KAKSOSPARADOKSI UTELIAALLE

Ajan hidastuminen ja nopeutuminen 27.06.2025

Ajan kulkunopeus hidastuu gravitaatiokiihtyvyyden funktiona ja liikkeen kiihtyvyyden funktiona ”paikalleen lukitussa” koordinaatistossa (ekvivalenssi).

Kun em koordinaatistossa kelloa kiihdytetään, sen käynti todetaan hidastuvan kiihtyvyyden funktiona. Kun kiihdytys lakkaa ja liike jatkuu saavutetulla nopeudella, kellon todetaan käyvän hitaammin kuin levossa, ja kellon jättämä kasvaa ajan kuluessa. Kun kellon liikettä jarrutetaan, sen käynti todetaan nopeutuvan jarrutuskiihtyvyyden funktiona, ja kun se on pysähtynyt, käynti todetaan palaneen samaksi, kuin ennen kiihdytystä. Kellon jättämä jää siis pysyväksi. Kello käy kuitenkin normaalisti omassa koordinaatistossaan, jossa *aika* hidastuu.

Samalla tavalla käy kiihdytetyn kohteen ajalle. Kun kiihdytys lakkaa, kohteen aikaan on jäänyt ”*jättämä*”, joka ajan kuluessa kasvaa. *Ajan venyminen* voidaan laskea kohteen nopeuden ja ajan funktiona *Lorentzin ajan dilaatioyhtälöllä*, jossa nopeus edustaa tapahtunutta kiihdytystä. Jo kiihdytyksen aikana aika venyy, mutta sen osuus lyhytaikaisena on marginaalinen ja puuttuu yhtälössä. Ks sivu 2 Kiihtyvyys. Sanonta ”nopeus hidastaa aikaa” on väärin - kiihdytys sen tekee.

Kohteen liikkeen suunta ei vaikuta ajan hidastumiseen paikalleen lukitussa koordinaatistossa ja voi vaihdella ja kiertää vaikka ympyrärataa. Vrt valokello, jossa ajan hidastuminen havaitsijan suhteen todetaan sekä kellon etääntyessä että lähestyessä. Liikkuvassa koordinaatistossa kohteen liikkeen suunta vaikuttaa ajan hidastumista lisäten tai vähentäen, (vrt sivu 4 Hafele-Keating koe).

$\Delta t' = \Delta t / \sqrt{1 - v^2/c^2}$

; Δt = aikajakso liikkuvassa kohteessa

; $\Delta t'$ = koordinaatiston suhteen liikkuvan kohteen venynyt aikajakso

Koordinaatistossa havaitaan siinä liikkuvan kohteen tapahtumat hitaampina, aikavälit pidentyneinä suhteessa $1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$. Kun kohteen liike lakkaa, ajankäynti palaa normaaliksi, mutta kohteen aikaan on jäänyt pysyvä jättämä.

Liikkuvassa kohteessa Δt = 1,000 s kestää sinun paikallaan olevalla kellolla mitattuna esim $\Delta t'$= 1,001 s. Kun sinä paikallaan mittaat tapahtuman kestäneen 1,000 s, sinun suhteen liikkuvan kohteen hitaammin käyvällä kellolla se kestää 0,999 s.

Termistä $1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ käytetään symbolia γ (gamma).

[Gamman γ laskenta on hankalaa moninumeroisten lukujen vuoksi, mutta sen arvo pienillä nopeuksilla <<c on helppo laskea likiarvokaavalla: $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2} \approx 1/(1 - 0{,}5 \cdot v^2/c^2) \approx 1 + 0{,}5 \cdot v^2/c^2$.]

Koordinaatistossa ei tarvita toista kohdetta referenssiksi, kuten Lorentzin ajan dilataatioyhtälö käyttää, ja sen suhteen teoria olisi syytä muuttaa. Onko edes mielekästä verrata paikallaan olevan kohteen aikaa liikkuvan kohteen suhteen, kun se on koordinaatiston aika.

<u>Planeettaesimerkki</u> ajan hidastumisesta nopeuden funktiona

Liikkumattomia koordinaatistoja ei ole olemassa, mutta Aurinkoon lukittu koordinaatisto pysyy aurinkokunnan suhteen paikallaan ja sitä voidaan käyttää referenssikoordinaatistona, johon liikkuvien planeettojen ja muiden kohteiden liikettä voidaan verrata, kun kaikki kohteet liikkuvat Auringon mukana aurinkokunnassa. Auringon liike pyörivässä Linnunradassa ≈240 km/s ja Linnunradan liike 610 km/s universumissa ei vaikuta yhteisessä koordinaatistossa liikkuvien kohteiden keskinäisiin nopeuksiin.

(Planeettojen nopeuden tuottaneen kiihtyvyyden ja sen seurauksena ajan kulkunopeutensa ne ovat saaneet jo aurinkokunnan syntyvaiheessa.)

Maalla on suurempi ratanopeus kuin Marsilla. Maasta tarkastellen Marsin aika siis kulkee Maan aikaa *nopeammin*.

Auringon koordinaatiston suhteen sekä Maan aika että Marsin aika *hidastuvat*
Maan aika: $\Delta t1' = \Delta t / \sqrt{(1 - v1^2/c^2)}$
Marsin aika : $\Delta t2' = \Delta t / \sqrt{(1 - v2^2/c^2)}$
; Δt = aikajakso Auringon koordinaatistossa
; $\Delta t'$ = liikkuvan planeetan venynyt aikajakso
$\Delta t1' - \Delta t2'$ = Maan *hidastunut* aika Marsin suhteen
= Marsin *nopeutunut* aika Maan suhteen

Ajan Lorentz-muunnos-teorian mukaan molempien planeettojen aikojen pitäisi hidastua toistensa suhteen *symmetrisesti*, mutta vain nopeamman Maan aika *hidastuu* ja hitaamman Marsin aika *nopeutuu* vastaavasti. Samoin koordinaatiston aika *nopeutuu* liikkuvien planeettojen suhteen.
(Vrt. *Hafele-Keating koe* sivu 4.)

<u>Kiihtyvyys</u>

Lorentzin ajan dilataatioyhtälöön pitää lisätä kiihtyvyys, joka nopeuden tuottaa. Ilman kiihtyvyystermiä yhtälö antaisi väärinymmärtää ajan hidastuvan symmetrisesti, sillä *vain kiihdyttävän aika hidastuu*, ja kiihtyvyyden aikanakin aika hidastuu.

Myonien pidentynyttä elinikää niiden saapuessa maahan, pidetään esimerkkinä ajan hidastuvuudesta. Syyksi siihen mainitaan niiden suuri nopeus, mutta nopeutta ilman kiihtyvyyttä ei voi olla olemassa. Kosmisten hiukkasten törmäykset ilmakehän ylimmissä osissa ilmamolekyyleihin synnyttävät myoneja, jotka saavat suunnattoman kiihtyvyyden, josta tuo ajan hidastuvuus on seurauksena. (Myonit saavat kiihtyvyytensä kosmisten hiukkasen liike-energiasta.)

Liikkuvan kohteen aika, kun kiihtyvyys on lisätty.

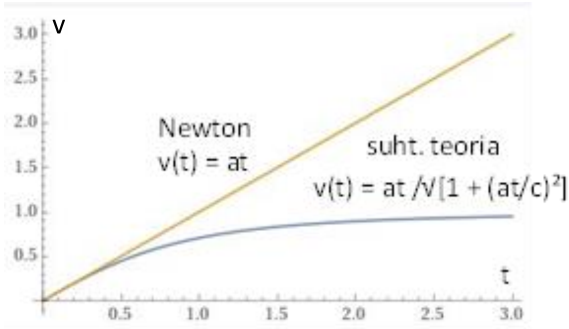
$\Delta t' = (\Delta t_2 + \Delta t_1) / \sqrt{[1 - v(t_1)^2/c^2]}$
; Δt_1 = kohteen kiihdytysaika (lähtö, käännös, loppujarrutus)
; Δt_2 = kohteen tasaisen liikkeen aika (meno ja paluu)
Nuo ajat eivät vaikuta samaan aikaan

Liikkuvan kohteen oma aika $\Delta t = \Delta t'/\gamma$

Koordinaatisto, jossa ajan hidastumista tarkastellaan, pitää olla lukittu niin, ettei se vaikuta siinä liikkuvien kohteiden nopeuksiin. (Hafele-Keating kokeessa ks sivu 4, pyörimätöntä maapalloa voitiin käyttää koordinaatistona, johon voitiin verrata koneiden liikkeitä, vaikka Maa pyörii ja liikkuu radallaan.)

Nopeus v(t) kiihtyvyyden ja ajan funktiona.

Yhtälö v(t) toimii pienillä nopeuksilla Newtonin mekaniikan mukaan, mutta suurilla nopeuksilla suhteellisuusteorian mukaan, jolloin kiihtyvyyden aikainen nopeus saadaan yhtälöstä:
$v(t) = at /\sqrt{1 + (at/c)^2} = c \tanh(\operatorname{arcsinh} at/c)$



Kuva 1. Nopeus v(t)

Asymmetria Lorentzin aikadilataatioyhtälössä

Jos kohteet eivät ole samassa oikein lukitussa koordinaatistossa, ei voida sanoa, kumpi kiihdyttää kumman suhteen, jolloin päädytään siihen vailla logiikkaa olevaan käsitykseen, että aikadilataatio olisi symmetrinen. (Vrt. Hafele-Keating koe, sivu 4: länteen lentäneen kellon käynti *nopeutui* lentokentän kellon suhteen, eikä hidastunut.)

Liikkuvan kohteen suhteen paikallaan olevan kohteen aika on Lorentzin yhtälön mukaan käänteinen, eli paikallaan olevan aika (= koordinaatiston aika) *nopeutuu* saman verran kuin liikkuvan aika *hidastuu* paikallaan olevan suhteen.

$\Delta t' = (\Delta t_2 + \Delta t_1) /\sqrt{1- v(t_1)^2/c^2}$ liikkuvan kohteen aika ”paikallaan olevan” suhteen
$\Delta t' = (\Delta t_2 + \Delta t_1) \cdot \sqrt{1- v(t_1)^2/c^2}$ ”paikallaan olevan” kohteen aika liikkuvan suhteen
; Δt_1 = kohteen kiihdytysaika (lähtö, käännös, loppujarrutus)
; Δt_2 = kohteen tasaisen liikkeen aika (meno ja paluu)
Nuo ajat eivät vaikuta samaan aikaan

Jos molemmat kohteet kiihdyttävät, Lorentzin ajan dilataatioyhtälö toimii siten, että enemmän kiihdyttäneen kohteen aika *hidastuu* toisen kohteen suhteen, vähemmän kiihdyttäneen kohteen aika *nopeutuu* toisen kohteen suhteen yhtä paljon.

Laskentamenetelmät, jotka perustuvat ajan dilataation symmetrisyyteen, eivät ole päteviä, ja ne pitäisi virheellisinä poistaa oppimateriaaleista.

<u>Hafele – Keating koe</u>

Hafele-Keating kokeessa lennätettiin atomikelloja maapallon ympäri, toista itään ja toista länteen. *"Suhteellisuusteorian mukaan odotettiin, että kumpikin kello olisi jätättänyt, ….".* Mutta vain itään lennätetyn kellon käynti *hidastui*, kun länteen lennätetyn kellon käynti *nopeutui* – suureksi hämmästykseksi. Laskemat tehtiin pyörimättömässä Maakeskeisessä koordinaatistossa.

Hafele-Keating koe sivumainintana Luonnonfilosofian seuran luennossa 30.10.2018.
DI Paul Talvio: *Toimiiko GPS-järjestelmä kaikilta osin Suhteellisuusteorian mukaisesti?*

"Vuonna 1971 tehtiin koe, joka tunnetaan Hafele-Keating kokeen nimellä. Siinä pantiin atomikellot kiertämään lentokoneissa myötä- ja vastapäivään maapallon ympäri, kolmas kello jäi maahan. Kun kellot palasivat maakellon luo, niin itään mennyt kello oli jätättänyt 59 ns ± 10 ns ja länteen mennyt kello edistänyt 273 ns ± 7 ns.
<u>Suhteellisuusteorian mukaan odotettiin, että kumpikin kello olisi jätättänyt, koska ne liikkuivat maakellon suhteen.</u> Oikea tulos saatiin kuitenkin, kun laskettiin kellojen liike pyörimättömässä Maakeskeisessä koordinaatistossa. Nopeimmin on siis liikkunut itään mennyt kello, toiseksi nopeimmin maakello ja hitaimmin länteen mennyt kello. Lepokello sijaitsisi Pohjois- tai Etelänavalla, ei lentokentällä." http://www.protsv.fi/lfs/luennot/2018_Talvio3.pdf

https://fi.wiki7.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%A5%D0%B0%D1%84%D0%B5%D0%BB%D0%B5_%E2%80%94_%D0%9A%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0

https://en.wikipedia.org/wiki/Hafele%E2%80%93Keating_experiment

Itään lennon analyysia: Kun kone kiihdyttää lentonopeuteen, sen kello alkaa jätättää, ja jätättämien säilyy maapallon koko kierron aikana, mutta vaihtelee hiukan koneen liikkeiden mukaan normaaleilla linjalennoilla useilla kentillä lentoa vaihdettaessa ja tuulien vaikutuksesta. Eli koneen nopeuden hidastuessa kellon käynti nopeutuu, ja nopeuden kiihtyessä käynti hidastuu. Kellon jättämä kasvaa jatkuvasti lentokoneen nopeuden ja ajan funktiona Lorentzin aikadilataatioyhtälön mukaan. Gravitaatiokin vaihtelee korkeuden vähän vaihdellessa ja paikkakunnittain, vaikuttaen kellon käyntiin. Ympyräradalla maapallon ympäri keskeiskiihtyvyyden vaikutusta ei ole mainittu marginaalisena lainkaan suuren säteen ja pienen nopeuden vuoksi.

Länteen lentäneessä koneessa todettu *kellon käynnin nopeutuminen* johtuu siitä, että lentokoneen kiihdytys maapallon pyörimistä vastaan kumoaa maapallon syntyaikana pyörivän ainepilven tiivistyessä esiintynyttä pyörimisen kiihtymistä, joka aiheutti ajan hidastumisen kasvavasti navoilta päiväntasaajaa kohti siirryttäessä, ja siten lentokentän ajan hidastumisen pyörimättömän maapallon koordinaatiston suhteen.

<u>Lorentz, Einstein</u>

Lorentz ja Einstein uskoivat virheellisesti aikojen hidastuvan symmetrisesti eli liikkuvan kohteen kokevan paikallaan olevan kohteen ajan hidastuvan yhtä paljon. Lorentzin ja Einsteinin *symmetrisyys*-ajattelun virhe saattoi johtua siitä, etteivät ehkä hoksanneet tarvittavan aina koordinaatisto, joka on "paikallaan", johon kohteiden ***<u>liikkeitä</u>*** voidaan verrata. Kun suhteellisuus-teoria pohjautuu koordinaatisto-ajatteluun, miksi se heiltä unohtui tässä aikadilataation ideassa?

[Lorentzin ja Einsteinin suhteellisuuden havainto oli niin mullistava, ettei tuo yksi erehdys heidän saavutusten arvoa horjuta. Erehdystä tuskin olisi tapahtunut, jos tekniikka ja lentokoneteollisuus olisi silloin ollut 1970-luvun tasolla, jolloin Hafele-Keating kokeen tulos olisi ollut heillä käytettävissä.]

Kaksosparadoksi

Kaksosparadoksilla tarkoitetaan kuvitteellista pitkäaikaista avaruuslentoa, jossa suurella nopeudella avaruusaluksessa matkustanut kaksonen ikääntyy maahan jäänyttä kaksosta vähemmän, ja maahan palattuaan on veljeään/siskoaan nuorempi.

Kaksosparadoksi on seuraus ajan hidastumisesta aluksen kiihdytyksestä ja lennon kestosta riippuvana kiihdytyksen tuottamalla nopeudella. Aluksen valtavalla nopeudella ns. ”inertiaalissa” kauan keräämä aikadilataatio edustaa kaksosten ikääntymiseroa. Nopeuden pitää olla valtava, että se mainittavasti ikään vaikuttaisi. Kaksosparadoksia kuvattaessa käytetään usein nopeutena 0,6·c (c = valonnopeus). No sehän on ihan utopiaa, että ihminen joskus voisi matkustaa niin nopeasti.

Lento käsittää vaiheet: kiihdytys, lento vakionopeudella (inertiaalissa), jarrutus ja kiihdytys kotiin kääntyessä, lento vakionopeudella ja jarrutus maahan palatessa. Vaiheet kuvattu Minkowskin diagrammissa, kuva 2. (Oikean diagrammin maailmanviivat eivät edusta laskettuja arvoja - näyttää vain periaatteen.)

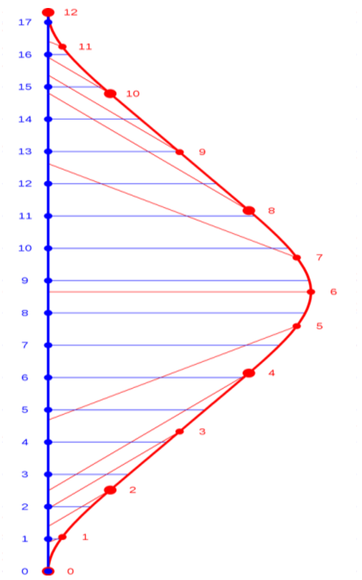
Kaksosparadoksi voidaan ajatella tapahtuvaksi koordinaatistossa, joka on lukittu Aurinkoon. Aluksen kiihdyttäessä, sen aika hidastuu. Inertiaalissa eli aluksen tasaisen nopeuden vaiheessa aluksen ajan hidastuminen kasvaa. Maa ei kiihdytä yhteisessä koordinaatistossa, eikä sen aika sen vuoksi hidastu lainkaan. Hidastuminen ei siis ole symmetristä, kuten Lorentzin ajan dilataatioyhtälön symmetria-teorian mukaan pitäisi olla. Aluksen näkökulmasta Maan aika päinvastoin nopeutuu. (Maa radallaan ei koe edes keskeiskiihtyvyyttä, kun se vaeltaa painottomassa tilassa radallaan.) Oppimateriaaleissa kaksosparadoksin kuvauksissa yleisesti mainitaan aivan oikein kiihdyttävän (inertiaalikehystään muuttavan) ajan kuluvan hitaammin, mutta virheellisesti aikojen hidastuvan symmetrisesti, sillä todellista inertiaalia ei ole olemassa.

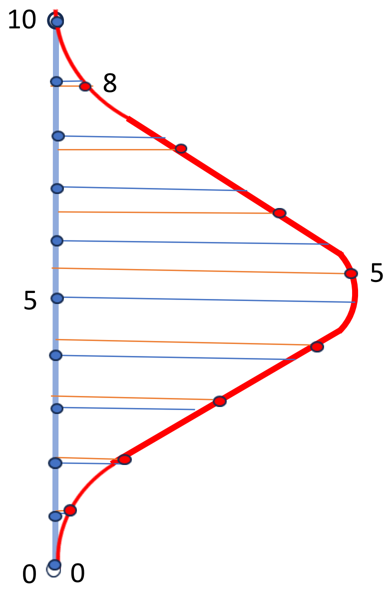
Kun alus kääntyy kotimatkalle, se jarruttaa, pysähtyy ja kiihdyttää menomatkan nopeuteen. Siinä ei tapahdu muuta kuin aluksen ajan hidastumisen kumuloituminen vähenee ja lakkaa pysähdyshetkellä, aluksen samanaikaisuusviivojen väli hetkeksi lyhenee, ja sen jälkeen hidastuminen jatkuu inertiaalissa samana kuin menomatkalla. Nopeus säilyy, jos alus kääntymiseen voi käyttää planeetan gravitaatiota hyväkseen.

Maahan palattuaan aluksen aika on jätättänyt meno- ja paluumatkan hidastumisen verran, ja aluksen kaksonen on ikääntynyt tuon verran Maan kaksosta vähemmän.

<u>Maan ja aluksen Minkowski-diagrammi</u>

Maan koordinaatistossa (t,x) aika-akseli t on sininen pystyviiva, Maan maailmanviiva, jossa Maa pysyy paikallaan kun x = 0, ja avaruusalus tekee matkaa x nopeudella v eli x = v·t punaista kaartavaa aluksen maailmanviivaa pitkin kääntöpisteeseen ja paluuseen maahan – kuvaa siis ajan funktiona aluksen kulkua ja etäisyyttä maasta. Aluksen maailmanviivan yhtälö voidaan kuvata paloissa maan t,x,y koordinaatistossa: alkukiihdytys + vapaalento inertiaalissa + käännös + vapaalento inertiaalissa paluu + loppujarrutus. Vapaalennossa nopeus ei muutu. Käännöksessä alus voi jarruttaa ja kiihdyttää tai kaartaa keskeiskiihtyvyydellä tai planeettaa kiertäen kiihdyttämättä. Maahan palaneen aluksen kello näyttää aikaa kuluneen maan kelloa vähemmän.





Wikin virheellinen diagrammi aikadilataatio *symmetrinen* sininen ja punainen
$\Delta t' = (\Delta t_2 + \Delta t_1) / \sqrt{[1 - v(t_1)^2/c^2]}$

Oikea diagrammi – aikadilataatio *asymmetrinen*
$\Delta t' = (\Delta t_2 + \Delta t_1) / \sqrt{[1 - v(t_1)^2/c^2]}$ sininen
$\Delta t' = (\Delta t_2 + \Delta t_1) \cdot \sqrt{[1 - v(t_1)^2/c^2]}$ punainen

Kohteiden ajat Δt_1 = kiihdytysaika Δt_2 = tasaisen liikkeen aika, eivät vaikuta samaan aikaan.

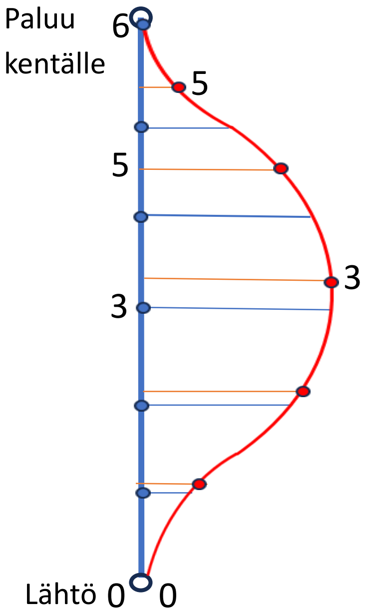
Kuva 2. Kaksosparadoksin Minkowski diagrammi

Wikipedian diagrammissa ohuet samanaikaisuusviivat ovat virheellisesti erisuuntaiset, oikeassa diagrammissa samanaikaisuusviivat ovat yhdensuuntaiset.

<u>Kaksosparadoksi Hafele-Keating kokeessa</u>

Itään lennätetyn kellon palattua kentälle sen lukema oli pienempi kuin kentän kellon lukema. Liikkuneen kellon aika oli *hidastunut* kentän suhteen. Kellojen saattajina itään lentäneet matkustajat ikääntyivät vähemmän kuin henkilöt lentokentällä.

Hafele-Keating koe Minkowskin diagrammissa, kuva 3, samanaikaisuusviivat (ohuet siniset ja punaiset) osoittavat vain periaatteen samansuuntaisina, kun ovat liki yhtenevät todellisuudessa - aikaeroa vain kymmeniä nanosekunteja.



Aikadilataatio *asymmetrinen*

$\Delta t' = (\Delta t_2 + \Delta t_1) / \sqrt{[1- v(t_1)^2/c^2]}$ sininen

$\Delta t' = (\Delta t_2 + \Delta t_1) \cdot \sqrt{[1- v(t_1)^2/c^2]}$ punainen

Δt_1 = kohteen kiihdytysaika

Δt_2 = kohteen tasaisen liikkeen aika

nuo ajat eivät vaikuta samaan aikaan

Samanaikaisuusviivat todellisuudessa liki yhtenevät ja vain suunnat oikein

Kuva 3. Kaksosparadoksi Minkowski diagrammi Hafele–Keating koe lento itään

<u>Kaksosparadoksi Luotaimen lennätys Neptunukseen.</u> Toinen reaalinen mahdollisuus.

Kun Einsteinin kaksosparadoksi on vain ajatuskoe aluksen suunnattoman nopeuden vuoksi, käytännössä se voisi toteutua Hafele – Keating kokeen lisäksi avaruuslennolla.
Ajatellaan liikkuvana kohteena luotainta ja lähtöpistettä Maan radalla Aurinkoon lukitussa koordinaatistossa. Kun lähtökiihdytys kestää noin 10 min, sen aikainen aikadilataatio on marginaalinen. Ottaessaan vauhtia esim Jupiterin ratanopeudesta kiihdytys on myös lyhytaikainen lennon kokonaisaikaan verrattuna, joten sen merkitys aikadilataatioon on myös marginaalinen.

Jos luotaimen nopeus 12 km/s ja matka Neptunukseen 30 AU = 30*149'600'000 km, niin matka-aika on 4’500’000’000 km /12 km/s /3600/24/365 = 11,9 vuotta.

Koordinaatistossaan (”inertiaalikehyksessään”) nopeudella 12 km/s luotaimen aikadilataatio maan suhteen Neptunukseen saavuttuaan on 0,4 s. ($\Delta t' = \Delta t \cdot \gamma$; jossa $\gamma \approx 1+ 0{,}5 \cdot v^2/c^2$)

Neptunuksen luo saapuessa alus kiertää sen painottomassa tilassa, eikä koe kiihtyvyyttä, ja ajan hidastuminen nopeuden funktiona jatkuu normaalisti.

Luotaimen palautus maahan (lyhytaikaisin kiihdytyksin) tuskin olisi mahdollista, mutta jos se palaisi, aikaero luotaimen ja maan kelloilla olisi likimain tuo 2 x 0,4 s.

Neptunuksen ratanopeudella ei ole mitään vaikutusta aikaeron syntymisessä, kun luotaimen kiihdytysvaiheessa sen ratanopeus on jo otettu huomioon, ja luotaimella on Neptunusta lähestyessään sen ratanopeus komponenttina nopeudessaan. Neptunuksen halkaisija noin 50’000 km, joten sen kierto vie ehkä ≥ 1,5 h.

Aikavertaus Maan ja luotaimen kellojen kesken pitäisi tehdä radiosignaalilla hetkellä, jolloin Maa on radallaan luotaimen lähtöpisteessä uudelleen.

(Luotaimen Neptunuksen matka tässä on vain periaatteellinen, enkä tiedä kaikkia tekijöitä, jotka pitäisi ottaa huomioon, kuten Maan ratanopeus noin 30 km/s mm.)

Alfa Centauriin suunniteltiin lähettää *laserpotkuraketti* vuonna 2017. Toteutumatta

https://tekniikanmaailma.fi/437-valovuoden-paassa-sijaitseva-alfa-centauri-voidaan-saavuttaa-20-avuksi-tulee-100-gigawatin-lasertykkipatteristo/

Luotaimen matka-aika *Maan koordinaatistossa* 4,36·v·c /(0,2·c) = **21,80 v** = **t’**
Luotaimen matka-aika *luotaimen koordinaatistossa* **t**
t = t’ √(1-v²/c²) = t’ √(1- 0,2²) = t’ √0,96 = 21,8v · 0,9797 = **21,36 v**
Matka-aika lyhenisi luotaimella 0,44 v = 5½ kuukautta.
Jos raketti palaisi maahan, mahdollinen matkaaja olisi 11 kk kaveriaan nuorempi.
………

Ajan suhteellisuuden tulkinnan erot Einsteinin suhteellisuusteorian (E) ja Luonnonlakien suhteellisuuden (L) välillä

1. E. Kahden kohteen liikkuessa toistensa suhteen, kummankin aika hidastuu toisen kohteen suhteen, eli hidastuminen on symmetrinen.
L. Kahden kohteen liikkuessa toistensa suhteen, nopeammin liikkuvan aika hidastuu toisen kohteen suhteen ja hitaammin liikkuvan aika koetaan nopeutuneena toisen kohteen suhteen (koordinaatiston suhteen se ei nopeudu), eli hidastuminen on epäsymmetrinen.

2. E. Kaksosparadoksissa aluksen ja Maan samanaikaisuusviivat ovat erisuuntaiset. Tämä on seuraus käsityksestä aikojen hidastumisen symmetriasta, ja on laskettu samalla yhtälöllä.
L. Kaksosparadoksissa aluksen ja Maan samanaikaisuusviivat ovat saman suuntaiset, koska mitään aikojen hidastumisen symmetriaa ei luonnossa synny, ja on laskettu eri yhtälöillä.

3. E. Suhteellisuusteoriaa voi ymmärtää vain rajoitetusti, koska siinä on paha logiikkavirhe – se ajan hidastuminen symmetrisesti nopeuden funktiona.
L. Ajan suhteellisuus on helppo ymmärtää peruskoulun fysiikan tiedoilla.
……..

Albert Hendrikille kertoi juuri uutisen tään suuren:
”Teoriamme tulkinnan on saanut aivan uuden,
katkes’ teorian ’ymmärtäjäin’ laho pajunköysi,
oppilas jo harmaahapsi erheemme kun löysi.

Onnittelut sulle ukko täältä tähtein takaa,
viimein teorian tulkinta on oikea ja vakaa.
Viekää pian uusi suhtis siellä tieteen mappiin,
nyt se laskee iloksenne kaiken aivan nappiin”.