Norman Károly

Relativitáselmélet gyerekeknek
5. fejezet

Newtoni mechanika és az első elakadás

Elméleti fizika az, amikor nem megmérek valamit, hanem kiszámolok. Legyen a probléma a testek mozgása. Legyen ez a test a lehető legegyszerűbb, olyan kicsi, hogy ne kelljen sem az alakjával-kiterjedésével, sem a helyzetével vagy forgásaival foglalkozni. Az ilyen test a matematikai „ponthoz" hasonló, de valami tényleges: légpuskasörét, apró csapágygolyó; vagy eléggé távolról szemlélt bolygó, civilizációstul. A tényleges dolgoknak vannak még tulajdonságaik a helyükön kívül, elsőre ezekkel nem törődünk, csak annyit mondunk: „anyagi pont". Az első feladat egy anyagi pont helyének és mozgásainak olyan leírása, amely alkalmas a helyük előrejelzésére.

Ehhez mindenekelőtt vonatkoztatási rendszer kell, és mérési utasítás: hogyan kell mérni a helyeket, és ezekhez kapcsolni időpontokat. Ugyanis ennek hiányában már a helynek sincs semmi értelme, nemhogy a sebességnek, mozgáspályának. Az is világos, hogy - lévén anyagi pontról szó -, tényleges mérésre van szükség, a mérési módot jelképező mérőrúddal, tényleges anyagi testekhez képest. Ahogy mondani szokták ilyenkor: lámpa lóg a mennyezetről, a szoba sarkától előre két méterre, oldalvást másfél méterre, fölfelé két méterre. Három adat, egy helyhez. Jön a labda, a helye előre két méter, oldalvást másfél, fölfelé kettő. Ajjaj, sőt ez már az előzetes adatokból is előre látható.

Első elakadás

Megy a busz az úttesten harminc kilométerrel óránként. Megyek mellette biciklivel. Mekkora a sebessége hozzám viszonyítva? Nulla, mondja a mérnök, de persze ez csak a látszat, valójában mindenki tudja, hogy a busz harminccal megy. De - mondom -, ha állok előtte az úttesten, tényleg nekem jön harminccal, ha viszont megyek előtte a biciklimmel szintén harminccal, az számomra teljesen olyan, mintha állnék ugyan előtte, de a busz sebessége nulla volna, vagyis állna ő is. Tehát az én összes szempontjaimból teljesen ésszerű a hozzám viszonyított sebességet legálisan nullának venni, ráadásul ezt meg is mérhetem úgy, ahogy a sebességeket kell: megmérem, mekkora

távolságot tesz meg, és azt elosztom azzal az időközzel, amely alatt megteszi. Márpedig ha a távolságát magamhoz mérem, akkor - minthogy az mit sem változik, mert egyforma sebességgel haladunk -, akkor a megtett távolsága nulla, és azt akármennyi idővel osztom is el, nullát kapok. Tehát hozzám viszonyítva a busz sebessége nulla.

Az ugyan nem, mondja a mérnök, persze így a busz nem tud elütni, mert elszaladok ez elől, ámde mindenki tudja, hogy a busz valójában harminccal megy, a BKV-központból is látják GPS által, és mutatja a busz sebességmérője is.

Erre én azt mondom, hogy a busz sebessége valójában nem óránként harminc kilométer, hanem másodpercenként, mert a Földdel együtt kering a Nap körül, és a Föld másodpercenként tesz meg harminc kilométert. Jó-jó, a közeli „állócsillagokhoz" rögzített vonatkoztatási rendszerben, de akkor is. Ezen a ponton a mérnök dühbe gurul, mert ez szerinte mellébeszélés, a busz harminccal megy óránként és kész, erről a kérdésről a továbbiakban nem vitázik, haladjunk tovább a relativitáselmélet felé. Nem adom fel, már az állócsillagokat is fondorlatos céljaim szerint vettem elő.

Vegyünk - mondom - egy evezős pályát. A rajtnál sorakoznak a versenyhajók, nincsenek kikötve, mégis állnak. Newton első törvénye szerint minden test megőrzi a nyugalmi állapotát (is), amíg külső hatás nem éri. A jobb tankönyvekben ugyan utalnak rá, hogy nem akármihez képest, hanem (innen apró betűs, lehet átugrani) a „tehetetlenségi vonatkoztatási rendszerhez" képest. Ezt az I. Newton-törvényt helyesen így kell kimondani: „minden test megőrzi ... nyugalmi állapotát a tehetetlenségi vonatkoztatási rendszerhez képest, amíg külső hatás nem éri." Kérdezem, hogy akkor a versenypálya megfelel-e a tehetetlenségi vonatkoztatási rendszernek. Öööö - mondja a mérnök - jó, egyelőre legyen, mit akarok ezzel? Mondom neki, vegyük a Nap utáni első csillagot, a Proxima Centaurit, amely négy fényévnyi távolságra van. Jó, vegyük. Ez a csillag - mondom - az evezős pályát naponta egyszer megkerüli. Ha négy fényévnyire van tőlünk, akkor két píszer négy fényév az nagyjából 24 fényév, ekkora távolságot tesz meg 24 óra alatt a körén, körülöttünk. Egy fényév az a távolság, amelyet a fény egy év alatt megtenne, ha valami 24 fényévet tesz meg 24 óra alatt, az óránként megtesz egy fényévet. Tehát a fény sebességének annyiszorosával kering az evezős pálya körül, ahány óra van egy évben. Ez nem lehet - szakít félbe a mérnök -, a fény sebességénél semmi sem mehet gyorsabban, ezt nekem tudnom kellene, ha a relativitáselméletről akarok vele beszélgetni. Arról nem is szólva, hogy ez a sebesség látszólagos, hiszen valójában csak a Föld forog a tengelye körül. De - mondom - az evezős hajókat viszonyíthattuk az evezős pályához, senki sem mondta rájuk, hogy csak látszólagosan állnak, az jó volt

tehetetlenségi rendszernek. És most azt látjuk, a legközelebbi csillaghoz sem felel meg. Vagyis nem tesz eleget az első Newton-törvénynek, amely mellesleg úgy kezdődik, hogy „minden test”. Hát persze - mondja a mérnök - nem véletlenül törődtem bele csak ideiglenesen, azzal, hogy „egyelőre legyen”. Amint jól látható, nem lehet.

Igen - mondom -, de a hajók mozgását mégis le kellene írni. Hát írjuk le az evezős pályához képest - mondja ő -, és ne foglalkozzunk azzal a filozófiai kérdéssel, hogy az most tehetetlenségi rendszer-e, vagy sem. Nem lehet véletlen, hogy az efféle problémákat a tankönyvek is kihagyják. No de - mondom - a hajók mozgásához a Newton-törvényeket szokás használni, miközben a mozgást az evezős pályához képest adják meg. Márpedig a tankönyvek odáig elmennek, hogy szerintük a Newton-törvények a tehetetlenségi rendszerekben érvényesek. Vagyis, ha egy evezős pályához ezeket a törvényeket használjuk, azzal egyben elfogadjuk az evezős pályát tehetetlenségi rendszernek.

Most menjünk haza, mondja a mérnök, úgyis elfogyott a sör.

6. fejezet

Második elakadás: önmaga farkába harapás mint az üdvösség kulcsa

- Azt hiszem, Newtonnak pont ugyanaz volt a baja, mint nekem - lép az asztalhoz a mérnök.

- Az lehet, de hogy mi is, azt tőle már nem tudom megkérdezni. Tőled viszont igen. Annál is inkább, mivel amikor legutóbb elváltunk, úgy látszott, hogy szerinted nálad minden rendben van, szemben velem.

Darabig tűnődve néz, nagyon komolyan. Kicsit félek, hogy arra készül, fejbe üt a sörösüveggel. De egyáltalán nem. A mérnök nagyon megváltozott. Azután:

- Tudod, az emberek nagyon utálják azokat, akik a Newton-törvényekkel és hasonlókkal beléjük kötnek, pláne önös érdekből. Általában az a jogos gyanújuk, hogy így akarnak az ember fölébe kerekedni, ha már a szépségük nem éri el az övékét.

- Aha, és te, mint pocsék küllemű személyiség, nem tételezel fel rólam ilyesmit.

- Na jó, figyelj, mert ehhez most elég sok sör fog kelleni. Szokatlanul árnyalt gondolatokra jutottam. A busznak nincs sebessége.

- . ..

- Nyugi. Amikor az ember azt mondja, hogy a busznak ennyi vagy annyi a sebessége, az birtokos eset. Hétköznapokban úgy fogalmazunk, hogy van mondjuk háromezer forintom, és ez azt jelenti, hogy ha előveszem a pénztárcámat, találok benne háromezer forintot. Ha más veszi elő a zsebemből a tárcámat, hogy megtalálja ezt a háromezer forintot, azt jól fejbe ütöm. Ez az én kapcsológépem, ahogy a hivatali patkány mondotta. Mármost a busznak lehet színe, teljesítménye; fénye kigyulladáskor, mint mondjuk a Napnak. De a sebesség, amelyet így vagy úgy megmérek, az nem az övé, hanem aközött a két dolog között oszlik meg, amihez mérem. Ha mellette biciklizek, akkor ez a sebesség egy egészen másik, mintha a járdán állok. Nem egyszerűen az értéke más, hanem ezen a másságon éppen az látszik, hogy a mellette való biciklizéskor megmért sebességnek egyáltalában semmi köze sincs ahhoz a sebességhez, amit a járdán állva, vagy ahogy a múltkor mondtad, a Nap körüli keringéskor az állócsillagokhoz képest mérek. Egy két elemből álló rendszeré egy sebesség: az egyik egy dolog, a másik az anyagi vonatkoztatási rendszer, mondjuk egy bicikli vagy járda. Ahogy teljesen más az a pár, amelyet a feleségemmel alkotok, mint amelyet a szeretőmmel, még ha van is közös eleme e két kompozíciónak. Ezt láttam be éjjel. Tudsz követni?

- Mondjad csak, azt hiszem, hogy a relativitáselmélethez valóban közelebb jutottunk, ami főleg akkor látható, amikor ezt a két viszonyt egy-ugyanazon mérlegre teszi valaki, sodrófával a kezében.

- Komolyan beszélek, és most kicsit tömöríteni fogok, bár nem a sörön akarok spórolni. Mert lehet, hogy te sanda szándékkal kötöttél belém a relativitáselmélet kapcsán, de emiatt az éjjel nem aludtam, és elhatároztam, hogy ezt most nem hagyom annyiban. Messze nem vagyok meggyőzve arról, hogy sohasem fogom megérteni, bár a világ tett ennek érdekében egy s mást. A világnak ugyanis mindegy, hogy én megértem-e, vagy sem; de legalább meghagyta a döntést, hogy nekem is mindegy legyen-e, vagy sem.

- Én is ártottam neked ez ügyben?

- Nem. Épp ez az. Te a jó oldalon állsz. Ezért nem is veszem rossznéven, hogy kibillentettél az infantilizmusból.

- A miből?

- Amint mondtam, egészen komolyan beszélek. Infantilis az, akinek már el kellett volna hagynia a gyerekállapotot, de valami megakasztja. Én például a hegedülést illetőleg egy 12 éves gyerek szintjén rekedtem meg, amiért a hegedűmet széttaposó busz legyen örökké áldott. De vegyük a

newtoni fizikát, amelyet az elmém annak ellenére szintén a hatodik általános iskolás korom szintjén konzervált, már ha ez a konzerv is meg nem romlott azóta, hogy közben lediplomáztam. Te most egy gyerekkel akarod megértetni a relativitáselméletet, miáltal az illető esetleg túljut a gyerekállapoton. Hogy ebben van, azt persze a professzoraim nem tudhatták, mivel az én egyetlen törekvésem csak az volt, hadd higgyék a vizsgán, hogy értem is.

- És amögött, hogy valójában nem értetted, az a nyelvi mágia állt, hogy egy birtokos eset miatt a busznak tulajdonítottad a sebességet, holott az viszony, amelyben a busz csak az egyik dolog?

- Ez csak az egyik, nagyon sok ilyen van. Persze, az is segített volna, ha - legalábbis a fizikaórán - soha nem mondják: „a busz sebessége", hanem mindig „a busz és ez vagy az egymáshoz viszonyított sebessége". Nem mindenki rakja össze egyből a dolgot helyesen, főleg a szőrszálhasogató fajta. Az ilyenek közül sokan föladják, fölfelé menekülnek, aztán évek alatt magas lesz ugyan, de vékony a dominótorony, az első fuvallatra összeomlik. Szerencsés, akinél ez csak már a szigorlat után történik.

- Persze, szerencsés, csak igazi tornyot soha ne kelljen építenie.

- Én is elmentem közgazdásznak, mérnök létemre. De komolyan beszélek. Mindenki tudja, hogy kétszer kettő négy. Holott az egyszeregy őrülten bonyolult számelméleti probléma, mégis automataként jön ki mindenkiből, ráadásul azon sem szokás eltöprengeni, hogy miközben valaki az egyszeregy szorzásait elvégzi, mi is történik az agyában, s mindenkinek ugyanaz történik-e: szinte biztos, hogy két egyformán működő agy nincsen. Mesterséges intelligenciában tán lehet két egyformán gondolkodót csinálni, legalábbis amíg az önfejlesztés egyéni útjára nem térnek; emberben nem valószínű.

- Bár az utóbbit illetően egyes körökben igény volna rá. Nna most, Newtonnal mi van ez ügyben szerinted? Mi volt az ő baja, amely a tiédhez annyira hasonlít? Ez a sebességügyi birtokos eset?

- Igen, így raktam össze magamnak. Ő is azt hitte, hogy lehet a dolgoknak Igazi Helyük és Igazi Sebességük, hallod a nagybetűt? Mindenféle sebességük lehet, attól függően, mihez viszonyítják, de „kell legyen egy igazi is, ami csak az övék, mert az Igazi Viszonyítási Rendszerhez mérik". Mint amikor tegnap azt mondtam, hogy a GPS meg a BKV tudja a tutit a busz sebességéről, ezért az a harminc kilométer per óra hiteles, aztán mindenki még ahhoz mérhet sebességeket, amihez csak akarja. Holott amit a GPS-szel mérnek, az semmivel sem hitelesebb, mint amit a Szíriusz nevű csillaghoz viszonyítanak, hanem: csak pont ugyanannyira. A GPS ráadásul egy halom műhold pillanatonként frissített adathalmazának a földfelszínhez kapcsolt

matematikai konstrukciója, közembernek használnia kell, nem pedig - legalább homályosan - megértenie. Az persze világos, hogy a BKV miért ezt preferálja, a busz az úttesthez, vagyis a földfelszínhez képest indul el és halad, és ha más járművek is vannak, akkor azokhoz is ez a közös gyakorlati rendszer. Üzemanyag-fogyasztáshoz és baleseti helyszíneléshez kényelmesebben kezelhető, tisztességesebben rendelkezésre áll, mint mondjuk a te biciklid, bár akár ahhoz is lehetne viszonyítani az egész világot, egocentrizmus kérdése.

- Nahát, tényleg megérkeztünk a rajtvonalhoz. De azért nem vagyok egész biztos ebben a Newton-dologban.

- Pedig egyszerű, és most el tudom mondani, hol akadtam el. Newton tehát akart volna egy Igazi Vonatkoztatási Rendszert, amelyhez képest a helyek és a sebességek igaziak, és tényleg „minden test". Ez lett volna az Igazi Fő Tehetetlenségi Rendszer, amelyet Isten a világ mögé szegelt. Ha jól értesültem, komoly, korszakos erőfeszítések ellenére sem sikerült ilyet találni. De ezt a kérdést a tankönyvem egyszerűen félretolta: nekem be kellett magolnom azt, hogy „minden test megőrzi...", és az én könyvemben még apró betűs banki záradék sem volt, hogy ehhez mindenképp kell egy vonatkoztatási rendszer. Mármost nőttem-növekedtem, egy idő múlva a Newton-törvény együtt szerepelt ezzel a rejtelmes rendszerrel, amelynek a kellően hivatalos megnevezése fizikavizsgákon nagyon jól jön: „inerciarendszer", vagy „tehetetlenségi rendszer". Ám ha már Newtonnak sem sikerült, vagy nem is akarta, akkor honnan vegyek egy ilyen rendszert én? Erre semmiféle receptet nem kaptam, illetve valamikor később valamelyik tankönyvben annyi állt, hogy „a Föld felszínéhez rögzített vonatkoztatási rendszer jó közelítéssel megfelel tehetetlenségi rendszernek". Voltaképpen te is ezt mondtad tegnap az evezős hajókkal, hacsak nem kétezer méteres, hordozható versenypályákban gondolkodunk. Szóval ez a tankönyvi kijelentés körülbelül így volt magyarra fordítható: „lányok-fiúk, ne tököljetek a tehetetlenségi rendszerekkel, viszonyítsatok a Földhöz, abból nagy baj nem lehet." Ez semmiféle megértéshez nem volt elég, csak ahhoz, hogy én éppen ezt mondtam föl tegnap neked, amikor azt mondtam: „mindenki tudja, hogy a busz valójában harminccal megy." Érted? Nem hibásan gondolkodtam, hanem mint jó tanuló, az egykor megtanult henyeséget idéztem fel egészen pontosan.

- Azért akkor nem kellett volna ebbe simán beletörődnöd.

- Nem is törődtem, és most kulcsprobléma következik. Szerettem volna én hiteles tehetetlenségi vonatkoztatási rendszert, de a tankönyv ehhez semmiféle módszert nem adott, csak annyit, hogy legyen nekem könnyű a Föld.

- Jaj.

- Ahhoz, hogy egyáltalán valamilyen tehetetlenségi rendszerhez jussak, kellene a meghatározása. Hogy mit is keresek. És itt a gubanc. Mert olvastam én egy okos könyvben, hogy van meghatározás. Az a meghatározása, hogy "tehetetlenségi rendszer az, amelyben az I. Newton-törvény érvényes."

- És? Hiszen ez rendben is van!

- Nem érted? A gyerek azt hallja, hogy van egy törvény, amely a tehetetlenségi rendszerben van érvényben. A tehetetlenségi rendszer pedig az, amelyben ez a törvény érvényben van. Az efféle gondolatmenet a circulus vitiosus, a tautológia, önmagát igazoló gondolatmenet; belekötni nem lehet, mert nincs mibe; az ilyen érvelés bosszantó, sőt kárhozatos minden normális vitában. Saját farkába harapó kígyó. Az ilyen okoskodást szeretni nem lehet. Ha az egész fizika ilyenekkel kezdődik, akkor a fizikát szeretni nem lehet. Gyereket nem nevelünk hohmecoló közellenségnek, mert keserű lesz a felnőttkora. „1. A főnöknek mindig igaza van. 2. Ha nincs, akkor automatikusan az első paragrafus lép életbe.” És hasonlók.

- Igyál, ne dühöngj. Ezt a gubancot azóta sem küzdötted le?

- Nem. Ott billeg alattam, már ami a fizikát illeti.

- Pedig a tautológia megfelelő helyen jóbarát, nem ellenség.

- Mi a megfelelő hely ehhez?

- Minden logika alapzata. Igaz állítások a logikában természetesen csakis igaz alapzatra építhetők, de a logika nem tudja máshonnan venni az igazságait. Önmagának kell garantálnia, hogy a kiindulópontja igaz. Erre valók a logikai tautológiák. Merthogy a szót használják olyasmire is, aminek nem örül annyira az ember. Az irodalomban például a fölösleges terjengősség, vagy a henye ismétlések. De a logikus építmények, például egy tudományág, kifejezetten megkívánják a tautológiát, amelynek alaptípusa: egy állítás „vagy” kifejezéssel összekapcsolva az ellenkezőjével. Másik az önmagát közvetlenül igazoló állítás.

- Ettől a normális elme megbolondul.

- Igen, logikusan gondolkodni őrültség. A normális az, ha tiszta hülye az ember.

- Ne légy már normális. Fordítsd hülyére a szót. És ha már a Newton-törvényekről van szó, először is: miért kell ehhez tautológia; és te, aki állítólag megemésztetted ezt a dolgot, hogyan tetted? Miért ne lehetne olyan tisztán megalapozni, mint teszem egykor Eukleidész a geometriáját?

- Eukleidész tényleg elrendezte logikusan a geometriát, és az alapzatába axiómákat, vagyis kiinduló fogalmakat-állításokat épített, amelyekhez pár nehezebben átlátható állítást adott, ezek a „posztulátumok”,

amelyeket kötelező elfogadni. Igazak, mert igaznak kell venni őket. Ilyen a híres párhuzamossági axióma, amely szerint a háromszög két oldala a harmadiknak azon az oldalán találkozik, amelynél a két belső szög összege két derékszögnél kisebb. Ami azt illeti, a fizika axiómái jobbára nem önkényesek, mint a logikaiak, hanem tapasztalatok magas általánosításából erednek, Immanuel Kant...

- Hej, na most már!!! Te jó isten, ide jutottunk? Egyszerűbben nem lehet?

- Az axiómáknál egyszerűbb a dolog. Tudod, hogy Eukleidész szerint micsoda az „egy”?

- Nem. De tudtam.

- Tudtad a fenét, emlékeznél rá, mert dühítő. „Egy az, ami szerint minden dolgot egynek mondunk.”

- „A zöld az zöld.” Na, köszönöm.

- Rendben, átadom Eukleidésznek, ha találkozunk, meg is érdemli. Newton szeretett volna hasonlóan szilárd építményt, amely történetesen a mechanikai mozgásokkal foglalkozik. Divat volt az ilyesmi akkoriban. Bár, ami azt illeti, van egy még régebbi ismerősöm, aki állítólag ezt nyilatkoztatta ki: „Vagyok, aki vagyok.”

- Hogy kicsoda -

- Logikai axióma, a Világmindenség kezdetéről.

- Menjünk vissza kicsit a Földhöz rögzített Földre. Az I. Newton-törvény szerint tehetetlenségi rendszerekben a szabad anyagi pont megőrzi a sebességét, amíg külső hatás nem éri, és tehetetlenségi rendszer az, amelyben ez érvényben van?

- Egész pontosan. Csak még egyszerűbben. „Tehetetlenségi rendszernek nevezzük az olyan vonatkoztatási rendszert, amelyben a szabad test megőrzi a mozgásállapotát.” Mivelhogy ha külső hatás éri, már nem szabad. Az első Newton-törvény egyszerűen egy alapmeghatározás.

- Jó. Most hazamegyek, és eltöprengek azon, mi a nyavalya a „szabad test”, és honnan tudom, hogy szabad. A fizikában talán egyszerűbb ez, mint az ember esetében.