

## Newton megteszi tétjét

### „Bárhová menj is, ott leszel”

Az Excelsior űrhajó emléktáblájáról  
Star Trek VI., Az Ismeretlen Tartomány,  
valószínűsíthetően a *Buckaroo Banzai*  
kalandjaiból kölcsönözve

Ön a *Defiant* (NCC – 1764) csillaghajó kormányánál áll, amely az Iconia bolygó körül, a Semleges Zóna közelében kering. A küldetés: találkozni egy közeli ellátóhajóval a galaxis túloldalán, majd alkatrészeket átvenni egy rosszul működő transzporter elsődleges energiaátalakító tekercecse-éhez. Nincs szükség szubtérsebességre; Ön utasítást ad, hogy az impulzushajtómű teljes erővel működjön, hogy elérjék a fénysebesség felét, és ennek megfelelően néhány órán belül elérjék céljukat. Így arra is van ideje, hogy kapitányi naplóját naprakész állapotba hozza. Csakhogy amint elhagyja a bolygó körüli pályát, erős nyomást érez mellkasán. Kezei mintha ólomból lennének, és szinte beleragad ülésébe. Szája gonosznak tűnő grimaszra húzódik, úgy érzi, szeme mindjárt kiugrik üregéből, és hogy a testében keringő vér nem jut el a fejébe. Lassan elveszti az eszméletét... és percekben belül meghal.

Mi történt? Ezek nem a „transzfázis” első jelei, amelyek majd később uralják a hajót, és nem is egy álcázópajzsát kikapcsoló Romulan űrhajóról érkező támadás. Ön alighanem valami sokkal hatalmasabbnak esett áldozatául. A Star Trek zseniális írói, akikben megbízik, még nem fedezték fel a tehetetlenségcsillapítókat, melyeket majd a sorozat egy

későbbi részében vezetnek be. Önt ezúttal egy fölöttébb hétköznapi dolog, Isaac Newton mozgásra vonatkozó törvénye döntötte le a lábáról – azaz az első tétel, amit az ember a középiskolai fizikából elfelejt.

Persze ismerek én olyan trekkereket, akik azt mondják magukban: „Hát ez gyenge, ne gyere nekem Newtonnal. Olyan dolgokról mesélj, amit igazán szeretnék tudni, például, hogyan működik a térhajtómű, vagy mi az a villámlás a szubtérsebesség elérése előtt. Olyan, mint egy hangrobbanás? Amúgy meg, tulajdonképpen mi az a dilithium-kristály?”

Most csak annyit mondhatok, hogy ez is sorra kerül majd. Ahhoz, hogy a Star Trek világában utazzunk, a fizika egzotikusabb alapelveire lesz szükségünk. Számos kérdést kell azonban megvizsgálnunk, mielőtt rátérhetnénk mindenki legalapvetőbb kérdésére a Star Trekkal kapcsolatban: – Ez vajon *tényleg* lehetséges? És ha igen, akkor *hogyan*?

Ahhoz, hogy eljussunk oda, ahová még senki nem merészkedett – valójában még mielőtt elhagynánk a Csillagflotta parancsnokságát –, néhány olyan különlegességgel kell szembenéznünk, amelyekkel több mint 300 évvel ezelőtt Galileinek és Newtonnak is szembesülnie kellett. A végső motivációnk az az igazán kozmikus kérdés lesz, amely Gene Roddenberry Star Trek-elképzelésének a lényegét jelenti, és amely számomra érdekessé teszi ezt a témát arra, hogy elgondolkodjam rajta: „*Milyen lehetséges jövőt képzelhet el magának az emberi civilizáció a modern természettudomány alapján?*”

Aki utazott már repülőn, vagy ült száguldó autóban, ismeri azt az érzést, amikor szinte belepréselődik az ülésbe, ha a jármű álló helyzetből gyorsul. Ez a jelenség egy csillaghajón sokkal inkább érvényesül. Az impulzushajtómű fúziós reakciói hatalmas nyomást hoznak létre, ami nagy gyorsulás mellett különböző gázokat, illetve sugárzást lö-

vell ki az űrhajóból. Ez az ellenhatás – ami a szökő gáz okozta sugárhajtásból ered – okozza, hogy a hajtómű „előrelendül”. Az űrhajó, amelyhez a hajtómű rögzítve van, szintén előrelendül. A kormánynál Önt is előrelöki az erő, amit a kapitányi ülés a testére kifejt, teste ennek következtében szorul az ülésbe.

És ez a dolog forszá! Ha a kapitányi ülés túl nagy erőt közöl Önnel, ugyanúgy megölheti, ahogyan egy kalapács, amely nagy gyorsulással (azaz mozgási energiával) közeledik a koponyájához. A vadászpilóták, illetve a NASA munkatársai G-erőknek nevezték el azokat az erőket, amelyek jelentős gyorsuláskor (például egy repülőben vagy egy űrhajó kilövésénél) a testre hatnak. Ezeket az erőket a fájó hátam példáján tudom bemutatni: miközben a számítógépem előtt ülök, és szorgosan gépelek, fenekemen érzem irodai székelem állandó nyomását. Ezzel a nyomással megtanultam együtt élni (bár hozzátennem, hogy az ületem nem túl esztétikusan reagál erre a hatásra). A fenekemre ható erő a gravitációból származik, amely, ha csak rajta múltna, a Föld közepe felé gyorsítaná a testemet. Ettől a gyorsulástól – illetve attól, hogy elmozduljak a székeimből – a talaj tart vissza azáltal, hogy ellentétes, felfelé irányuló erőt fejt ki a házam vasbeton szerkezetére. Utóbbi ugyancsak felfelé irányuló erőt fejt ki második emeleti irodám padlójára, és így tovább... végül pedig arra a testrészemre, amely a székekkel érintkezik. Ha a Föld tömege kétszer ekkora volna, az átmérője azonban ugyanakkora maradna, az alfelelemre ható nyomás kétszer ekkora lenne. A felfelé irányuló erőknek persze szintén kétszer akkoráknak kellene lenniük ahhoz, hogy ellensúlyozzák a gravitáció erejét.

Ugyanezeket a tényezőket úrutazás során is figyelembe kell venni. Ha valaki a kapitányi ülésben ül, és parancsot ad a hajó gyorsítására, figyelembe kell vennie azt az erőt, amellyel az ülés előrelöki. Amennyiben kétszer ekkora gyor-

sulást rendel el, az ülés felől ráható erő is kétszer akkora lesz. Minél nagyobb a gyorsulás, annál nagyobb az erőhatás. Az egyetlen probléma az, hogy semmi sem bírja ki azt az erőt, amely ahhoz szükséges, hogy rövid idő alatt impulzussebességre gyorsuljon – különösen az emberi test nem.

Egyébiránt ez a probléma a Star Trek eseményei során különböző kontextusokban merül fel – még a Földön is. A *Star Trek V., A Legvégső Határban* a Yosemite Parkban nyaraló James Kirk hegymászás közben megcsúszik és leesik. Spock, akin rajta van a rakétákkal felszerelt csizmája, a megmentésére siet, és mindössze néhány lábnyival a talaj felett megállítja a kapitány zuhanását. Sajnos azonban ebben az esetben a megoldás éppolyan rossz lehet, mint maga a probléma. Néhány hüvelyknyi távolságon belül az esést megállító lassulás mindenképpen halálos, tekintet nélkül arra, hogy a talaj vagy Spock vulkáni markolása állítja-e meg.

Még mielőtt fellépnének azok az erők, amelyek az esőtestet fizikailag széttépik vagy széttörik, egyéb súlyos fiziológiai problémák merülnek fel. Először is, a szív számára lehetetlenné válik, hogy vért pumpáljon a fejbe. Ezért ájulnak el időnként a vadászpilóták, amikor nagy gyorsulással járó manővereket hajtanak végre. Ez az élettani reakció korlátozza a jelenlegi űrhajók gyorsulását, és indokolja azt, hogy a NASA, ellentétben Jules Verne regényével, még sosem lőtt ki három embert egy hatalmas ágyúgolyóval Föld körüli pályára.

Ha nyugvó állapotból 150 000 km/sec sebességre, azaz a fénysebesség felére kívánok gyorsulni, lassan kell tennem, hogy a testem menet közben ne szakadjon szét. Ahhoz, hogy porhüvelyemet ne préselje három G-nél nagyobb erő az üléshez, a gyorsulásom nem lehet nagyobb, mint a Földön szabadon eső tárgyak gyorsulásának háromszorososa. Ilyen gyorsulás mellett 5 millió másodpercbe, azaz

két és fél hónapba telne, hogy elérjem a fénysebesség felét! Ez bizony nem lenne valami izgalmas epizód...

Ennek a dilemmának a feloldására – valamikor az első Constitution osztályú űrhajó az Enterprise (NCC – 1701) – megalkotása után, a Star Trek íróinak reagálniuk kellett arra a kritikára, hogy az űrhajót érő gyorsulás a személyzetet azonnal „darabos salsává” változtatná.<sup>1</sup> Így találták ki a „tehetetlenségcsillapítót”, ami tulajdonképpen egy kozmikus lengéscsillapító, és ez a zseniális eszköz arra lett kitalálva, hogy megkerülje ezt a kis problémát a cselekményben. (Egy évszázaddal korábban az Archer kapitány által irányított NX osztályú csillaghajón, az Enterprise-on tulajdonképpen már volt tehetetlenségcsillapító, annak ellenére, hogy azt a hajót sokkal korábban építették, az írók sokkal később találták ki.)

A tehetetlenségcsillapítók hiányukkal okozzák a legnagyobb gondot. Mikor egyszer működésképtelenné váltak, az Enterprise kis híján megsemmisült, mert nanitok, mikrochipalapú létformák (evolúciós fejlődésük részeként) kezdtek rágesálni a központi számítógép memóriáját. Sőt, szinte minden egyes alkalommal, valahányszor az Enterprise megsemmisült (többnyire valamilyen párhuzamos idősíkbán), a katasztrófát a tehetetlenségcsillapítás megszűnése előzte meg. Egy Romulan Harcimadáron történt hasonló kontrollvesztés explicit módon demonstrálta számunkra, hogy a romulanok vére zöld...

Ugyanúgy, mint a Star Trek világában létező technológiák nagy részénél, itt is sokkal egyszerűbb leírni azt a problémát, amit a tehetetlenségcsillapítók megoldanak, mint megmagyarázni, hogy ezt pontosan hogyan is teszik. A Star Trek fizikájának első törvénye bizonyára kimondja, hogy minél alapvetőbb a probléma, amit meg akarunk kerülni, annál nagyobb kihívást jelent a megoldása. Azért tehetünk meg ilyen nagy utat, és azért spekulálhatunk egyáltalán egy

Star Trek-béli jövőn, mert a fizika önmagára épülő tudományág. Egy Star Trek-es megoldásnak nemcsak egy bizonyos fizikai problémát kell megkerülnie, hanem a teljes, e problémával kapcsolatos fizikai tudást. A fizika nem forradalmak útján fejlődik, amelyek megdöntik mindazt, ami korábban volt, hanem evolúcióként, amely a korábban megszerzett tudás legjavát aknázza ki. Bármit fedezzen is fel a tudomány, Newton törvényei ugyanolyan helytállóak lesznek egymillió év múlva, mint most. Ha leejtünk egy labdát a Földön, mindig lefelé fog esni. Ha ennél az íróasztalnál ülök, és mostantól egészen az örökkévalóságig írok, a fenekem mindig ugyanazt a következményt nyögi majd.

Mindenesetre méltánytalan dolog volna búcsút vennünk a tehetetlenségcsillapítóktól, mielőtt valamilyen konkrét leírást adnánk arról, miként kellene működniük. Az én érvelem alapján a tehetetlenségcsillapítóknak a csillaghajón belül mesterséges környezetet kéne létrehozniuk, amelyben kompenzálódik a gyorsulás hatására ébredő ellenerő. A hajón belüli tárgyak „át vannak verve”, és úgy viselkednek, mintha nem is gyorsulnának. Korábban leírtam, hogy a gyorsulás ugyanolyan érzést okoz, mint a gravitáció. Ez az összefüggés, amely Einstein általános relativitáselméletének az alapja, sokkal szorosabb, mint első ránézésre tűnik. Ezen eszközök számára tehát egyetlen modus operandi létezik: mesterséges gravitációs mezőt kell létrehozniuk a hajón belül, amely kiegyenlíti az ébredő ellenerőket.

Ám higgyünk ebben a lehetőségben – egyéb gyakorlati kérdéseket is meg kell azonban oldanunk. Először is a tehetetlenségcsillapítóknak időre van szükségük ahhoz, hogy váratlan gyorsulás esetén működésbe lépjenek. Amikor például a Bozeman előtűnt egy időörvényből, és ok-okozati körbe taszította az Enterprise-t, a legénység szerteszét repült a parancsnoki hídon (még mielőtt a térhajtómű és a te-

hetetlenségcsillapítók felmondták volna a szolgálatot). Az Enterprise technikai leírásában olvastam, hogy a tehetetlenségcsillapítók reakcióideje körülbelül 60 millisecundum.<sup>2</sup> Ez nagyon rövidnek tűnik ugyan, de életveszélyesen hosszúnak lenne akkor, ha ugyanez a késés előre tervezett gyorsulások esetén fordulna elő. Ezt alátámasztandó gondoljunk bele abba, hogy mennyi időbe telik a kalapácsnak betörni egy emberi fejet, illetve, hogy mennyi ideig tart, hogy a talajba csapódás megölje azt, aki szakadékba esik a Yosemite Parkban. Emlékezzünk rá, hogy a 10 mérföld/órás sebesség egyenlő azzal, mintha teljes erőből nekiszaladnánk egy téglafalnak! Jobb, ha a tehetetlenségcsillapítók nagyon gyorsan reagálnak. Több trekker ismerősöm mindenesetre megjegyezte, hogy bármennyire rázkódjék is a hajó, néhány lábnál távolabb senki sem esik eredeti tartózkodási helyétől.

Mielőtt elhagyjuk a klasszikus fizika ismerős világát, meg kell említenem még egy technikai csodát, amelynek szembe kell szállnia Newton törvényeivel ahhoz, hogy működni tudjon: ez az Enterprise vonósugara. (A Moab IV bolygón levő Genome kolónia megmentésénél volt kulcsszerepe, amikor eltérített egy közeledő üstökös-magot. Alkalmazták egy hasonló (ám kudarccal végződő) kísérlet során is: úgy akarták megmenteni a Bre'el IV-et, hogy egy aszteroidát visszatérítettek eredeti pályájára. Első ránézésre a vonósugár meglehetősen egyszerű valaminek tűnik – afféle láthatatlan kötél vagy rúd –, még akkor is, ha az általa kifejtett erő meglehetősen sajtáságos. Ahogyan egy erős kötél, a vonósugár kiválóan elhúzza egy űrrepülő, elvontat egy másik hajót vagy visszatart egy ellenséges űrjárművet a meneküléstől. Mielőtt a Föderációnak egyetemes hozzáférése lett volna a vonósugarakhoz, ilyen célokra az NX osztályú Enterprise egy mágneses „horgonyt” használt. Nem ez a lé-

nyeg: az egyetlen gond az, hogy amikor valamit akár kötéllel, akár horgonnyal, akár vonósugárral húzni kezdünk, nekünk magunknak is lehorgonyzott vagy rögzített állapotban kell lennünk. Aki valaha is korcsolyázott, tudja, hogy mi történik, ha a jégen megpróbál valakit ellökni magától. Elválnak ugyan tőle, de a saját kárára... Stabil talaj híján az ember saját lendületének tehetetlen áldozata.

Ez az alapelv vezérelte Jean-Luc Picard kapitányt arra, hogy „A csata” című epizódban a vonósugár kikapcsolására utasítsa Riker hadnagyot; Picard ezt azzal indokolta, hogy az általuk vontatott űrhajó a saját lendületénél fogva elsodródna mellettük. Ugyanezen az elven, ha az Enterprise megkísérelné arra használni a vonósugarát, hogy eltaszítsa a Stargazert, a szükségképpen ébredő ellenerő ugyanolyan mértékben lökné hátra az Enterprise-t, mint amennyire a Stargazert előretaszítaná.

Ez a jelenség drámaian befolyásolja azt a módot, ahogyan jelenleg az űrben dolgozunk. Tegyük fel például, hogy egy űrhajóst megbíznak azzal, hogy a Hubble űrteleszkóppon meghúzzon egy csavart. Amennyiben elektromos csavarhúzóat visz magával a feladat megoldására, hamarosan durva meglepetésben lesz része, miután odalebeg a meglazult csavarhoz. Amikor bekapcsolja a csavarhúzóat, és a csavar fejéhez nyomja, ugyanakkora esély van arra, hogy az űrhajós kezd el forogni, mint arra, hogy a csavar. Ez azért van, mert a Hubble űrteleszkóp sokkal nehezebb, mint az űrhajós. Amikor a csavarhúzó erőt fejt ki a csavarra, az ellenerő könnyebben fordítja el az űrhajóst, mint a csavart, különösen akkor, ha a csavar még mindig elég szorosan illeszkedik a furatába. (Természetesen ha szerencséje van, akkor Gorkon kancellár bérgyilkosaihoz hasonlóan gravitációs csizma rögzíti a felületre, és ugyanolyan hatékonyan mozoghat, mint ahogyan azt a Földön megszokta.)

Ennek megfelelően kitalálható, hogy mi történik, ha az Enterprise megpróbál maga felé húzni egy másik űrhajót. Ha az Enterprise nem sokkal nehezebb, akkor a vonósugár vagy a horgony bekapcsolásakor maga kezd majd közeledni a másik tárgy felé, nem pedig fordítva. Az űr távlataiban ez a különbség értelmetlen. Közeli referencia-rendszer nélkül ki mondja meg, hogy ki kit húz? Ha azonban olyan szerencsétlen bolygón vagyunk, mint amilyen a Moab IV, tehát egy elszabadult csillag útjában, egyáltalán nem mindegy, hogy az Enterprise löki félre a csillagot, vagy a csillag löki félre az Enterprise-t.

Egy trekker ismerősöm állítja, hogy legalább egy epizódban indirekt módon megemlíti a problémát kikerülő megoldást: amennyiben az Enterprise a vonósugárral egy időben bekapcsolná az impulzushajtóműjét, miközben valamit húz vagy tol, a hajtóművel ellentétes irányú erő létrehozásával bármilyen visszaható erőt ellensúlyozhat. Ez a trekker állítja, hogy valahol megemlíti, hogy a vonósugár használata az impulzushajtómű épségét feltételezi.

Én azonban egyetlenegyszer sem figyeltem meg, hogy Kirk vagy Picard kapitány parancsot adott volna rá, hogy bekapcsolják az impulzushajtóműveket, ha sor került a vonósugár használatára. Tulajdonképpen nem hinném, hogy egy olyan közösség, amely képes impulzushajtóműveket tervezni és építeni, ilyen durva megoldásra kényszerülne. Eszembe jut, hogy Geordi LaForge-nak görbületi mezőre volt szüksége ahhoz, hogy a Bre'el IV-nél visszaállítsa a holdat a pályájára, így úgy gondolom, hogy a téridő óvatos, bár jelenleg elérhetetlen manipulációja pont ugyanolyan jól megfelelne. Ahhoz, hogy megértsük, miért, most be kell kapcsolnunk az impulzushajtóműveket, és át kell gyorsulnunk a görbült téridő modern világába.