

Tere! Mina olen NN Rakvere Reaalgümnaasiumi x klassist. Teen uurimistööd teemal "Ulme või füüsika. Ulmefilmides liikumise rakendumine reaalses maailmas" ning palun Teie abi uuringu läbiviimisel. Küsimustik on anonüümne. Aitäh vastamast!

1. Valguse kiirus on relatiivsusteooria järgi Maal oleva vaatleja jaoks lõpliku suurusega. Kas Teie arvates ajavad NASA teadlased taga vaid tühja tuult, kui üritavad leida võimalust valgusest kiiremini reisimiseks?

Kalev Tarkpea (KT): Üldiselt arvatakse, et valgusest kiiremini reisimine tähendaks põhjuslikkuse rikkumist. See tähendaks reisimist minevikku. Mistahes minevikus korda saadetakse tegu võiks aga muuta olevikku. Tekib nõiarõng, milles meie oma mõistusega orienteeruda ei suuda. Selles kontekstis NASA teadlased ajavad tõesti taga tühja tuult. Aga samas on ju kõik suured avastused alguse saanud kellegi julgusest unistada. Kui keegi on valmis ka unistajaid ülal pidama, siis - miks mitte unistada?

Peeter Tenjes, TÜ astrofüüsika professor (PT): Arvan ka, et ajavad tühja tuult taga. Aga argumendiks on pigem seisukoht, et valguse kiirus vaakumis on lõplik (see praegu teadaolev väärtus $c = 299792458$ m/s). Minevikku liikumine ei pruugi tingimata rikkuda põhjuslikkust. Kuidas see põhjuslikkuse säilitamine konkreetselt võiks realiseeruda, see on muidugi täiesti lahtine.

KT: Ma isiklikult täiesti nõustun, et minevikku liikumine ei pruugi tingimata rikkuda põhjuslikkust. Siinkohal tasub vaadata arutlust aadressil:

<https://www.quora.com/Before-a-photon-makes-contact-with-matter-does-it-exist>

Diskuteeritakse selle üle, kas footon (valguse osake) on üldse olemas enne tema registreerimist, Aus vastus on: ei ole. Aga footonit registreerida on võimalik vaid lastes tal aines neelduda (loe: ära kaduda). Seega ka pärast registreerimist footonit enam pole. Millal ta siis üldse on olemas? Aus vastus: ainult registreerimise ajal. Niisiis, „*the photon is not a thing, it is an event*“, nagu ülalpool tsiteeritud veebi-diskussioonis ütleb professor Richard Muller. Me saame mõõta üksiku footoni energiat, kuid me saame seda teha ainult footoni neeldumise protsessis. Muud võimalust ei ole. Me saame selle footoni energia (seega ka sageduse ning lainepikkuse) - teada. Kuid teadmise tekkimise hetkel on see footon ise juba neeldunud, teda pole reaalselt enam olemas. Meie tarkus on tagantjärele-tarkus. Umbes nii nagu teadmine surnud inimese iseloomu-omaduste kohta. Selle teadmise baasil me ei saa enam muuta "kadunukesega seotud asjaolusid". Selles mõttes „*we can never know the properties of a living photon*". Nii järjekindlalt jätkates jõuame järelduseni, et "tõepoolest olemas" on vaid aistinguid põhjustavate signaalide vaatleja närvisüsteemi sisenemise faktid, kui sündmused, mis kannavad endas infot teiste, looduses aset leidnud sündmuste kohta. Meie maailm koosneb sündmustest, mitte „asjadest“.

Aga tagasi tulles põhjuslikkuse juurde, peame nentima: kuni mingi sündmus on veel toimumata, seni on veel kõik selle sündmusega seotud väljamõeldised (stsenariumid?) võimalikud. Aga kui see sündmus **on** juba ära toimunud, siis osutuvad osad väljamõeldised lihtviisiliselt valedeks ehk aistingulist alust mitte omavateks väljamõeldisteks. Olgu öeldud, et see on ka minu vastus "ussiaugu-teoreetikutele". Pean silmas neid, kelle meelest on võimalik läbi aegruumi ussiaugu rännata minevikku ning seal omaenda vanaisa maha lasta (guugeldage teoreetikut nimega Kip Thorne!). Kui "ussiaugu-teoreetikul" tõesti õnnestuks seda teha, siis ta lihtsalt ei kukuks enam ussiauku. Sest teda poleks sündinudki. Kogu lugu. Realiseerub kas üks stsenaarium või teine stsenaarium. Kui üks **on** realiseerunud, siis teine on lihtviisiliselt välistatud.

2. Saksa matemaatik Hermann Minkowski mõtles välja ja Albert Einstein võttis kasutusele 4-mõõtmelise aegruumi. Eirerelatiivsusteooria järgi on valguse kiirus võrdne kõigi vaatlejate jaoks, sõltumata nende liikumisest valgusallika suhtes. Kas Te nõustute väitega, et 4-mõõtmelises ruumis on valguse kiirus muutuv suurus?

KT: Ei nõustu. Selle väite esitaja pole suuteline eristama kahte asja: 4-mõõtmelist aegruumi ja 4 või enam - mõõtmelist hüperruumi. 4-mõõtmeline aegruum on lihtsalt üks viis eirerelatiivsusteooria väidete esitamiseks. Eirerelatiivsusteooria ise aga ongi ju rajatud postulaadile, et valguse kiirus vaakumis on kõigi ainelistele vaatlejate jaoks ühesugune. Teooria ei saa olla vastuolus oma eeldusega.. ☺ Valguse kiirus võiks olla muutuv suurus mingis kõrgema-mõõtmelises hüperruumis (4 või rohkem ruumimõõdet + ajamõõde).

PT: Arvan sama. Hüperruumi puhul võiks siis rääkida pigem “efektiivsest” valguse kiirusest, st pikkuse (ja selle kaudu kiiruse) teatud de-projektsioonist tavalisse ruumi, mis siis võiks näivalta olla suurem meile tuntud kiirusest c .

3. Füüsikateoreetik Albert Einstein formuleeris üldrelatiivsusteooria, mis taandab gravitatsiooni aegruumi kõverusele. Kas Teie arvates on aegruumi kõverusi võimalik kasutada ruumis liikumisel kosmoselaevade liikumapanevaks jõuks?

KT: Teoreetiliselt võiks olla küll, aga praktilist võimalust ma ei näe. Inimkehad ja kosmoselaevad ei püsi enam koos sellistes füüsikalistes tingimustes, mis valitsevad niivõrd kõveras aegruumis (loe: nii tugevas gravitatsiooniväljas).

PT: Täiesti nõus Kaleviga. Kohe, kui aegruumi tunnelitest (ussiaukudest) rääkima hakati, selgus ka, et need on ebastabiilsed ja lagunevad koheselt peale tekkimist. Nii et vaja oleks stabiliseerivat mehhanismi. Ussiauke aegruumis stabiliseeriks negatiivse olekuvõrrandiga aine, nagu on nn tumeda energia olekuvõrrand. Ainult et seda oleks siis vaja osata kontsentreerida, mis on üsna ulmeline.

4. Mis on Teie arvates peamine põhjus, miks valgusest kiiremini liikumise võimalust ei ole veel leiutatud?

KT: See ei ole võimalik. Vt küsimust 1.

PT: Nõus Kaleviga. See ei ole võimalik.

5. Galilei on öelnud, et mõõta tuleb kõike, mis on mõõdetav ja püüda mõõdetavaks teha, mis seda veel pole.

Relatiivsusteooria järgi on pikkus, mass ja aeg suhtelised mõisted, kuid ometi on nad olulised ruumis liikumisel. Kas neid on võimalik mõõta tänapäevaseid vahendeid kasutades?

KT: Veider küsimus. Kas küsija tunneb huvi, kuivõrd ma usun relativistlike efektide reaalsusesse? Et kui mul oleks võimalik mõõta ühe ja sellesama objekti pikkust paigalolekus ning minu suhtes liikuvale olekus, kas ma siis tuvastaksin erinevuse kahe pikkuse vahel? Vastus jaatav. Usun küll. Või küsija huvitub hoopis sellest, kas ma usun selliste mõõtmiste teostatavusesse tänapäevasel tehnoloogilisel tasemel? Vastan: ajavahemike relativistlikud erinevused on makromaaailmas juba ammu (aastal 1971) ära mõõdetud (mõtlen NASA eksperimenti suure hulga sünkroniseeritud aatomkelladega, millest osad paiknesid laboris ja osad kellad reisisid lennukis kolm tiiru ümber Maa, vt FLA õpik lk 130). Analooiline pikkuste mõõtmine pole meile hetkel veel jõukohane, aga see ei paku ka suurt huvi, kuna keegi ei kahtle katse positiivses tulemuses (kui relatiivsusteooria aja aspektis laitmatult töötab, miks peaks tal siis pikkuse osas tekkima probleeme?).

PT: Veel üks näide on, et kiirendites ultrarelativistlike kiirustega liikuvate osakeste eluead, mida mõõdetakse osakeste poolt läbitud teepikkuste kaudu – on pikemad kui aeglastel osakestel. See on täielikus kooskõlas relatiivsusteooriaga.

6. Millal Teie arvates võiks inimkonnal olla olemas tehnoloogia valgusest kiiremini reisimiseks?

KT: Ei oska prognoosida. Kuid samas – ‘never say never’.

PT: Kui räägime aegruumi tunnelitest, siis tuleks rääkida “efektiivsest” valguse kiirusest. Teadustöötajad aegruumi tunnelite kohta on valguse kiirus ikkagi c , mitte sellest suurem.

7. Kas Te olete nõus väitega, et hüperruum on vaid kirjanduslik võte, et vähendada teiste tähtedeni jõudmiseks kuluvat aega? Võimalusel kommenteerige.

KT: Miks vaid kirjanduslik? Kui me tõesti suudaksime ajutiselt siirduda kõrgematesse mõõtmetesse, siis oleks asi täiesti tehtav. Paraku on siirdumine kõrgematesse mõõtmetesse esialgu vaid unistus. Arvan, et selles maailmas ei teostu nimetatud unistus kunagi.

PT: Ei soovi kommenteerida.

8. Akadeemik Martti Raidali sõnul kehtib tumeaine ja tumeenergia kohta üks väga lihtne printsiip: me ei tea nende kohta midagi muud peale selle, et nad on olemas. 75% universumi energiast on tumeenergia. Tumeenergia suhtleb ainega gravitatsiooniliselt. Kas tumeaine abil saaks Teie arvates tekitada gravitatsioonivälja kosmosetehnika liikumapanemiseks?

KT: Loomulikult saaks, kui me suudaksime meile vajalikul viisil mõjutada tumeaine paiknemist Universumis. Paraku on see esialgu vaid unistus ja vaevalt on võimalik teha pädevaid prognoose selle unistuse täitumiseks tulevikus. Märgin, et küsija pole minu arvates eriti järjekindel sõnade "tumeaine" ja "tumeenergia" kasutamisel. Ta tundub nende vahel mitte vahet tegevat. Vahe on siiski olemas. Tumeaine olemasolu ilmneb galaktikate pöörlemise vaatlustes, tumeenergia on aga kogu Universumi paisumise põhjuseks. Tegemist on efektidega erinevates mastaapides.

PT: Ka tumeaine koosneb osakestest (vähemasti me usume nii). Raketi kiirendamiseks energia saamine baseerub samuti mingitel osakestel. Kes seda oskab öelda, millised osakesed kõige paremad on.

9. Tumeenergiat on kirjeldanud kosmoloog Jaan Einasto. Kas tumeenergiat võiks kasutada „ussiaugu“ loomiseks ja materia ülekandmiseks? Kas „ussiaugu“ kasutamine on Teie arvates lähitulevikus teostatav, väidetavasti on materia ülekandmine (transformatsioon) molekulide tasandil juba ellu viidud?

KT: Sama märkus, mis eelmise küsimuse juures: tundub, et küsija ei teadvusta tumeenergiat kui kogu Universumi globaalse paisumise põhjust. Sestap pole tumeenergial mingit otseseost "ussiaukudega", mis on esialgu uuritavad ju vaid mikromaailmas. Tegemist on efektidega kapitaalselt erinevates mastaapides. Väite, et aineosakeste läbiviimine ussiaugust on juba teostatud, liigitaksin ma puhtalt teoreetiliseks spekulatsiooniks. Selliste katsete tulemusi võib interpreteerida mitmeti ja ussiauk on kõigest üks võimalik tõlgendus. Ma ei usu, et sellised katsed võiksid makromaailmas lähitulevikus kontrollitavalt teostatavad olla. Ma ei usu ka, et oleks võimalik teha pädevaid prognoose ussiaukude reaalse rakendamise kohta kaugemas tulevikus, sh nende abil kosmosereiside ettevõtmiseks.

PT: Ussiaugu loomise üks hüpoteetiline viis on mustade aukude tekitamine, mis siis näiteks omavahel ühineksid. Aga kuidas seda saavutada? Mustad augud koosnevad siiski ainek, mitte tumeenergiast. Kui üldse, siis on see väga kaugel tuleviku küsimus.

10. CERN-is otsitakse antiainet ja kadunud energiat. Kuivõrd me elame tumeaine pilves, võivad tumeaine osakesed annihileeruda meie maailma osakestega. Annihilatsiooni produktiks on energia. Ka annihilatsioonil vabanevat energiat oleks võimalik tulevikus kasutada liikumapaneva jõuna kosmoses liikumiseks?

KT: Mis on "kadunud energia"? Tundub, et küsija ei tee vahet antiaine ja tumeaine vahel. Tumeaine on ju ka osa "meie maailmast", mitte selle vastand. Otseseost antiaine ja tumeaine vahel pole. Annihilatsiooniks nimetatakse osakese ja antiosakese kui kahe fermioni kohtumisel toimuvat protsessi, mis seisneb nende osakeste olemasolu-energia (seisueenergia) üleminekus bosonkujule (näiteks footonkujule). See ei ole fantastika, see on katseliselt hästi kontrollitud efekt. Unistus antiaine kasutamisest kütusena on sama vana kui meie teadmised antiaine kohta üldse. Paraku pole antiaine tekitamine ja säilitamine piisavas koguses inimkonnale hetkel veel tehnoloogiliselt jõukohane. Ma ei usu, et hetkel oleks võimalik teha pädevaid prognoose antiaine kütusena rakendamise kohta, sh antiaine abil kosmoses reisimiseks.

PT: Antiaine tekitamine vähegi arvestatavas koguses on kaugel tulevik.

11. Kosmosereisideks on vaja tohutult energiat. Milline on Teie arvates parim moodus tähelaeva liikuma panemiseks?

KT: Hetkeseisuga tundub tehnoloogiliselt kõige realistlikumana päikesepuri. Paraku on aga selle efektiivsus masendavalt madal, kui soovime tähelaeva kiirendada valguse kiirusele lähedaste kiirusteni.

PT: Arvan, et kui see moodus üldse kunagi leitakse, siis on see midagi sellist, millest meil praegu aimugi pole.

12. Mehhiko Tuumateaduste Instituudi direktor Miguel Alcubierre Moya kirjeldas varpajamit, mis on kooskõlas Einsteini relatiivsusteooriaga. Mida Te teate või olete kuulnud varpajamist?

KT: Alcubierre'i liikur on teadusartiklite tasemel kirjeldatud seade. Esoteerikaga siin tegu pole, teoreetiliselt oleks asi ju täiesti teostatav. Paraku ei näe ma hetkel inimkonna käsutuses tehnoloogilisi võimalusi Alcubierre'i liikuri reaalseks loomiseks. Kuidas lokaalselt tekitada vajaliku kõverusega aegruumi?

Inimkehad ja kosmoselaevad ei püsiks ka enam koos sellistes füüsikalistes tingimustes, mis valitsevad niivõrd kõveras aegruumis (loe: nii tugevas gravitatsiooniväljas). Niivõrd kõveras aegruumis, mis oleks piisav varpajami efektiivseks tööks. Aadressilt

<http://iopscience.iop.org/0264-9381/11/5/001/>

võib igaüks kodanik Miguel Alcubierre'i originaalartikli, nüüd juba 20 aastat vana - endale alla laadida.

Inimlikumas keeles on wiki artikkel http://en.wikipedia.org/wiki/Alcubierre_drive