

Palautus ke 8.11. klo 22:00 mennessä, ks. tarkemmat ohjeet Moodlesta.

- Alkeishiukkanen osuu sumukammioon nopeudella $v = 0.995c$ ja etenee matkan 1.25 mm ennen hajoamistaan, eli jättää tämän pituuden vanan. Mikä on alkeishiukkasen elinaika sen lepokoordinaatistossa mitattuna?
- Sunnuntailentäjä liikkuu tasaisella nopeudella v inertiaalikoordinaatiston K pisteestä $(x_A, t_A) = (0, 0)$ pisteeseen $(x_B, t_B) = (4.32 \times 10^{11} \text{m}, 3600 \text{s})$.
 - Mikä on sunnuntailentäjän kellossa kulunut matka-aika $\Delta t'$ pisteiden A ja B välillä?
 - Kuinka pitkältä etäisyys $x_B - x_A$ näyttää sunnuntailentäjän mittaamana Lorentz-kontraktion perusteella?
 - Vertaa b-kohdan tulosta etäisyyteen $v\Delta t'$.
- Kaksi fysiikan opiskelijaa päättää aloittaa perjantai-iltaisen limonadin nauttimisen samanaikaisesti. Synkronoituaan kellonsa he suuntaavat kumpikin eri ravitsemusliikkeisiin, joiden välinen etäisyys on 400 m. Kellojen synkronointi kuitenkin epäonnistuu, ja juhlinnan aloitushetkissä on 2×10^{-7} sekunnin ero. Sivusta seuranneiden matemaatikkojen ivan vaientaakseen fyysikot toteavat samanaikaisuuden olevan suhteellista. Millä nopeudella ravintoloiden suhteen liikkuvasta inertiaalisysteemistä tarkasteltuna fyysikot onnistuivat?
- Unettavasti etenevä luento alkaa hetkellä $t = 0$, jonka jälkeen kalvot vaihtuvat tasaisin väliajoin $\Delta t = 3$ min. Hetkellä $t = 15$ min takarivissä istuva opiskelijä päättää poistua nopeudella $v = 0.7c$ kulkevalla raketilla. Pahaksi onneksi luentosalin ovi jää auki, joten valkokankaalta lähtevät valosignaalit saavuttavat raketin taustapeilin. Kauhukseen opiskelijä käsittää, että raketista seurattuna luennot näyttävät etenevän entistään hitaammin.
 - Mikä on opiskelijan havaitsema kalvojen vaihtumisintervalli $\Delta t'$?
 - Luento loppuu hetkellä $t = 45$ min. Kuinka pitkän ajan kuluttua lähtönsä jälkeen opiskelijä saa tiedon piinan päättymisestä?
- Näytä, että Minkowskin aika-avaruuden geometrian määrittelevä viivaelementti

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 ,$$

pysyy muuttumattomana Lorentz-muunnoksissa. Vihje: kirjoita differentiaalit Lorentz-muunnettujen koordinaattien avulla, esim. $dt = \frac{\partial t}{\partial t'} dt' + \frac{\partial t}{\partial x'} dx'$, missä $t(t', x')$.

- Tarkastellaan luentojen sivun 30 tilannetta, jossa Matti on levossa Turussa ja Teppo lähtee kohti Siriusta raketilla, jonka nopeus Matin suhteen on $v = 0.8c$. Matin lepokoordinaatiston (x, t) hetkellä $t = 0$ Matti ja Teppo ovat samassa aika-avaruuden pisteessä $(x_A, t_A) = (0, 0)$.
 - Teppo juhlii matkansa yksivuotispäivää avaamalla uuden kuivamuonapussin lepokoordinaatistonsa pisteessä $(x'_B, t'_B) = (0, 1\text{y})$. Määritä tapahtuman B koordinaatit (x_B, t_B) Matin lepokoordinaatistossa ja vertaa aikaeroa $t_B - t_A$ aikadilaation lausekkeeseen.

Jatkuu seuraavalla sivulla

- b) Matti juhlistaa oman kellonsa mukaista yksivuotispäivää kakkukahveilla lepokoordinaatistonsa pisteessä $(x_C, t_C) = (0, 1y)$. Määritä tapahtuman C koordinaatit (x'_C, t'_C) Tepon lepokoordinaatistossa. Matin lepokoordinaatistossa Tepon koordinaatit hetkellä t_C ovat $(x_E, t_E) = (vt_C, t_C)$ ja Matin mielestä tapahtumat C ja E ovat samanaikaisia. Ovatko ne sitä myös Tepon lepokoordinaatistossa? Mieti tämän perusteella, onko kysymys ”Kun Matin koordinaatistossa kuluu yksi vuosi, paljonko aikaa kuluu Tepon koordinaatistossa?” yksikäsitteisesti määritelty.
- c) Matti lähettää pisteestä C Tepolle nopeudella c etenevän viestin: ”Hyvää yksivuotispäivää!” joka saavuttaa Tepon pisteessä (x_D, t_D) . Laske vastaanottohetki t'_D Tepon lepokoordinaatistossa. Teppo määrittää viestin lähetyshetkeä vastaavan ajan t'_{D0} omassa lepokoordinaatistossaan vähentämällä t'_D :stä viestin matkaan kuluneen ajan. Vertaa näin saatua tulosta t'_{D0} b-kohdan aikaan t'_C .