éber tekintettel várakozott.

10. Fejezet

Görbültség – további fogalmazási gondok

– Szóval meg akarod érteni a görbült teret. Mi a gondod vele?

– Valamikor a filozófiában azt tanították nekünk, hogy a tér az anyagi dolgok együttlétezésének rendje. Görbeségről nem esett szó. Kezdjük az elején. Micsoda görbült, mitől görbült, hogy kellene kiegyenesíteni; rossz nekünk a görbülés vagy jó?

– Hány fok a háromszögben a szögek összege?

– Na ez itten a kulcskérdés. Nem az, hogy hány fok, amire az a válaszom, ha tanár vagy, hogy száznyolcvan; de mert nem vagy tanár, legalábbis most és hozzám képest, azt mondom, hogy hagyjál békén ezzel a marhasággal. Nem először akarom tisztába tenni, mi a nyavalya a térgörbülés, de amikor ezt valakitől megkérdezem, mindjárt nyakon önt ezzel a zűrzavaros bonyodalommal. Eddig azt mondtam, hogy jó, akkor soha nem fogom megérteni, mi görbült és miért; de most azt mondom: anélkül magyarázd el, hogy kikérdezel az elemi euklidészi geometriából.

– Eukleidész.

– Nekem Euklidész. Én már azelőtt is így mondtam, hogy megszülettem volna. Érted, mi a bajom? Nem az, hogy akárhány fokos az akármi, hanem hogy az embert kikérdezik, vizsgáztatják, kiigazítják, és ezt a hatalmaskodást pedagógiának nevezik. Ahelyett, hogy válaszolnának a kérdéseire. Voltak

persze az állami istenek az antik Görögországban, de Szókratészt nem amiatt itatták meg bürökpohárral, hogy szerinte lejárt a garanciájuk, hanem mert kivívta a közutálatot a modorával. Addig bábáskodott, amíg született egy bürökpohár.

– Szókratészt nem...

– Szerintem neked rossz a füled. Tudod, kinek van nagyobb igaza? Nem annak, aki válaszol, hanem annak, aki kérdez. Szóval magyarázd el ízibe', de ne kérdezz vissza.

– A földmérés...

– Állj. Próbálkoztam egy könyvvel. Az is azzal kezdte, hogy képzeljünk el egy földmérőt, aki az Északi Sarkon hogymondják. Én nem tudok elképzelni egy földmérőt. Nem akarok elképzelni egy földmérőt az Északi Sarkon. Az Északi Sarkon hamarosan elolvad a jég, miáltal kiderül, hogy tenger borítja, és a földmérők elmerülnek.

– Érdekes, most ébredtem rá, hogy amióta a relativitáselmélettel küszködünk, benned fortyog a düh, de többnyire jólnevelten titkoltad. Miért? Mit vétett neked Einstein?

– Semmi bajom a relativitáselmélettel, azon kívül, hogy nem értem. Nekem azzal van bajom, hogy „ahogy Einstein is megmondta”. A világ azért olyan pocsék, amilyen, mert a lakossága kénytelen visszafojtani a dühét, amit a pedagógiának nevezett agresszió kényszerű elviselése keltett benne. „Kés, villa, olló gyerek kezébe nem való.” Miért nem? „Mert megvágja magát vele.” Nem vágja. És ha megvágja, akkor mi van? Legföljebb elpusztul, és soha nem fogja megérteni a relativitáselméletet. A Föld kihalt, mert a gyerekek kést, villát és ollót fogtak. A Föld nem halt ki, mert a homo sapiens kihalt, mivel a gyerekek kést, villát és ollót fogtak, és ezáltal a többi élőlény meg tudott maradni.

– Tényleg földmérés. De ne elképzeld, hanem most elmondom. Van halvány köze a relativitáselméletnek a földméréshez.

– És mindenképp kell?

– Nem mert kényszer, hanem mert ténykérdés. Béke legyen, mert nem magyarázok, hanem itt hagylak, és mivel azt mondtad, addig innen el nem mész, amíg a görbült teret meg nem érted, pár hónap után letartóztat a Nemzeti Egyetértés Rendszerének a rendőrsége, mivel életvitelszerűen közterületen tartózkodsz. Választhatsz, vagy én, vagy a rendőrség.

– Mint a közoktatás! Itthon vagyunk! Szóval földmérés??

– Földmérés. Igazi. Birtokhatárokat kell kijelölni. Sok fegyveres ügyviteli vita lenne, ha úgy tűznék ki, ahogy az ökör...

– Csitt, ott közelít egy rendőrnő.

– ... hugyozik. Ezért szokásosan sarokpontokat tűznek ki, és ezek között madzagokat feszítenek ki. A műszaki eljárás illeszkedik a telekkönyvezéshez és a kerítésépítéshez.

– Lézermadzagokat.

– Igen. De nem azért, mert azt akarják, hogy ezek egyenesek legyenek. Ha nem volnának hegyek-völgyek, nagy területeknél az egyenessel akkor is baj lenne, mert a Föld gömbölyű. Az eljárás két sarokpont közt a legrövidebb út megkeresése, mert pontos és ismételhető kimérésre van szükség. Az emberi tényezőtől most tekintsünk el: én a lakhelyemen 15 évente kapok egy ügyvédtől pimasz levelet, meg a szomszédaim is, hogy ne birtokoljam el az állami területet. Ennek az oka a múlt század harmincas éveiben hibásan végrehajtott kimérés, az ügyvéd és az általa képviselt parkerdőgazdaság szerint a telkem, sőt az egész falu határa a konyhám közepén húzódik. Ha azzal jövök, hogy jogszerűen vásároltam ennyi meg ennyi négyszögölnyi telket, és ha én tolódom, akkor tolódnia kell az utcának, aztán házak sorával az egész falunak, és ez így megy az Atlanti-óceánig, válaszra sem méltatnak.

– Még szerencse, hogy a relativitáselmélettől mi sem áll távolabb, mint az emberi tényező.

– Az egykori Hannoveri Királyság a térképi nyilvántartását csatolni akarta egy átfogóbb térképészeti rendszerhez, ezért kellett felmérnie a területét, de az nagyon hegyes-völgyes volt. Gausst, a híres matematikust kérték fel a munkára. A terület mint felület két dimenziós. Egy sík is két dimenziós, a területek viszont általában bonyolultabbak. Közeli pontok közötti pici távolságdarabokból kell összerakni a felméréskor. Ezek egymáshoz képest girbegurbák, bár amikor akkorák, mint egy baktérium, szinte egyenesnek vehetők. Nem most beszéljük meg azt a matematikai ágat, amely óriási lökést kapott Gauss eme munkája által, csak jelzem, hogy ez a tenzoranalízis.

– Hhhhhrrr...

– Nyugalom. Azt, hogy a hegyek-völgyek görbe felületet alkotnak, mindenki látja, aki nem két, hanem három dimenzióban él. Amikor a görbeség mértékét meg akarják határozni, az a szokás, hogy kört illesztenek a görbeséghez, mennél kisebb az illeszkedő kör, annál görbébb a felület. Sokféleképpen illeszthető adott ponton egy felülethez kör, mert még akkor is, ha az adott pontba merőlegest állítunk, és az illesztgetett körök átmérője ez az egyenes, és ekörül forgatjuk a körök síkját, akkor is más-más lesz az éppen illeszkedő körök mérete.

– Itt van ez a sörösdoboz. Görbe felület. Mutasd.

– Ha ide, az oldalába beleszúrnám ezt a szöget...

– Héé!

– Szóval ha, akkor a szöghöz ragasztott papírlap keresztirányban metszené a dobozt, tehát az illeszkedő kör éppen a doboz metszete, a középpontja a sör kellős közepén van. Hosszirányban mekkora az illeszkedő kör átmérője?

– Értem. Keresztirányban olyan hat és fél centi, hosszirányban pedig, mint a világegyetem, sőt még az is kevés.

– Igen. Ha srégen vágom a dobozt, akkor valahol e kettő között lennének a körátmérők. Nyilván a legkisebb és a legnagyobb jellemzi jól a görbültséget, pontosabban a körsugarak reciproka. Ezeket nevezik főgörbületeknek. Annál görbébb, mennél nagyobb ez a reciprok. Hosszirányban nulla, azaz a doboz nem görbe; keresztirányban pedig a harminchárom egész egy tized milliméter reciproka, vagyis „egy per milliméterben" kifejezve három század. Gauss „teljes görbületnek" nevezte a két főgörbület szorzatát.

– Ami a sörösdoboz esetében nulla, lévén az egyik főgörbület nulla. Kimondhatjuk tehát, hogy a sörösdoboz, és benne az általa megszabott alakban elrendezett sör határának teljes görbülete nulla. Mindig mondtam, a sör a legegyenesebb út.

– Ez nem ezt jelenti. A Föld mennyire görbe?

– Mivel a sugara hatezer kilométer, viszont bárhol függőlegest állítunk, veszünk egy síkot és ezen, mint tengelyen forgatva félbevágjuk vele a földgömböt, mint zöldséges a görögdinnyét; de bárhogy áll a sík, mindenhogy hatezer kilométer a görbületi sugár, amelynek reciproka ennyi meg ennyi, azt négyzetre emelve annyi meg annyi... Szóval kicsi, de nem nulla, rendben. Mi ebből a tanulság?

– Az, hogy a sörösdobozra rátekerheted a kockás papírt, ugyanúgy mérhetsz távolságokat, és rajzolhatsz háromszögeket rá, mint amikor még ki volt terítve. A földgömbre nem, csak ha nagyon kicsi a telek. Hogy úgy mondjam, a Föld gömbölyű felületére kifeszített madzagokkal határolt háromszögek szögeinek összege nem száznyolcvan fok, hanem több. A Föld felületét nem terítheted ki síkba, márpedig minden térkép sík. Így vagy úgy, de torzítani fog. Erre vannak mindenféle térképészeti receptek, de azért idegesítő, amikor az Északi Sark egy vízszintes vonal egy albumlap tetején, a Déli pedig az alján. Ha a Hannoveri Királyság sík lett volna, vagy akár hengeres hegyekkel borítva, nem kellett volna térképkészítéssel megbízni, drága pénzért, a kor legnagyobb matematikusát. Kicsit talán késett volna az általános relativitáselmélet.

– Még nem látom az összefüggést.

– Igen, a relativitáselmélet azért ennél összetettebb kérdés, de haladunk. Annyi látszik, hogy ha felületen távolságokat akarok mérni, döntő a „teljes

görbület”: ha nulla, könnyű az élet; ha nem, ahhoz jóval több mérés és számolás kell. Hogyan lehet megállapítani a teljes görbületet?

– Te mondtad. Merőlegest döfünk a felületbe, ami által mindenképpen kilépünk a kétdimenziós felületből három dimenzióba. Az űrből a laposföldhívő is láthatja, hogy gömbölyű a Föld. A merőlegeshez síkot illeszteni, elvágni vele a felületet, a merőleges, mint tengely körül forgatva megkeresni a legkisebb és legnagyobb illeszkedő kört, venni a sugaruk reciprokát, a kettőt összeszorozni, és boldogan hátradőlve várni az ápolókat.

– Egész pontosan. Gauss azonban nem emelkedhetett volna a Hannoveri Királyság minden egyes pontjában magasba, egy pózna tetejére.

– Földhözragadt személyiség lehetett. Gondolom, kiszámolta, mi lenne, ha megtehetné.

– Igen. És mit gondolsz, miből tud ilyesmit kiszámolni?

– Fogja a mérőszalagot és jár pontról pontra. Vagy földmérőseregeket kommandíroz evégből. Aztán az adatokból. Ha az ilyesmi egyáltalán lehetséges. Mert én fognék egy drónt, fölszerelném magasságmérővel, és az pompásan kezelné a három dimenziót. Aztán ebből megszerkeszteném a térképet, és a hannoveri király minden földrajzi kérdésére tudnék válaszolni.

– És szerinted ehelyett elegendő lehet magán a felületen méregetni és számolgatni? Merthogy Gaussnak még nem volt drónja.

– Már megint kérdezel. Mit tudom én. Gauss mit mondana?

– Azt, hogy "Theorema egregium."

– Kézenfekvő. Tehát?

– Most erősen koncentrálj, ami lehetséges, mert a dobozod még teli van. Gauss annyira megörült annak, hogy be tudta bizonyítani: igenis, csupán a felületen végzett mérésekből kiszámítható a „teljes görbület”, nem kell kilépni magasabb dimenziókba, mint Vitruvius építészeti szakíró szerint Archimédesz annak, hogy megértette, miért tudnak úszni a hajók. A „Theorema egregium” „Rendkívüli tétel”, ahogy a lelkesedésében elnevezte. A teljes görbület nem függ attól, hogyan feszítünk hálót a felületre a felméréséhez, csakis a felület saját jellemzője. Méricskéléssel megállapítható, mekkora tényleg a háromszögek szögeinek összege. Ugyebár nem kétséges, hogy efféle kérdések a csillagászat, a fizika, az űrhajózás világában kulcsfontosságúak: hogyan lehet korrekten távolságokat mérni, űrhajó-pályákat kiszámítani, méghozzá pontosan és nagyon gyorsan, millió dollárokról, rubelekről, jenekről, jüanokról és eurókról van szó. Semmi gond: fogod a fényt, vonalzónak veszed, méred a távolságokat meg a háromszögeket, és számolsz. Drónkérdések nem merülnek fel. A három, sőt az időt is belevéve négy dimenzióból ugyanúgy nem tudunk mérési célból

kilépni, ahogy Gauss sem tudott repdesni. Ebben a világban, belülről is, ki lehet mérni, hogy milyen a geometria.

– Ha a háromszögek összege nem mindenütt száznyolcvan fok, akkor a tér görbült?

– Nem: akkor a tér görbe, ahhoz képest, ahogyan az egyenest értjük.

– Node ha valami görbe, akkor egyenes volt vagy lehetne, de valami meggörbíti.

– Lehetne?!

– Lehetne, igenis, ha az, ami meggörbíti, nem lenne benne.

– De benne van.

– Ha kivennénk, ott maradna a tér, egyenesen.

– Hogy vennénk ki? Hova tennénk? Micsoda a tér?

– Nemde még odabent, a kocsmában, idéztem neked, amit a filozófiában mondtak nekünk. Hogy a térbeliség a dolgok együttlétezésének a rendje.

– Hát ez az. Ha kiveszed a dolgokat, akkor ezzel kiveszed a térbeliségüket is, hiszen az az egyik legszorosabb tartozékuk. Nincsen olyan a valóságban, hogy tér, dolgok nélkül.

– De a rohadt életbe!

Azzal a mérnök felbontotta a dobozt, és higgadt dühvel kicsorgatta a sóderba az egész sört.

– Mi ez itt!?

– Egy üres doboz. Benne volt a jó sör, és te kifolyattad az egészet. Miért tetted ezt?

– Hogy lássák mind, akiknek szemeik vagynak: vagynak az edények, amelyekben a dolgok vagynak, és ha kivesszük a dolgokat, maradnak az edények. Ezt láthatják mindenek, akiknek szemeik vagynak.

– Mi volt a doboz, amíg benne volt a sör?

– A sör doboza volt, mert a Sors erre rendelte.

– Helyes. Most is a sör doboza?

– Nem, mert nincs benne sör. Most szemét, minimális visszaválthatósággal.

– Tud lenni sörösdoboz, amelyben nincsen sör? Pláne, ha kivétel nélkül minden tulajdonságát a sör szabja meg?

– Öööö, lehet valami más, ha kiveszem belőle a sört. Szerinted hova vezet ez a szőrszálhasogató szofisztika?

– Nyugalom, a lényegnél vagyunk. Minthogy tér a dolgok együttlétezésének a rendje, olyan, amilyen ez a rend, és semmilyen más, ezért a dolgok nélkül egyszerűen nincsen. El lehet gondolni mindenfélét, az elvontságban. De nem lehet úgy mérni a cipőm távolságát, hogy a mérőszalag másik felét az elvontsághoz madzagolom. A cipőm távolságát

sok mindentől mérhetem, most például ehhez a sörtócsához itt, de az mind-mind teljesen anyagi dolog, semmi elvontság. A dolgok nélkül akkor sincs tér, ha a sör lehet doboz nélkül, és a doboz lehet sör nélkül. Ezt az utóbbit annyira megszoktuk, mint Newton azt, hogy színészek színpadon játszanak, amely akkor is ott marad, ha kimennek belőle, amikoris a színpad üres. Pedig a tér olyan színpad, amely egészen a színészek által van meghatározva, és ha odébb mennek, megy velük.

– Nem az történik, hogy ha kiveszem az anyagot, akkor marad az üres, euklidészi tér?

– Eukleidész. Nem az történik. Nem tudom kivenni az anyagot úgy, hogy ott maradjon az, amit egészen megszab, tulajdonságostul, mérési módszertől is függően ugyan, de minden adatával, távolságával, egyenességével vagy görbeségével együtt. Nem tudom máshova tenni az anyagot, mert ahova teszem, ott lesz a tér, amely az övé egészen.

– Nincsen vákuum?

– Ezen mit értesz?

– Olyan helyet, ahol nincsen semmi.

– Csak a hely magában?

– Igen.

– Nincsen. El lehet gondolni, de mindenfélét el lehet gondolni, a hat fejű, fehér elefántot is. Attól még nem lesz. Elgondolhatok euklidészi geometriát is, de már azt, hogy a geometria tényleg miféle, meg kell mérni, és belülről is meg lehet mérni, nem kell kimenni valahova az elvontságba vagy a többedik dimenzióba ehhez. Ahonnan esetleg olyasmit láthatnánk, hogy né, üres, euklidészi tér, tegyünk bele anyagot, attól majd felpöndörödik-kunkorodik. Ahogy te, aki így, kívülről szemléled a sörösdobozt, amely üres, mert kifolyt belőle a sör, és most, minden világot meghatározó minőségével együtt, ott csörgedezik.

– Szóval nincs tér. Na ugye, hogy Euklidész.

– De van, a dolgokkal együtt, amelyeknek az együttes létezésükhöz tartozó viszonyai. Azon kívül is van persze, mint tiszta költészet.

– Na ugye, hogy van görbült sörösdoboz sör nélkül is – azzal a mérnök elkeseredetten összegyűrte. Effélével jár, amikor az embernek föl kell adnia a hagyományos fogalmait.