Válasz Matolcsi Tamásnak

A válaszaim előtt szeretném rögzíteni, hogy az előadásban a standard relativitáselméletről beszéltem, tehát a szinkronizációt mindenütt úgy értem, hogy a szokásos $\varepsilon = \frac{1}{2}$ szerint történik. Mint tudjuk, ε értéke szabad gaugenek tekinthető, tehát nem fog a végén szerepet játszani a konklúzióinkban. Majd még erre megjegyzéseiddel kapcsolatban visszatérek.

Megjegyzéseid egy része a csatolt e.m. mezőből és töltött pontrészecskékből álló rendszerre vonatkozik. Mielőtt rávilágítanék, hogy amit ezzel kapcsolatban mondasz, az nem releváns az én általam elővezetett téma szempontjából, megjegyzem, hogy egyik példám sem szól csatolt e. m. mező + töltött pontrészecskék rendszerről. Ezt a rendszert kizárólag példaként említem, zárójelben, egy általános megállapítás kapcsán, és mint majd ismét igyekszem megmutatni, teljesen jogosan.. Az Example 1, Example 2 és Example 3 esetében a két tömegpont között egyébként még kölcsönhatás sincs.

Most akkor rátérek az általad hangsúlyosan előhozott e.m. mező + részecskék rendszerre. Mit állítottam ezekről? A következőt:

Állítás: Vesszük ennek a rendszernek egy tetszőleges kezdeti feltételhez tartozó megoldását. Kiszámítjuk, hogy milyen kondícióknak tesz eleget az ebből leszármaztatott Lorentz boosted megoldás. És arra mutatok rá, hogy ez olyan ronda, hogy épp elmével nem mondanánk rá, hogy ez ugyanazt a rendszert írja le, mint az eredeti rendszer, csak éppen egy egészként transzlációs mozgást is végez v sebességgel.

Akkor menjünk sorban.

1. Az egyenletek, amire gondolok, a következők: Egyrészt az

$$\mathbf{A}(\mathbf{r},t) = \frac{1}{c}\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{d}\left.\frac{d\mathbf{r}_i(t)}{dt}\right|_{t-\frac{d}{c}} \tag{1}$$

$$\varphi(\mathbf{r},t) = \sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{d} \tag{2}$$

$$d = \left|\mathbf{r} - \mathbf{r}_i\left(t - \frac{d}{c}\right)\right| \tag{3}$$

retardált potenciálok, és a

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{m_i}{\sqrt{1-\frac{1}{c^2}\left(\frac{d\mathbf{r}_i(t)}{dt}\right)^2}}\frac{d\mathbf{r}_i(t)}{dt}\right) = -q_i\,\mathrm{grad}\varphi\left(\mathbf{r}_i(t),t\right) - \frac{q_i}{c}\frac{\partial\mathbf{A}\left(\mathbf{r}_i(t),t\right)}{\partial t} + \frac{q_i}{c}\left[\frac{d\mathbf{r}_i(t)}{dt},\mathrm{rot}\,\mathbf{A}\left(\mathbf{r}_i(t),t\right)\right] \qquad (4)$$

dinamikai egyenletek.Vagyis ezekről a Lorentz-kovariáns egyenletekről van szó.

Mondhatjuk ezekre az egyenletekre, hogy ezek „nem léteznek", de ezeknek egy véges rácson vett numerikus közelítése, vagyis az a véges (Turing) algoritmus, amelyet a CERN komputerén lefuttatnak, az nagyon is létezik. És mint a CERN mérnökeinek mindennapos gyakorlata mutatja (ugyanis ezzel számolják ki a töltött relativisztikus nyalábok mozgását a gyorsítókban), nagyon is jól leírják a csatolt, relativisztikus töltött részecskékből és az e. m. mezőből álló rendszert. Abból a szempontból, amiről én beszéltem, ez a véges algoritmus nekem teljesen elég.

2.

> *tomegpontok es elektromagneses mezo egyuttesenek leirasa pillanatnyilag nem letezik (amit te ketsegbe vontal, ezert most itt ujra megkerlek, add mar meg az erre megfelelo csatolt egyenletrendszert), vagyis a toltott tomegpontok es az altaluk letrehozott elektromagneses mezo egyutt mint pontosan meghatarozott fizikai rendszer nem letezik*

Ha jól értem, itt egyszerűen annyit akarsz mondani, hogy létezik ilyen fizikai rendszer, csak nincs szingularitásoktól mentes leírása.

> *En viszont azt mondom, hogy ha egyaltalan volna reszecske-mezo kolcsonhatast leiro egyenlet, soha – soha! – nem lehetne elhagyni a kezdeti feltetelekbol a mezot is, hisz a pillanatnyi mezo erteke lenyegesen befolyasolja a tomegpontok kesobbi eletet. (Sajnos itt irasban nehezebb ezt szemleletesse tenni, mint a tabla rajzan, amint azt akartam; azert emlekeztetoul: a ket vilagvonal kozti, valamely szinkronizacio szerint egyideju vilagpontokbol indulo elektromagneses mezo kesobb eleri a tomegpontokat, befolyasolva ezzel az eletuket.) Tehat az egyeb valtozokra vonatkozo kezdeti feltetelek soha – soha! – nem volnanak erdektelenek. Azzal, hogy te*

megis elhagyod a mezot, oda sullyedsz vissza, hogy tisztan pontmechanikai rendszert tekintesz (hiaba deklaralod szavakban ennek az ellenkezojet), mindig csak tisztan pontmechanikai rendszerrel foglalkozol, hiszen formulaidban mindig csak a reszecskek helyzete es sebessege szerepel. Tisztan pontmechanikai rendszer pedig nem letezik.

Hogy a „a pillanatnyi mező értéke lényegesen befolyásolja a tömegpontok későbbi eletet", azt senki sem vonja kétségbe. (Csakúgy, mint azt sem, hogy a részecskék pillanatnyi helyzete befolyásolja a terek későbbi értékét a retardált potenciálokon keresztül.) ...

Tulajdonképpen nem értem, mi a félreértés forrása. „We are omitting the initial conditions for other variables which are not interesting now." Ez egy teljesen világos mondat. „Nem írom fel, nem írom ide a mezőkre vonatkozó többi (kezdeti) feltételt, mert a mondandóm szempontjából nem érdekesek". Miért jelentené ez a mondat azt, hogy ezek nincsenek, vagy, hogy ezek nem relevánsak abból a szempontból, hogy hogyan viselkedik a rendszer teljes egészében, sőt, még csak azt sem jelenti, hogy az itt ki nem írt része a (kezdeti) feltételeknek nem releváns a részecskék mozgása szempontjából. Nem, ezeket én nem mondtam. Annyit mondtam és mondok, hogy nem relevánsak abból a szempontból, amiről beszélek. Mi változik abban, amit mondok, ha mellesleg kiírom a mezőkre vonatkozó kezdeti feltételeket is? Tessék:

$$\mathbf{r}_i(t=0) = \mathbf{R}_i, \tag{5}$$

$$\left.\frac{d\mathbf{r}_i(t)}{dt}\right|_{t=0} = \mathbf{w}_i. \tag{6}$$

$$\mathbf{A}(\mathbf{r},t=0) = \mathbf{A}_0(\mathbf{r}) \tag{7}$$

$$\dot{\mathbf{A}}(\mathbf{r},t=0) = \dot{\mathbf{A}}_0(\mathbf{r}) \tag{8}$$

$$\varphi(\mathbf{r},t=0) = \varphi_0(\mathbf{r}) \tag{9}$$

Ennek vesszük a vesszős verzióját, majd az egészet vissza-Lorentz-transzformáljuk a vesszőtlen változókba. És akkor kapunk egy ilyet (most mindhárom tér dimenziót kiírom):

$$t_i^\star = \frac{\frac{v}{c^2}R_{xi}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}, \tag{10}$$

$$\mathbf{r}_i^{new}(t=t_i^\star) = \begin{pmatrix} \frac{R_{xi}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\ R_{yi} \\ R_{zi} \end{pmatrix}, \tag{11}$$

$$\left.\frac{d\mathbf{r}_i^{new}(t)}{dt}\right|_{t_i^\star} = \begin{pmatrix} \frac{w_{xi}+v}{1+\frac{w_{xi}v}{c^2}} \\ w_{yi} \\ w_{zi} \end{pmatrix}. \tag{12}$$

valamint, hogy

$$\mathbf{A}^{new}\left(\begin{pmatrix} \frac{r_x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\ r_y \\ r_z \end{pmatrix}, t = \frac{\frac{v}{c^2}r_x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right) = \begin{pmatrix} \frac{A_{x0}(\mathbf{r})-\frac{v}{c}\varphi_0(\mathbf{r})}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\ A_{y0}(\mathbf{r}) \\ A_{z0}(\mathbf{r}) \end{pmatrix} \tag{13}$$

$$\dot{\mathbf{A}}^{new}\left(\begin{pmatrix} \frac{r_x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\ r_y \\ r_z \end{pmatrix}, t = \frac{\frac{v}{c^2}r_x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right) = \begin{pmatrix} \text{valami} \\ \text{még} \\ \text{rondább} \end{pmatrix} \tag{14}$$

$$\varphi^{new}\left(\begin{pmatrix} \frac{r_x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\ r_y \\ r_z \end{pmatrix}, t = \frac{\frac{v}{c^2}r_x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right) = \frac{\varphi_0(\mathbf{r})-\frac{v}{c}A_{x0}(\mathbf{r})}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \tag{15}$$

Nos, megtörtént. Ide lett írva. Ezzel a kiegészítéssel járunk a cikk (26) formulája után. Melyik ezt követő mondata lenne a cikknek az, amelyet e kiegészítés után módosítanom kellene (a formulák átszámozásán túl)? Mert én ilyet nem látok! Pontosan ezért hagytam el a mezőkre vonatkozó részét a feltételeknek. És nem azért mert „oda süllyedtem” volna, hogy azt gondoljam, hogy a csatolt e.m. mező + részecskék rendszer mozgásának leírásában (akárcsak a részecskék mozgását tekintve is) a mezőre vonatkozó egyenletek/feltételek ne játszanának szerepet.

3. Most rátérek az általad felvetett, érzésem szerint sokkal izgalmasabb kérdésekre.

> *A relativitasi elv igen is ervenyes minden fizikai rendszerre; ha valamire nem igaz, akkor ez a valami nem rendszer.*

írod, majd pedig azt mondod:

> *Ahhoz, hogy bizonyitsd igazadat, bizonyitanod kellene, hogy az a valami igen is rendszer. Csakhogy ehhez kellene a fizikai rendszer pontos definicioja. De nem am olyan, amely a levegoben log, mint pl. "fizikai rendszer toltott tomegpontok es az altaluk letrehozott*

elektromagneses mezo egyutt" mert ez lenyegeben nem kulonbozik attol, ha azt mondja valaki, hogy "fizikai rendszer egy ember fule". Matematikai pontossagu definicio kell, hiszen te is differencialegyenetrol, kezdeti feltetelekrol azokra kirott transzformacios szabalyokrol beszelsz, altalaban matematikai formulakat alkalmazol, ami csak matematikailag pontosan meghatarozott feltetelek mellett ad megalapozott es megingathatatlan eredmenyt.

(Azon túl, hogy nem értem, „egy ember füle" miért nem egy fizikai rendszer) itt most tehetnék egy hosszú kitérőt azt illetően, hogy hogyan érted „matematikailag" definiálni azt, hogy mikor nevezünk valamit „fizikai rendszernek", hogy azt ne mondjam, mikor „fizikai rendszer" egy fizikai rendszer. De a szövegből úgy látom, ezzel a „rendszer" fogalommal te sem kezdesz semmit, s hogy ha a „rendszer" szót kicserélem „valamire" akkor ez a kérdés megoldódott. („Ha valamire nem igaz a relativitási elv, akkor ez a valami nem rendszer", írod!). Legyen tehát „valami". A relativitási elv tehát úgy szól, hogy

> Valaminek, ami mint egész együtt mozog a K' vonatkozási rendszerrel, a K'-ben nyugvó méterrudak, órák, etc. által mért mennyiségek nyelvén kifejezett viselkedése ugyanolyan, mint annak az eredeti, a K rendszerben nyugvó valaminek, a K-ban nyugvó mérőberendezések által mért mennyiségek nyelvén kifejezett viselkedése.

E terminológiában az én állításom úgy hangzik, hogy baj van a relativitási elvvel, mert valamikre teljesül, míg más valamikre nem.

De komolyra fordítva a szót, teljesen egyetértek, és ez volt a beszédem lényege is, hogy egyáltalán nem világos, mit jelent „ugyanaz a rendszer(akarom mondani, valami), kollektív mozgásban K-hoz képest". Boldog leszek, ha ezt valaki pontosan definiálja. Einstein minden előzetes magyarázat nélkül használja ezt a kifejezést, és ugyanezt teszik a fizika tankönyvek. Az egész előadásom arról szólt, hogy ennek a fogalomnak a lebegtetése okozza a bajt. Néhány szélsőséges példán illusztráltam, hogy – szemben a tankönyvekben terjedő közhiedelmekkel – a Lorentz boosted rendszer, vagyis a $\left[\Lambda_v^{-1}\left(\psi_0'\right)\right]$ megoldás által leírt valami, nem tekinthető minden esetben ilyennek, nem úgy, mint a klasszikus mechanikában, ahol mindig igaz, hogy $\left[G_v^{-1}\left(\psi_0'\right)\right] = [\psi_v]$.

5. Eddig tartott válaszomnak az érdemi része. Mert azok a dolgok, amikre most ezután reagálok – függetlenül attól, hogy véleményem szerint helyesek vagy nem – irrelevánsok az előadásomban állított dolgokra nézve.

> *A hozzaszolasomban a tisztan pontmechanikai rendszer nem letezeset azzal indokoltam, hogy a kulonbozo szinkronizacio szerint adott pontmechanikai kezdeti feltetelek – amelyek az eloadasodban es a cikkedben szerepelnek – tulajdonkeppen az egyes tomegpontok sajatidejenek kulonbozo szinkronizaciojat jelentik, ami vegul is azt eredmenyezi, hogy a kezdeti felteteltol fuggoen mas es mas abszolut differencialegyenlet irna le a tomegponotok eletet. Szoval, amikor en erre ravilagitottam, akkor azzal vagtal vissza, hogy te nem vettel kulonbozo szinkronizacio szerinti kezdeti felteteleket. Nem volnal tudataban annak, hogy amikor a vesszotlen rendszer szerinti t=0 kezdeti feltetelt veszed (20-21 egyenloseg) es amikor a vesszos rendszer szerinti t'=0 kedzeti feltetelt (22-23 egyenloseg), akkor kulonbozo szinkronizaciokat tekintesz? Hogy kulonbozo standard koordinatarendszerekhez kulonbozo szinkronizacio tartozik?*

Most nem mennék bele abba, hogy hogyan érted, hogy a szinkronizációtól függően más abszolút egyenletek írják le a dolgot, én – anélkül, hogy most pontosan érteném, mire gondolsz – éppen fordítva mondanám: az abszolút 4-es, relativisztikus egyenletek nem függenek a szinkronizációtól, és attól, hogyan definiáljuk a megfigyelők vonatkoztatási rendszerét. De, azt tisztázni tudjuk, hogy amikor azt mondtam, hogy én „nem veszek kezdeti feltételeket", azt úgy értem, hogy engem semmilyen ponton nem érdekel, és a mondandómat nem érinti, hogy a szóban forgó feltétel „kezdeti feltétel"-e vagy sem, pontosabban, hogy valamilyen szinkronizáció szerinti azonos időponthoz tartozó feltétel-e vagy sem. Bármilyen, akár részecskékként más időponthoz tartozó feltételek rendszeréről lehet szó, a lényeg az, hogy egyértelműen meghatározza az egyenletek megoldását. (Történetesen a követhetőség érdekében egy $t = 0$-hoz tartozó feltételből indultam, de ennek nincs jelentősége.)

> *Tehat tulajdonkeppen azt kellene megadni, mit jelent az, hogy a fizikai rendszer mint egyseges egesz nyugszik egy tehetetlensegi rendszerhez kepest.*
>
> *Ezt nem adod meg. Viszont azt mondod, "the system is set in collective motion at velocity v" azt jelenti, hogy minden tomegpont*

sebessegehez egy adott pillanatban hozza kell adni v-t (33 egyenloseg). (Mellekesen megjegyzem, hogy itt is tisztan pontmechanikai rendszert tekintesz; mi lenne a meghatarozasod, ha elektromagneses mezo is tartozna a rendszerhez?) Persze ez legfeljebb csak akkor adna azt a fizikai ertelmet, amit akarunk, ha a rendszer eredetileg mint egyseges egesz nyugodott egy vonatkoztatasi rendszerben. Amit nem definialsz.

Igen, pontosan ezt mondtam feljebb is, hogy ez a fogalom ködös (Einsteinnél is és a tankönyvekben is) .... Amit én javaslok, az úgy van felvezetve, hogy „még mindig a legjobb, amit mondhatunk ...". Arra a kérdésedre, hogy a mező jelenlétében mit mondunk, ... nos, még nehezebb kérdés, de talán igaza van Jánossynak, aki erre valami olyasmit mond, hogy „csak a mező forrásaira tudunk külső hatást gyakorolni" (206. oldal), tehát azt mondanám, hogy a mező + források rendszer akkor végez kollektív mozgást az adott pillanatban .... ha a források kollektíve mozognak. (Lásd az említett fejezetet a Jánossy könyvben, a mozgó ponttöltés terének relaxációjáról.)

Nezzuk a (33) egyenloseggel adott meghatarozast. A legfeltunobb baj az vele, hogy bizony egyes reszecskek sebessege igy meghaladhatna a fenysebesseget. Mondjuk V nagysaga 2c/3, es v=V, akkor V+v nagysaga 4c/3. Tehat az a meghatarozas nem lehet jo. ...

Én ezt írom: Consider a system of particles the motion of which satisfies the following (initial) conditions:

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_i(t=t_0) &= \mathbf{R}_{i0}, \\ \left.\frac{d\mathbf{r}_1}{dt}\right|_{t=t_0} &= \mathbf{V}_{i0}. \end{aligned}$$

The system is set in collective motion at velocity $\mathbf{v}$ at the moment of time t_0 if its motion satisfies

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_i(t=t_0) &= \mathbf{R}_{i0}, \\ \left.\frac{d\mathbf{r}_1}{dt}\right|_{t=t_0} &= \mathbf{V}_{i0}+\mathbf{v}. \end{aligned}$$

Ha tehát a rendszert olyan állapotba hoztuk, amely eleget tesz ennek a kondíciónak, azt mondhatjuk, hogy ez a rendszer ugyanz, mint az eredeti, csak éppen $\mathbf{v}$ sebességű kollektív mozgást végez a szóban forgó K rendszerhez képest – amelyben a szóban forgó $\mathbf{r}, t, \mathbf{v}\ldots$ mennyiségek vannak értve. Miért következne ebből a *definícióból*, hogy tudom is a rendszert ilyen állapotba hozni, abban az esetben is, amikor így egyes részecskék a fénynél nagyobb sebességgel mozognának? (Nyilvánvaló dinamikai akadálya lehet ...)

Osszefoglalva: a (33) keplet semmikepp sem jo.

Derék! (Nyilván akkor más kifogás is felmerül.) Akkor viszont továbbra is nyitott kérdés, hogy mit jelent, hogy „valami ugyanaz mint korábban, azzal a különbséggel, hogy most kollektíve mozog egy adott inerciarendszerhez képest **v** sebességgel”!? Erről szólt az előadás.

> *Tekintsunk most el attol a problematol, hogy w_i+v fenysbessegnel nagyobb lehetne, es koncentraljunk a tovabbi fejtegetesedre az egyensulyrol. Itt a hangsuly az adott pillanaton lesz, amelyben a sebessegvaltoztatast tesszuk. Mivel kulonbozo helyeken levo tomegpontok azonos pillanatarol van szo, az adott t_0 pillanat valamely szinkronizacio szerint ertendo. Az eddigiekben mindig a szokasos einsteini – standard – szinkronizacio szerinti pillanatokrol volt szo. Amint azonban a Lorentz-kontrakcio elobukkan, szoba kell hozni azt is, hogy mozgo rud hosszanak merese csak szinkronizacio mellett ertelmes, a latszolagos hosszvaltozas szinkronizaciofuggo, nemstandard szinkronizacioban akar dilatacio is lehet.*

Ezzel egyetértek. Csak azt jegyzem meg, hogy – ismétlem – boldog lennék, ha valaki megmondaná a választ a fenti kérdésre, akár a standard szinkronizáció mellet.

> *Nezzuk ezek alapjan a peldadat. Semmi sem zarja ki azt a ritka lehetoseget, hogy a rud minden reszecskejenek a sebessege 0 a K rendszerben (ekkor a rud egyensulyban van).*

Vagy egyensúlyban van, vagy nincs. Abból, hogy minden részecske sebessége éppen zérus a K rendszerhez képest, ez még nem következik. Tehát nyilván úgy kell érteni, hogy tegyük fel, hogy egyensúlyban van.

> *Adjunk egy adott szinkronizacio szerinti t_0 pillanatban mindegyik tomegpontnak v sebesseget. Ekkor az igy mozgasba hozott rud minden tomegpontja allni fog a K-hoz v sebesseggel mozgo K' rendszerben,*

Vagyis kollektíve mozog **v** sebességgel a K-hoz képest. Akkor mégis csak szereted az én definíciómat, amiről azt mondtad az imént, hogy „semmiképpen nem jó”? Majd így folytatod:

tehat a mozgo rud is egyensulyban lesz (barmi is az ertelme ltal ban az altalad sem definialt egyensulynak). Tehat semmifele relaxacio meg ilyesmi szoba sem johet.

Ez viszont nem igaz! Nem lesz a mozgó rúd egyensúlyban ebben a pillanatban. Mert az egyensúly a Lorentz boosted $[\Lambda_v^{-1}(\psi_0')]$ állapothoz tartozik, és ez nem felel meg annak az állapotnak, amiről szó van. Ezt az állapotot a rúd majd csak a relaxáció után veszi fel.

Az igaz, hogy akarmilyen is a szinkronizacio, amely szerint a rudat pillanatszeruen mozgasba hozzuk, ezen szinkronizacio szerint a rud hossza K-bol merve megegyezik az eredeti l hosszal.

Az általam mondottak lényege szempontjából nagyon fontos, hogy ezt te is megerősíted.

Viszont a rud nyugalmi l' hossza a K'-ben attol fog fuggni, milyen szinkronizacio szerinti t_0-rol van szo: altalban nem igaz, amit allitasz, hogy l'=l.

Egyszeru szamolasok adjak:

– ha a K standard szinkronizacioja szerinti pillanatban hozzuk mozgasba a rudat, akkor l'=l/\sqrt{1-v2};

– ha a K' standard szinkronizacioja szerinti pillanatban hozzuk mozgasba a rudat, akkor l'=l\sqrt{1-v2};

– van olyan szinkronizacio is, de a fentiek kozul egyik sem az, amelyre l'=l.

Itt megint nem értem, amit mondasz. A K' rendszerben a rúd nyugalmi hossza természetesen attól függ, hogy hogyan van a szinkronizáció értelmezve K'-ben. A standard szinkronizációval a standard relativitáselmélet szerint a mozgó rúd hossza a vele együtt mozgó K' rendszerben ugyanannyi, mint az álló rúd hossza volt az álló rendszerben.(Ez lenne a relativitás elve.) Tehát $l' = l$. Én hozzáteszem, hogy mindkét esetben a rúd egyensúlyi állapotáról van szó! Ha tehát itt l' a rúd K'-ben értelmezett hosszát jelenti a relaxáció után, akkor amiket írsz, az nem igaz. Mindegy hogyan hozzuk a rudat mozgásba. Elfelejti a kezdeti feltételeket. Ha félreértem, és te itt l'-nek a rúd valamilyen relaxáció előtti/közbeni hosszát érted a K' rendszerben, akkor a formulák igaznak tűnnek, az első eset biztosan, a többit meg kellene néznem. De hangsúlyozom, én nem erről beszéltem. Amikor azt írom, hogy $l' = l$, akkor a rúd egyensúlyi állapotában vett hosszáról beszélek a K' rendszerben.

(Üdvözlettel, Laci)