AZ IDŐ IS ÖREGSZIK?

Szerző:

Stonawski Tamás (PhD)
Nyíregyházi Egyetem

Szerző e-mail címe:
stonawski@gmail.com

Lektorok:

Ujfaludi László (Ph.D.,professor emeritus)
Eszterházy Károly Egyetem

Borbélyné Bacsó Viktória (Ph.D.)
Medgyessy Ferenc Gimnázium

…és további két anonim lektor

Absztrakt

Legelemibb fogalmunk a világról az „idő", e szerint alkotunk rendszert a környezetünkből. Az evolúció egzakt fogalmakat sajnos nem örökít, ezért van szükségünk logikai belátásra és tanulásra. Sokszor éppen az evolúció során kapott szelekciós nyomást kell levetkőznünk: pl. a kvantummechanikában a maradandó tárgyak rendszerét. Mikor és hogyan született az idő fogalma őseink tudatában, hogyan fejlődött, és hol tart napjainkban? E kérdéskörre kutatjuk a választ egy kis relativitáselméleti játékkal.

Kulcsszavak: idő, relativitáselmélet, Zénon paradoxona, mértani sor
Diszciplínák: fizika, matematika, filozófia

Abstract

IS TIME AGING?

Our most basic concept about the world is the „time", according to which we create a system from our environment. Unfortunately, evolution does not inherit exact concepts, so we need logical insight and learning. Many times we have to undress the selection pressures we receive during evolution: for example, in quantum mechanics, the system of enduring objects. When and how was the concept of time born in the minds of our ancestors, how did it evolve, and where is it today? We research the answer to this question with a little relativity.

Keywords: time, theory of relativity, Zenon's paradox, geometric series
Disciplines: physics, mathematics, philosophy

Stonawski Tamás (2021): Az idő is öregszik? *OxIPO – interdiszciplináris tudományos folyóirat, 2021/4*, 9-15. doi: 10.35405/OXIPO.2021.4.9

E tanulmány a filozófia és a fizika határvonalára tehető. Az ókori filozófia egy sajátságos felfogásának (Zénon paradoxona) fizikai lehetőségét vizsgálja meg. Abból az ötletből indul ki, miszerint már az újkor tudósai (Newton és Leibniz) is „ellenőrizték" a paradoxont az újabb tudományos felfedezések után, azaz matematikailag is igazolták, hogy valóban leelőzi Akhilleusz a teknősbékát, ha az tetszőleges, (de nem túl nagy) előnyt is ad neki. A geometriai sorozat határétékével pontosan kiszámolták bizonyos előfeltételek alapján pontosan mikor is következik ez be. Ez a számítás azonban csak abban az esetben helyes, ha az idő és a tér abszolút, nincsenek hatással egymásra.

A XX. század modern fizikai előretörése azonban leírta a tér és idő összefüggéseit, és ezzel egy új fogalmat vezetett be a fizikába: a téridőt (Einstein, 1905). A tanulmány éppen erre épít: megvizsgálja, hogy lehetséges-e bizonyos gyorsuló rendszerben a paradoxon állítása. A leírásban a speciális relativitáselmélet képleteit alkalmazza, a geometriai sorozat elemeinek felhasználásával. Konkrét előfeltételek megadásával elképzelhetővé teszi a probléma megvalósulásának nehézségeit.

Az idő történelme

„Bizonyos tudós embertől hallottam, hogy az idő a Nap, a Hold és a csillagok mozgása. Nem fogadtam el nézetét. Miért nem az összes testek mozgása?" – Szent Ágostont idézi: Simonyi (1981).

Az idő meghatározott irányultsággal rendelkezik: a múltból a jelenen keresztül a jövő felé folyik. Az „időegyenesből", mint egydimenziós fogalomból egy homályos, szétfolyt időpillanat-sokaságot érzékelünk csupán. Nulldimenziós időérzékelésünknek „köszönhetően" kell végigszenvedni néhány unalmas értekezletet, emiatt késünk el, és hála neki, folyton változunk csakis egy irányba: az öregedés felé.

Valószínűleg őseink észrevették saját és környezetük változásait, és felmerült az igény ezek „mérésére" (ki az idősebb… stb.), természetesen valamilyen „külső segédeszköz" segítségével.

Ezután már csak valamilyen „megbízható" periodikus jelenséget kellett szolgálatba állítani. Ilyenek voltak az éjszakák-nappalok és az évszakok váltakozása, a Hold formájának ismétlődései. De vajon mennyire és mihez képest megbízhatóak ezek a jelenségek? Az emberiség sokáig egy tökéletesen járó órát keresett a természeti jelenségekben, bízva abban, hogy létezik egy tőlünk független abszolút idő.

1915-ig az volt a tudományos nézet, hogy a térben is időben lejátszódó események nem befolyásolják a stabil tér-idő szerkezetet, közömbösek egymásra. A speciális relativitáselmélet azonban a mozgás és a tér-idő kapcsolatát fedezte fel, és cáfolta a tér-idő mindenkori stabilitását, állítása szerint maga a mozgás is visszahat rá, befolyásolja azt (Hawking, 1998). Az idő az elmélet szerint a fénysebességhez közeli értékre gyorsuló rendszerekben már számottevően változik, nem lehet figyelmen kívül venni a változását.

Az időfogalom stabilitásával a XX. századig csak az ókori filozófus, Zénón mert szembeszállni érdekes paradoxonjaival (lásd: Akhilleusz és a teknős, a fának hajított kő, és a nyílvessző paradoxonja). Az Akhilleusz és a teknős paradoxonjának lényege például a következő (Net1):

„Képzeljük el Akhilleuszt, a leggyorsabb görögöt, amint versenyt fut egy teknőssel. Mivel olyan gyors, nagyvonalúan száz láb előnyt ad a hüllőnek. Alighogy elindul a verseny, Akhilleusz pár ugrással ott terem, ahol a teknős kezdett. Ezalatt az idő alatt azonban a teknős is haladt egy keveset, talán egy lábnyit. Akhilleusz egy újabb lépéssel ott terem, ám ezalatt a teknős ismét halad egy kicsit, és még mindig vezet. Akármilyen gyorsan is ér Akhilleusz oda, ahol a teknős egy pillanattal korábban volt, amaz mindig egy kicsit előrébb lesz. Zénón érvelése azt látszik igazolni, hogy Akhilleusz sohasem fogja megelőzni, de még csak utolérni sem a teknőst."

A paradoxon lényege az, hogy a gondolatmenet szerint az idő nem egyenletesen telik, hanem az egység minden ütemben egyre kisebb lesz, és a végtelenbe tartva eléri a 0-t. A XVII. században Newton és Lebniz a sorozatok határértékeire vonatkozó tételeket fedeztek fel, ezeknek köszönhetően bizonyítottá vált, hogy Akhilleusz biztosan utoléri a teknősbékát, és ki is lehetett számítani, hogy ez éppen hányadik méterben következik be. A XVII. században viszont az abszolút tér és idő fogalma volt a jelenségek leírásának egyetlen bázisa.

Az eleai filozófusok koordinátarendszere

Vajon a relativitáselmélet szerint telhetne-e az idő úgy, hogy a gyors lábú Akhilleusz sosem éri utol azt a teknősbékát, melynek előnyt adott?

Az is lehet, hogy létezik olyan koordinátarendszer, melynek időváltozásai egy geometriai sor szerint mennek végbe a mi koordinátarendszerünk „egyenletesen" járó órájához képest?

A futóverseny rendszerében szemlélve természetesen utoléri a teknőst a futó az 1. ábra szerint, ahol:

V: Akhilleusz sebessége,

v: A teknősbéka sebessége,

t_1: az az időtartam, amely alatt Akhilleusz a teknős kiindulópontjához ér.

Az $a+aq+aq^2+\ldots+aq^{n-1}+\ldots$ ($a\neq0$) geometriai sor konvergens, ha $|q|<1$, és

$$\sum_{n=1}^{\infty} aq^{n-1} = \frac{a}{1-q}$$

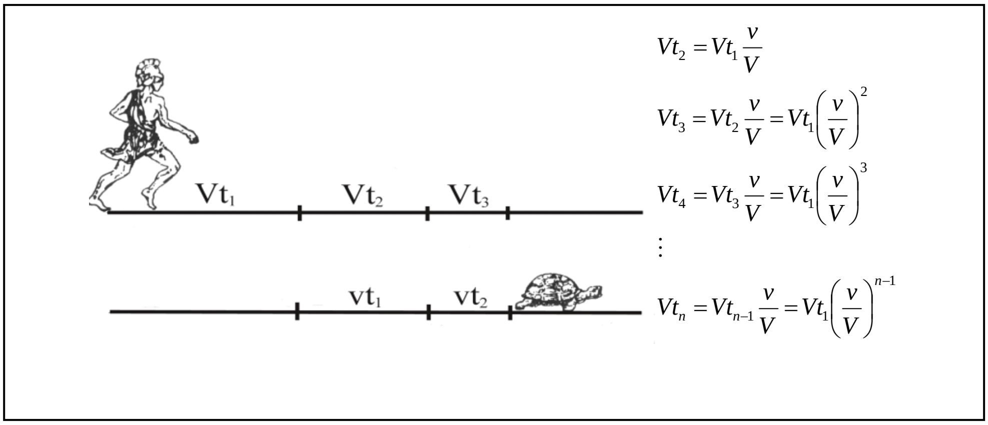
Ez a feltétel teljesül, hiszen: $\frac{v}{V}<1$, mivel $v<V$.

Tehát Akhilleusz utoléri a teknősbékát

$$\sum_{n=1}^{\infty} Vt_1\left(\frac{v}{V}\right)^{n-1} = \frac{Vt_1}{1-\frac{v}{V}}$$

út megtétele után.

1. ábra: Akhilleusz és a teknősbéka versenye, ahol Akhilleusz Vt_1 előnyt adott a teknősbékának (forrás: a Szerző)



Konkrét értékekkel:

$$\left.\begin{aligned} V &= 30\frac{km}{h} \\ v &= 0{,}1\frac{km}{h} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{v}{V} = \frac{1}{300}$$

1 km előnyt adva a teknősbékának:

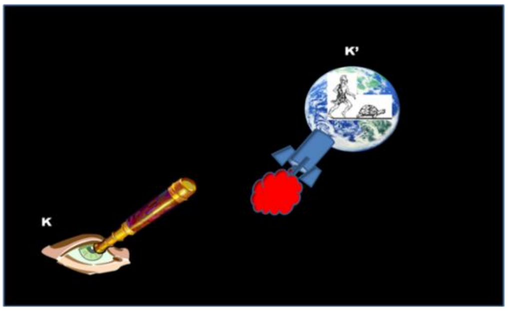
$$\frac{Vt_1}{1-\frac{v}{V}} = \frac{30\frac{km}{h}\cdot\frac{1}{30}h}{1-\frac{1}{300}} \approx 1{,}033km$$

Vagyis Akhilleusz az 1033. méteren utoléri a teknőst.

De létezik-e az eleai filozófusok koordinátarendszere, mármint olyan rendszer, amelyet a mi rendszerünkből figyelve tényleg nem éri utol Akhilleusz a békát?

Ha a Földre egy rakétát helyeznénk, és meghatározott ütemekben gyorsítanánk, a megfigyelési helyünket pedig a Föld gyorsulás előtti pozíciójába helyeznénk, és innen szemlélnénk egy ideális távcsővel a versenyt, akkor vajon elérhető lenne, hogy tényleg nem éri utol Akhilleusz a teknősbékát (lásd a 2. ábrát!)?

2. ábra: A versenyt a gyorsuló K' rendszerben rendezték meg és a K inercia rendszerből figyeljük meg.



A $t_n = t_1 \left(\frac{v}{V}\right)^{n-1}$ sorozatnak megfelelően a *K'* rendszerben a *K* rendszerhez képest az időnek egyre lassabban kell telnie ahhoz, hogy ez bekövetkezzen.

Ezt úgy érhetjük el, ha *K'* rendszer egy speciális *v(t)* sebességgel mozog a *K*-hoz képest (mostantól $n \in R$, és folytonos függvényeket vizsgálunk). A *K* rendszer minden egyes Δt időközönkénti egyenletes ütemének (tak-jelének) egyre nagyobb $\Delta t'$ időközök felelnek meg, vagyis a verseny mozgása ütemenként lassul:

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1-\beta^2}} > \Delta t$$

Ahhoz, hogy a *K* rendszerből nézve ne érje utol Akhilleusz a teknősbékát, a következő feltételnek kell teljesülnie:

$$Vt_1 = Vt_2 = \ldots = Vt_n.$$

Tehát annak, hogy az 1. ábrán megfelelő szakaszok hosszai ne változzanak. Amiből következik, hogy: $t_1 = t_2 = \ldots = t_n$.

Tehát a *K*-ban rövidülő időtartamok *K'*-ben nem változnak. Keressük meg azt a *v(n)* sebességsorozatot, amelyik ezt teljesíti:

$$t_1 = \frac{t_n}{\sqrt{1-\left(\frac{v(n)}{c}\right)^2}}$$

$$t_1 = \frac{t_1\left(\frac{v}{V}\right)^{n-1}}{\sqrt{1-\left(\frac{v(n)}{c}\right)^2}}$$

Ebből kifejezve *v(n)*-t:

$$v(n) = c\sqrt{1-\left(\frac{v}{V}\right)^{2n-2}}$$

Az előző konkrét értékekkel:

$$\lim_{n\to\infty} v(n) = \lim_{n\to\infty} c\sqrt{1-\left(\frac{1}{300}\right)^{2n-2}}$$

$t_1 + t_2$ idő múlva:

$$t_1\left(1+\frac{v}{V}\right) = \frac{301}{300}t_1$$
$$= \frac{301}{300}\cdot 2\,min \approx 2 perc\ múlva:$$

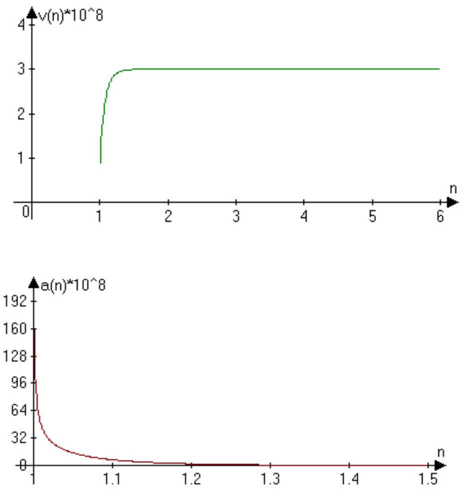
Akhilleusz tömege („már, ha egyben maradna”):

$$m = \frac{80kg}{\sqrt{1-\frac{c^2\left(1-\left(\frac{1}{300}\right)^2\right)}{c^2}}} = \frac{80kg}{\frac{1}{300}}$$
$$= 24000kg.$$

Egy ilyen koordinátarendszerben tehát olyan hatalmas tehetetlenségi erők ébrednek, amit élő szervezet nem bírna ki, és sebessége másodpercek alatt fénysebesség körüli lenne (3. ábra). A gyorsulás percek múlva már elviselhető lenne.

Fent látható, hogy az eleai filozófusok gondolatmenete (Lendvai, 1983) a relativitáselmélet segítségével sem kivitelezhető élő alanyokra, de már van fizikai valóságtartama.

3. ábra: A K' rendszer sebessége és gyorsulása az időütemek függvényében.

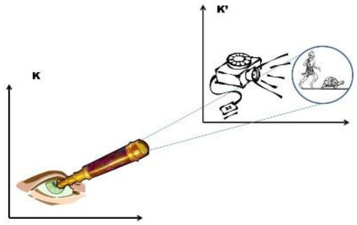


A verseny egy virtuális filmvásznon

Ahhoz, hogy az előbb tárgyalt mértani sorozatban szereplő egyre rövidebb időtartamok állandó értéken maradjanak, beláttuk, hogy a *K'*-nek kell gyorsulnia. Azt is beláttuk, hogy a nagy tehetetlenségi erők jelenléte miatt nincs értelme a versenynek, hiszen próbáljunk csak a gyorsuló villamoson előre szaladni! Ha viszont a gyorsuló rendszerben a már inercia rendszerben felvett versenyt vetítjük le és *K*-ból szemléljük az eseményt, megvalósulhat a zénóni elképzelés: akármeddig is nézzük *K*-ból az ideális távcsövünkön keresztül a filmet, Akhilleusz nem tudja leelőzni a teknősbékát (lásd a 4. ábrát!)!

Persze ezt egy gondolatban elkészített trükk felvétellel is megvalósíthatjuk: a t_1 időtartamig normál sebességgel vetítjük a

4. ábra: A K' rendszerben levetített versenyt a K-ból figyeljük meg.



filmet, a következő t_2 időtartam alatt pedig lelassítjuk a képkockákat úgy, hogy éppen t_1 ideig tartson, majd a következő t_3 időtartam alatt is addig lassítjuk a filmet, mígnem az is t_1 ideig játszódik…stb. Lásd: 5. ábra.

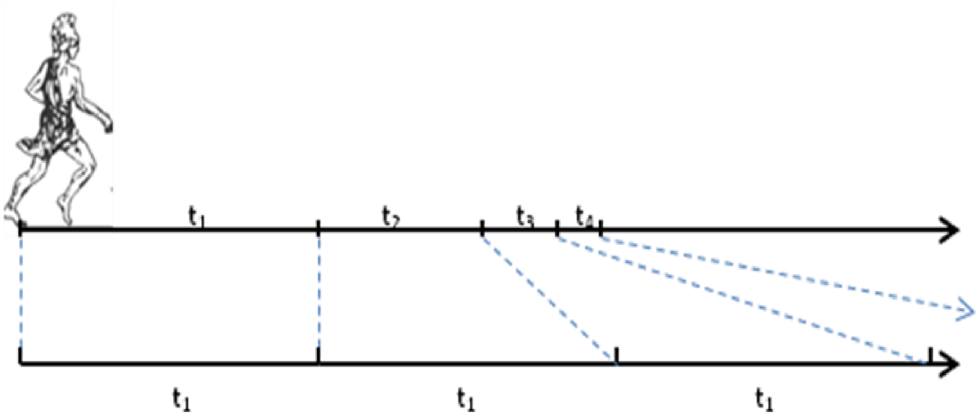
Konklúziók

Egy gondolatkísérlet elvégzésével próbáltuk elfeledni a stabil abszolút időt. Ez persze nem jelenti semmiképpen azt, hogy igazoltuk volna Zénón paradoxonjait, csak egy játékos gondolatmenettel alkalmaztuk a XVII. század egyik sorozatokra felfedezett tételét és a speciális relativitáselmélet idődilatációra vonatkozó összefüggését. A két összefüggés új szemszögből világította meg az ókori zénóni problémát egy virtuális űrutazással egybekötve.

Irodalom

Einstein, Albert (1905): Zur Elektrodynamik bewegter Körper, *Annalen der Physik*, 1905, 322, 10, pp. 891-921.

5. ábra. Az egyre rövidülő időintervallumokhoz állandó nagyságú időintervallumokat rendelünk.



Hawking, Stephen (1998): *Az idő rövid története*. Maecenas Könyvek-Talentum Kft, Budapest

Lendvai L. Ferenc (1983): *A gondolkodás története*. Móra Kiadó, Budapest.

Net1: *Zénón paradoxonjai*. Letöltés: 2021. 12.05. Web: http://hu.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A9n%C3%B3n_paradoxonjai

Simonyi Károly (1981): *A fizika kultúrtörténete*. Gondolat Kiadó, Budapest.