

TEEMAOSIO:

ASTRONOMIA: LASKENTAA TAIVAAN JA MAAN VÄLILLÄ

Pilvettömänä yönä tähtitaivasta voi tarkastella loputtomiin: Silloin voi ymmärtää, kuinka loputtoman suuri maailmankaikkeus on. Yhtäkkiä maapallo tuntuukin aivan pieneltä, sillä sitä ympäröi tuntematon avaruus, jonka rajattomuus on vaikea ymmärtää. Monen vuosituhannen ajan tähtitieteilijät eri puolilla maailmaa ovat yrittäneet paljastaa maailmankaikkeuden salaisuuksia. Matematiikka on tärkeä elementti tähtitieteessä.



„Luonnon kirja on kirjoitettu matematiikan kielellä” totesi Galileo Galilei jo vuonna 1623. Toisin sanoen: Matematiikka mahdollistaa luonnontieteellisten havaintojen esittämisen lukuina, kaavoina ja malleina, ennustusten laatimisen ja erilaisten kokeiden suorittamisen.

"Matematiikan avulla tiedemiehet voivat ilmaista, millaista 'tuolla ylhäällä' on tai miten joku materiaali on rakentunut" kertoo Recklinghausenin observatorion johtaja, tohtori Burkard Steinrücken. "Teorian avulla fyysikoiden on mahdollista kehittää kokeita näiden asioiden tutkimiseksi." Avaruuden ja maailmankaikkeuden herättämää innostusta voidaan hyvin hyödyntää matematiikan opetuksessa, esimerkiksi siten, että oppilaat saavat laskea planeettojen kiertoratoja ja esittää maailmankaikkeuden valtavia etäisyyksiä pienemmissä, maapallolla käytetyissä mittakaavoissa.

Astronomia ja astrologia

Vuosisatojen ajan ei tehty tarkkaa eroa taivaan tapahtumien tarkkailun ja niiden ihmisen kohtaloon liittyvän tulkinnan välillä - monissa kulttuureissa uskottiin, että planeettojen asemien muutoksista voitaisiin ennustaa tulevaisuutta. Tähtitieteilijä Johannes Kepler (1571-1630) laati avaruuteen liittyvien laskelmiensa ohessa myös horoskooppeja. Käsitys tieteen olemuksesta muuttui vasta valistuksen aikana: Tuosta ajasta lähtien on ajateltu, että astronomiassa pyritään kuvaamaan taivaankappaleita luonnontieteellisellä tavalla ja yritetään selvittää maailmankaikkeuden lainalaisuuksia. Tähän viittaa myös nimitys astronomia: Se koostuu kreikan kielen sanoista ástron (tähti) ja nómos (laki).

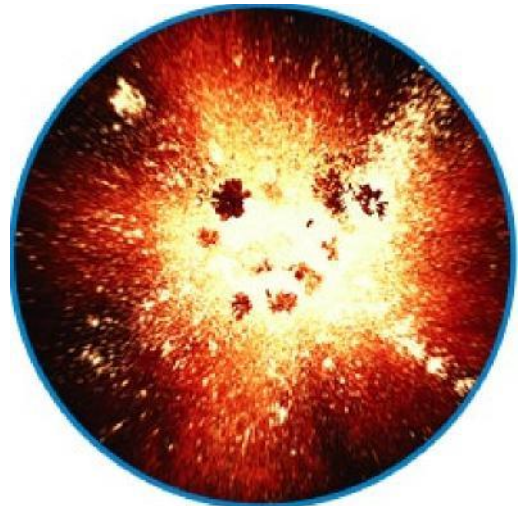


Gauss löytää kadonneen planeetan

Seuraavina vuosisatoina astronomia tarjosi - enemmän kuin tänään - hedelmällisen tutkimusalueen tutkijoille, jotka tähtäsivät tieteentekijän maineeseen. Tuolloin ei ollut kovinkaan epätavallista toimia tutkijana yhtä aikaa monella luonnontieteen alueella. Esimerkiksi nykyään ennen muuta matemaatikkona tunnettu Carl-Friedrich Gauss laski vuonna 1801 kiertoradan vastikään löydetylle Ceres-kääpiöplaneetalle. Sattui nimittäin niin, että tähtitieteilijät hukkasivat tämän planeetan 40 päivää sen löytämisen jälkeen. Useat tähtitieteilijät yrittivät turhaan laskea planeetan kiertorataa löytääkseen sen uudelleen taivaalta. He tekivät laskelmissaan seuraavia virheitä: he perustivat laskelmansa ympyrän muotoiseen kiertorataan. Gauss puolestaan oletti kiertoradan olevan elliptinen ja onnistui laskemaan kiertoradan useamman tunnetun planeetan sijaintipisteen pohjalta "pienimmän neliösumman menetelmää" käyttäen. Sillä seurauksella, että tähtitieteilijät onnistuivat löytämään Ceres-planeetan uudelleen joulukuussa 1801. Pienimmän neliösumman menetelmä on vielä tänäänkin käytössä satunnaislaskennassa

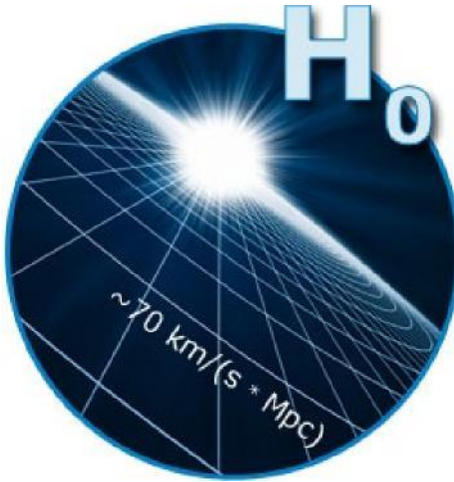
Alkuräjähdyksestä maapalloon

Vajaat 14 miljardia vuotta sitten tapahtui jotakin käsittämätöntä: Maailmankaikkeutemme syntyi kirjaimellisesti tyhjästä: avaruus, aika ja materia ovat olleet olemassa tuosta hetkestä lähtien - ainakin useimpien astronomisten teorioiden mukaan. Matka tästä merkittävästä hetkestä maailmankaikkeuteen, jollaisena sen tänään tunnemme, on ollut pitkä. Ensin tuossa syntyvässä tilassa risteili vain joitakin alkeishiukkasia. Ensimmäiset galaksit syntyivät noin 300 miljoonaa vuotta tuon hetken jälkeen. Aurinkokuntamme kehittyi vasta noin 9 miljardin vuoden kuluttua. Vielä 4,7 miljardin vuoden ajan maapallomme kiersi asumattomana auringon ympäri, kunnes lopulta ihminen alkoi kehittyä. Maailmankaikkeuden mittapuun mukaan meidän aikamme maapallolla on kuitenkin lyhyt: Noin 7,5 miljardin vuoden kuluttua, kun aurinko on käyttänyt vetyvarastonsa loppuun, se paisuu "punaiseksi jättiläiseksi" - merkiten elämän loppumista maapallolla. Noin kolmen miljardin vuoden kuluttua tästä aurinko kutistuu "valkoiseksi kääpiötähdeksi".



Projektivinkki

Maailmankaikkeuden ja maapallon syntyyn liittyviä valtavaa pitkiä ajanjaksoja on vaikea käsittää. Siirrä oppilaittesi kanssa maailmankaikkeuden historia pienempään mittakaavaan. Olettaen että miljoona vuotta vastaa yhtä minuuttia, kuinka paljon aikaa kului galaksien ja sitten maapallon syntyyn? Mitä muita "virstanpylväitä" oppilaat voivat tutkia ja laskea maailmankaikkeuden ja maapallon historiassa? Siirtäkää lopuksi kehitysvaiheet aikajanelle.



Miten maailmankaikkeus tulee kehittymään?

Alkuräjähdysteoria ei voi yksin selittää sitä, miten maailmankaikkeus kehittyy tästä eteenpäin. Tiedemiehet ovat huomanneet mittailemalla galaksien välisiä etäisyyksiä, että maailmankaikkeus paitsi laajenee, niin myös, että tämä laajeneminen kiihtyy kaiken aikaa. Tämän laajenemisen laskemisessa käytetään niin sanottua Hubblen vakiota H_0 . Nimitys on peräisin yhdysvaltalaiselta astronomilta Edwin Hubblelta. Hubblen vakion avulla voidaan laskea maailmankaikkeuden ikä. Oikeastaan tässä ei ole kyse vakiosta, sillä Hubblen vakio muuttuu ajan kuluessa. Tämän takia astronomit käyttävät myös nimitystä Hubblen parametri. Hubblen parametrin määrittämiseen säännöllisin väliajoin käytetään eri tähtikaukoputkien

tuottamia kuvia. Hubblen parametrin arvo vaihtelee riippuen mittausmenetelmästä. Sen arvo on noin $\frac{70 \text{ km}}{\text{s} \cdot \text{Mpc}}$ (Mpc on lyhenne tähtitieteessä käytetystä Megaparsec-pituusmittayksiköstä)

Onko maapallo maailmankaikkeuden ainoa asuttu planeetta?

Niin sanottujen eksoplaneettojen etsintä ei ole aivan niin spekulatioon perustuvaa kuin alkuräjähdysteoria, mutta ainakin yhtä jännittävää. Eksoplaneetat kulkevat kiertorataa muiden kuin meidän aurinkomme ympärillä - ja koska ne eivät tuiki kuten tähdet, niitä on vaikea havaita. Ensimmäinen eksoplaneetta löydettiin vuonna 1990, ja nykyään sellaisia tunnetaan yli 700. Erityisen kiinnostavia tutkimuksen kannalta ovat maapallon kaltaiset planeetat, joilla on voinut kehittyä elämää. "Sen mahdollisuus, että eläviä organismeja olisi kehittynyt jossakin päin maailmankaikkeutta, on hyvin suuri", arvioi observatorion johtaja Steinrücken. Vähintään joka toisella tähdellä on planeettajärjestelmä - ja tämän takia on varmasti olemassa myös sellaisia planeettoja, jotka ovat sopivalla etäisyydellä auringostaan, jolloin niillä esiintyy vettä nestemäisessä muodossa." Voiko sitten elämää kehittyä tuollaisissa olosuhteissa, siihen kysymykseen nykytiede ei pysty vastaamaan. "Tunnettiin nimittäin vain yhden ainoan planeetan, jolla tämä on tapahtunut, nimittäin oman planeettamme. Tämän ainoan tapauksen perusteella ei voida tilastollisesti tehdä johtopäätöksiä koko maailmankaikkeudesta. Moni seikka viittaa kuitenkin siihen, ettei oma maailmankaikkeutemme ole mitenkään erikoinen." Joulukuussa 2011 NASA ilmoitti Kepler-22b-eksoplaneetan löydöstä, joka sijaitsee lähimpänä maapalloa. Meidän ei kuitenkaan tarvitse aivan vielä valmistautua kohtaamaan Keplerin asukkaita - maapallolta on nimittäin n. 600 valovuoden matka Kepler-22:n aurinkokuntaan.



Eksoplaneetoista osa on maapallon kaltaisia planeettoja

Jo vuonna 1961 amerikkalainen astrofyysikko Frank Drake esitti matemaattisen arvion siitä, kuinka todennäköistä on, että galaksissamme on muuta älykästä elämää. Drake käytti kaavassaan seitsemää eri tekijää, joihin kuuluivat esimerkiksi uusien tähtien syntymistiheys, eksoplaneettojen lukumäärä ja tietyt tiedot ilmakehästä. Monet näistä tekijöistä tunnetaan kuitenkin vain lähinnä likimääräisinä arvioina. Suomenkieliseltä sivustolta löytyy Draken kaavan esimerkkilaskuri: <http://cs.joensuu.fi/~vtenhu/drake.html>



Opetusvihje:

Draken kaavan eri tekijät ovat kiinnostavia tutkimuskohteita ja antavat runsaasti aiheita tieteelliselle pohdiskelulle. Kokeile oppilaittesi kanssa Draken kaavaa eri arvoilla ja vertaile tuloksia.

Maailmankaikkeuden etäisyydet ja mittasuhteet

Kuvitellaanpa matka Australiaan: Maapallon mittakaavassa tuo n. 13500 km:n matka on jo melkoisen pitkä. Jos sama matka tehtäisiin suoraan kohti avaruutta, päästäisiin lopulta vain juuri ja juuri eksosfääriin - maapallon ilmakehän etäisimmän kerroksen - ulkolaidalle. Jo yksin kuu on lähimmillään 363300 km:n etäisyydellä maapallosta. Etäisyys kuuun vastaa noin 27-kertaista matkaa Keski-Euroopasta Australiaan. Nämä etäisyydet ovat kuitenkin vain pieni hyppäys aurinkokuntamme mittakaavassa. Venus, joka on Maata seuraavaksi lähin planeetta, käväisee lähimmillään noin 40 miljoonan kilometrin etäisyydellä Maasta. Mars - seuraavaksi lähin planeetta - ei koskaan tule lähemmäksi kuin 56 miljoonan kilometrin etäisyydelle maapallosta.



Avaruuden ja Maan mittayksiköt

Jo oman aurinkokuntamme etäisyydet osoittavat, että maapalloa yleisesti kuvaavat mittayksiköt ovat liian pieniä maailmankaikkeuden kuvaamiseen. Tähtitieteilijöiden käyttämät mittayksiköt viittaavat kuitenkin usein maapalloon: usein planeettojen ympärysmittat ja massat ilmoitetaan suhteessa Maan ympärysmittaan ja Maan massamittaan. Astronominen yksikkö eli tähtitieteellinen yksikkö (lyhenne au, engl. Astronomical Unit) on alkuperäisen määritelmän mukaan Maan keskitäisyys Auringosta, joka on noin 149,6 miljoonaa kilometriä.

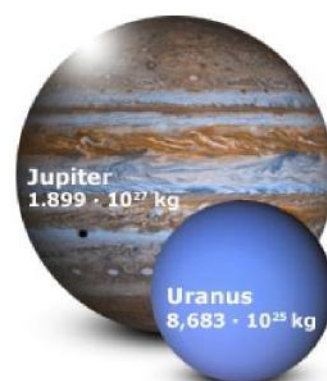


Opetusvihje:

Tähtitieteen mittayksiköitä voi hyvin käyttää opetuksessa. Oppilaita voisi esimerkiksi kiinnostaa laskea aurinkokuntamme planeettojen massoja ja ympärysmittoja Maan massoina ja ympärysmittoina. Mikä planeetta on massaltaan suurin? Millä planeetalla on suurin tiheys? Näissä laskelmissa tarvitaan potensseja ja geometrian taitoja.

Aurinkokuntamme planeettojen tiedot:

planeetta	massa	läpimitta
Merkurius	$3,302 \cdot 10^{23}$ kg	4 879,4 km
Venus	$4,869 \cdot 10^{24}$ kg	12 103,6 km
Maa	$5,974 \cdot 10^{24}$ kg	12 756,32 km
Mars	$6,419 \cdot 10^{23}$ kg	6 792,4 km
Jupiter	$1,899 \cdot 10^{27}$ kg	142 984 km
Saturnus	$5,685 \cdot 10^{26}$ kg	120 536 km
Uranus	$8,683 \cdot 10^{26}$ kg	51 118 km
Neptunus	$1,0243 \cdot 10^{26}$ kg	49 528 km



Etäisyydet muuttuvat vieläkin "tähtitieteellisemmiksi", kun siirrymme omasta aurinkokunnastamme tarkastelemaan koko linnunrataamme ja sen välitöntä ympäristöä. Tässä yhteydessä käytetään pituusyksikkönä usein valovuotta ($9,461 \cdot 10^{15}$ m) tai, erityisesti tieteispiireissä, Parsekia, eli parallaksisekuntia. Yksi parsek (pc) on noin 3,26 valovuotta. Etäisyys lähimpänä omaa linnunrataamme sijaitsevaan Andromedan galaksiin on noin 2,5 miljoonaa valovuotta tai vajaat 800 kiloparsekia (kpc). Voimme kuitenkin nähdä sen paljain silmin pimeänä kirkkaana yönä Andromedan tähdistössä.

Projektivinkki

Jotta oppilaat oppisivat paremmin ymmärtämään maailmankaikkeuden valtavat etäisyydet, voitte yhdessä rakentaa aurinkokuntamme pienoismallin. Esimerkiksi Jyväskylän normaalikoulun tiloissa on hieno toteutus aurinkokunnastamme. Jos Maa olisi tennispallon kokoinen, mikä olisi sen etäisyys auringosta? Mikä tuolloin olisi Jupiterin läpimitta? Näissä tehtävissä tarvitaan monia yläkoulun matematiikantaitoja verrannollisuuksien laskemisesta ja potenssilaskuista kulmiin liittyvään laskentaan. Voi kuitenkin olla, että voitte pian joutua siirtymään luokahuoneesta käytävälle - nimittäin pienoismallin rakentaminen pienessäkin mittakaavassa vaatii aika paljon tilaa.

**Opetusvihje:****Planeettojen kiertoradat**

Tähtitaivaan tarkastelu on motivoivaa ja opettavaista. "Monet oppilaat eivät tiedä, että planeettojen liikettä tähtitaivaalla voi seurata paljain silmin", kertoo tohtori Burkard Steinerücken Recklinghausenin observatoriosta. Yksinkertaisilla koulussa tehtävillä kokeilla voidaan valottaa luonnontieteilijöiden työtä ja samalla heittää oppilaille jännittäviä matemaattisia haasteita. "Oppilaat voivat esimerkiksi kehittää mittalaitteen mitataksaan etäisyyksiä jostakin tietyistä planeetista muihin tähtiin. Oppilaat oppivat myös, miten kiertorata muuttuu. Silloin päädytään pohtimaan teoriaa: Miksi planeetalle tapahtuu noin? Onko olemassa geometristä kaavaa kiertoradan laskemiseksi? Yläkoulun viimeiseltä luokalta alkaen voidaan planeettojen kiertorataa koskeissa projekteissa yhdistää tähtitaivaan tarkkailu matematiikkaan. Matemaattisista työkaluista käytetään tässä yhteydessä mm. kartioleikkauksien laskentaa. Keplerin säännöt antavat ideoita ja perustan kiertoratojen laskemiselle.



Vihje: Simuloikaa yhdessä oppilaiden kanssa Auringon, Kuun ja Maan liikkeitä. Aurinkoa simuloiva oppilas voi pitää esim. lamppua kädessään ja Kuuta sekä Maata esittävät oppilaat pitelevät kahta erisuurta palloa. Mikä näistä taivaankappaleista sijoittuu muiden väliin? Mikä näistä kiertää mitään ja kuinka usein? Miltä asetelma näyttää auringon- ja kuunpimennyksen aikaan? Missä kuu sijaitsee uuden kuun aikaan? Tämä koe osoittaa useimmiten, että näissä tutuissakin taivaankappaleissa on paljon opittavaa.

Vuonna 2012 taivaalla tapahtui isoja asioita

Yksi erityinen tapahtuma tarjosi vuonna 2012 aivan erityisen syyn taivaan tarkkailuun: 6. kesäkuuta 2012 tapahtui nimittäin ns. Venuksen ylikulku. Venus kulkee Maasta katsoen täsmälleen Auringon editse enintään kaksi kertaa vuosisadassa. Jos joku ei ylikulkua tällä kertaa nähnyt, ei hän todennäköisesti tule sitä enää kokemaan: Seuraavan Venuksen ylikulun ajankohta on nimittäin vuonna 2117. Valitettavasti Keski-Euroopassa nähdään vain osa tästä ylikulusta, sillä kun aurinko nousee 6. kesäkuuta, Venus on jo melkein kokonaan ohittanut Auringon. Ylikulkua edeltävien viikkojen aikana Venus oli kuitenkin hyvin nähtävissä yötaivaalla - mikä tarjosi hyvän syyn tarkkailla "Iltatähden" liikettä. Vuonna 2012 myös Merkurius, Jupiter ja Mars olivat myös monen viikon ajan hyvin nähtävissä tähtitaivaalla.



AMMATTITIIETOA: TÄHTITIIETEESEEN LIITTYVÄT AMMATIT

Tähtitieteeseen ja maailmakaikkeuteen liittyvät ammatit vaativat laajoja tietoa fysiikasta. Ehkäpä vieläkin tärkeämpää on kiinnostus luonnontieteitä kohtaan. "Tähtitieteen parissa työtä tekevän tulisi olla ennen muuta kiinnostunut siitä, miten maailmankaikkeus on muodostunut. Tällainen sisäinen vaikutin ja se, että on kiinnostunut tällaisista kysymyksistä, auttavat suoriutumaan alan opinnoista - riippumatta siitä, onko oppiminen nopeata vai hidasta tai onko kaavojen muistaminen helppoa vai vaikeata", kertoo Recklinghausenin observatorion johtaja tohtori Burkard Steiner.

Astrofysikko/Astronomi

Tarkimmin avaruutta tutkitaan astrofysikon tai tähtitieteilijän ammateissa. Näissä ammateissa maailmankaikkeutta tutkitaan pääsääntöisesti tieteen näkökulmasta, ja työpaikat löytyvät esimerkiksi korkeakouluista, observatorioista, tai tutkimuskeskuksista, kuten Turun avaruustutkimuslaboratio. Kun on suorittanut fysiikan opinnoissa luonnontieteiden kandidaatin tutkinnon - joka jo sisältää monissa korkeakouluissa tähtitieteen perustiedot - voi tuleva tähtitieteilijä alkaa erikoistumaan astrofysiikkaan ja astronomiaan. Monet jatkavat valmistumisensa jälkeen aina tohtorintutkintoon saakka. Mahdollisuudet tieteellisen tutkimustyöpaikan löytämiseen ovat kuitenkin suhteellisen pienet. Toisaalta millään muulla ammattialalla ei ole niin hyviä mahdollisuuksia olla päivittäin tekemisissä maailmankaikkeuden kehityksen ja tapahtumien kanssa. Jos tähtitieteen ala kiinnostaa, tulisi olla valmis tekemään työtä maailman eri puolilla: monet tärkeät tähtitieteen tutkimusasemat ja observatoriot sijaitsevat paikoissa, jotka korkean sijaintinsa tai sääolosuhteittensa ansiosta tarjoavat normaalia paremmat näkymät avaruuteen. Tieteellisen työn lisäksi astrofysikoille löytyy töitä etenkin lento- ja avaruusteollisuudesta, esimerkiksi yrityksistä, jotka valmistavat optisia laitteita tai ohjelmistotuotteita avaruusaluksiin.

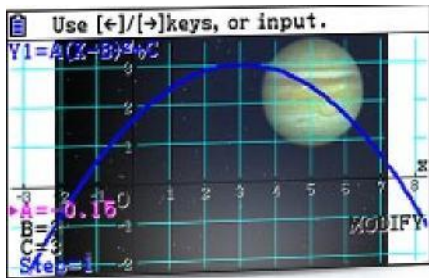
Tähtitieteen opettaja

Suomessa on mahdollista opiskella tähtitiedettä jo kouluaineena joissain lukioissa. Lisäksi suurimmissa kaupungeissa (Helsinki, Turku, Oulu) on yliopistoja, joissa annetaan tähtitieteen opetusta tai joissa ainetta voi opiskella astronomiaan keskittyneissä työryhmissä. Astronomiasta ja sen opettamisesta kiinnostuneiden on hyvä hakeutua aktiivisesti sellaiseen yliopistoon, jossa voi opiskella astronomiaa. Useimmissa tapauksissa tähtitiedettä on mahdollista opiskella vain yhdessä fysiikan, matematiikan tai jonkin muun luonnontieteellisen aineen kanssa. Kansainvälisiä tutkimustehtäviä organisoii mm. Euroopan avaruusjärjestö ESA.

Mekatroniikkainsinööri

Meidän on ennen muuta kiittäminen yhä tarkemmin toimivaa tekniikkaa siitä, että voimme nykyään saada niin paljon tietoa maailmankaikkeudesta. Maailmankaikkeuden tutkimukseen tarkoitettujen laitteiden kehittäminen ja avaruusaluusten ohjausjärjestelmien suunnittelu vaativat korkeatasoista teknistä osaamista. Paras keino hankkia tällaiset taidot, on suorittaa insinööriopinnot mekatroniikan alalla. Tässä melkoisen nuorena alalla yhdistyvät mekaniikka, elektroniikka ja tietotekniikka. Suomessa mekatroniikkaa on mahdollista opiskella monessa ammattikorkeakoulussa. Toisin kuin astrofysikko, mekatroniikkainsinööri voi työskennellä paitsi lento- ja avaruusalalla, niin myös monilla muilla aloilla - minkä takia työllistymismahdollisuudet ovat erinomaiset.

Laitetietoa: FX-CG20: Tähtitieteellinen laskin



Tähtitieteestä löytyy kiehtovia aiheita matematiikan soveltamiseen - mutta miten tämä onnistuu käytännön kouluopetuksessa? Didaktisten ideoiden lisäksi kannattaa käyttää opetuksessa sellaista apuvälinettä, joka kykenee havainnollistamaan monimutkaisia funktioita ja muuntamaan muotoja matemaattisiksi funktioiksi. Nämä ominaisuudet löytyvät CASIO FX-CG20 -grafiikkalaskimesta. Tarkka värinäyttö auttaa havainnollistamaan taivaankappaleisiin liittyviä asioita realistisesti.

Astronomiiaa havainnollisesti

Opetuksen vuorovaikutteisuutta palvelee erityisesti FX-CG20-laskimen PicturePlot-sovellus. Omia kuvia ja videoita voi siirtää ilmaisella PicturePlot-muunto-ohjelmalla FX-CG20-laskimeen, jossa niitä voi myös analysoida matemaattisesti. Kuvien ja piirrosten pohjalta voidaan näin esimerkiksi laskea planeettojen ja satelliittien kiertoratoja. Oppilaat voivat myös tehdä aurinkokuntaamme koskevia mittauslaskelmia ja havainnollistaa Keplerin sääntöjä.

Liittäminen oheislaitteisiin

FX-CG20-laskin kykenee näyttämään kuvia, murtolukuja, juurilausekkeita ja logaritmeja paitsi suurella värinäytöllään, niin myös muiden laitteiden kautta.

Grafiikkalaskin voidaan nimittäin kytkeä USB-kaapelin avulla tietokoneeseen tai CASIO-projektoriin. Näin esimerkkilaskelmat ja kaavojen johtamiset voidaan helposti näyttää ja havainnollistaa koko luokalle.



IHMEELLINEN LUKU: 10^{-43}

Luvut, joita kohtaamme tähtitieteen yhteydessä, ovat useimmiten suunnattoman suuria: Usein puhutaan miljoonista valovuosista, tähdistä ja galakseista. Toisaalta, jotkut luvut, joita astronomit tarvitsevat työssään, ovat melko pieniä. Tällainen on esimerkiksi Planckin aika. Planckin aikaintervallin pituus on pyöristettynä 10^{-43} sekuntia. Se on niin lyhyt aika, ettei se ole edes mitattavissa. Kuitenkin se on maailmankaikkeudelle olennaisen tärkeä: Planckin aika on pienin mahdollinen aikaintervalli, jota voidaan käyttää fysiikan laskuissa. Se on yksi niin kutsuista Planckin yksiköistä. Nämä yksiköt perustuvat yleisvakioihin ja ne määrittävät rajat, joiden puitteissa tunnetut fysiikan lait ovat sovellettavissa. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että tuntemamme fysiikan lait syntyivät vasta 10^{-43} sekunnin kuluttua alkuräjähdyksestä. Ja mikäli olisi mahdollista jakaa aika pieniksi Planckin paloiksi ja tutkia näitä, emme voisi todistaa fysiikan lakeja niissä - vaikka ne vaikuttavatkin koko ajan ympärillämme. Planckin yksiköiden johtamiseen tarvitaan niin suhteellisuusteorian kuin myös kvanttimekaniikan soveltamista. Laskelmat ja muunnokset ovat kuitenkin suhteellisen helppoja ja ne voi hyvin tehdä matematiikan tunneilla. Samalla oppilaat voivat opetella käyttämään negatiivisia kymmenen potensseja.



Eräänlaisina fysiikan rajoina nämä pienen pienet Planckin yksiköt antavat myös aihetta pohdiskeluun. Niissä ensinnäkin kiteytyy nykypäivän tieto maailmankaikkeutemme fysikaalisista ominaisuuksista. Toiseksi niitä voidaan tarkastella myös filosofisesta perspektiivistä: ne osoittavat, että joskus kokonaisuuden ymmärtämiseksi on tarkasteltava sen pieniä yksityiskohtia.

Videovinkki:

Lisää Planckin maailmasta ja alkuräjähdyksestä löytyy mm linkistä
<http://www.youtube.com/watch?v=NhbOauJicGg>