

SUHTEELLISUUSTEORIAN TULKINTOJA

01.07.2027

Tieteen käsityksiin pohjautuvia omia tulkintojani fysiikasta lähinnä itseäni varten.
Sivulta 21 alkaen tulkinta hypoteesipainonotteista.

UNIVERSUMIN RAKENTEESTA

sivu 2

SIDOSENERGIOISTA

sivu 3

Aineen sidosenergia

Taivaankappaleiden sidosenergia

AJAN SUHTEELLISUUS

sivu 6

Ajan hidastuminen ja nopeutuminen

- Kaksosparadoksi

sivu 11

Empiirinen testi ISS asemalla ajatuskokeena

sivu 15

- Aikadilataation epäsymmetria

- Inertiaalista ja itseisajasta

Samanaikaisuuden suhteellisuus

sivu 16

VALON NOPEUS

sivu 17

Valon nopeuteen ei havaitsijan liike vaikuta

Valo liikkuvassa koordinaatistossa

Valo ja Linnunradan liike

sivu 18

Valon käyttö etäisyyden mittareferenssinä

sivu 19

AIKA JA VALONNOPEUS UNIVERSUMISSA

sivu 21

Universumin aika gravitaation ja galaksiryhmien nopeuden funktiona

PIMEÄN AINEEN JA PIMEÄN ENERIAN HYPOTEESEIT

sivu 23

Pimeän aineen hypoteesin mahdollinen selitys

Pimeän energian hypoteesin mahdollinen selitys

UNIVERSUMIN RAKENTEESTA

15.12.25

Einstein: **Aine luo tilan**. Tyhjää avaruutta ilman ainetta ei ole olemassa. Avaruus (universumi) syntyi vasta Big Bangin seurauksena. Universumi laajenee hidastuvasti gravitaation seurauksena.

Universumin muotona ei voida ajatella mitään 3-ulotteista mallia, koska se edellyttäisi universumin ulkopuolista avaruutta, jota ei ole olemassa, eikä avaruus voi olla ääretön. Sen sijaan 4-ulotteisena pallona sitä on kuvannut tri Tuomas Suntola tri Richard Feynman:in ideasta. Kun universumi on itse luonut avaruutensa, mitään multiuniversumia ei voi olla olemassa.

Universumiin ajatellun kolmion kulmien summasta on ajateltu voitavan päätellä universumi muoto: $=180^\circ \rightarrow$ laakea torus ("donitsi"), $<180^\circ \rightarrow$ pallo. Jos kolmion laskennassa käytetään mittana valonnopeutta, Maan ajalla mitaten se ei ole vakio universumissa, vaan Big Bangia kohti hidastuu koko ajan. <https://www.ursa.fi/blogi/kosmokseen-kirjoitettua/suoraviivaista/>

Universumin koko ei voi olla ääretön, koska luonnossa ei voi olla mitään ääretöntä.

Energian jo voi ajatella rajoittavan universumin koon äärelliseksi. Universumi on suljettu systeemi ja jos ainekeskittymien välitila olisi täysin tyhjää, Big Bangin energiaa olisi kadonnut, eikä se ole mahdollista suljetussa systeemissä. Tyhjiön energiatiheys on arvioitu olevan 10^{-10} Joulea per kuutiometri. (Kosmologinen vakio edustaa tyhjiön energiatheyttä.)

Machin periaate on hypoteesi **kappaleen inertian aiheuttajasta**, joka olisi **universumin kokonais-gravitaatiopotentiaali**, eikä olisi massan ominaisuus. Tri Tuomo Suntola selittää Machin periaatteen neliulotteisen avaruuden ominaisuutena. Mitään empiirisiä testejä inertian aiheuttajaksi ei tiettävästi ole tehty, mutta olisi kenties mahdollisista ISS-asemalla suorittaa.

.....

*Kosmologi haroo harvenevaa tukkaa
avaruuden kokoon järkeään kun hukkaa,
Big Bang-energia ei äärettömiin riitä,
tyhjiys avaruuden kun on osa siitä,
ei voi universumikaan olla ääretön.*

SIDOSENERGIOISTA

01.05.2027

Aineen sidosenergia

Ladattu akku ja täysi paristo painavat enemmän kuin tyhjinä. Kattila vettä painaa kuumennettuna (höyrystymättä) enemmän kuin kylmänä. (Molekyylien lukumäärä ei muutu, mutta molekyyleillä liikkeen kasvu kuumana edustaa energiaa, jolla on massa.) Jännitettynä jousi painaa enemmän kuin levossa. Nostettaessa kappale gravitaatiokentässä sen massa kasvaa. Kappale liikkeessaan painaa enemmän kuin levossa. Pienet painoerot eivät ole mitattavissa, kuin ehkä hyvin suurilla massoilla.

Sidotun systeemin energia on aina pienempi kuin osastensa summa. Jos ne haluttaisiin erilleen, pitää käyttää energiaa sähköä, lämpöä tms.

Esimerkkinä elektrolyysi, jossa sähköön avulla vedestä erotetaan vety ja happi. Sähköenergia hajottaa veden vedyksi ja hapeksi, kun vesimolekyylin sidosenergian purkaminen vaatii energiaa. Vedyn H₂ molekyylipainon ja hapen O₂ molekyylipainon puolikkaan summa on suurempi kuin veden H₂O molekyylipaino niiden saaman sähköenergian muuttuessa sidosenergiaksi.

Toinen esimerkki tulipalossa sammutusveden osuessa erittäin kuumaan materiaaliin. Kuumuus hajottaa veden vedyksi ja hapeksi purkaen vesimolekyylin sidosenergian. Reaktio on *endoterminen*. Endotermisessä reaktiossa reaktion ylläpitämiseksi tarvitaan ulkopuolista lämpöä. Lämmön tuominen nostaa loppuaineiden molekyylien sidosenergiaa lähtöaineiden molekyylien sidosenergiaa suuremmaksi, eli endotermisessä reaktiossa massa kasvaa tuodun lämmön muuttuessa sidosenergiaksi (atomi- tai molekyylipaino kasvaa).

Jos reaktiossa menetetään sidosenergiaa, lähtöaineiden massa on suurempi kuin loppuaineiden massa - reaktio on *eksoterminen*. Näin tapahtuu eksotermisessä kemiallisessa reaktiossa, samoin ydinfissiossa ja ydinfuusiossa loppuaineiden massa on pienempi kuin lähtöaineiden.

Poltossa paloaineen ja hapen yhteenlaskettu massa on suurempi, kuin savukaasujen ja tuhkan massa, kun massaa sidosenergiana on menetetty lämpönä. Loppuaineiden molekyylien sidosenergia on pienempi kuin lähtöaineiden molekyylien sidosenergia.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Molekyyli massa>

Tässä Wikin esityksessä molekyylimassa on suoraan atomipainojen yhteenlaskettu massa ilman olemattoman pientä sidosenergian osuutta, sillä kemiassa marginaalisena sillä ei ole merkitystä.

Atomiytimen sidosenergiat

<https://www.youtube.com/watch?v=YHImCnhJmbk>

Auringossa fuusioituu 600 miljoonaa tonnia vetyä sekunnissa 596 miljoonaksi tonniksi heliumia. Massasta 4 miljoonaa tonnia sekunnissa muuttuu energiaksi.

Vähän kuvausta energian suhteesta vastaavaan massa. Kun massa $m = 1 \text{ g}$.

$$E = mc^2 = 1 \text{ g} \cdot (3 \cdot 10^5 \text{ km/s})^2 = 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9 \cdot 10^{10} \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 9 \cdot 10^{13} \text{ kgm}^2/\text{s}^2 (= \text{J} = \text{Ws}) = 9 \cdot 10^{13} \text{ Ws} = 9 \cdot 10^7 \text{ MWs} = 9 \cdot 10^7 \text{ MWs} \cdot \text{h} / 3600 \text{ s} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ MWh} = 25 \text{ GWh}$$

25 GWh vastaa reilun vuorokauden Loviisan voimalan molempien reaktorien hyötytehoa. Tästä saa käsityksen miksi ydinreaktiossa pienestä massasta saadaan niin paljon energiaa irti.

Suuren lämpöeristetyn vesimäärän lämmitys 1GW teholla 1vrk 1h, nostaa sen massaa 1 gramman.

.....

Taivaankappaleiden sidosenergia eli potentiaali- ja liike-energia

Maa ja Kuu muodostavat sidotun systeemin. Sidotun systeemin energia on aina pienempi kuin osiensa summa. Universumin kaikki systeemit pyrkivät minimoimaan energiansa sidottuun tilaan. Kun taivaankappaleet kiertävät toisiaan, niillä on valtava liike-energia ja potentiaalienergia.

Jos kappaleet halutaan siirtää toistensa gravitaation ulkopuolelle, tarvitaan energiaa, joka nostaa niiden yhteismassaa yhtälön $E = mc^2$ mukaan. Kun kappaleet ovat hyvin kaukana toisistaan, eivätkä vaikuta toisiinsa, niiden potentiaalienergia = 0 , ja yhteismassa on suurin mahdollinen.

Jos kappaleet halutaan lähemmäs toisiaan, tai kiinni toisiinsa, tarvitaan jarrutusenergiaa, jolla hävitetään kappaleiden yhteisenergiaa.

Kun kappaleet ovat toistensa vaikutuksen ulkopuolella, ja lähenevät toisiaan, niiden massaa alkaa muuttua potentiaalienergiaksi ja liike-energiaksi yhtälön $E = mc^2$ mukaan. Kappaleiden yhteismassa vähenee niin, että potentiaali- ja liike-energiassa $(m_p + m_k) = E / c^2$. Nämä energiat ovat negatiivisia, kun systeemit pyrkivät minimoimaan energiansa, kuten edellä mainittu.

Kahden taivaankappaleen yhteinen massa sidotussa systeemissä niiden kiertäessään toisiaan on $m = m_0 - m_p - m_k$;
 m_0 = kappaleiden yhteismassa toistensa gravitaation ulkopuolella
 m_p = potentiaalienergian massa
 m_k = liike-energian (kineettisen energian) massa

Jos toisiaan kiertävät kappaleet siirrettäisiin pois toistensa gravitaation vaikutuksesta, niiden yhteismassa kasvaisi erottamiseen tarvittavaa energiaa vastaavalla massalla. (Jos kappaleet hyvin erimassaiset vain pienemmän kappaleen siirto luonnollisesti.)

Kahden taivaankappaleen yhteismassa niiden ollessa kiinni toisissaan on m_y
 $m_y = m_0 - m_{yp}$;
 m_0 = kappaleiden yhteismassa toistensa gravitaation ulkopuolella
 m_{yp} = potentiaalienergian massa

Mikä on systeemin lepomassa? Jos ajatellaan Maan ja Kuun systeemiä, onko se niiden yhteinen massa, kun Kuu viettäisi Maan gravitaation ulottumattomiin m_0 , vai nykyisessä sidotussa systeemissä Kuun kiertäessä Maata $m = m_0 - m_p - m_k$?

.....

AJAN SUHTEELLISUUS

Mitä on aika?

01.07.2027

Aika on monelle mystinen käsite. Itse ajattelen sitä voitavan ymmärtää aineen atomitason liikkeen ja valonnopeuden kautta. Atomitason liikkeeseen ja atomikellon käyntiin vaikuttaa lämpötila, gravitaatio ja kappaleen nopeus koettuna koordinaatiston tai havaitsijan suhteen.

Universumin laajetessa gravitaation heikentyessä massojen liike *on hidastunut*, mutta atomikellon käynti *on nopeatunut* ja valonnopeus *kasvanut* vastaavasti.

Mitä tapahtuu atomitason liikkeelle kappaleen siirtyessä suurempaan gravitaatioon? Atomien värähtely hidastuu. Sen voi ajatella johtuvan gravitaation hidastavasta vaikutuksesta massojen liikkeisiin, kuten tapahtuu ylöspäin heitetyn pallon liikkeen hidastuessa tai universumin laajentuessa tai Machin periaatteesta. Aikaa kuluu silloin enemmän tuohon värähtelyliikkeeseen, kun atomien lämpöliikettä ”jarrutetaan” jolloin ”aika” hidastuu. Kun kappale siirtyy takaisin aikaisempaan gravitaatioon, atomien jarrutus lakkaa, ja ne palaavat normaaliin lämpötilaa vastaavaan liiketilaan, jolloin atomitason liike nopeutuu normaaliksi - ”aika” nopeutuu.

Valon läpäistessä gravitaatiokentän Shapiro-efektissä valonnopeus hidastuu, johon syyksi on mainittu ajan hidastuminen. Aine on energian ilmenemismuoto myös ja kuten massan liikettä, *gravitaatio hidastaa valon liikettä, josta seuraa ajan hidastuminen*. Aika ei siis hidasta valon nopeutta gravitaatiossa, vaan valonnopeuden hidastuessa aika hidastuu.

Ajatellaan levossa olevassa koordinaatistossa liikkuvan kappaleen atomin värähtelyliikettä, kun kappaleen nopeus summautuu siihen. Tapahtuu atomin värähtely mihin suuntaan tahansa, se venyy nopeuden suuntaan ja liike laajenee. Kappaleen etääntyessä ja lähestyessä värähtely venyy vastakkaisiin suuntiin. Kappaleen liike ei kuitenkaan summaudu atomien liikkeeseen Newtonin mekaniikan mukaan, vaan *suhteellisuusteorian* mukaan $v(t) = at / \sqrt{1 + (at/c)^2}$ (kuva1 sivu 9), jolloin summanopeus on pienempi ja aikaa kuluu enemmän värähtelyjaksoon. Kappaleen omassa koordinaatistossa atomin värähtelyjakson aika ei muutu. Koordinaatistoilla on sen vuoksi eri aika (vrt. samanaikaisuuden suhteellisuus). Koordinaatistossa, jossa kappale liikkuu atomien liikkeen hidastuminen on tulkittu *ajan hidastumisena*. *Lepokoordinaatistossa* kohteen aika hidastuu *liikkeen suunnasta riippumatta* Lorentzin aikadilataatioyhtälön mukaan.

Lepokoordinaatiston suhteen *liikkuvan koordinaatiston* liike summautuu kappaleen liikkeeseen ja vaikuttaa atomitason liikkeisiin ja siis *aikaan*, jolloin aika hidastuu tai nopeutuu kappaleen *liikkeen suunnasta riippuen*. Hafele–Keating kokeessa lepokoordinaatisto oli pyörimätön Maakeskeinen koordinaatisto ja liikkuva oli lentokentän koordinaatisto, (ks sivu10). Maan pyörimisen suuntaan lentäneen koneen atomikellon aika hidastui ja länteen lentäneen koneen kellon aika nopeutui.

GPS-satelliitin kelloja pitää rukata, johon syyksi sanotaan ajan muuttuminen gravitaation heikkenemisen ja nopeuden vaikutuksesta. Kun heikompi gravitaatio nopeuttaa ja satelliitin nopeus hidastaa, satelliitin kellon todetaan käyvän maan kelloa *nopeammin*. *Mutta kellon käynnin*

hidastuminen ei johdu ajan hidastumisesta, vaan satelliitin nopeuden summatumisesta kellon värähtelijän liikkeeseen ja edellä kuvatusta syystä kellon käynti hidastuu.

(Pienemmän gravitaatiopotentiaalin ansiosta satelliittikello edistää 45.900 ns/vrk ja suuremman nopeuden ansiosta jättää 7.200 ns/vrk eli yhteensä edistää 38.700 ns/vrk.)

Gravitaation ja kiihtyvyyden aiheuttama ajan hidastumisen mekanismi on erilainen, eikä samalla tavalla ekvivalentti kuin niiden vaikutus kappaleen liikkeeseen. Kiihtyvyys vaikuttaa muuttuvan nopeuden funktiona (infinitesimaalisesti) Lorentzin ajan dilataatioyhtälön mukaisesti.

Ajattelen siis niin, että suhteellisuusteoriassa *Aika* on reaalin käsite, vaikka *atomitason ja valon liike* on takana kaikissa ilmiöissä ja tapahtumissa, jotka tulkitaan ajan kulkunopeuden muutoksen aiheuttamiksi, mutta sen aiheuttamina niitä kuitenkin kuvataan.

Joidenkin mielestä aikaa ei ole. Onko aikaa, jos ainetta ja energiaa ei ole? Universumissa nuo ovat.

.....

Ajan hidastuminen ja nopeutuminen nopeuden funktiona

14.04.2026

Kun *lepokoordinaatistossa* ("inertiaalissa") (atomi)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 jarrukiihtyvyyden funktiona, ja kun se on pysähtynyt, käynti todetaan palaneen samaksi, kuin ennen kiihdytystä. Kellon jättämä jää siis pysyväksi. Kellon käynnin hidastuminen on tulkittu *ajan hidastumisesta* johtuvaksi, mutta reaalisena fysiikan ilmiönä sen voi ajatella *kellon liikkeen summautumisena atomitason liikkeisiin*.

Kiihdytetyn kohteen "*ajalle*" käy samalla tavalla kuin atomikellolle. Kun kiihdytys lakkaa, kohteen aikaan on jäänyt "*jättämä*", joka ajan kuluessa kasvaa. Tuo *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 8 Kiihtyvyys.

Ajan hidastuminen on riippumaton kohteen liikkeen suunnasta lepokoordinaatistossa ja voi vaihdella ja kiertyä 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 10 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.

Kun sinä paikallaan mittaat tapahtuman kestäneen 1,000000 s, sinun suhteen liikkuvan kohteen hitaammin käyvällä kellolla se kestää 0,999999 s. Miten sitten liikkuvan kohteen suhteen sinun kellosi käy, selviää sivulla 8.

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 $v \ll c$ on helppo laskea likiarvokaavalla: $\gamma = 1/\sqrt{1-v^2/c^2} \approx 1/(1-0,5 \cdot v^2/c^2) \approx 1+0,5 \cdot v^2/c^2$.]

Video aikadilataatio: https://www.youtube.com/watch?v=vSksu_J1IOY

ja pituuskontraktio: <https://www.youtube.com/watch?v=29LAzwUHd4I>

Planeettaesimerkki ajan hidastumisesta nopeuden funktiona:

Liikkumattomia koordinaatistoja ei ole olemassa, mutta Aurinkoon lukittu lepokoordinaatisto 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 $\approx 220 - 240$ 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 etäämmän radan Marsilla. Maasta tarkastellen Marsin aika kulkee siksi *nopeammin*. (Myös Auringon gravitaatio hidastaa aikoja – Marsin aikaa vähemmän.)

Auringon koordinaatiston suhteen sekä Maan aika että Marsin aika *hidastuvat*

Maan aika: $\Delta t_1' = \Delta t / \sqrt{1-v_1^2/c^2}$

Marsin aika : $\Delta t_2' = \Delta t / \sqrt{1-v_2^2/c^2}$

; Δt = aikajakso Auringon koordinaatistossa

; $\Delta t'$ = liikkuvan planeetan venynyt aikajakso

$\Delta t_1' - \Delta t_2' =$ 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 10.)

Palataan sivun 7 kellovertailuun. Edellisen mukaisesti liikkuvassa kohteessa $\Delta t = 1,000000$ s kestää sinun paikallaan olevalla kellolla mitattuna esim $\Delta t' = 1,000001$ s.

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.

Kiihtyvyys

Lorentzin ajan dilataatioyhtälöön pitää lisätä kiihtyvyys, jos sen kesto aika on merkittävä vakio-nopeudella liikkumisen ajan suhteen, koska kiihtyvyyden aikanakin aika hidastuu. Kiihtyvyys-termi myös antaa ymmärtää ajan hidastuvan epäsymmetrisesti, sillä *vain kiihdyttävän aika hidastuu*.

Liikkuvan kohteen aika, kun kiihtyvyys on lisätty. Ajat t_1 t_2 eivät vaikuta samaan aikaan.

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

; Δt_1 = kohteen kiihdytysaika (lähtö, käännös, loppujarrutus)

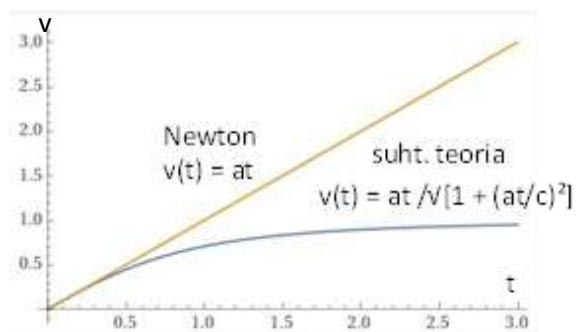
; Δt_2 = kohteen tasaisen liikkeen aika (meno ja paluu)

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 8, pyörimätöntä maapalloa voitiin käyttää koordinaatistona, johon verrattiin 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, (vrt. sivu 15, ... itseisajasta), jolloin päädytään siihen vailla logiikkaa olevaan käsitykseen, että aikadilataatio olisi symmetrinen. (Vrt. Hafele-Keating koe, sivu 10: 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.

Hafele – Keating koe

Hafele-Keating kokeessa v. 1971 lennätettiin atomikelloja maapallon ympäri, toista itään ja toista länteen. Lentokentän koordinaatistossa kellojen aikoja laskettaessa kummankin koneen kellon olisi pitänyt *jätättää*, mutta länteen lentäneen koneen kello olikin *edistänyt* suureksi hämmästykseksi. Kun laskemat tehtiin pyörimättömässä Maakeskeisessä koordinaatistossa, saatiin oikeat tulokset.

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. Suhteellisuusteorian mukaan odotettiin, että kumpikin kello olisi jätättänyt, koska ne liikkuvat maakellon suhteen. 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

Maakeskeisessä koordinaatistossa lasketaan lentokentän ja lentokoneiden aikadilataatiot niiden ratanopeuksista Maan keskipisteeseen lukitussa koordinaatistossa yhtälöllä $\Delta t' = \Delta t / \sqrt{1 - v^2/c^2}$. Helpompi tapa kuitenkin on laskea aikamuutokset lentokentän koordinaatistossa, mutta länteen lentäneen koneen laskennassa dilataatioyhtälö pitää kääntää ympäri näin $\Delta t' = \Delta t \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}$, koska sen koneen aika nopeutuu lentokentän suhteen. Ratanopeuksia ei nyt tarvitse laskea.

Itään lennon analyysia: Kun kone kiihdyttää lentonopeuteen, sen kello alkaa jätättää, ja jätättämien säilyy maapallon koko kierron aikana, mutta vaihtelee hiukan koneen liikkeen mukaan normaaleilla linjalannoilla 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 vaihdeltaessa ja paikkakunnittain, vaikuttaen marginaalisesti 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 kumooa 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.

Lorentz, Einstein

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 liikkeitä voidaan verrata. Kun suhteellisuusteoria pohjautuu koordinaatisto-ajatteluun, miksi se heiltä unohtui tässä aikadilataation ideassa?

[Lorentzin ja Einsteinin suhteellisuuden havainto oli niin mullistava, ettei tuo yksi erehdys heidän saavutustensa arvoa horjuta. Erehdystä tuskin olisi tapahtunut, jos tekniikka ja lentokoneteollisuus olisi silloin ollut 1970-luvun tasolla, ja 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 $0,6 \cdot c$ (c = valonnopeus). No sehän on ihan utopiaa, että ihminen joskus voisi matkustaa niin nopeasti.

Kaksosparadoksissa aluksessa olevan kaksosen *atomitason liike hidastuu* kiihdytyksen seurauksena *maan suhteen* ja säilyy hidastuneena niin kauan, kun nopeus säilyy – elintoiminnot hidastuvat vastaavasti *maasta koettuna*, ja ikääntyminen hidastuu siksi, ei *ajan hidastumisen* vuoksi. Ks sivu 6.

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 näyttää periaatteen ei laskettuja arvoja.

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 dilataatio-yhtälön 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

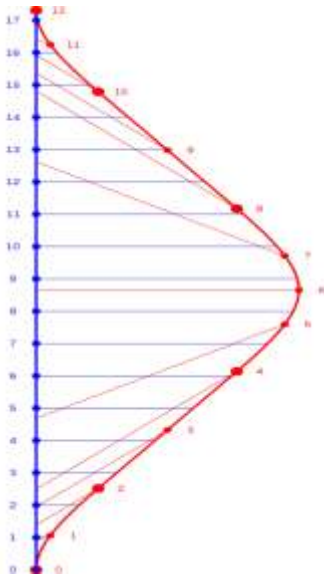
kiihdyttävän (inertiaalikehystä muuttavan) ajan kuluvan hitaammin, mutta virheellisesti aikojen hidastuvan symmetrisesti.

Kun alus kääntyy kotimatalle, 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 menomatalla. Nopeus säilyy, jos alus kääntymiseen voi käyttää planeetan gravitaatiota hyväkseen.

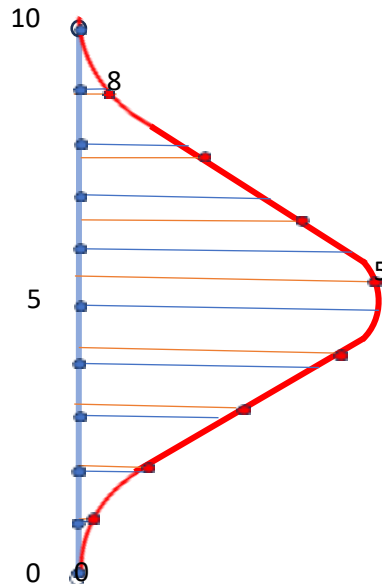
Maahan palattuaan aluksen aika on jätättänyt meno- ja paluumatkan hidastumisen verran, ja aluksen kaksonen on ikääntynyt tuon verran Maan kaksosta vähemmän.

Maan ja aluksen Minkowski-diagrammi

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 $x = v \cdot t$ 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 *symmetrisen* sininen ja punainen
 $\Delta t' = (\Delta t_2 + \Delta t_1) / \sqrt{1 - v(t_1)^2/c^2}$



Oikea diagrammi – aikadilataatio *asymmetrisen*
 $\Delta t' = (\Delta t_2 + \Delta t_1) / \sqrt{1 - v(t_1)^2/c^2}$ 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.

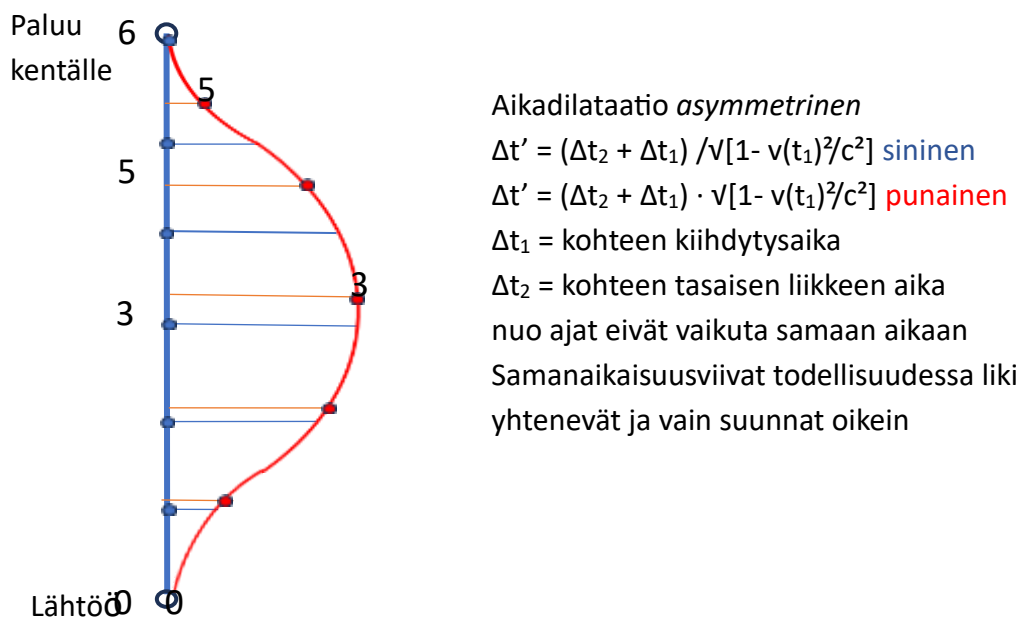
Kuva 2. Kaksosparadoksin Minkowski diagrammi

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

Kaksosparadoksi Hafele-Keating kokeessa

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.



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

Kaksosparadoksi Luotaimen lennätys Neptunukseen. 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 $2 \times 0,4$ 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 $\geq 1,5$ h.

Aikavertaus Maan ja luotaimen kellojen kesken pitäisi tehdä radiosignaaleilla 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 $4,36 \cdot v \cdot c / (0,2 \cdot c) = 21,80 v = t'$

Luotaimen matka-aika luotaimen koordinaatistossa t

$t = t' \sqrt{(1-v^2/c^2)} = t' \sqrt{(1-0,2^2)} = t' \sqrt{0,96} = 21,8v \cdot 0,9797 = 21,36 v$

Matka-aika lyhenisi luotaimella $0,44 v = 5\frac{1}{2}$ kuukautta.

Jos raketti palaisi maahan, mahdollinen matkaaja olisi 11 kk kaveriaan nuorempi.

.....

Ajan suhteellisuuden tulkinnan erot Einsteinin (E) ja Luonnonlakien (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. L. Ajan suhteellisuus on helppo ymmärtää peruskoulun fysiikan tiedoilla.

.....

Albert Hendrikille kertoi juuri uutisen tään suuren: "Teoriamme tulkinnan on saanut aivan uuden, katkes' teorian 'ymmärtäjän' laho pajunköysi, oppilas jo ukkovanhus erheemme kun löysi.

Onnittelut sulle ukko täältä tähtein takaa, viimein teorian tulkinta on oikea ja vakaa.

Viekää pian suhtiskorjaus siellä tieteen mappiin, nyt se laskee *aikasuhteen* oikein, aivan nappiin".

Empiirinen testi ISS asemalla ajatuskokeena

28.12.2025

Aikadilataation epäsymmetria

ISS-asemalta lähetetään atomikello pienen satelliitin sisällä aseman lentoradan suuntaan vaikka paineilmatykillä. ISS asemalla on samanlainen atomikello, jotka näyttävät samaa aikaa. Satelliittia voidaan ohjata radiosignaaliilla poikittaissuunnissa paineilmasuihkuilla. Annetaan satelliitin kiertää maapalloa, ja ohjataan takaisin ISS asemalle, kun se on tehnyt yhden kierroksen asemaa enemmän. Verrataan satelliitin ja aseman kellojen näyttämiä keskenään. Huomataan että satelliitin kello on *jätättänyt* – suhteellisuusteorian mukaisesti, kun sillä oli asemaa suurempi nopeus. Sitten rukataan kellojen näyttämät samaksi ja tankataan satelliitti paineilmalla.

Lähetetään sama satelliitti ja atomikello vastasuuntaan ISS aseman radalla samalla paineilmatykillä. ISS asema tavoittaa satelliitin kierrettyään yhden kierroksen satelliittia enemmän ja satelliitti ohjataan takaisin ISS asemalle. Kun kelloja verrataan, todetaan satelliitin kellon *edistyneen* – *suhteellisuusteorian vastaisesti*, kun sen mukaan kellon olisi pitänyt jättää kuten toiseenkin suuntaan lennätettäessä. Suhteellisuusteorian mukainen aikadilataation symmetria ei siten ole todellinen - tapahtuma on identtinen Hafele-Keating kokeen kanssa.

Eli ISS asemaa nopeammin lentävän kellon aika hidastuu ja hitaammin lentävän aika nopeutuu.

ISS asema liikkuu Maan koordinaatistossa, jolloin kellotkin käyvät Maan koordinaatiston komennossa. Kun niillä on nopeus Maan suhteen, kierroksen tehtyään Maan ympäri, kumpikin kello on jättänyt Maassa oleviin kelloihin verrattuna.

[Joku sanoo, ettei matkaan lähetetty satelliitti pysy ISS aseman kiertoradalla. Ei se pysykään ilman poikittaisvoimaa tuottavilla ilmasuihkuilla, kun toinen pyrkii karkaamaan ylöspäin ja toinen putoamaan. Jos paineilmaa ei riitä, polttosysteemin suihkulla voidaan tuottaa poikittaisvoimaa

Inertiaalista ja itseisajasta

Em. ISS aseman ajatuskoe osoittaa, että kahden kohteen keskinäisestä nopeudesta riippuva aikaero riippuu myös nopeuden suunnasta – eikö *inertiaalissa* aikaero pitäisi olla suunnasta riippumaton?

Auringon koordinaatistossa Maan rataliike summautuu ISS aseman nopeuteen, vuoroin sitä lisäten ja vähentäen. Liikkuuko ISS asema *inertiaalissa*, eikö se edellyttä vakionopeutta? Onko ISS aseman aika *itseisaika*, kun se vaihtelee aikadilataatioyhtälön mukaisesti nopeuden vaihdellessa?

Kaikki tapahtumat luonnossa tapahtuvat aina jossakin koordinaatistossa. Onko *inertiaalia* liikettä ja *itseisaikaa* olemassa, eivätkö ne edellyttä koordinaatistosta vapaata tilaa, jota ei luonnossa ole?

ISS aseman liike ei tue käsitystä inertiaalista ja itseisajasta, eikä aikadilataation symmetriasta nopeuden funktiona. Symmetria olisi mahdollinen vain inertiaalissa tapahtumassa.

[Kaksi kappaletta, joilla nopeus keskenään – vain täysin tyhjässä universumissa ei voitaisi sanoa, kumpi on paikallaan kumpi liikkuu, eli vain silloin inertiaali olisi mahdollinen. Kun universumissa

koordinaatisto on aina lukittu johonkin tai liikkuu jonkin suhteen, voidaan sanoa kumpi liikkuu tai on paikallaan koordinaatiston suhteen. Eli mitään inertiaaleja universumissa ei ole.]

[9. C Møller: *The Theory of Relativity*, s. 1. Second Edition. Oxford: Oxford University Press, 1976
 Käytännön kannalta inertiaalijärjestelmiksi voidaan usein katsoa vertailujärjestelmät, jotka liikkuvat tasaisesti kiintotähtien suhteen.] https://fi.wikipedia.org/wiki/Absoluuttinen_aika_ja_avaruus

Aurinkokunnassa mikään kohde ei liiku tasaisesti kiintotähtien suhteen, vaan kiertää jotakin taivaankappaletta.

.....

Samanaikaisuuden suhteellisuus

(02.04.2024) päivitys 01.07.2027

"Suppean suhteellisuusteorian mukaan aika on suhteellista, eikä se ole kaikissa inertiaali-koordinaatistoissa sama. Siksi myös yhdessä inertiaalikoordinaatistossa havaitut samanaikaiset tapahtumat eivät koskaan ole täysin samanaikaisia jossakin toisessa inertiaalikoordinaatistossa."

Samanaikaisuuden suhteellisuus esimerkillä: valo junanvaunussa

1.1. Liikkuvan junanvaunun keskellä katossa on lamppu, joka syttyy vaunun ohittaessa laiturin. Vaunussa lampun valo saavuttaa päätyseinät samanaikaisesti *vaunun omassa koordinaatistossa*. (Vrt. *Valo liikkuvassa koordinaatistossa* sivu 17)

Vaunun lampun valon nopeus vaunussa ja laiturin suhteen on sama valonnopeus c , koska *valon nopeus on aina kaikkien kohteiden suhteen vakio c* , riippumatta valolähteen liikkeestä. *Laiturin (maanpinnan) koordinaatistossa* vaunun valo saavuttaa sen vuoksi takaseinän ennen etuseinää, sillä *takaseinä tulee valoa vastaan vaunun liikkeessä*.

Laiturin koordinaatistossa doppler-ilmiön vuoksi vaunun liike aiheuttaa taaksepäin suuntautuvassa valossa punasiirtymän ja eteenpäin suuntautuvassa valossa sinisiirtymän.

Valon syttyttyä *vaunun koordinaatistossa* aikaa aletaan laskea lampusta, joka siis liikkuu eteenpäin valon kulkuaikana seiniin, jolloin *valojen kulkuaika seiniin on yhtä pitkä*.

Laiturin koordinaatistossa aikaa aletaan laskea lampun syttymispisteestä, jolloin *laiturin koordinaatistossa valon kulkuaika päätyseiniin on erilainen*, eli takaseinään lyhyempi kuin etuseinään, koska vaunu liikkuu eteenpäin valon kulkuaikana. Kun *laiturin koordinaatistossa* valon kulkuaikat päätyseiniin ovat eri pituiset, ja valon nopeus on molempiin suuntiin sama c , valon kulkumatkatkin ovat erilaiset päätyseiniin.

1.2. Laitetaan vielä kolmaskin koordinaatisto samaan tapahtumaan. Radan varressa on moottoritie. Auto tiellä ajaa samaan suuntaan kuin juna ja ohittaa sen. Auton koordinaatistossa tapahtuma on päinvastainen kuin maanpinnan koordinaatistossa. Vaunu liikkuu siis pois päin autosta, jolloin vaunun etuseinä tulee vaunun lampun valoa vastaan, kun taas takaseinä karkaa valon edellä. Eli valo saavuttaa etuseinän ennen takaseinää.

2. Lamppu keskellä vaunun kattoja ja laiturille toinen lamppu lähelle ohittavaa junaa. Lamput on synkronoitu syttymään samanaikaisesti, kun vaunu porhaltaa ohi. Vaunun koordinaatistossa

vaunun lampun valo saavuttaa vaunun päätyseinät samanaikaisesti. Laiturin koordinaatistossa laiturin lampun valo saavuttaa ikkunoiden läpi takaseinän ennen etuseinää, koska vaunu liikkuu valon sytyttyä, jolloin takaseinä tulee valoa vastaan, ja etuseinä karkaa valon edellä.

Mutta, laiturin koordinaatistossa vaunun lampun valon etureuna ja laiturilla syttyvän lampun valon etureuna saavuttavat vaunun takaseinän samanaikaisesti ja myös vaunun koordinaatistossa samanaikaisesti. Kun koordinaatistoilla on eri aika, niiden suhteen tuo tapahtuma on eriaikainen. (Käytännössä laiturin valon etureuna vähän viivästyy vaunun valon etureunasta kun tulee vinosti ikkunasta.) Jos vaunussa ei olisi takaseinää, valot vaeltaisivat rinta rinnan samalla nopeudella, vaunun valo vain punertavampana.

Kun laiturin lampun valon etureuna saavuttaa vaunun etuseinän ja valot ovat syttyneet samanaikaisesti, ei vaununkaan valon etureuna ole ehtinyt yhtään kauemmaksi laiturin valon etureunaa, eli vaunun koordinaatistossa kummankin valon etureunat saavuttavat vaunun etuseinän samanaikaisesti ja laiturin koordinaatistossa myös samanaikaisesti. Kun koordinaatistoilla on eri aika, niiden suhteen tuo tapahtuma on nytkin eriaikainen. Jos etuseinää ei olisi, valot vaeltaisivat rintarinnan samalla nopeudella, vaunun valo vaan sinertäisi.

[Konkreettisemmin em tapahtuman voi ymmärtää, jos vaunun katossa oleva lamppu siirrettäisi vaunun ikkunan ulkopuolelle, ja laiturin lamppu ihan niin lähelle vaunua, että vaunun lamppu ohittaa laiturin lampun juuri ja juuri sen yläpuolelta. Laiturin koordinaatistossa mikä voisi estää lampuista ensimmäisten taaksepäin lähtevien fotonien saapumisen ihan samanaikaisesti takaseinään ja ensimmäisten eteenpäin lähtevien fotonien saapumista ihan samanaikaisesti etuseinään?]

.....

VALON NOPEUS

Valon nopeuteen ei havaitsijan liike vaikuta

Valon nopeus on aina vakio c valolähteen ja havaitsijan liikkeestä riippumatta vakio gravitaatiossa.

Ajatuskoe on teoreettinen, käytännössä mahdoton, kun edellyttäisi suunnattomia nopeuksia valolähteille ja havaitsijalle. Koe osoittaa: *Ajan suhteellisuus on seuraus valon vakionopeudesta.*

Kaksi valolähdettä, toinen monitorin suhteen paikallaan oleva lähettää keltaista valoa ja toinen monitorista loittoneva lähettää vihreää valoa. Valot lähestyvät monitoria rintarinnan, kun valolähteet ovat samalla linjalla. Monitori toteaa lähestyvät valot saman värisinä keltaisina, kun dopplerin vuoksi vihreä valokin näkyy monitorille keltaisena, eli niillä on kummallakin sama keltaisen värin aaltopituus ja taajuus. Kun valon nopeus = aaltopituus $\times$ taajuus, valojen on pakko lähestyä samalla nopeudella monitoria eli nopeudella c . Eli vaikka vihreä valo loittonee monitorista, monitori mittaa sille saman nopeuden kuin keltaisellekin valolle.

Laitetaan monitori liikkumaan lähteitä kohti samalla nopeudella kuin etääntyvä lähde liikkuu. Kun mikään väliaine ei valoa kuljeta (kuten ilma ääntä kuljettaa), ei ole merkitystä liikkuuko valolähde vai havaitsija (koordinaatistossa). Nyt monitori toteaa molemmat valot vihreiksi, koska paikallaan olleen lähteen valon aaltopituus dopplerin vuoksi lyhenee. Nytkin aaltopituus $\times$ taajuus = vakio c , eihän valon väri vaikuta valon nopeuteen? *Eli liikkuvat valolähde ja valon kohde miten tahansa, kohteen suhteen valon nopeus on aina c .* (Tässä on ero ääneen, kun äänen nopeus muuttuu havaitsijan liikkeen funktiona.)

.....

Valo liikkuvassa koordinaatistossa

10.01.2026

Empiirisesti on todettu Maassa valon *edestakainen nopeus* aina samaksi vakioksi c riippumatta mittaussuunnasta, vaikka Maa pyörii.

Ajatellaan lähettää valo idän suuntaan 300 m etäisyydellä olevaan peiliin.

Ulkopuolisesta *pyörimättömän Maan koordinaatistosta* tarkasteltuna, maa pyöriessään siirtää peiliä valon kulkuaikana eteenpäin, jolloin valon kulkumatka pitenee > 300 m, ja valon heijastuessa peilistä sen kulkuaikana valolähde lähestyy ja valon paluumatka lyhenee < 300 m. Vastaavasti valon kulkuaika menosuuntaan on silloin pidempi kuin paluusuuntaan ja edestakainen kulkuaika $\neq 2 \mu\text{s}$.

Laserilla mitattaessa saadaan valon edestakaiseksi kulkuajaksi $= 2 \mu\text{s}$.

Mitkä ovat valon kulkuajat peiliin ja takaisin?

Laskelma oheisessa junanvaunun esimerkissä kuvaa valon liikettä liikkuvassa koordinaatistossa:

<https://www.dropbox.com/scl/fi/5nzc0m50uqfkgagk4700z/Valon-liike-junanvaunussa.pdf?rlkey=clum27kf19wrjqjivisiev7g6&dl=0>

Maassa *valolähteen koordinaatistossa* valon kulkuaika peiliin = $1 \mu\text{s}$ ja takaisin = $1 \mu\text{s}$,
(vrt. laskelman lopussa yhtälöt $\Delta t'_m$ ja $\Delta t'_p$). Eli liikkuvassa koordinaatistossa valon kulkuaika meno- ja paluusuuntaan on yhtä suuri, ja edestakainen kulkuaika = $2L/c$.

Itä–Länsi suuntaiselle komponentille sama periaate toimii valon kaikissa suunnissa. Eli laserilla mitattaessa mihin suuntaan tahansa saadaan aina sama edestakainen aika.

Kun valon kulkuaika valolähteen koordinaatistossa on yhtä suuri kuin paluuaika, loogisena päätelmänä *valon yksisuuntainen nopeus* on yhtä suuri kuin edestakainen nopeus.

.....

Valo ja Linnunradan liike

09.12.2025

Edellä kohdassa *Valon yksisuuntainen nopeus* on Hafele-Keating kokeeseen perustuva kuvaus siitä, että valon nopeus on sama vakio c sekä Maan pyörimissuunnassa että pyörimisen vastasuunnassa, johtuen ajan hidastumisesta Maan pyörimissuunnassa ja ajan nopeutumisesta vastasuunnassa. Sama ilmiö pätee valolla Linnunradan liikkeen suhteen - Linnunradan liike ei vaikuta valon nopeuteen, mutta aiheuttaa doppler-siirtymää vapaassa avaruudessa - tuskin Maassa?

Maan ratanopeus Auringon ympäri on $\pm 30 \text{ km/s}$. Auringon ratanopeudeksi Linnunradalla löysin arvot 240 km/s ja 220 km/s ja. Kosmisen taustasäteilyn (mikroaaltosäteilyn) suunnan perusteella on päätelty Linnunradan liikkeeksi universumissa $2'200'000 \text{ km/h}$ (611 km/s) $\approx 610 \text{ km/s}$ meidän sijainnilamme. Eli Maan kokonaisliike $610 \text{ km/s} + 240 \text{ km/s} \pm 30 \text{ km/s} = 850 \text{ km/s} \pm 30 \text{ km/s}$. Asian ymmärtäminen ei edellytä tarkkoja arvoja.

Kun ei ole tietoa mikä on aurinkokunnan liikkeen suunta Linnunradalla suhteessa liikkeeseen universumissa, sen nopeus olisi rajoissa $610 \text{ km/s} \pm 240 \text{ km/s} \pm 30 \text{ km/s}$ - eli maksimi $850 \text{ km/s} \pm 30 \text{ km/s}$ ja minimi $570 \text{ km/s} \pm 30 \text{ km/s}$.

Koordinaatisto jossa elämme, voidaan siis ajatella liikkuvan maksimissaan nopeudella $\approx 850 \text{ km/s}$.

Mitä tuo liike dopplerin vuoksi aiheuttaisi esim. vihreän valon aallonpituuteen $\lambda 540 \text{ nm}$?

Dopplerin yhtälö $f = f_0 (1 / (1 \pm v/c))$ ja $\lambda = c/f$. Aurinkokunnassa valon suunnasta riippuen maksimissaan $\lambda = \lambda_0 (1 \pm v/c) = \lambda_0 (1 \pm 850 \text{ km/s} / 300000 \text{ km/s}) = \lambda_0 (1 \pm 0,00283)$.

Kun $\lambda_0 = 540 \text{ nm}$, $\lambda = 538,43$ ja $541,53$, ero $\approx \pm 1,55 \text{ nm}$, $< \pm 0,3 \%$.

Kun aurinkokunnassamme valo lähtee valolähteestä em. liikkeen suuntaan, maksimissa spektri voisi sinisiirtyä $\lambda = 538,43$, ja kun valo lähtee liikkeen suuntaa vastaan, spektri voisi punasiirtymä $\lambda = 541,53$. Väri pysyisi vihreänä - vivahde vain hiukan muuttuisi valon suunnasta riippuen.

Kun sekä valolähde ja valon kohde ovat samassa koordinaatistossa, joka liikkuu Linnunradan liikkeiden mukana, valon (sm-säteilyn) kannalta sen liikkeen voi unohtaa. Vaikka valo lähtee valolähteestä em liikkeen aiheuttaman dopplerin vuoksi aina spektri sini- tai punasiirtyneenä, sen tavoittaessa kohteen, samasta syystä spektri siirtyy saman verran takaisin lähetetyn valon *havaituksi* spektriksi - koordinaatistossa *havaitussa* spektrissä ei esiinny siirtymää.

.....

Valon käyttö etäisyyden mittareferenssinä

15.12.2025

Maa – geostationaarinen satelliitti päiväsaajan yllä

Mitataan lasertutkalla geostationaarista satelliitista etäisyys Maahan ja Maasta etäisyys satelliittiin. Laserpulssin nopeus sen matkalla muuttuvassa paikallisessa gravitaatiossa on c (300'000 km/s) koko ajan, mutta *satelliitin ajan suhteen* sen nopeus laskee koko ajan sen lähestyessä Maata johtuen gravitaation kasvusta, ja paluumatkalla Maasta satelliittiin sen nopeus kasvaa koko ajan gravitaation heikentyessä. Maan ajan suhteen valon nopeus käyttäytyy päinvastoin.

Kun aika satelliitissa kulkee nopeammin kuin Maassa, valopulssin samaan edestakaiseen matkaan kuluu aikaa enemmän kuin Maasta mitattuna, jolloin satelliitista mitattuna etäisyys mitataan pidemmäksi kuin Maasta mitattuna.

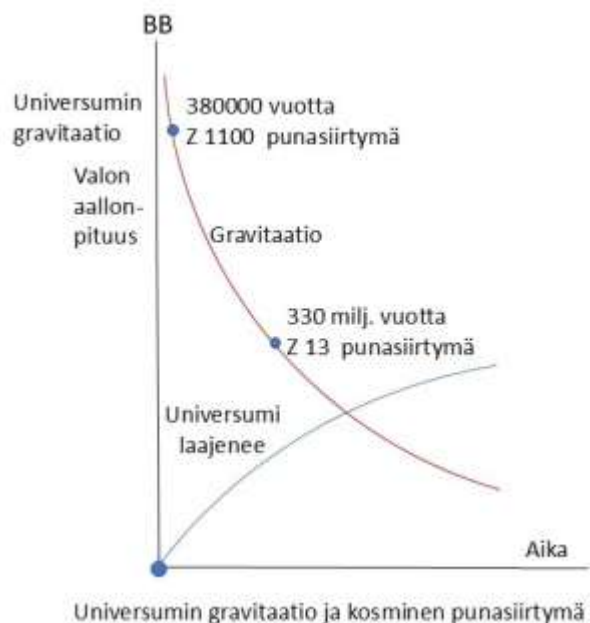
Kuun etäisyys Maasta on noin 384'400 km. Se on laservalolla mitattukin, mutta kun valonnopeus matkalla koko ajan heikentyvässä gravitaatiossa kasvaa, valon edestakainen kulku-aika mitataan *liian lyhyeksi* ja matka lyhyeksi. *Kuusta* mitaten valon edestakainen kulku-aika kasvaa valonnopeuden hidastuessa gravitaation kasvaessa ja matka mitataan *liian pitkäksi*. Sama kello Maassa ja Kuussa käy eri aikaa, Kuussa nopeammin. Jos valon edestakainen kulku-aika voitaisi mitata samaan tahtiin käyvällä kellolla, aika olisi sama Maasta ja Kuusta mitattuna.

*Valonnopeuden käyttö laskennallisena mittavälineenä on **epätarkka**, kun se ei ota huomioon gravitaatioympäristöä, eikä nopeudesta seuraavaa ajan dilataatiota.*

Kosminen punasiirtymä

Kosmista punasiirtymää käytetään tähtien ja tähtijärjestelmien *etäisyys- ja nopeusmittauksissa*.

Kosmiseen punasiirtymään vaikuttaa universumin laajeneminen, doppler, gravitaatiopunasiirtymä ja universumin laajentuessa tähtijärjestelmien suurempien nopeuksien Maan suhteen aiheuttama ajan dilataatio.



Universumin laajenemista aiheutuva punasiirtymä

Ajatellaan noin metrin pituista kuminauhaa - toinen pää kiinni oven kahvassa. Merkitään nauhaan tussilla kymmenen täplää tasavälein edustamaan galaksiryhmiä. Nauhan venyttäminen edustaa universumin laajenemista – täplät (galaksiryhmät) etenevät toisistaan samalla nopeudella. Mutta ääripäiden täplien väli kasvaa kymmenkertaisesti viereisten täplien väleihin verrattuna. Näin tapahtuu avaruudenkin kohdalla – mitä kauempana galaksiryhmä on meistä, sitä suuremmalla nopeudella etäännyimme siitä ja sitä suurempi punasiirtymä siitä aiheutuu.

Dopplerin vaikutus punasiirtymään

Jos laajenemisen vaikutus punasiirtymään kompensoitaisiin pois, niin tähdellä, jonka valoa tarkkailemme, on ollut muinoin suurempi nopeus kuin meillä nyt universumin suhteen - laajenemisen jatkuvan hidastumisen vuoksi, jolloin doppler *lyhentäisi* aallonpituutta. Eli *dopplerin sinisiirtymä vähentäisi punasiirtymää osaltaan*.

Gravitaatiopunasiirtymä

Lähetetään valonsäde maasta geostationaariseen satelliittiin. Kun satelliitissa aika kulkee maan aikaa nopeammin pienemmän gravitaation vuoksi, samaan aikajaksoon mahtuu vähemmän aallonpituuksia kuin maassa, jolloin satelliitti havaitsee valon punaisempana. (Voidaan myös ajatella valon aallonpituuden kasvavan sen menettäessä energiaansa kiivetessään gravitaatiokaivosta ylös). *Satelliitti havaitsee valon "punasiirtyneenä", (vrt Shapiro-ilmiö).*

Universumin gravitaatiopunasiirtymä vähenee universumin laajentuessa valon siirtyessä muinaisten ainetiheämpien universumien suurista gravitaatioista heikompaan gravitaatioon.

.....

AIKA JA VALONNOPEUS UNIVERSUMISSA

Universumin aika gravitaation ja galaksiryhmien nopeuden funktiona 01.07.2027

Ensin kaksi toisiaan kiertävää taivaankappaletta.

Kahden toisiaan kiertävien taivaankappaleiden gravitaatiot ovat yhtä suuret Lagrangen pisteessä, jolloin niiden kohdistamat vetovoimat pisteessä olevaan kappaleeseen kumoavat toisensa, ja kappale pysyy paikallaan (tai lähes paikallaan) ko taivaankappaleiden suhteen. Mutta gravitaatiot eivät kumoa toisiaan, eikä gravitaatio ole nolla.* Jos niin tapahtuisi, Maan gravitaatio ei ulottuisi Kuuhun, eikä Kuun gravitaatio ulottuisi Maahan – silloin Maalla ei voisi olla kuuta.

GPS satelliitti on painottomassa tilassa radallaan. Kun keskeisvoiman vastavoima aiheuttaa yhtä suuren vastakkaisen voiman Maan gravitaatiovoimalle, miten se kokee Maan gravitaation? Kun laskettiin satelliitin kellon rukkaustarvetta Maan aikaan verrattuna, laskuissa laskettiin aikaa hidastavana tekijänä sekä gravitaation että nopeuden hidastavat vaikutukset.

Lagrangen pisteessä aika kulkee hitaammin kuin gravitaatiosta vapaassa tilassa, kuten GPS satelliitissa, vaikka toinen vastasuuntainen gravitaatio vaikuttaa siihen, kuten keskeisvoiman vastavoima GPS-satelliitissa. Kun kaksi gravitaatiota vaikuttaa pisteessä samanaikaisesti, miksei aika hidastuisi suhteessa gravitaatioiden summaan, kuten yhteen samasuuruiseen gravitaatioon.

Kun ajatellaan vaikka Linnunrataa, jokainen tähti vaikuttaa gravitaatiollaan, jolloin yhteen tähteen vaikuttaa kaikkien tähtien gravitaatiot, ja pitävät Linnunradan koossa sen pyöriessä. Aika vastaavasti hidastuu sitä enemmän Linnunradan sisällä, mitä tiheämmässä tähdet ovat, eli keskustaa kohti aika koko ajan hidastuu enemmän ja enemmän.

Vastaavasti galaksiryhmissä aika hidastuu ryhmän keskustaa kohti kasvavasti. Samoin tapahtuu koko universumissa - galaksiryhmät gravitaatiollaan aiheuttavat niiden välisessä avaruudessa gravitaation, joka muinaisissa universeissa oli sitä suurempi, mitä tiheämmässä galaksiryhmät olivat.

Universumissa BB:n aikana galaksiryhmien saaman kiihtyvyyden tuottama ajan hidastuminen lisää osaltaan ajan hidastumista galaksiryhmien nopeuksien funktiona aikadilataatioyhtälön mukaisesti.

* [Gravitaatioita Lagrangen pisteessä voi verrata kahteen radiolähetykseen.

Kaksi vastakkain suunnattua kapeakeilaista radiolähetystä *samalla taajuudella ja samanlaisella modulaatiolla* lähettävät kumpikin omaa ohjelmaansa. Kummallakin lähetyksellä on kuuntelija kaukana toisen lähettimien takana niin, ettei lähettimen hajasäteily saavuta kuuntelijaa. Kun säteilyt etenevät samassa tilassa vastakkain ja ovat samalla taajuudella, ne eivät kuitenkaan kumoa toisiaan eivätkä häiritse toistensa ohjelmia.]

Kosminen punasiirtymä antaa tietoa universumin ajan hidastumisesta Big Bang'in jälkeen.

Ajankulku ja valonnopeus universumissa BB:n jälkeen

Gravitaatio hidastaa valonnopeutta, josta seuraa ajan hidastuminen, vrt *Shapiro-efekti*.

Universumin laajentuessa valonnopeus voidaan olettaa kasvaneen ja kasvavan koko ajan gravitaation heikentyessä massojen harventuessa ja liikkeiden hidastuessa. Aineen atomien liike olisi siis kasvanut ja kasvaisi samassa suhteessa - atomikellon käynti nopeutuisi (aika nopeutuu). Valonnopeuden riippuvuudesta gravitaatiosta seuraa, että se on vakio kaikkialla universumissa, jolloin ajan kulkunopeuden on muututtava ja riippuu siksi gravitaatiosta.

Koko universumin ajan kulkunopeus olisi siis nopeutunut meidän aikaamme muinaisten tiheämpien universeiden suuremman gravitaation hitaasta ajasta ja universumin laajentuessa myös tähtijärjestelmien nykyistä suurempien nopeuksien vuoksi ajan dilataatioyhtälön mukaisesti.

Kesällä 2023 kerrottiin muinaisen universumin ajan kulkeneen 1/5 nopeudella meidän ajan kulkuun verrattuna. <https://www.iltalehti.fi/ulkomaat/a/8f3fbf84-f9bd-41ce-8aa3-b82f944217cb>

Dos Syksy Räsäseltä kysyin ajan kulkunopeudesta 12.03.024.

(*"Aika kulkee samaa tahtia kaikkina maailmankaikkeuden aikoina (ihan sen perusteella, miten ajan kuluminen määritellään).*

Mutta koska valo venyy avaruuden laajetessa, kaukaisten kohteiden tapahtumat näyttävät meistä tapahtuvan hitaammin.

Tämä on helppo ymmärtää. Koska valon aallonpituus kasvaa, peräkkäisten aallonhuippujen saapumisen aikaväli on pidempi, eli signaali tulee hitaammin.")

Tuo vastaus ei riitä kumoamaan ajan mahdollista nopeutumista universumissa sen laajentuessa, johtuen hypoteettisen kokonaisgravitaation heikentymisestä. Valon venymiseen olisi kaksi syytä: Universumin laajeneminen ja *Valon gravitaatiopunasiirtymä*. (vrt Machin periaate).

Universumin koko

Jos universumin kokoa laskettaessa on käytetty valonnopeutta mittareferenssinä, universumin syntyhetkestä BB:stä lähtenyt valo on matkallaan kokenut gravitaation heikkenneen koko ajan Maata lähestyessään, ja siksi valonnopeus on koko ajan kasvanut. Jos laskelmassa tuota ei ole otettu huomioon, vaan ajateltu valonnopeus koko matkalla olleen Maan gravitaatiossa mitattu c , valon kulkuaika olisi liian lyhyt ja matka olisi mitattu liian lyhyeksi. *Eli universumi olisi kooltaan suurempi kuin 13,8 miljardia valovuotta ja vanhempi kuin 13,8 miljardia vuotta.*

.....

PIMEÄN AINEEN JA PIMEÄN ENERIAN HYPOTEESIT

Pimeän aineen hypoteesin mahdollinen selitys

15.12.2025

Ks. sivu 19 *Maa – geostationaarinen satelliitti*. Nopeammalla ajalla (= edistävällä kellolla) mitataan liikkuvalla kappaleella paikallista aikaa hitaampi nopeus.

Päiväntasaajalla rautatien viereen laitetaan kaksi laservaloa 300 m päähän toisistaan suunnattuna satelliittiin geostationaariradalla päiväntasaajan yllä. Veturi kulkee radalla $108 \text{ km/h} = 30,00 \text{ m/s}$.

Veturin ohittaessa ensimmäisen laservalon satelliitti rekisteröi sen hetken ja sen ohittaessa toisen valon satelliitti rekisteröi myös sen hetken. Maassa on valojen ohitushetkiin kulunut 10,000 s.

Satelliitissa valojen välähdysten välillä aikaa on kulunut enemmän esim. 10,001 s, kun satelliitissa aika kulkee nopeammin pienemmän gravitaation vuoksi. Kun Maassa veturi kulkee 10 sekunnissa 300,00 m, satelliitin suhteen 10 sekunnissa se kulkee 299,97 m.

Satelliitista mitataan Maassa kulkevalle junalle hitaampi nopeus kuin Maassa.

Aika Linnunradassa

Linnunradan keskustassa galaksin massa symmetrisesti joka puolelta nostaa gravitaation valtavan paljon suuremmaksi kuin laidoilla, jossa etäisyydet massapisteisiin on paljon suurempia. Sen vuoksi ajan kulkunopeus ("ajankäynti") on keskustassa hitaampi kun laidoilla, koska gravitaatio keskustassa on suurempi kuin laidoilla. Tähän on syyksi esitetty *pimeän aineen hypoteesia*.

Kun nopeammalla ajalla Maassa mitataan tähtien nopeuksia lähempänä galaksimme keskustaa, saadaan niille liian pieniä nopeuksia. Nopeudet pitäisi mitata tähtien omalla ajalla. Kun tähtien nopeus keskustassa todellisuudessa on suurempi kuin laidoilla, myös ajan dilataatioyhtälön mukaan aika hidastuu tähtien nopeuden vuoksi lisää Maasta tarkastellen.

.....

Pimeän energian hypoteesin mahdollinen selitys

15.12.2025 päiv. 29.06.2026

Universumin laajenemisen tutkimuksissa, jotka perustuvat *kosmisen punasiirtymän* mittauksiin supernovilla ja kvasaareilla, on tulkittu universumin laajenevan kiihtyvästi, kun aikaisemmin on ymmärretty laajenemisen hidastuvan massojen keskinäisen gravitaation vuoksi.

Kiihtyvään laajenemiseen pidetään hypoteettisena selityksenä *pimeää energiaa*. Kun hypoteesi väittää *pimeän energiatihedyyden* pysyvän vakiona, ***pimeän energian tulisi kasvaa loputtomasti eksponentiaalisesti*** universumin laajentuessa. Sellainen ei käy järkeen. Ajatus sotii universumin *nolla-energiataseen* hypoteesia vastaan.

Uudet empiiriset havainnot universumista ovat tuoneet lisävalaistusta *tri Tuomo Suntolan* laskelmien tueksi, jotka osuvat yksiin havaintojen kanssa. Ne eivät tue hypoteeseja universumin *kiihtyvään laajenemisesta* ja *pimeästä energiasta*, eikä *pimeästä aineesta*. Pimeän energian ja pimeän aineen ollessa mukana laskelmissa havainnot eivät osu yksiin laskelmien kanssa - ero on

hyvin suuri pitemmillä etäisyyksillä, eikä voi olla havaintovirhe.

<https://www.youtube.com/watch?v=6KUYml6wH6U> kohta 1:06:0

Universumin laajenemisen mittauksesta supernovan valolla

YLE Areena 2017 *Pimeä energia on suuri arvoitus* <https://areena.yle.fi/audio/1-50981379>

Yhteenveto: Supernovan kirkkauden perusteella on arvioitu sen etäisyys, ja sen valon tyypillisestä spektristä puuttuvasta aallonpituudesta on päätelty miten paljon universumi on laajentunut supernovan räjähdysen jälkeen, eli aikana kun valo on kulkenut supernovasta meille.

Nobel-palkinnon perustelut: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2011/advanced-information/>

“All in all, the two research teams found over 50 distant supernovae whose light was weaker than expected – this was a sign that the expansion of the Universe was accelerating.”

Kosmisesta punasiirtymästä etäisyydet mitattiin ilmeisesti liian lyhyiksi.

Mittauksissa tuskin on otettu huomioon, että supernovan valtavan gravitaation vuoksi lähteneen valon nopeus *Maan ajalla mitattuna* on ollut paljon hitaampi kuin 300'000 km/s. Joten valo matkallaan Maan pieneen gravitaatioon on nopeutunut vaikuttaen merkittävästi kosmiseen punasiirtymään, aiheuttaen tulkintavirheen (vrt sivu 19 *Valon käyttö etäisyyden mittareferenssinä*). Universumin laajentuessa valonnopeus voidaan olettaa kasvaneen koko ajan gravitaation heikentyessä massojen harventuessa, joka myös olisi lisännyt punasiirtymää.* (Vrt sivu 22).

Jos tutkijat tulkitsivat kauempien supernovien nopeudet lähempien supernovien nopeuksia pienemmiksi, voisiko syynä olla sivulla 21 mainitsemani etäämmän supernovan suuremman nopeuden aiheuttama dopplerin sinisiirtymä – punasiirtymää vähentävänä. *Ja/tai etäämmän supernovan hitaampi valonnopeus Maan ajalla mitattuna – pienempi punasiirtymä.