

HOL KEZDŐDIK A METAFIZIKA?

Egyed Sándor
Béri Balogh Ádám Gimn. és Koll., Tamási

Bár a mai szomorú időkben egy magyar fizikatanárnak kisebb gondja is nagyobb annál, hogy mit nevezünk időnek, én mégis fontos és érdekes kérdésnek tartom.

Az idő mérése abbéli hitünkön alapul, hogy bizonyos periodikus folyamatok mindig ugyanúgy mennek végbe. Az idő nem más, mint a periódusok száma.

Az, hogy a probléma metafizikai-e attól függ, tudunk-e valóban objektív mérést végezni, vagyis léteznek-e ideális órák. Ez nem is annyira egyszerű, elég egy ingára gondolnunk, aminek hosszát mindig az aktuális nehézségi gyorsuláshoz kell igazítanunk.

Mai ismereteink szerint a távolságok és az időtartamok méréseire elektromosan töltött részecskékből álló rendszereket használhatunk a mérőrudaktól egészen az atomórákig.

Ezekben a részecskék kölcsönös helyzetét és mozgását a fénysebességgel működő elektromágneses kölcsönhatás szabja meg. A mérőeszközök mibenlétét minden esetben valamilyen valószínűségi hullámforma határozza meg, ami megköveteli, hogy az elektronpályák a körülményektől függetlenül önmagukba záródjanak.

Az anyagmegmaradás lényege, hogy az atomok, molekulák vagy nagyobb rendszerek valamilyen spontán önszerveződéssel igyekeznek megőrizni

identitásukat. Ehhez az szükséges, hogy a különböző irányokban haladó hullámösszetevők mindig megfelelő fázisban találkozzanak, csakúgy, mint *Michelson* interferométerének fénysugarai.

Mivel üres, sima tér nem létezik, ezért vizsgáljuk meg egy magára hagyott kis próbatest (óra) viselkedését a görbült téridőben!

Egy adott pillanatban csak a téridő metrikáját ott leíró négyestávolságot érzékelheti, amit az infinitezimális zárt görbén önmagával párhuzamosan körbevitt vektor elfordulásával szokás szemléltetni. Formálisan egy fázistérbeli gömbfelület torzulásának is tekinthetjük, amely azt mutatja meg, hogy az elektromágneses hullámok a különböző irányokban mennyivel lassabban haladnak a normál fénysebességnél, vagyis mekkora fáziskülönbséggel találkoznának egy periódus végén, ha nem változna semmi. Az elfordulás és a fáziskülönbség lényegében azonos mennyiség, mindkettő hatás dimenzióval adható meg.

Az anyagi rendszer számára nélkülözhetetlen koherencia csak úgy maradhat fenn, ha a különböző irányokban kibocsátott elektromágneses kvantumok nem ott és akkor érnek célba, ahol és amikor sima téridőben tennék, a hullámforma minden periódusban máshol fog összeállni és alakja is periódusonként változik: gyorsul. (A komponensek kénytelenek bevárni egymást, ezért erős gravitációs térben tovább tartanak a periódusok, lassabban „öregszik” az anyag.)

Ha tehát a téridő görbületét minden pontjában objektív, egyértelmű létezőnek tekintjük, akkor értelmezhetjük a hozzá viszonyított mozgást is. Ennek során a különböző irányokba mutató komponenseknek az elmozdulás miatt szintén be kell várnunk egymást a fázisok korrekciója érdekében, amiatt deformálódik az anyag, megnyúlnak a periódusok.

Ez éppen kapóra jöhet, ha mértéke megegyezik a térgörbületből adódóval, amiből megadhatjuk a két pont közötti ideális trajektóriát. Matematikailag ezt az

$$L = \frac{m v^2}{2} - m \varphi$$

Lagrange-függvény lehetséges pályákra vett integráljainak minimális értéke jelöli ki. Ugyanis a mozgási energiát a de Broglie-összefüggések állóhullámokra való általánosításával úgy is megadhatjuk, hogy a sebesség miatt megváltozott állóhullámok hullámhosszával számolt

$$E = \frac{p^2}{2m} = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

Hraskó Péter: *Jánossy Lajos relativitáselmélet felfogásáról* című, ez év márciusi számunkban megjelent írásához érkezett Egyed Sándor fizikatanár előbb csak rövid, itt a lábjegyzetben alább szereplő, majd egy kibővített – a főszerkesztővel közölt – hozzászólása.

Mai ismereteink szerint a távolságok és az időtartamok méréseire elektromosan töltött részecskékből álló rendszereket használhatunk a mérő rudaktól egészen az atomórákig. Ezekben a részecskék kölcsönös helyzetét és mozgását a fénysebességgel működő elektromágneses kölcsönhatás szabja meg. A mérőeszközök mibenlétét minden esetben valamilyen valószínűségi hullámforma határozza meg, ami megköveteli, hogy az elektronpályák a körülményektől függetlenül önmagukba záródjanak. Az elektronok tehát az éterben is a Lorentz-transzformációnak megfelelően lennének kénytelenek szinkronizálódni, különben megbomlana az összhang.

Eszerint fennmaradásuk érdekében mérőeszközeinknek a fénysebességet az éterben mozgó lokális inerciarendszerekben is minden irányban azonosnak kellene mérniük. (A mérés lényegében állóhullámok tér- és időbeli periódusainak megszámlálását jelenti, amelyek a folytonos mozgás miatt egymástól elválaszthatatlanul fonódnak össze, vagyis a téridő fogalma egy esetleges éterben sem lenne megkerülhető.)

Mindaddig tehát, amíg esélyünk sincs olyan ideális mérőeszközök készítésére, amelyeket a fénynél gyorsabb kölcsönhatás tart össze, a metafizika tárgykörébe tartozik annak eldöntése, hogy létezik-e valamilyen éter. A távolságok és az időtartamok így is úgy is relatívak.

Vannak persze ritka kivételek is: a mi iskolánkban megszünt a fizika terem és már csak egy működő stopperünk maradt, így az idő fogalma számunkra megnyugtatóan egyértelművé vált...

kifejezésből kivonjuk a nyugalmi állapotnak megfelelő

$$E_0 = \frac{b^2}{2 m \lambda_0^2}$$

energiát:

$$\begin{aligned} E_m = E - E_0 &= \frac{b^2}{2 m} \left(\frac{1}{\lambda^2} - \frac{1}{\lambda_0^2} \right) = \\ &= \frac{b^2}{2 m \lambda_0^2} \left(\frac{\lambda_0^2}{\lambda^2} - 1 \right) \approx 2 E_0 \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda_0} \end{aligned}$$

Arra jutottunk tehát, hogy ebben a közelítésben a mozgási energia az általa okozott relatív deformációval, vagyis a periódusonkénti fáziseltéréssel arányos:

$$E m \approx m c^2 2 (\Delta \Phi).$$

E deformáció segítségével kell az anyagnak minél jobban alkalmazkodnia a téridő görbülethez, amit az energia–impulzus tenzor határoz meg.

Ekkor a Lagrange-függvényt a következő alakban írhatjuk fel:

$$L \approx m c^2 2 (\Delta \Phi) - m \phi.$$

A fáziseltérés eltűnése egyértelmű feltételt szab az adott helyen mozgó részecske ideális sebességére, vagyis a geodetikus mozgásra, és közelítésünkben a newtoni mechanikához jutunk.

A legegyszerűbb példa egy csillag körüli körpályán keringő bolygó, amikor a sugárirányú gravitációs görbülettel kell összhangba hoznia a rá merőleges mozgásból adódó fáziseltérést. Ebből a hagyományos módon adódik például *Kepler* III. törvénye:

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{\gamma M m}{r} \rightarrow \frac{r^3}{T^2} = \frac{\gamma M}{2 \pi^2}.$$

Ha a sebességnek nincs a sugárra merőleges komponense, akkor nem jöhet létre stabil pálya, mert nincs mivel korrigálni. Minél jobban eltér a kezdeti sebesség az adott helyen ideálistól, annál nehezebb összehangolni a fázisokat, így egyre elnyúltabb pályákat kapunk, hiszen a gravitációs energia rovására kell növelni a sebességet vagy fordítva, távolodva csökkenteni.

Közelítésünk azonban csak kis energiákon teljesül, ezért az ellipszispályák nem záródnak pontosan, amit a Merkúr esetében észleltek is.

A relatív deformációt pontosabban a

$$\Delta \Phi = 1 - \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

összefüggéssel számolhatjuk, vagyis

$$L = m c^2 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right) - m \phi.$$

A megvalósuló trajektórián az összes korrigálandó fáziseltérés minimális, ami a hatásintegrálra vonatkozó variációs elvben fejeződik ki:

$$\delta S = \delta \int L = \delta \sum |\Phi| = 0.$$

Mivel ekkor a periódusok a lehető leggyorsabban mennek végbe, a legtöbb játszódik le a folyamat során, ezért a sajátidő is extrémális lesz, a geodetikus mozgást végző anyag „öregszik” a leggyorsabban.

Arra jutottunk, hogy az erőmentes mozgást végző testek az anyagmegmaradás miatt kénytelenek úgy alkalmazkodni a körülményekhez, hogy a fénysebességet lokálisan izotrópnak „mérjék”. Addig, amíg nem ismerünk olyan anyagot, amelyet nem véges sebességgel terjedő kölcsönhatás tart össze, addig esélyünk sincs ideális mérőeszközök készítésére, bele kell törődnünk, hogy az idő mindenképpen relatív. Mivel a tapasztalat alapján nem tudjuk meghatározni, az objektív idő fogalma szerintem metafizikai természetű.

Egyed Sándor hozzászólásának csak legelejéhez és a legvégéhez tudok megjegyzést fűzni, mert azt, ami a kettő között van, nem értem.

Cikkét ezzel a konklúzióval zárja: „Mivel a tapasztalat alapján nem tudjuk meghatározni, az objektív idő fogalma szerintem metafizikai természetű.” Teljesen egyetértek vele, én ugyanezzel kezdtem cikkemet: Az a kérdés, hogy vajon mi is az idő, metafizikai természetű. Azután hozzátettem, hogy ha viszont úgy tesszük fel a kérdést, hogy mi az a t , ami az $s = f(t)$ típusú út–idő összefüggésekben szerepel, akkor ez már nem metafizikai probléma, mert úgy lehet rá válaszolni, hogy a lehető legpontosabban körülírjuk, hogyan lehet ideális esetben a képlet érvényességét kísérletileg ellenőrizni.

Nyitó mondata viszont szíven ütött: „Bár a mai szomorú időkben egy magyar fizikatanárnak kisebb gondja is nagyobb annál, hogy mit nevezünk időnek, én mégis fontos és érdekes kérdésnek tartom.” Amikor cikkemet írtam, mocorgott bennem a kétség, hogy nem megbocsáthatatlan érzéketlenség-e az időmérés metafizikájáról értekezni egy olyan folyóiratban, amelynek az éppen kihaló félben lévő fizikatanítást kellene elősegítenie. Pontosán ezzel nyugtattam magam: akárhogy is van, ez „fontos és érdekes kérdés”. Köszönöm a hozzászólónak, hogy ebben meg erősített.

Hraskó Péter