

# ELMÉLKEDÉS A RELATIVISZTIKUS SEBESSÉGÖSSZEADÁS KÉPLETÉRŐL

Valahol egyszer azt olvastam, hogy amikor *Einstein*-ben először merült fel a gondolat, hogy a fénysebesség talán minden inerciarendszerhez képest  $c$ -vel egyenlő, mindenekelőtt bizonyára azt próbálta meg tisztázni, hogyan fér ez össze a sebességösszeadás törvényével. A könyv (vagy cikk) szerzője ezért elképzelhetőnek tartotta, hogy a relativitáselmélet elsőként megszületett képlete a sebességösszeadás relativisztikus törvénye volt, amelyet Einstein először próbálgatás útján talált meg. Lehet, hogy valóban így történt, mert – mint mindjárt látni fogjuk – ez a nevezetes képlet tényleg nagyon egyszerűen megkapható egy olyan heurisztikus gondolatmenet segítségével, amely kizárólag a fénysebesség állandóságán alapul.



1. ábra. A jelölések magyarázata.

Az 1. ábrán látható szituációban a 2. test 1. testhez viszonyított relatív sebessége a newtoni fizika szerint a  $V = V_2 - V_1$  különbséggel egyenlő.<sup>1</sup> Ez nyilván nem fér össze a fénysebesség állandóságával, mert ha a 2. „test” az 1. testről kibocsátott fényjel – vagyis  $V = c$  –, akkor  $V_2 = V_1 + c \neq c$ . A fénysebesség állandóságának elve ezzel szemben azt követeli, hogy amikor  $V = c$ , akkor tetszőleges  $V_1$  mellett  $V_2$  is legyen  $c$ , tetszőleges  $V_2$  mellett pedig  $V_1$  legyen  $-c$  (mert  $V_2$ -höz fénysebességet *hozzáadva* újra fénysebességet kapunk). A keresett általánosított képletben nyilván általában igaznak kell lennie, hogy amikor az egyik sebesség  $c$ , valamelyik másik pedig egy tetszőleges érték, akkor a harmadiknak  $+c$ -vel vagy  $-c$ -vel kell egyenlőnek lennie.

Ilyen képletet nem is olyan nehéz találni. Einsteinnek biztosan nem volt az (ha tényleg ezt az utat követte).

<sup>1</sup> A sebességösszeadás elnevezés a képlet  $V_2 = V_1 + V$  alakjához kötődik.

Vezessük be a

$$V_1/c = x, \quad V_2/c = -y, \quad V/c = z$$

jelöléseket, amelyekkel a newtoni sebességösszeadás képlete az

$$x + y + z = 0$$

szimmetrikus alakban írható fel. Logikus arra gondolni, hogy a bal oldalt az  $x, y, z$  valamilyen lineárisnál magasabb rendű szimmetrikus kombinációjával kell kiegészíteni. A kvadratikus  $xy + xz + yz$  kiegészítés nem jöhet szóba, mert az  $x$ -szel,  $y$ -nal és  $z$ -vel ellentétben ez nem vált előjelet, amikor a mozgásirányt a 0 pontra tükrözzük. A köbös  $xyz$  taggal ilyen probléma nincs, és ez el is vezet a kívánt tulajdonságokkal rendelkező általánosításhoz.

Legyen tehát

$$x + y + z + xyz = 0.$$

Ha ebben a képletben mondjuk  $x = 1$ , akkor

$$1 + y + z + yz = (1 + y)(1 + z) = 0,$$

ezért a kívánságunknak megfelelően a másik két változó közül legalább az egyik  $-1$ -gyel egyenlő. Mivel a képlet a változókra nézve szimmetrikus, hasonló konklúzióra jutunk akkor is, ha  $y = 1$ -gyel vagy  $z = 1$ -gyel indulunk.

Ezen kívül még az is igaz, hogy nemrelativisztikus határesetben, amikor  $|x|, |y|, |z| \ll 1$ , a harmadrendű tag elhanyagolhatóan kicsi a lineáris tagokhoz képest, ezért ekkor nagy pontossággal visszakapjuk a newtoni képletet.

A köbös taggal kiegészített képlet valóban nem más, mint a relativisztikus sebességösszeadás törvénye. A  $z$ -re megoldott alakja például

$$z = \frac{-x - y}{1 + xy}, \quad \text{vagyis} \quad V = \frac{V_2 - V_1}{1 - \frac{V_1 V_2}{c^2}}.$$

HRASKÓ PÉTER

Szerkesztőség: 1092 Budapest, Ráday utca 18. földszint III., Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682

A Társulat Internet honlapja <http://www.elft.hu>, e-postacíme: [elft@elft.hu](mailto:elft@elft.hu)

Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, felelős: Szatmáry Zoltán főszerkesztő.

Kéziratokat nem őrzünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.

Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, nyomdai munkálatok: OOK-PRESS Kft., felelős vezető: Szatmáry Attila ügyvezető igazgató.

Terjeszté az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, előfizethető a Társulatnál vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egyezményen.

Megjelenik havonta, egyes szám ára: 800.- Ft + postaköltség.

HU ISSN 0015-3257 (nyomtatott) és HU ISSN 1588-0540 (online)