Norman Károly

Relativitáselmélet gyermekeknek

19. fejezet

Kocsmáros és Lorentz-kontrakció

– Bocsánat, uraim. Itt vagyok. Elvira!

– Hozom, főnök!

– Ön kételkedő, vitatkozó típus?

– Milyen más lehetőség van?

– Úgy értem: előbb befogad valamit, aztán kezd ellenkezni vele, vagy fordítva?

– Értem. Csak akkor tudom kihányni, ha előbb megettem. Szerintem általában így van, különben már éhenhalt volna az emberiség.

– Érdekes elmélet, bár el lehet rajta tűnődni. Az a feltevés is mögötte áll, hogy több dolog ehető, mint amennyi mérgező.

– Ha volt már, aki megette a relativitáselméletet, és élve maradt, talán én is megeszem, ha látom ezt. Azért vagyunk többen a Földön, mert többen vagyunk a Földön.

Fog menni a tautológia a kocsmárosnak.

– Szép és gyakorlatias gondolat. De nem mindenki egyforma.

– Úgy érti, hogy egyesek megehetnek valamit, ami másoknak mérgező? Uraim, most nem vagyok civakodós hangulatban, hogy ezért a feltevésért mindjárt elégtételt vegyek; ezért csak közlöm, hogy szerintem is a pudding próbája a megevés. Én vállalkozó vagyok.

– Nem rossz, hogy a kutatók általában... Einstein mint vállalkozó. Rendben.

– Fél órám van. Ha ezalatt megtudok valamit a relativitás-elméletről, majd kihányom, ha mérgező.

– Akadnak, akik szerint lapos a Föld, és minden körülötte kering. Az effélék nemhogy kihalnának, de néha megégetik azokat, akik szerint nem így van.

– Szerintem nem lapos a Föld, de gyorsítsunk.

– A közepében vagyunk, főúr kedves. Kopernikusz sokáig nem merte megjelentetni azt a művét, amelyben – különben egy régi görög csillagász nézeteire is támaszkodva – kijelentette, hogy a bolygók a Nap körül keringenek, és a Föld is csak egy bolygó, nem pedig a világ közepe, mert félt a nevetségességtől. Ma azt szokás gondolni, hogy a Katolikus Egyház üldözésétől félt, de az ideológiai szigor ez ügyben csak később,

Galilei idején élesedett ki. Akkor tették Kopernikusz könyvét is indexre. Pedig, a távcsőnek köszönhetően, Galilei már konkrét megfigyelésekkel tudta bizonyítani, hogy égitestek más égitestek körül is keringenek, nem csak a Föld körül.

– Tudom, a Jupiter holdjai.

– Az elsőnek megfigyelt négy, amelyek kis távcsőben is jól láthatók, köztük az Ió. Ma már több mint hatvanról tudunk.

– Én nem tudok.

– Most már tud. Ha Einstein tud a relativitásról, akkor a maga nevében is tud. Akadékoskodni akar, vagy a relativitáselméletet először is megenni?

– A relativitáselmélet a huszadik század elején... Miért kell Galileivel és az Ióval, pláne az ógörög...

– A Naprendszer nagyjából sík, ezért jól megfigyelhető a Galilei-holdak fogyatkozása, azaz amikor innen nézve eltűnnek a Jupiter mögött, majd megint előbukkannak. Az Ió a négy közül a legbelső, 17 kilométert tesz meg másodpercenként, nem egész két nap alatt körbejárja a Jupitert. Minden két keringése egyforma ideig tart, nem változnak a körülmények, amelyek megszabják. Römer dán csillagász, meg a Cassini nevű párizsi kollégája, időtáblázatot készítettek több hónapon át, és a szabályoshoz képest elcsúsztak az eltűnési időpontok. Arra jutottak, hogy a Jupiter és a Föld távolsága változik, ahogy a Nap körül keringenek, és a fogyatkozásokról hírt adó fény véges sebességgel halad. A pár hónap alatti, több tíz perces eltéréseket nem lehetett az órákra fogni, akkoriban már voltak olyan órák, amelyek naponta legföljebb 10 másodpercnyit tértek el. Römer ebből ki is számolta a fénysebességet, nagyságrendileg jól.

– Rendben, a fénysebesség véges.

– A helyzet rosszabb. Bármelyik tehetetlenségi rendszerből nézzük, szám szerint ugyanakkora. Nem lehet a tehetetlenségi rendszerek között azzal különbséget tenni, hogy megmérjük benne a fénysebességet.

– Mi a tehetetlenségi rendszer?

– Olyan vonatkoztatási rendszer, vagyis amelyhez képest a helyeket, a helyzeteket, a sebességeket, az időpontokat mérjük, amelyben a semmi mással kapcsolatba nem kerülő test megőrzi a sebességét. Ez Newton első meghatározása. Első törvénynek vagy a tehetetlenség törvényének is mondják, ha így fogalmazunk: tehetetlenségi rendszerben a szabad testek megőrzik a sebességüket. Ezek egyenértékűek, csak egymáshoz képest lehet különbséget megadni köztük, a viszonylagos,

egyenes vonalú, egyenletes sebességükkel. Ez eddig a Galilei-féle relativitáselmélet.

– Jó. Veszek egy lézeres távolságmérőt, és a fénye fénysebességű. Aztán vonatra szállok vele, és ott is ugyanakkora. A feleségem otthon is a feleségem, meg a vonaton is.

– És mit gondol, ha maga meg a neje a vonaton utazik, és valaki a peronról nézi, láthatja úgy, hogy a hölgy nem a maga neje?

– Majd jól pofán vágom, ha megáll a vonat, miáltal közös vonatozási rendszerben leszünk. Még van húsz percem.

Közös vonatozási rendszer, ez igen! A kocsmáros szent borzadály helyett vígan fogadja a relativitáselméletet. A tudományban való haladás üzemanyaga a kiegyensúlyozott érzelmi viszonyulás. Szerencsére érettségije sincs; ezzel szemben a szabvány pedagógia mint harcászati szakterület rendszerint csöndes rémületet telepít a polgári tömegek idegrendszerébe. Néha előnyös ezt megúszni.

– Aztán mi lesz?

– Záróra. Gyorsítsunk.

– Rendben. Nem szórakozni akartam a családi életével. Nemcsak akkor ugyanannyi a lézeres távmérő fénye, ha lent van a peronon, és ott méri; meg ha fölszáll vele a vonatra, és ott méri; hanem akkor is, ha fölszáll vele, és valaki a peronról méri; vagy lent hagyja a peronon, és a vonatról méri. Ugyanannak a fénynek a sebessége bármelyik tehetetlenségi rendszerből mérve ugyanakkora.

– Mit mérek?

– Távolságot, villanástól villanásig, és időkülönbséget hozzá, mindezt a vonatkoztatási rendszeremben. A fénysebesség az első elosztva a másodikkal, mint minden sebesség.

– És ez ugyanakkora mindenhonnan nézve.

– Igen.

– Akkor is, ha fölfele villantok a vonatban, és kívülről nézi valaki.

– Valakik. A vonat odébbmegy, több ember kell a peronon, egyeztetett órákkal.

– Részletkérdés. Ámde akkor a fény kívülről nézve hosszabb úton megy ugyanazzal a sebességgel, ami csak úgy lehetséges, ha a külső órákon több idő is telik el.

– Pontosan.

– Ha meg hosszirányban villantok a vonatban, és kívülről úgy látják, hogy belül lassabban járnak az órák, akkor kívülről azt is látni kell, hogy összezsugorodott a vonat, különben nem lesz ugyanakkora a hányados.

– A büdös életbe.
– Mi a gond? Elvira!

20. fejezet

Az arlingtoni cowboy

– Csak szóljanak nyugodtan, ha elfogyott és nem veszem észre; azért nem kell gorombáskodni. Mennyivel látszik rövidebbnek egy villamos kívülről nézve, menetközben?

A mérnök zsebszámológépet vett elő, és szorgalmas számolgatásba fogott.

– Hááát... Ugye, egy Combino ötvennégy méter hosszú, menjen harminchat kilométerrel óránként, akkor... szóval négyzetgyök egy mínusz vénégyzet per cénégyzetszer az ötvennégy kivonva az ötvennégyből... az annyi, mint tíz a mínusz tizenegyediken milliméter... vagyis...

– Vagyis?

– Ugye... egy atom körülbelül egy tízmilliomod milliméter átmérőjű, és ez annak az egy tízezred része.

– Aha, egy ötvennégy méter hosszú villamos és városi csúcssebesség esetében. Akkor talán ezért nem tűnt fel eddig.

– Nade…

– Drága uraim. Én készséggel elhiszem, hogy a fénysebesség minden tehetetlenségi rendszerből nézve ugyanannyinak látszik, miáltal kívülről nézve késnek az órák, és menetirányban összemennek a hosszúságok; úgy néz ki, olcsóbban megúszom, mint ha azt hiszem el, hogy Jézus a vízen gyalogolt. Viszont kérdéseim vannak. Az egyik: ezt meg is mérte már valaki? A másik: mit mondok egy vendégnek, aki a söréhez relativitáselméletet is szeretne? Vegyen elő egy atomot és egy collstockot?

Ajjaj.

– Ahogy itt körülnézek, noha közel a záróra, az emberek manapság mégsem közömbösek a relativitáselmélet iránt. Van rá tippje, hogy miért?

– Megvezette őket a modern reklámtechnika. Négymillió évig megvoltak nélküle. Tudok más ilyet is.

– Szóval azt simán elhiszi, amit a relativitáselmélet állít, csak azt nem tudja, hogy mi köze volna hozzá.

– Akár le is mondana a relativitáselméletről?

– Kedves főnök úr. Nyugodjon bele, hogy ön nem tudományideológus, hanem csak kiaknázza a bulvársajtó tudományos rovata által is fölkeltett közérdeklődést, ráadásul színvonalasan, mivel kijelentette, hogy hajlandó meg is érteni. Önnek ez a köze a relativitáselmélethez, másnak pedig az, hogy űrhajópályákat számol; mindenkinek más.

– Egyetlen mondattal elmagyarázta nekem a Lorentz-kontrakciót, amin órák óta kétségbeesetten töprengtem.

– Mit csináltam én!?

– Hagyjuk. Mondd el neki a Michelson–Morley kísérletet.

– Hogy megmérték-e a fénysebesség vonatkoztatásirendszer-függetlenségét? Azt gondolták, a fény valamilyen közeg rezgése; ha a Föld ehhez képest mozog, akkor meg lehet vizsgálni a fénysebességet mozgásirányban és arra merőlegesen. Aztán ezt össze lehet mérni úgy, hogy egy fényt ilyen két útra bontanak, majd színképelemzőben egyesítik, és ha van különbség, a két irány fölcserélésekor a színképvonalképben mutatkozik eltolódás. Ez volt a kísérlet. De semmilyen eltolódás nem volt látható. Ez azt jelenti, hogy nincsen ilyen közeg, a fény nem valaminek a rezgése, hanem rezgés önmagában, és a terjedését pontosan írja le a Maxwell-féle elektromágnesség-elmélet. Aszerint pedig a fény bármelyik tehetetlenségi vonatkoztatási rendszerben, bármely irányba ugyanakkora sebességgel halad.

– Jön a vendég, Elvira tüzesen ránéz, és azt mondja neki, hogy Michelson–Morley?

– Nem a mi dolgunk a...

– Nyugalom. Most én jövök. Elvira!

– De főnök úr, már csak öt perc...

– Villámgyorsan három korsót! És zárjon nyugodtan. Állok a peronon. Az tehetetlenségi rendszer?

– Igen.

– A robogó vonat is?

– Igen.

– A lézeres távmérő fénye kívülről is fénysebesség. Vagyis ha összeadom a fénysebességet és a vonat sebességét, akkor is fénysebességet kapok.

– Igen.

– Mielőtt kir... otthagytam a szakközepet, voltak különféle tanügyi gondok.

– Matematika?

– Azzal sose. De volt például történelemből, a magyar államalapítással.

– Csakugyan?

– A tanár úr nem méltányolt. Elmondta, milyen volt a betelepülés idején a magyaros harcmodor, miszerint dicsőségesen megtámadtunk kolostorokat, amit a nyugatiak máshogy értékeltek. És hogy menekülést színleltünk, majd lóhátról hátrafelé nyilaztunk az üldözőkre. Kifejtettem, hogy azok megálltak, minek fussanak szembe a nyilakkal, és elkapdosták, mert kivonódott a lósebesség, ezért egy idő múlva elfogytak a nyilak, le kellett telepedni. A történelemtanár ordított, hogy én nem érzem át. Ezt még megúsztam, de aztán jöttek újabb korok is.

– A történelem tárgyilagos tudomány, a fizikához képest.

– Van Texasban, Arlingtonban egy nagy körhinta. Ez még közel volt a nyílügyhöz, darabig mosogattam arrafelé. Azon tűnődtem, hogy ha egy cowboy stukkerral lövöldöz róla, amikor a forgásban közeledik, mélyebb sebet üt, mint amikor távolodik, mert gyorsabb a lövedék.

– Őrajta is ki lehet próbálni. Erre való a rendőrség. Nagy dolog a relativitás.

– Szóval az Ió egy nagy körhinta, jön róla a fény, maguk azt mondják, hogy Römer a fogyatkozását figyelte hónapokon át a fénysebesség megméréséhez. Miért nem nézte meg, hogy egyetlen keringéskor mi a helyzet? Két nap alatt megússza. Nemcsak amiatt látszik máskor lenni valahol, mint kellene, mert közben odébb megy a Föld a Jupiterhez képest. Keringés közben is hol közelebb, hol távolabb van. És ezt még meg is cifrázza, ha a közeledő oldali szélső helyzetről hamarabb ér ide a fénye, a távolodóról meg késve, mert a közeledés-oldalon hozzáadódik a fénysebességhez a pályamenti sebessége, távolodáskor meg kivonódik.

– Azért mindezt este, a harmadik korsó után, átgondolni…

A mérnök csüggedten előhúzza a zsebszámológépét, és tétován nyomkodni kezdi. A kocsmáros szája a füléig húzódik.

– Segítek, ha kell. Nekem zárórakor is kell számolgatnom.

– A Jupiter túlfeléről, a fogyatkozáskor induló fényhez képest a legközelebbi helyzetből induló fény három másodperccel hamarabb ér ide, mert az Ió pályaátmérője majdnem egymillió kilométer.

– Akkor a szélső helyzetek másfél másodperccel térnek el. Tart a menet fogyatkozástól fogyatkozásig, ha az Ión vagyok, négy egyforma negyedre oszlik: távoli, közeledő oldalsó, közeli, távolodó oldalsó helyzet, és megint elölről. Két napos a keringés, ez tehát durván négyszer tizenkét óra lenne, az Ión. Legyen az egyszerűség kedvéért

pont ennyi. Innen nézve viszont az első negyed másfél másodpercet siet, az Ió-a-Jupiter-előtt hármat, a harmadik negyed visszakésik másfelet, a fogyatkozásra meg visszaáll a pontos, egypályányi idő. Tizenkét-tizenkét órák helyett tizenegy óra ötvenkilenc perc ötvennyolc-felet mérek, aztán megint; utána tizenkét óra nulla perc másfelet, végül megint. Ha nem tudnám, hogy mindez csak látszat, azt hinném, hogy a világ egy búgócsiga, és búgatáskor gyorsabb.

– Öööö, vagyis öööö.

– Igen, éppen az a kérdés, hogyan kell valamit mérni ahhoz, hogy például ami egyenletes, az egyenletesnek is látszódjon. A tudomány erről szól.

– Szóval ha a pályamenti mozgás kör, annak a látóirányú vetülete színuszos időfüggés, a sebesség látóirányú komponense ugyanúgy, deriválni kell a...

– Amikor legutóbb ilyeneket mondott egy kocsmában, azt hogy úszta meg?

– Persze ha csak közelítőleg, ha csak pár jellemző pontban, már hozzánk képest, ugye...

– Jó. És mit számítana, ha az Ió sebessége közeledéskor hozzáadódna, távolodáskor kivonódna a fény sebességéből, és a fény azzal tenné meg a köztünk lévő távolságot? Mert ha jól értem, épp ez nincsen.

– Pillanat... Ekkora távolságon ez az első negyednél további majdnem két tizedmásodperc sietést, a távolodáskor viszont ugyanannyi késést adna. Nem sok, de egy mai stopperrel is simán ki lehetne mérni. Időben nem pont a saját félidejük közepére esnének az oldalsó helyzetek, hanem ellenkező irányba eltolódnának. Nahát, hogy ez eddig...

– Egyszerűen videóra kell venni egy keringést egy jobb távcsövön át webkamerával, és képkockánként végiglépkedni rajta. Bármelyik, pár ezer forintos webkamera másodpercenként 30 képkockát vesz fel, és a legelterjedtebb, ingyenes videolejátszó programmal is lehet akár kockánként is léptetni.

– Szóval semmi Michelson, semmi Morley, bárki a laptopjával ellenőrizheti, hogy a fénysebességhez hiába ad hozzá és von ki bármennyit, az csak fénysebesség marad?

– Szerintem én vagyok az idősebb. Szervusz.