

kisZH feladatok:**HF1/1**

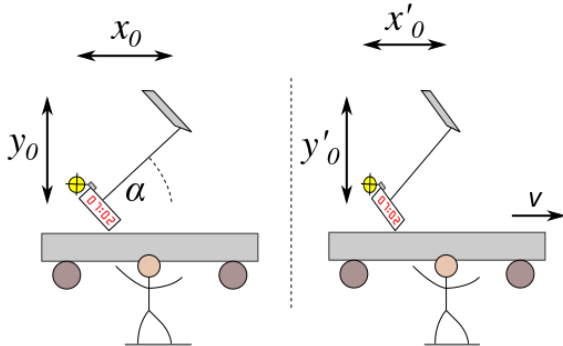
Egy ikertestvér-pár Aladár és Béla vásároltak egy-egy interstelláris űrhajót.

- Aladár a Földről indulva hamar felgyorsít a fénysebesség 50%-ára, majd állandó sebességgel célba veszi a Földtől 4,5 fényévre található Alfa Centauri rendszert, ahol lefékezve leszáll egy ottani exobolygón.
 - Béla más megoldást választ, ő a fénysebesség 99%-ára gyorsít fel, de félúton megpihen egy, Földhöz képest lényegében nyugvó űrbéli fogadóban és becsületsüllyesztőben. Végül ismét felgyorsít a fénysebesség 99%-ára és így Aladárral egyszerre ér az Alfa Centauri rendszerbe.
- a.) Rajzoljuk fel Aladár és Béla világvonalait a Minkowski síkra!
 - b.) A Földön mérve mennyi idő telik el, amíg Aladár és Béla eléri az úticélját?
 - c.) Mennyit öregszik az úton Aladár?
 - d.) A Földön mérve mennyi ideig tart Bélának eljutni a féltávon lévő fogadóba, ill. onnan eljutni a célba?
 - e.) Mennyi időt tölt Béla a fogadóban?
 - f.) Mennyit öregszik összesen Béla?

HF1/2

A π -mezonok (π^+ vagy π^-) instabil részecskék, melyek (a velük együttmozgó rendszerben mérve) $T_{1/2} = 1,8 \cdot 10^{-8}$ s felezési idővel elbomlanak. Létrehoztunk egy nyalábot π -mezonokból, amiben a részecskék $0,8c$ sebességgel haladnak.

- a.) Mekkora mérvük ekkor a π -mezonok felezési idejét?
- b.) Tegyük fel, hogy a π -mezonokat egy $d = 36$ m hosszúságú alagúton vezetjük át. Hány százalékuk bomlik el az alagúton való áthaladás alatt?
- c.) Mit kaptunk volna eredményül a b.) feladatra, ha nemrelativisztikus közelítéssel számolunk, azaz nem vesszük figyelembe az idődilatáció jelenségét?
- d.) Üljünk be a π -mezonokkal együttmozgó rendszerbe. Itt az alagút $0,8c$ sebességgel mozog a π -mezonokkal szemben. Az azonban, hogy hány százalékuk bomlik el amíg átérnek az alagúton, nem függhet a vonatkoztatási rendszertől. Ezt felhasználva milyen hosszúnak „látják” a π -mezonok az alagutat?

Gyakorló feladatok:**GY1/1**

Tekintsük gyakorlat 5. feladatában látott fényórát, aminek karját úgy állítjuk be, hogy amikor a kocsi áll, akkor α szöget zár be a vízszintessel. Ekkor a fényóra karjának vízszintes vetülete $x_0 = d_0 \cos(\alpha)$, a függőleges vetülete pedig $y_0 = d_0 \sin(\alpha)$.

Gyorsítsuk fel a kocsit v sebességre. A gyakorlaton szerepelt feladat megoldása alapján azt várjuk, hogy a felgyorsított óra karjának függőleges vetülete változatlan marad: $y'_0 = y_0$, a vízszintes vetülete pedig Lorentz-kontrakción esik át: $x'_0 = x_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$. Ebben a feladatban a célunk

megmutatni, hogy ez a feltevés akár igaz is lehet, azaz a Földhöz képest nyugalomban lévő megfigyelő tetszőleges α szög esetén azonosan $T'_0 = \frac{2d_0/c}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ -nak méri a mozgó óra időegységét. Ehhez:

- Rajzoljuk fel azt a fénysugarat, ami az álló megfigyelő szerint a lámpából indulva a tükrön visszaverődve a detektorba jut.
- Pitagorasz tétel segítségével, a kocsi haladását is figyelembe véve írjuk fel a fénysugár úthosszát, amíg eljut a tükrőig való eljutás és az onnan visszatérés szakaszára.
- Adjuk meg, mennyi idő telik el a földi megfigyelő szerint, amíg az óramutató egyet ugrik. Mutassuk meg, hogy ez mindig azonosan T'_0 !

GY1/2

A speciális relativitáselmélet sok furcsaságot tartalmaz. Ezek közül az egyik leghíresebb gondolkísérlet Einstein mozgó vonata[1]: Egy gyorsvonat igen hosszú egyenes pályán mozog egyenletes sebességgel. A vonat középső vagonjában, pontosan a vonat közepén ül Aladár, és a kávéját kortyolgatja. A sínhez közeli szántóföldön pedig Béla üldögél. Egyszer csak villám csap a vonat elejébe és végébe. Béla megfigyelése szerint a villámcsapások tökéletesen egy időpontban történtek.

- Egyszerre történtek-e a villámcsapások Aladár szerint? Ha nem egyszerre történtek, akkor melyik történt előbb?

Pontosan ugyanebben a pillanatban egy vonat halad szemben Aladár vonatával, aminek szintén az elejébe és végébe vág bele a két villám. Ezen vonat közepén utazik Cili.

- Cili szerint egyszerre történtek-e a villámcsapások? Ha nem, akkor melyik történt előbb?

Az előbbi két feladat alapján látjuk, hogy két távoli (pontosabban fogalmazva: térszerűen szeparált) esemény egyidejűsége relatív fogalom.

Végezzük el a következő gondolkísérletet: építettünk egy teleportot, ami pillanatszerűen (a teleporthoz rögzített vonatkoztatási rendszer szerint) áthelyez minket a tér egyik pontjából a másikba.

- Egy űrhajó repül abba az irányba, amerre teleportáltunk. Mutassuk meg, hogy a pilóta szerint igen rövid ideig „kettő” lenne belőlünk, ha lenne ilyen teleport.
- Mutassuk meg, ha az űrhajó az ellenkező irányba repül, akkor rövid időre megszűnnénk létezni, ha lenne ilyen teleport.

Tegyük fel, hogy most egy elektront teleportálunk egyik helyről a másikra. A teleport vonatkoztatási rendszerében semmi baj nincs: a rendszer ösztöltése minden időpillanatban állandó. Más vonatkoztatási rendszerben azonban sérül a töltésmegmaradás: ha az utóbbi törvény relativisztikusan invariáns, akkor nem lehet így elektront teleportálni.