

Koulujen

# CERN

SYYSKUU 2004

T i e d e o p i s k e l u



OPETUSHALLITUS





REHTORI ARI POKKA CYGNAEUS-LUKIO, JYVÄSKYLÄ

## GRAAFINEN ULKOASU

Olli Hyvärinen

## TAITTO

Olli Hyvärinen  
Jussi Virpiranta

## TOIMITUS

Liisa Hyvärinen  
Helinä Patana  
Riitta Rinta-Filppula  
Tiina Suhonen

## KUSTANTAJA

Opetushallitus  
Pyhäjoen lukio

## JULKAISUPÄIVÄ

Jyväskylässä 10.9.2004

## PAINOPAIKKA

Tornion kirjapaino

## PAINOSMÄÄRÄ

2000 kpl

*Julkaisu on toimitettu "CERN - 50 years of science" -juhlavuoden kunniaksi.*

*Sitä jaetaan CERN-verkoston kuuluville kouluille sekä matemaattisten aineiden opettajille ja rehtoreille.*



Kansikuva ja kannen taustalla näkyvät sirontakartat on saatu CERNin kuva-arkistosta osoitteesta [www.cern.ch](http://www.cern.ch)

## ”KUN MAAILMA EI RIITÄ”

**VUONNA 2001 MINULLE ESITETTIIN** eräs työurani mielenkiintoisimpia pedagogisia kysymyksiä. Tosin uskallan myöntää, etten tuolloin vastatessani osannut arvata vastaukseni kauaskantoisia vaikutuksia saatikka sen pedagogisia ulottuvuuksia. Leirikoulun – kuten me sitä silloin kutsuimme – järjestäminen CERNissä sopi vain monella tapaa hyvin LUMA-lukion kansainväliseen ohjelmaan. Mahdollisuus olla ensimmäinen suomalainen lukio kiehtoivat myös hieman kilpailuhenkistä mieltä, senkin voi reilusti nyt tunnustaa. Ja tietenkin kaiken lopulta ratkaisi opettajani Helinä Patanan arvio, että se mitä CERN voisi tarjota, olisi jotakin ainutlaatuisuista modernin fysiikan opetuksessa. Se lopulta ratkaisi kaiken. Mahdollisuus antaa opiskelijoille jotakin sellaista, jonka suomalainen lukio voi parhaimmillaan heille antaa.

Ensimmäinen CERN-ekskursio sujui hienosti. Sekä opettajat että etenkin opiskelijat olivat vaikuttuneita. Matkan jälkeen minulle esitettiin toinen kysymys. Mitä ajattelisin, jos CERN-hankkeen koko organisointi siirtyisi Jyväskylään. Lehtoriani Helinä Patanaa oli jo kysytty ja samanlaisia tiedusteluja oli tehty Jyväskylän Lyseon suuntaan. Totesimme Lyseon rehtori Jorma Lempisen kanssa, että hanke voidaan kouluissamme hoitaa ja meiltä löytyy hankkeelle oivalliset vetäjät. Viestitimme asian opetushallituksen hallintopäällikölle Kari Pitkäselle ja CERN-koordinaattori Riitta Rinta-Filppulalle.

**CERN-KOORDINAATION LUOMINEN** kahden lukion kylkeen ei ollut mikään vähäinen hanke. Alusta asti huomasimme, että kiinnostus maassa oli suurta ja verkosto lähti kasvamaan kiivasta vauhtia ulottuen hetkessä maan jokaiseen kolkkaan. Alusta asti hankkeeseen kytkettiin vahva ennakkovalmistautuminen tulevaa vierailua varten. Sillä tavoin CERN syveni nopeasti osaksi verkostokoulujen opetussuunnitelmallisia ratkaisuja, mikä loi toiminnalle vahvan pohjan. Hankkeen rahoitusratkaisut, joita voi pitää erittäin mittavina, päätettiin hoitaa koulumme kautta. Tässä työssä koulusihteeri Sinikka Jauhaisen panos on ollut merkittävä. Sinikka on paljolti vastannut siitä, että jokainen centti on varmasti lähtenyt oikeaan osoitteeseen oikeita tositteita vastaan.

Alusta lähtien keskusteluihin tulisi myös avata CERN-tiedeopiskelu – minkä nimen hanke nopeasti sai – myös rehtoreille. Ensimmäinen retkikunta valittiin ja valmisteltiin huolella. Mukana oli 9 rehtoria lukioista, jotka ovat toteuttaneet projektin yhteistyössä CERNin kanssa. Vaikka vuosien varrella kuulemani kuvaukset, ja etuoikeuteni olla ikään kuin asian ”ytimessä”, olivat valmistaneet minut hyvin CERNin toimintaan, oli yllätys iltahämässä Genevessä kuitenkin aikamoinen. Kokonainen kaupunginosa tai pienosioyhteisö, jolle koneromanttista science fictionia loivat rakennusten numerokoodit.

Seuraavana kahtena päivänä kiitin mielessäni kahta asiaa. Työtäni, joka on antanut minulle mahdollisuuden nähdä ja kokea paljon sellaista, mitä aidosti voi sanoa etuoikeudeksi ja lehtori Helinä Patanaa ja Tiina Suhosta, joiden työn hedelmänä tämä kaikki on meille mahdollista. Jopa humanistille, tai ehkäpä juuri humanistille, hyppy kvarkkien ja antimaterian pariin oli vaikuttava kokemus. Kokemusta lisäsi mittasuhteet, jotka jopa hieman suhteellistivat koulunrakentamisen parissa puuhailevan rehtorin arkihuolia. Ajatus kiintyi myös silmin havaittaviin asioihin. Suomalaisen koulutuksen ja tutkimuksen monipuolisiin ja kansainvälisiin ammattilaisiin ja Aasian vahvaan teknologiapanostukseen, joka käveli vastaan lähes jokaisessa kadunkulmassa.

**KUN MAAILMA EI RIITÄ**, niin silloin se on luotava uudelleen. Alkuun on vielä pitkä matka. Vuonna 2007 maailma on taas hieman lähempänä alkupistettä. Ehkä taas havaittavasti pienempi. Ehkä taas yhtä uutta haastetta rikkaampi. Jossakin siellä hiukkasten rypässä, magneettikenttien keskittämänä lentää myös eurooppalaisen ihmisen ja humanismin suuri ajatus. Esittää uusia kysymyksiä ja vastata niihin analyttisesti ja kriittisesti. Vaikka sitten pitäisi mennä sata metriä maan alle.

# CERN-OHJELMA JA OPETUSHALLITUS



**V**uodesta 2000 lähtien suomalaisilla kouluilla on ollut mahdollisuus tarjota opiskelijoilleen ainutlaatuinen tilaisuus nähdä, miten tiedettä tehdään sen yhdessä kansainvälisessä polttopisteessä - Euroopan ydintutkimuskeskuksessa CERNissä, Sveitsissä. Tämä on paikka, jossa ollaan tieteen eturivissä ja jossa Nobelin palkinnon tavoittelu ei ole vain kaukainen toive vaan toteutunutta todellisuutta.

Se, että suomalaisilla opiskelijoilla on näin ainutlaatuinen tilaisuus, on monen onnistuneen tekijän yhteisvaikutusta. Tärkein tekijä on tietenkin se, että suomalaisten koulujen oppimiskäsitykseen sisältyy mahdollisuus opiskella koulujen rajojen ulkopuolella ja jopa ulkomailla.

Suomessa kannustetaan opiskelijoita jo kouluaikana laajentamaan maailmankuvaansa. Opiskelijat, opettajat ja rehtorit ovat innolla tervehtineet mahdollisuutta päästä näkemään tieteen käytäntöä ja itsekin samalla oppimaan. Vanhemmat ovat yksituumaisesti hyväksyneet matkat.

Toinen tärkeä edellytys on, että Riitta Rinta-Filppula jäätyään virkavapaalle Opetushallituksesta liittyi aktiivisesti CERNin tiedeyhteisöön ja oivalsi siellä olevan tilaisuuden suomalaisille opiskelijoille tutustua fysiikkaan aivan uudesta näkökulmasta. Hän myös ryhtyi saman tien tarmokkaasti toteuttamaan visioitaan. Suomalaiseksi yhteistyökumppaniksi hänelle on muodostunut paitsi The Helsinki Institute of Physics (HIP) myös koulujen CERN-ver-

kosto, joka on kerännyt työhön mukaan suuren joukon innovatiivisia ja koulun kehittämisen tosissaan ottavia opettajia.

Tämä kehitys on havaittu myös Opetushallituksessa, jossa yhteistyö CERNin kanssa nähdään hyvin arvokkaaksi tavaksi toisaalta oppia fysiikkaa, mutta myös hyödylliseksi tavaksi toteuttaa koulujen ja opettajien verkottumista. Opetushallitus uskoo vahvasti hankkeen myönteiseen merkitykseen sekä fysiikan opetuksen että koulujen kansainvälistymisen edistäjänä.

**CERN-YHTEISTYÖ** on tullut jäädäkseen koulujen fysiikan opetus suunnitelmiin, ja yhteistyöhön osallistuneiden palaute on ollut poikkeuksetta kiittävää. Toiveena on tietenkin se, että osallistujien kiinnostus fysiikkaan lisääntyisi ja kenties jopa ammatin valinta saisi vaikutteita CERN-käynnistä.

Tämän asian tutkiminen olisikin jatkossa tärkeää. Erityisesti olisi kiinnostavaa selvittää, miten opiskelijan kuva fysiikasta muuttuu CERN-käynnin jälkeen. Olisi erikoista, jos muutosta ei tapahtuisi, koska käyntiin liittyy huolellinen ennakkovalmistelu, jossa kotimaassa tutustutaan hiukkasfysiikan tutkimukseen. Myös matkan jälkeen käsitellään opittuja asioita fysiikan tunneilla. CERNissä käyneet opiskelijat kirjoittavat säännöllisesti paikkakunnan lehtiin matkakokemuksistaan sekä CERNissä nähdystä ja opituista asioista. Tämä

on tärkeää sen takia, että koulu ja sen toiminta tulee läheiseksi alueen asukkaille.

Mitään syytä ei myöskään ole piilottaa sitä tosiasiaa, että fysiikan opetus paikkakunnalla on korkeatasoista ja kiinnostavaa. Lehtiartikkeleista onkin muodostunut jo melkoinen arkisto, ja näissä artikkeleissa on usein paneuduttu syvällisesti hiukkasfysiikan tutkimuksen ajankohtaisiin haasteisiin kuten esimerkiksi Higgsin hiukkasen etsintään. Alituinen huoli kaikilla on se, miten voidaan turvata tämän arvokkaan hankkeen jatkuminen.

Tärkeä asia on CERN-verkoston aktiivisen toiminnan tukeminen. Opetushallitus on jo muutaman vuoden ajan pystynyt ohjaamaan harkinnanvaraisia avustuksia verkoston käyttöön. Näitä avustuksia on käytetty CERNille vierailuista aiheutuvien kulujen kattamiseen sekä jossakin määrin varsinaisten matkakulujen kattamiseen. Paikallinen rahoitus on kuitenkin täysin välttämätöntä, jotta matkat toteutuisivat. Se näyttääkin onnistuvan varsin kohtuullisesti.

**CERN-OPISKELU ON** poikkeuksellisen suotuisissa olosuhteissa syntynyt poikkeuksellisen korkeatasoinen opiskeluhanke. Meidän kaikkien tulee huolehtia siitä, että suomalaisille opiskelijoille voidaan jatkossakin tarjota tämän ainutlaatuisen mahdollisuuden tutustua konkreettisella tavalla tieteen maailmaan.



CERNin jäsenmaiden liput, jotka liehuvat tutkimuslaitoksen edustalla.

CERNIN KUVA-ARKISTO

Elämymatka

## ”HIUKKASTEN MAAILMAAN”



Teksti **Riitta Rinta-Filppula**  
Kuvat **Pyhäjoen lukio**

nessä lähes 600 oppilasta ja 250 opettajaa Suomesta. Opintojen tuloksena ryhmät ovat järjestäneet tiedotustilaisuuksia, näyttelyjä sekä julkaisseet yli sata artikkelia yli 40 sanoma- ja aikakauslehdessä hiukkasfysiikan tutkimuksesta ja fyysikkojen työstä. Tiedeopintojen tuotoksena on syntynyt myös nyt kädessäsi oleva julkaisu, jonka tavoitteena on kertoa sinulle toiminnastamme ja mahdollisuuksistasi liittyä siihen.

### Kansainvälinen huippututkimus opiskelun innostajana

Lukio-ohjelman tavoitteena on herättää lahjakkaiden nuorten kiinnostus fysiikkaan ja fysiikan tutkimukseen kansainvälisen huippututkimuksen avulla sekä innostaa fysiikan opettajat toimimaan heidän valmentajinaan huomioiden koulun paikalliset olosuhteet. Lisäksi tavoitteena on mm. lisätä fysiikan arvostusta, tiedottaa hiukkasfysiikan tutkimuksesta, lisätä fysiikan opettajien työn kiinnostavuutta ja päivittää heidän tietonsa ajan tasalle sekä motivoida heidät seuraamaan, mitä hiukkasfysiikassa tapahtuu.

Tiedeopiskelu, jossa suomalaiset ja kansainväliset tutkijat toimivat opettajina, pyrkii vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin avaamalla osaohjelmia kohderyhmien mukaan. Ohjelman rakenne ja siihen osallistuneiden lukumäärät ovat kevään 2004 tilastojen mukaan seuraavat:

#### a) Koulujen CERN-verkosto

Lukiolaisten kansainvälinen tiedeopiskelu, 3 koulutuspäivää 544 oppilasta ja 82 opettajaa, yhteensä 33 ryhmää  
Fysiikan opettajien hiukkasfysiikan täydennyskoulutusohjelma CERNissä, 5 päivää 56 opettajaa, 5 ryhmää  
Yliopistollinen fysiikan opettajien täydennyskoulutus yhteistyössä CERNin kanssa, 5 päivää CERNissä 30 opettajaa, 2 ryhmää  
Rehtorien 2 päiväinen tutustuminen CERNiin, 16 henkilöä.

Maolin ryhmän tutustumismatka CERNiin, 1 päivä, 43 opettajaa

#### b) TekNatur/CERN

Ruotsinkielisten lukiodien fysiikkakilpailun palkintomatka CERNiin, 2 päivää, 38 oppilasta, 6 opettajaa, 2 ryhmää

Opettajien täydennyskoulutuksessa CERNissä opettajat saavat omakohtaisia elämyksiä fysiikan tutkimusmaailmasta, tekevät opetukseensa sopivaa oppimateriaalia ryhmissä, suunnittelevat yhteistyöprojekteja muiden koulujen kanssa, keskustelevat fyysikkojen kanssa ja tutustuvat CERNissä tehtävään tutkimukseen.

Seuraavaksi käsittelemme yksityiskohtaisemmin lukiolaisten kansainvälistä tiedeopiskelua, joka muodostuu modernin fysiikan kurssista tai sen jatkokurssista sekä opinnoista CERNissä. Uudessa opetussuunnitelmassa toiminta rakentuu pääasiassa fysiikan kurssin Aine ja säteily puitteisiin, mutta antaa perustietoja myös muiden fysiikan kurssien sisältöihin

### Valmennus tiedeopintoihin

Fysiikan opettaja vastaa tiedeopiskeluun valmistautumisesta, kuten myös lukion modernin fysiikan kurssista. Koulun sisäinen yhteistyö muiden aineiden opettajien kanssa on koettu erittäin palkitsevaksi ja innostavaksi. Yhteistyötä on tehty äidinkielen, vieraiden kielten ja tietotekniikan opettajien kanssa. Lisäksi opettajan osallistuminen opettajien kurssille CERNissä antaa uusia ideoita ja tietoja kurssin pitämiseen.

Fysiikan opettajat voivat käyttää opettaessaan modernin fysiikan kurssia kirjallisuuden lisäksi esim. Web University (WU)-pilotin tuottamaa digitaalista suomenkielistä lisämateriaalia. Lisäksi WU:n kotisivuilla on muuta opetukseen sopivaa materiaalia sekä oppilaiden tekemiä tuotoksia CERNin tutkimusaiheista.

**50** -vuotispäivään juhli-  
va maailman suurin hiukkasfysiikan tutkimuskeskus CERN sijaitsee Alppien ja Jura-vuoriston välissä Ranskan ja Sveitsin rajalla lähellä Geneveä. Laitoksen tehtävänä on fysiikan perustutkimus, vaikka se tunnetaan myös WWW:n syntymäpaikkana. Suomalaista tutkimustoimintaa CERNissä koordinoi kolmen yliopiston (Helsingin yliopisto, Teknillinen korkeakoulu ja Jyväskylän yliopisto) yhteisesti hallinnoima Fysiikan tutkimuslaitos (Helsinki Institute of Physics, HIP). Osana yleistajuista tiedottamistoimintaansa HIP aloitti CERNin hiukkasfysiikan tutkimustuloksien integroinnin lukion fysiikan opetussuunnitelmaan syksyllä 2000, jolloin ensimmäiset lukion oppilasryhmät Suomesta tulivat täydentämään fysiikan opintojaan CERNiin.

Ohjelman saavuttaman suosion innostama opetushallitus perusti suomen- ja ruotsinkieliset koordinoitiverkostot Suomeen syksyllä 2002 tukemaan HIP:n CERNissä järjestämää kansainvälistä tiedeopiskelua. Näin syntyivät jatkuvasti laajenevat ja kehittyvät verkostot Koulujen CERN-verkosto ja TekNatur/CERN.

Koulujen tiedeopintoihin CERNissä on osallistunut kevään 2004 loppuun men-



**Opintomatkalla.** Pyhäjoen lukion opiskelijoita tutustumassa CERNin Microcosmoksen LHC-hiukkaskiihdyttimen pienoismalliin. Taustalla Pyhäjoen yläasteen matematiikan ja fysiikan lehtori Antero Kallio.

Oppilaat perehtyvät CERNin tutkimukseen omakohtaisesti tekemällä ”etukäteistutkimusta” jo valmistautuessaan opiskeluun CERNissä. Tutkielmansa oppilaat viimeistelevät ja julkaisevat matkan jälkeen esimerkiksi tietoverkoissa, lehdissä, koulujen järjestämässä tilaisuuksissa lehdistölle, koulun johtokunnalle, muille oppilaille ja oppilaiden vanhemmille.

Koulussa tapahtuvan opiskelun lisäksi tiedeopiskeluun valmistautuvat ryhmät vierailevat paikallisella yliopistolla, missä yliopiston hiukkasfysiikan asiantuntijat opastavat heitä. Näin ollen jo ennen CERNin matkaa oppilaat tutustuvat paikallisen korkeakoulun tarjontaan. Opettajia, joiden omasta lukiosta ei löydy tarpeeksi oppilaita CERNin tiedeopintoihin, rohkaistaan tekemään yhteistyötä naapuri- tai verkostolukioiden kanssa jo valmistautuessaan yhteisiin opintoihin CERNissä. Näin opiskelu lisää myös paikallista yhteistyötä sekä lukioden välillä että lukioden ja korkeakoulujen välillä.

### **Mitä parempi lähtötaso, sen paremmat tulokset**

Lukion opettaja valitsee oppilaidensa

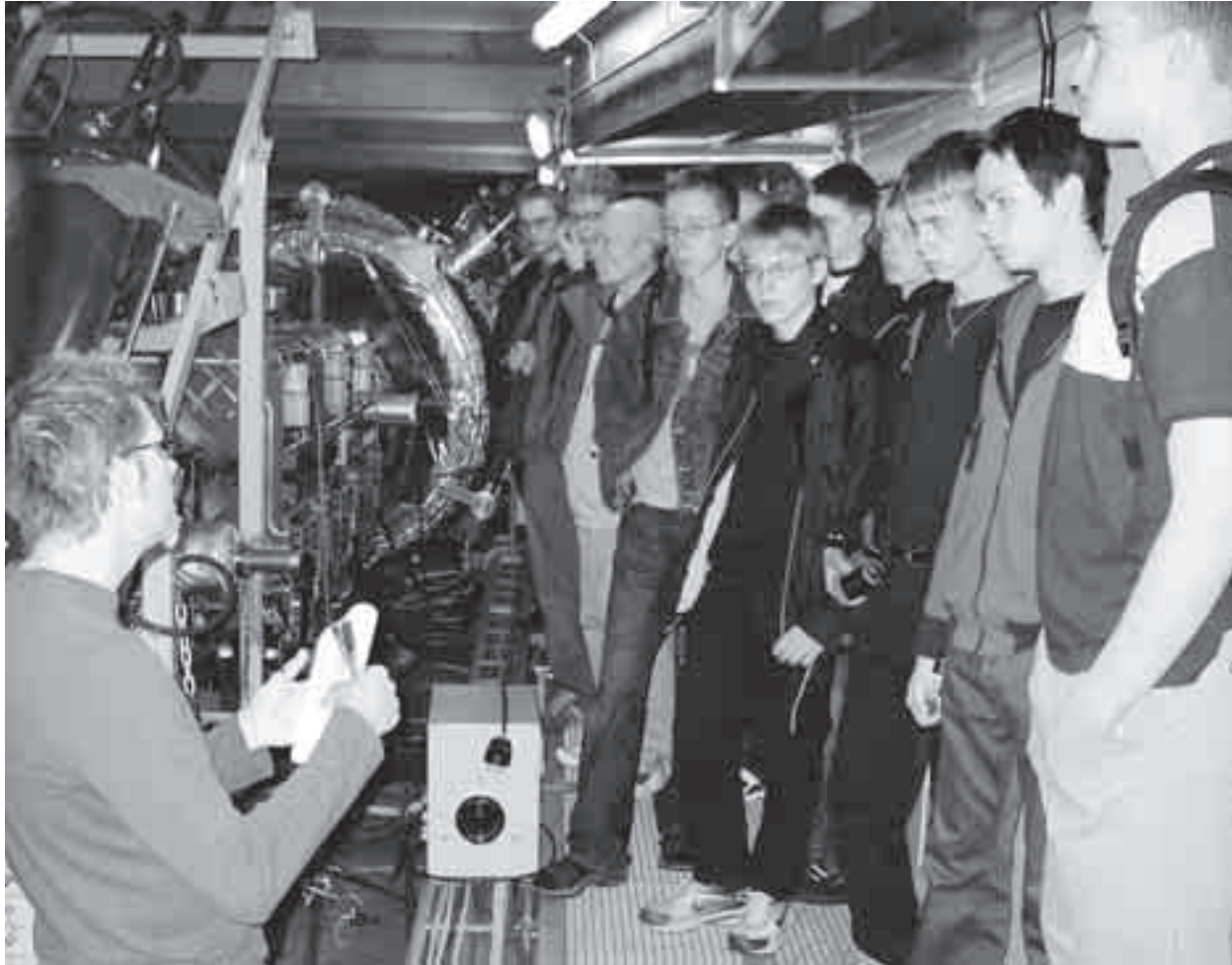
modernin fysiikan tietoja vastaavan tiedeopiskelutason. Tasoja on kaksi; pitkälle edistyneiden ryhmän oletetaan hallitsevan lukion modernin fysiikan kurssin lisäksi myös heille suositeltujen digitaalisten materiaalien sisältöä. Näiden osien opiskelu syvennyy tutkimustyötään CERNissä tekevien tutkijoiden johdolla oppilaiden etukäteen valmisteltujen kysymyksiensä pohjalta. Näin syntyy todella nautinnollisia tiedekeskusteluita kansainvälisten tutkijoiden ja lukiolaisten välillä aiheista, joista osallistujat ovat erityisen kiinnostuneita.

Ensimmäisen päivän tavoite on sama molemmille tasoille. Se antaa yleiskuvan CERNistä ja sen tulevaisuuden tärkeimmistä kokeista ja tutkimustavoitteista. Seuraavina päivinä oppilaat tutustuvat muun muassa aineen rakenteen teoreettiseen tutkimukseen sekä hiukkasfysiikan ja antimaterian kokelliseen tutkimukseen lähtien eri teoriatasoilta. CERNin tutkijat selostavat kokeiden teoreettisen ja kokeellisen lähtökohdan aina ennen kohteeseen tutustumista, ja oppilaat syventävät tietämystään aktiivisesti kysellen. Yksittäinen opiskeluohjelma räätälöidään vieraiden tarpeiden mukaisesti WU:n kotisivulla julkaistusta ohjelmamungosta

ja siinä huomioidaan muiden ryhmien antama kirjallinen ja suullinen palaute.

Ohjelmassa on mukana myös tunnettuja kansainvälisiä tutkijoita, joiden esitykset ovat englanniksi. Ympäristön kieli on ranska, joten oppilaat pääsevät fysiikan lisäksi kokeilemaan myös kielitaitoaan. Tämän lisäksi oppilaat tutustuvat muun muassa YK:n ja Punaisen Ristin toimintaan täydentääkseen kokonaiskuvaansa kansainvälisyydestä. Näin ollen fysiikan tiedeopiskelu tuottaa kerrannaisvaikutuksia myös muiden oppiaineiden alueella.

Tiedeopiskelun vaikutuksista ei ole tehty seuranta tutkimusta. Kuitenkin oppilaiden palautteen perusteella tiedeopiskelu on syventänyt fysiikan tietoja, innostanut fysiikan opiskelun lisäksi muun muassa kielten opiskeluun sekä antanut uusia näkökulmia ja pohjustanut jatko-opintoja. Oppimisen lisäksi osallistujat ovat erikoisesti korostaneet omakohtaisten havaintojen tekemistä kansainvälisessä tutkimuskeskuksessa. Lisäksi oppilaat ovat olleet yllättyneitä, kun CERNin tutkijat ottavat heidät tosissaan ja innostuneina kertovat tutkimustyöstään. Tutkijoiden innostus tarttuu oppilaisiin ja sen myötä innostusfysiikkaan ja fysiikan tutkimukseen



**Antimateriatehtaassa.** Michael Doser esittelee Pyhäjoen lukion ja yläasteen tiedeopiskelijoille, kuinka antimateriaa tuotetaan CERNissä.

näyttää kasvaneen. Seuraavassa muutamia lainauksia oppilaiden kirjallisesta palautteesta: ”Sain vastauksia avoimiin kysymyksiin. Toisin sanoen oli helpompi ymmärtää

modernia fysiikkaa, kun pääsi kuulemaan asiantuntijoita.” ”Fysiikka osoittautui mielenkiintoisemmaksi kuin uskoinkaan! Varmasti lisää motivaatiota lukea ennen

vahän kuivaa FY-kirjaa.” ”Tietenkin oppi fysiikkaa, mutta ennen kaikkea teki omia havaintoja, millaista työ käytännössä on.”

”Nähdä kuinka innostuneita fyysikot olivat omista jutuistaan. Pitävät työstään.”

Opettajien mukaan osa oppilaista on valinnut laajan fysiikan, koska ovat olleet tietoisia mahdollisesta opiskelumatkasta CERNiin. Toisaalta vain fysiikasta kiinnostuneet ovat innokkaita lähtemään CERNiin, koska oppilaat tietävät, että matka ei ole luokkaretki vaan sisältää ylimääräistä työtä ennen matkaa ja sen jälkeen sekä tiiviin opinto-ohjelman CERNissä. Toimintaan osallistuvien rehtoreiden palautteen mukaan yhteistyö lukioden välillä sekä eri oppiaineiden välillä on lisääntynyt toiminnan ansiosta. Lisäksi rehtorit ovat havainneet tiedeopintojen etukäteisvalmentamisen parantavan tuloksia, joten he aikovat soveltaa mallia muihinkin koulun kansainvälisiin projekteihin.

#### Lisätietoja:

riitta.rinta-filppula@cern.ch  
www.cern.ch/webuniversity



**Vanhaa tutkimuskalustoa.** Pyhäjoen ja Raahen lukioden opiskelijoita Microcosmoksessa - eräänlaisessa Tietomaassa - tutustumassa CERNin käytöstä poistettuihin tutkimuslaitteisiin

# VIESTEJÄ FYSIIKAN VARASTOSTA

Keväällä 2002 muodostettuun aktiivisesti toimivaan koulujen CERN-verkoston kuuluu jo 70 koulua.

**V**iisi vuosikymmentä sitten perustetussa CERNissä työskentelee vakituisesti 2500 henkilöä, mutta eri puolilta maailmaa tulevien lyhytaikaisten tutkijoiden ja vierailijoiden kanssa luku nousee noin 10 000 henkilöön. Kaksi vuotta sitten perustetussa suomalaisten koulujen CERN-verkostossa työskentelee kymmeniä opettajia, mutta opiskelijoiden ja yhteistyökumppaneiden kanssa lukumäärä nousee satoihin.

**CYGNAEUS-LUKION** fysiikan varastosta, joka puitteiltaan muistuttaa CERNin ulkoisesti vaatimattomia tiloja, on muodostunut meille koordinaattoreiksi pyydetyille verkoston kotipesä. Olemme kokeneet, että monipuolisesti erilaisia asioita opettanut toiminta on sopinut juuri meidän kaupunkiimme! Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos on tarjonnut kaiken mahdollisen tuen, mitä koordinaattorit ovat vain huomanneet pyytää. Yhtä vahvan tuen olemme saaneet kansliasta, sillä koulusihteeri Sinikka Jauhiainen on nykyisin varsinainen CERN-asiantuntija, ainakin mitä tulee erilaisten lomakkeiden laatimiseen ja pyörittämiseen!

Verkosto käynnistyi nopeasti, ja keväällä 2004 siihen kuuluu 70 koulua, joista suurin osa on lukioita. Mukana on myös muutamia ammattikorkeakouluja ja peruskouluja, jotka ovat tulleet mukaan lähinnä opettajakurssien kautta. Kaikki CERNin opettajille suuntaamat kurssit soveltuvat hyvin myös perusasteen aineenopettajille pääaineesta riippumatta.

Verkosto toimii avoimesti kuten CERNkin. Kaikki halukkaat voivat liittyä mukaan milloin tahansa, ja sähköpostillistän avulla pyrimme pitämään tiedotuksen ulottuvilla kaikki koulut. Lisäksi tiedotuskanavina toimivat MAOL ry:n www-sivut, jäsenkirjeet sekä aikakauslehti Dimensio. CERNin webuniversity- ja openet-sivustot ovat myös kaikkia verkostolaisia palvelevia.

Erityisen hyvänä on koettu se, että pienet lukiot opettajineen ja opiskelijoineen ovat saaneet mahdollisuuden ainutkertaiseen tiedeyhteistyötutustumiseen. Matka Ivalosta

Geneveen on lyhentynyt, välietappina on jo parina vuotena ollut Mikkeli. Yhteistyö on sujunut mainiosti, sillä mukaan syntyneet opettajat ovat kutsumusammattissa toimivia luonnontieteen valistajia. Valitettavasti kaikkien koulujen ylläpitäjät eivät pysty maksamaan palkkaa tai päivärahoja opettajille. Tiukasti opintoihin liittyville matkoille on lähdetty jopa ainakin osittain omalla kustannuksella.

**ERI OSAPUOLET** ovat vastanneet esiin tuleviin haasteisiin sekä tiedollisesti että taidollisesti. Siksi yhteistyö on kiitettävää: muun muassa CERNin synnyttämä www-idea on palvellut verkoston kouluja yhteydenpidossa. Luonnontieteistä innostuneet ovat usein kouluissaan yksin tai korkeintaan muutamien hengenheimolaisensa kanssa. Yhteistyöprojekteissa nämä opiskelijat ovat löytäneet kumppaneita, jotka ymmärtävät luonnontieteellisten termien sisällöt ja pystyvät käyttämään niitä asiayhteyksien ulkopuolellakin – vitsit massattomista MAOL-kynistä tai maitopurkkia ojentavasta välibosonista kun eivät kaikille avaudu.

Myös opettajat ovat löytäneet kollegoita, joiden kanssa tehdä yhteistyötä. Muun muassa täällä Jyväskylässä kaikki kaupungin lukiot ovat mukana vapaamuotoisessa ”Fysiikan opintoretki” –toiminnassa, ja Sodankylän observatorio on jo tullut tutuksi. Raahe ja Pyhäjokiseutu toimivat tiiviisti yhdessä ja Hämeenlinnan alaverkoston synnystä ja toiminnasta voi lukea tässäkin julkaisussa. Etelä-Pohjanmaan luonnontieteilijät ovat lisänneet CERN –toiminnan yhteistyömuotoihinsa, ja vastaavia esimerkkejä olisi kerrottavissa joka puolelta Suomea.

Verkostohankkeet ovat koulutuspo liittisesti myötätuuessa, mikä onkin mielestämme kokemustemme mukaan viisasta monesta näkökulmasta ajatellen. Yhteistyön avulla olemme saaneet myös kattavan yhteistyökumppanilistan. Huoli matematiikan ja luonnontieteen opiskelun määrällisten ja laadullisten tavoitteiden saavuttamisesta on kaikille mukana

oleville yhteinen. Tiedeopiskelu koetaan merkittävänä fysiikan kiinnostavuuden ja opiskelumotivaation lisääjänä.

**VARASTON NURKAN** paperipinoon ja serverimme muistiin on tallennettu verkosto-opettajien toiveita. Niitä toivotaan lisää, sillä yhteisten tarpeiden pohjalta hanketta kehitetään eteenpäin. Idea tähän julkaisuunkin on napattu viestiviidakosta. Koosteet, linkkilistat ja materiaaliyhjeet ovat myös tervetulleita. Valitettavasti suunnitelmissa olleet omat www-sivut ovat ajan puutteen vuoksi vasta virtuaaliasteella. Sivuston tarkoituksena olisi palvella kansallisena etusivunamme, täydentäen webuniversityn ja openetin sivuja. Yksi tavoite olisi koota opettajakurssien aikana syntyneet materiaalit kaikkien käyttöön.

**CERNIN 50-VUOTISJUHLAA** on syytä meidänkin juhlaa, eikä vähiten siksi, että olemme yhdessä saaneet aikaiseksi hienon toimintamallin. Pääorganisaation juhlallisuuksia ja tapahtumia voi tarkistaa netistä – mistäpä muualta! Ja verkosto voi jatkaa juhlimista seuraavanakin vuonna, sillä vuosi 2005 on julistettu ”World Year of Physics 2005” -vuodeksi.

## Lisätietoja

helina.patana@cygnet.jkl.fi  
tiina.suhonen@cygnet.jkl.fi  
cern50@luukku.com

<http://info.web.cern.ch/info/ES/CERN50>  
<http://www.physics2005.org/>

## Helinä Patana

Matematiikan ja fysiikan lehtori  
CERN-verkoston koordinaattori  
Cygnaeus-lukio

## Tiina Suhonen

Matematiikan ja fysiikan lehtori  
CERN-verkoston koordinaattori  
Jyväskylän Lyseon lukio

# KADONNEEN MASSAN METSÄSTÄJÄT

**S**tandardimalli - teoria siitä miten maailmankaikkeus muodostuu hiukkasista - ei selitä, mitä massa on.

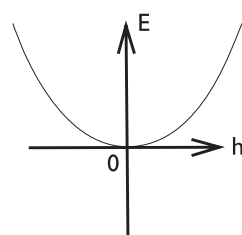
Sellaisenaan standardimalli on toimiva vain, jos hiukkaset ovat massattomia.

Koska kaikilla tuntemillamme hiukkasilla fotonia (sähkömagneettisen vuorovaikutuksen välittäjähiukkanen), gluonia (vahvan vuorovaikutuksen välittäjähiukkanen) ja gravitonia (oletettu gravitaation välittäjähiukkanen) lukuun ottamatta on massa, on standardimallissa selkeästi jokin puute. Teoriaan on lisätty maailmankaikkeuden täyttävä Higgsin kenttä selittämään massan syntyä. Kenttä on nimetty skotlantilaisen fyysikon Peter Higgsin (1929-) mukaan. Hän ensimmäisenä kehitti mallia 1960-luvulla.

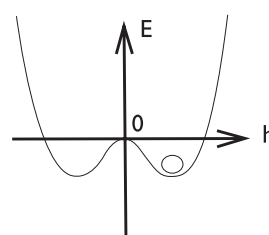
Kaikki massalliset hiukkaset tuntevat Higgsin kentän Higgsin bosonien välityksellä, jotka olisivat aivan uudenlaisia ainehiukkasia. Supersymmetria ennustaa viisi erilaista Higgsin hiukasta, joiden massat ja kvanttiluvut poikkeavat toisistaan. Kaksi Higgsin bosoneista on varauksellisia.

**MAAILMANKAIKKEUDESSA** on erilaisia kenttiä; esimerkiksi massa aiheuttaa gravitaatiokentän. Kaikkiin kenttiin liittyy energiaa ja alin energiatila eli vakuumi saavutetaan, kun kentän arvo on nolla. Jokainen kenttä ja siten koko maailmankaikkeus pyrkii asettumaan pienimpään mahdolliseen energiatilaan.

Standardimallissa Higgsin kenttä  $h$  lisä-



**KUVA 1.** Kun  $M^2$  on positiivinen, vakuumitilaan ei synny Higgsin kenttää.



**KUVA 2.**  $M^2$  on negatiivinen, ja Higgsin kenttä syntyy.

tään teoriaan välittämättä sen lähteestä. Higgsin kenttään liittyvä energia  $E$  on  $E=M^2h^2+Ah^4$ , jossa  $A > 0$  ja  $M^2$  voidaan käsittää Higgsin bosonin massan neliöksi.

Jos  $M^2$  on nollaa suurempi, Higgsin kentän energiaa kuvaava funktio saavuttaa pienimmän arvonsa ainoassa nollakohdassaan  $h=0$  kuvan 1 mukaisesti. Maailmankaikkeuden vakuumitilassa Higgsin kenttää ei siis olisi.

Jos sen sijaan oletetaan, että  $M^2$  on negatiivinen, energia saa Higgsin kentässä myös nollaa pienempiä arvoja, kuten kuvasta 2 voidaan huomata. Siispä energiefunktion minimikohdissa, joihin maailmankaikkeus pyrkii, energia saa nollasta poikkeavia arvoja, jolloin Higgsin kenttä on olemassa. Standardimallissa toimiakseen Higgsin fysiikka vaatii siis kolme oletusta: Higgsin kentän tulee

olla olemassa,  $M^2$  tulee olla negatiivinen ja Higgsin kentän kvanttien eli Higgsin bosonien tulee olla havaittavissa. Suureen  $M^2$  negatiivinen arvo ei kuitenkaan seuraa mistään standardimallin teoriasta, mikä on hieman kyseenalaista.

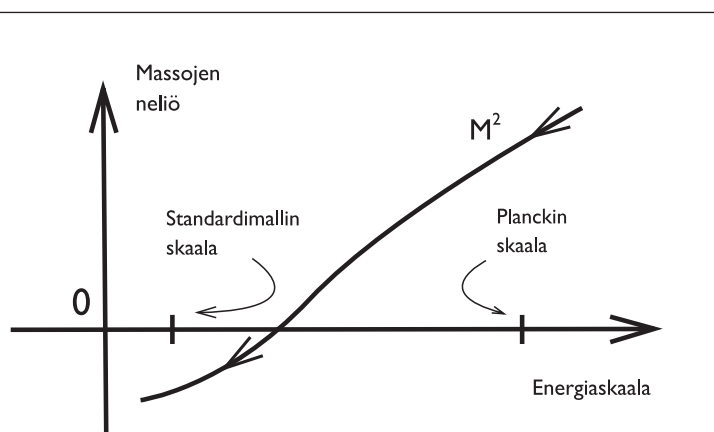
**SUPERSYMMETRIASSA**, toisin kuin standardimallissa, Higgsin bosonin massan neliö  $M^2$  on luonnostaan negatiivinen, koska supersymmetrian teoria muotoillaan lähellä Planckin skaalaa, jossa eri voimat yhdistyvät.

Planckin pituus, noin  $1,6 \cdot 10^{-35}$  metriä, on lyhyin mahdollinen pituus, jolla ajatellaan olevan perustavaa merkitystä. Vastaavasti Planckin aika eli noin  $10^{-43}$  s on lyhyin merkityksellinen aika. Se on aika, joka valonnopeudella liikkuvalla fotonilla menee sen kulkiessa Planckin pituuden verran.

Planckin skaalassa massat ja muut suureet ovat positiivisia sekä  $M^2$  on positiivinen. Koska supersymmetrinen teoria on kvanttikenttäteoria, hiukkasten massat ja vuorovaikutusten suuruudet voidaan laskea tietyssä energiaskaalassa, jos ne tunnetaan toisessa.

Laskettaessa tällainen muutos huomataan, että meidän maailmankaikkeutemme, eli standardimallin energiaskaalassa suure  $M^2$  on negatiivinen. Kuvassa 3 on esitetty massojen neliö energiaskaalan funktiona. Kuvasta voidaan nähdä, että Planckin skaalassa suure  $M^2$  on positiivinen.

Kuten aikaisemmin pääteltiin, tällöin maailmankaikkeuden vakuumitilassa ei olisi Higgsin kenttää. Tämä tarkoittaa



**Kuva 3.**  $M^2$  riippuvuus energiaskaalasta.



sitä, että alkuräjähdyksen aikana hiukkaset olivat massattomia. Maailman-kaikkeuden jäähtyttyä standardimallin energiaskaalaan  $M^2$  muuttui negatiiviseksi ja hiukkaset saivat massan.

**HIUKKASILLE MASSAN** antava prosessi eli Higgsin mekanismi ei enusta edes Higgsin bosonin massan suuruusluokkaa, joten sen löytäminen edellyttää, että kokeissa etsitään hiukkasta kaikilta mahdollisilta massa-alueilta.

Standardimallin ennustusten perusteella Higgsin bosonin massalla on kuitenkin yläraja, 1 TeV, ja kokeiden perusteella alaraja 0,06 TeV. Vaikeutta tuottaa myös se, että Higgsin bosonien vuorovaikutusten voimakkuus muiden hiukkasten kanssa on suoraan verrannollinen hiukkasten massaan. Näkyvän aineen muodostavat hiukkaset, joille hiukkaskiihdyttimellä voidaan saada tarpeeksi suuri energia, ovat taas hyvin kevyitä, joten Higgsin hiukkasten löytäminen näiden törmätyksissä on hyvin pieni. Lisäksi Higgsin hiukkanen hajoaa hyvin nopeasti ja ilmaisimissa voidaan nähdä käytännössä ainoastaan sen hajoamistuotteet, joita voi olla monenlaisia.

## PLANCKIN SKAALA

<b>Planckin pituus:</b> $(hG/c^3)^{1/2}$	$1,6 \cdot 10^{-35}$ m
<b>Planckin aika:</b> $(hG/c^5)^{1/2}$	$10^{-43}$ s
<b>Planckin massa:</b> $(hc/G)^{1/2}$	$10^{-8}$ g

$$c=2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$
$$h=6,6260755 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$
$$G=6,67259 \cdot 10^{-8} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

**valonnopeus tyhiossä**  
**Planckin vakio**  
**gravitaatiovakio**

**JOS HIGGSIN HIUKKASTA** ei havaita, voi olla, että alkeishiukkasilla onkin vielä tuntematonta alirakennetta tai että Higgsin hiukkasen massa on suurempi kuin 1 TeV, jolloin standardimallia ja supersymmetriaa tulee korjailta huomattavasti.

Vuonna 2000 suljettu CERNin hiukkaskiihdytin LEP (Large Electron Positron collider) oli ilmeisestikin kiihdytysenergialtaan liian pieni, jotta sillä olisi voitu havaita Higgsin hiukkanen.

Lähinnä Higgsin hiukkasen havaitsemiseksi CERNiin ollaan parhaillaan rakentamassa LHC-kiihdytintä (Large Hadron Collider), jolla kiihdytettyjen protonisuihkujen energia voi olla 14 TeV.

**Opiskelijat Katri Kempainen ja Anne Oikarinen**

Cygnaeus-lukio  
Jyväskylä

## ISOLDE (ISOTOPE SEPARATOR ON-LINE DEVICE)

**I**SOLDE on CERNissä toimiva ydinfysiikan tutkimuslaitos, jossa tuotetaan ja tutkitaan erilaisia matalaenergisistä radioaktiivisia hiukkassuihkua lukuisia eri sovellutuksia varten.

ISOLDE on CERNin vanhin koelaitos ja ollut toiminnassa jo vuodesta 1967 lähtien. Laitos oli alun perin yhteydessä CERNin ensimmäiseen kiihdyttimeen, SC:hen, mutta myöhemmin se siirrettiin uuteen laitokseen ja kytkettiin PSB:hen. Täten se on osa CERNin nykyistä kiihdytinarkkitehtuuria. Laitoksella vierailee vuosittain noin 300 kansainvälistä tutkijaa 35 eri projektissa.

Nimensäkin mukaan ISOLDE on isotooppirotin, jossa pilkotaan isompia ytimiä pienemmiksi ja erikoisemmiksi radioaktiivisiksi ytimiksi. Tästä syntyvä hiukkassuihku puhdistetaan, jolloin päästään tutkimaan yksittäisiä isotooppeja ja niiden ominaisuuksia. Laitoksella on pystytty tuottamaan alkuaineita järjestysluvultaan  $Z=1-88$ . Kaikkiaan on saatu tuotettua yli 700 erilaista 68 eri alkuaineen isotooppia.

ISOLDEn fysiikan tutkimuskeskettä on todella laaja ja monialainen. Laitoksella tutkitaan muun muassa atomi- ja ydinfysiikkaa, biofysiikkaa, astrofysiikkaa, ydinastrofysiikkaa, heikkoa vuorovaikutusta ja materiaalfysiikkaa. Kondensoidun

aineen tutkimuksessa pyritään tutkimaan muun muassa puolijohteita, suprajohteita, magneettisia järjestelmiä, metalleja ja keraamisia materiaaleja. Neutriinotutkimuskin saattaa saada apua ISOL-menetelmästä.

**MYÖS HYVIN EKSOOTTISET**, neutronirikkaat ytimet, joita ei luonnossa esiinny, ovat tutkimuskohteina niiden poikkeuksellisen neutronirakenteen ((N,Z)-yhdistelmä) vuoksi. Tällaisia neutronirakenteita ei löydy kuin neutronitähdistä, koska niiden puoliintumisaika on hyvin lyhyt ja ne tuhoutuvat jopa millisekunneissa.

Myös muut ytimen kummallisuudet kuten ytimien eri muodot - neutroni-ihot ja hunnut - kiinnostavat ISOLDEn ydinfysiikoita. Näitä tutkitaan olemassa olevien ydinmallien pätevyuden selvittämiseksi ääriolosuhteissa kaukana stabiilien isotooppien alueesta. Myös tavallisia ytimiä tutkitaan olemassa olevan tiedon tarkistamiseksi.

REX-ISOLDE on ISOLDEen liitetty kevyiden neutronirikkaiden ytimien tutkimuslinja, jossa ytimet kiihdytetään vielä uudelleen lineaarikiihdyttimessä 1 keV/u energiasta aina 3,1 MeV/u energiaan asti tutkimuksia varten.

Ydinreaktioita analysoidaan tarkoilla ilmaisimilla, kuten MINIBALL-gam-

masäteilyilmaisimella. Ytimiä voidaan tutkia myös laserspektroskopian COL-LAPS- ja COMPLIS-instrumenteilla.

Pitkän toimintajaksensa aikana ISOLDElla on ollut suuri vaikutus ydinfysiikkaan ja hiukkassuihkututkimukseen. ISOLDEssa on tehty useita merkittäviä ydinfysiikan innovaatioita. Siellä on kehitetty muun muassa laserionisaatiotekniikoita, optista spektroskopioita ja massamittauksia Penning-loukuilla. Näistä saavutuksista ISOLDEn tutkijoille on myönnetty useita tiedepalkintoja.

Myös jatkossa ISOLDE pyrkii olemaan alan pioneeri huipputason laitteistoillaan. Muut tutkijat ympäri maailmaa voivat hyödyntää laitteita ja vaihtaa tietoa ja kokemuksia ISOLDEn tutkijoiden kanssa. Esimerkiksi lähitulevaisuudessa REX-ISOLDElla päästään jo n. 6 MeV/u energioihin asti, mikä laajentaa tutkimusmahdollisuuksia huomattavasti.

Nykyään ja tulevaisuudessakin pyritään tutkimaan kylmää ydinainetta ja äärimmäisen epävakaista ytimiä, joiden kuorimallit kenties poikkeavat nykyisistä rajusta.

**Ville Poikolainen**

Opiskelija  
Jyväskylän Lyseon lukio

# CERN JA AMMATTIKORKEAKOULUN FYSIIKAN OPIKSELU

**A**mmattikorkeakoulujen insinöörikoulutuksen fysiikan oppimäärä sisältyy perusopin-  
toihin ja sen laajuus vaihtelee  
koulutusohjelmittain. Matemaattis-luon-  
nontieteellinen osaaminen on tulevien am-  
mattiopintojen ja työtehtävien perustaito,  
joka hankitaan opintojen alkuvaiheessa.  
Fysiikan oppimisen tavoitteet, merkitys  
ja sisältö poikkeavat täten varsinaisista  
fysiikan korkeakouluopinnoista.

Esimerkiksi Oulun seudun ammat-  
tikorkeakoulun Raahen tekniikan ja  
talouden osaston tietotekniikan insinöö-  
rikoulutuksen opinto-oppaassa erään  
fysiikan opintojakson tavoitteet kuvataan  
seuraavasti: ”Opiskelija hankkii fysiikan  
perustiedot. Opiskelija osaa kuvailla  
fysiikan merkityksen ilmiöistä lähtien  
sovelluksiin asti. Opintojakson suori-  
tettuaan opiskelija ymmärtää fysiikan  
merkityksen tekniikassa sekä osaa soveltaa  
tietojaan ja taitojaan käytännön tehtävissä  
ja ongelmissa.” Opiskelijat mieltävät usein  
fysiikan ”pakkoaineeksi”, joten opettajalta  
vaaditaan yhä enemmän innostajan taitoja.

## CERN-materiaalien käyttö

Seuraavassa kuvailen muutamia fysiikan  
opetusvuosieni kiinnostavia CERNiin.  
Modernin fysiikan, atomi-, ydin- ja  
hiukkasfysiikan perusteita opiskeltaessa  
konkreettisuuden löytäminen on haaste.  
1980-luvun alussa oppitunteja piristi  
äänidiä –ohjelma ”CERN – Euroopan  
ydintutkimusjärjestö”. Tämä WSOY:n  
toimittama opetuspaketti oli aikakautensa  
multimediatuote: ääniohjattuna diakuvat  
vaihtuivat ja samaan aikaan kuulumme ku-  
van selosteen kasettinauhalta. Ohjelmaan  
liittyi myös opettajan materiaali. Havain-  
nolliset kuvat ja selkeät selitykset herättivät  
usein myös kysymyksiä ja keskustelua.

Samoin suomalaisten tutkijoiden ja  
teollisuusyritysten ajankohtaiset CERN  
–selvitykset tekniikan alan lehdissä  
lisäsivät kiinnostusta CERNiin, siihen  
liittyviin fysiikan ilmiöihin, mittaus-  
sovelluksiin ja tekniisiin ratkaisuihin.  
Erityisesti CERNin tietokonekeskuksen  
koko ja sieltä välittyneet uutiset tuntui-  
vat alan opiskelijoista lähes ”omilta”.

1990-luvulla Internetin vallatessa  
tietotekniikkamaailman tuli CERN  
jälleen esille, nyt www:n kehtona. Näin  
insinööriopiskelijat oppivat arvostamaan  
tämän tutkimuskeskuksen merkitystä  
myös tietoteknisten innovaatioiden kotina.

Suomihan on vielä nuori CERNin  
jäsenmaana (liittyi vuonna 1991),  
mutta toisaalta yksi sen dynaamisimmista  
uusista partnereista. Tieteen tekemisen  
ja tutkijakoulutuksen lisäksi maamme  
teollisuus on hyötynyt erilaisista laite- ja  
osatoimituksista monipuolisesti. Moni  
yritys tuo referenssinään esille CERN  
–toimituksensa. Näiden esimerkkien  
käyttö oppitunneilla lisää välittömästi  
kiinnostusta myös fysiikan opintoihin.

Internetin myötä CERNin kotisivut  
ovat tulleet opiskelijoille tutuiksi moni-  
puolisena tiedonlähteenä ja oppimisen  
taustamateriaalina. Nykyisin saatavilla  
olevat suomenkieliset opetuskoko-  
naisuudet auttavat opiskelijoita myös  
kertaamaan fysiikan perusteita ja saloja.

## Opettajien koulutus

CERNissä järjestetyt suomalaisten  
fysiikan opettajien modernin fysiikan  
tämäkoulutukset antavat tukevan  
eväspaketin opettajalle. Maol –järjestöön  
kuuluvia insinöörikoulutuksen fysiikan  
opettajia on ollut mukana näissä koulu-  
tuksissa. Kokemukseni mukaan näiden  
merkitys omaksutun tiedon lisäksi on  
konkreettinen näkeminen ja kansainväli-  
sen huippututkijajailmapiirin aistiminen.  
Voisipa kuvailla liikahtamisia tapahtuvan  
myös tunnetasolla. Tällaisen lyhyenkin  
kurssin avulla jaksaa taas opetustyössä  
– toivottavasti entistä innokkaampana  
ja motivoituneempana. CERN tarjoaa  
mahdollisuuksia myös pitkäkestoisempaan  
opiskeluun tai vaikkapa tutkijavierailuun.

## Tiedeopetusprojektit

CERN –tiedeopetusprojektit ovat laajoja  
kokonaisuuksia. Opiskelijat valmistautuvat  
vuoden mittaan asioita opiskellen CERN  
–vierailuun ja työstävät tuloksia vierailuvii-  
kolla, mutta myös jälkikäteen. Näin syntyy  
kattava oppimisprojekti –kokonaisuus.

Ammattikorkeakoulun insinööriopiske-  
lijoihin oli mukana Raahen seutukunnan  
lukioiden CERN –projektissa lukuvuonna  
2002 – 2003. Kaikki mukana olleet  
lukiolaiset valmistautuivat matkalle  
mittaamalla insinööriopintojen fysiikan  
laboratoriomittauksista työn ”Elektronin  
ominaisvaraus”. Näin saatiin laborato-  
riomittakaavassa konkreettinen kuva  
varattujen hiukkasten ohjaamisesta.

Lukuvuonna 2003 – 2004 yhteistyötä  
jatkettiin Pyhäjoen lukion ja yläasteen  
kanssa. Heidän projektiinsa kuului mit-  
taustyö ammattikorkeakoulun laboratorii-  
ossa. Lyhyen opastuksen jälkeen opiske-  
lijoiden ryhmätyöt sujuivat luontevasti.

Seuraavaksi on kehitteillä entistä tiiviim-  
pi ja laajempi projekti, jossa on mukana eri  
koulustasteita vertikaalisesti peruskoulusta  
lukion kautta ammattikorkeakouluun ja  
oppiaineita monipuolisesti fysiikan lisäksi  
äidinkieli, multimedia ja tietotekniikka.

## Eteenpäin

CERN tarjoaa ammattikorkeakoulujen  
fysiikan opetukseen erinomaisen tuki- ja  
lähdemateriaalin. Myös opiskelijoiden  
itsenäinen oppiminen on www-sivujen  
ja muiden materiaalien avulla helposti  
toteutettavissa, esimerkiksi ryhmätöissä.  
Selkeät esimerkit mittauslaitteista ja  
tekniikan sovelluksista auttavat löytämään  
intoa ja motivaatiota fysiikan opintoihin.

Yhteisprojektit lähiseudun oppilaitosten  
kanssa tukevat yhteisöllistä oppimista  
ja laajentavat näköaloja. CERNissä  
vierailleet insinööriopiskelijamme  
innostuivat ympäristöstä ja kyselivät  
harjoittelumahdollisuuksia. Monipuolisena  
tutkimuskeskuksena CERN tarjoaakin  
erinomaiset työtehtävät tietotekniikan  
(ja muidenkin tekniikan alojen) ammat-  
tiharjoitteluun. Tiedeopetusprojektin  
vierailun aikana monelle opiskelijalle  
heräsi myös haave tulla työurallaan työ-  
kenttelemään CERNiin – ja miksipäs ei!

## Timo Pieskä

yksikön johtaja  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Raahen tekniikan ja talouden yksikkö

CERNin opettajien täsmäkoulutusohjelmasta oppilaiden kurssiksi

## ”PHYSICS AS A WAY OF LIFE”

**K**aikki alkoi keväällä 2003, kun Turun normaalikoulun opettajat Päivi Kukkonen ja Riitta Rajala osallistuivat kuuden muun suomalaisen fysiikan opettajan kanssa CERNissä järjestettyyn viikon mittaiseen modernin fysiikan täsmäkoulutukseen. Osallistuville opettajille annettiin heti ensimmäisenä päivänä aktiivinen rooli ryhmäytyä ja suunnitella/tuottaa viikon aikana omaan kouluun vietävää hiukkasfysiikan opetusmateriaalia.

Meille Turun normaalikoulun opettajille heräsi heti kiinnostus uudistaa lukion fysiikan ensimmäinen pakollinen kurssi. Koulutusviikon päätteeksi olimme erittäin tyytyväisiä näkemäämme ja kuulemaamme – ja mikä parasta, olimme rakentaneet kokonaisen kurssirungon (<http://users.utu.fi/paikukko/cernin%20kurssi2.doc>).

**SYKSYLLÄ 2003 OLIMME** valmiit tarjoamaan lukiofysiikan ensimmäisen pakollisen kurssin modernin hiukkasfysiikan viitekehysessä kahdelle kansainvälistä IB-koulutusohjelmaa toteuttavalle oppilasryhmälle sekä yhdelle kansalliselle ryhmälle. Mitä uutta CERNissä rakennettu kurssi toi opetuksellemme? Moderni fysiikka on toki perinteisesti ollut lukion opetusohjelmassa syventävänä 8. kurssina. Koska ajattelimme tämän päivän nuorien olevan tiukasti kiinni nykyhetkessä, halusimme tarjota jo ensimmäisen kurssin oppilaille hiukkasfysiikkaa ja ajankohtaista fysiikantutkimusta klassisen fysiikan lähestymistavan rinnalla.

Tarkoituksemme oli esitellä jo alkuvaiheessa fysiikan mielenkiintoisia osa-alueita sekä houkuttella oppilaita valitsemaan fysiikkaa jatkossakin. Koska suuri osa opetuksen soveltuvista CERNin materiaaleista on englanninkielisiä, niitä voitiin mainiosti integroida osaksi vieraan kielen tekstinymmärrystä ja käsitteiden opiskelua tukevia harjoitteita (<http://users.utu.fi/paikukko/Physics%20on%20Stage/EVIDENCE.doc>). Myöhemmin huomattiin, että nämä samat harjoitteet toimivat yleisemmälläkin tasolla luonnontieteellisen lukutaidon kehittäjinä myös suomenkielellä opiskelevalle ryhmälle.

**KUN LUKIOFYSIIKAN** ensimmäinen kurssi hiukkasfysiikan viitekehysessä toteutettiin ensimmäisen kerran, hiukkasfysiikkaa käytettiin perusoppiainesta tukevana materiaalina sekä esimerkkinä aina, kun se oli opetusohjelmassa mahdollista.

Kurssin alussa tarjosimme oppilaille verkosta löytämämme ”Fundamentally Speaking” -testin ennakkokäsitteystestinä ja kerroimme, että kursilla esiteltävä hiukkasfysiikan lisämateriaali on rakennettu siten, että kaikkiin testissä kysytyihin kohtiin löydetään vastaukset kurssin loppuun mennessä. Ensimmäisen kaksoistunnin aikana keskustelimme myös siitä, mitä fyysikot tänä päivänä tekevät. CERNin oma CD ”Particle Physics” esitti viehättävällä tavalla monta näkökulmaa fyysikon ammattikuvasta.

Mittaamista ja mittaustulosten käsittelyä varten käytettiin hyväksi opettajien oikeasti CERNin Microcosmoksen Rutherfordin kokeen laitteistolla havaitsemia tuloksia, ja luonnontieteellistä merkintätapaa sekä kymmenen potenssija opiskeltiin verkosta ladattavan CERNin ”Powers of Ten” -ohjelman avulla.

Käytimme myös otteita ATLAS-esitteen tekstistä englannin kielen lukuharjoituksena ja luonnontieteellisen merkintätavan harjoituksena. Oppilaille annettiin jo varhaisessa vaiheessa mielikuva siitä, että fyysikotkaan eivät vielä hallitse kaikkea. Tämän asian toi ilmeikkäästi esiin CERNin oma suomalaistutkija Mikko Laine luennossaan aineen standardimallista, josta osan tarjosimme oppilaille verkon kautta ”suoraan CERNistä”.

Otteet luennosta sopivat hyvin myös johdannoksi voimien ja vuorovaikutusten käsittelyyn. Voimista pääsimme kiihtyvän liikkeen tarkasteluun ja myös siihen löytyi mielenkiintoista materiaalia CERNin lähteistä liittyen hiukkaskiihdyttimiin ja kiihdytettyjen hiukkasten havaitsemiseen.

Erityisesti tyttöjä kiinnostivat esimerkiksi hiukkasfysiikan lääketieteelliset sovelluksista. Myös eri säteilylajit ja säteilyturvallisuus tuli luonnollisesti esille oikeassa ympäristössään CERNissä.

Kurssin lopussa palasimme jälleen ”Fundamentally Speaking” -testiin ja oppilaat tarkastelivat kysymyksiä usuin ajatuksin! Hiukkasfysiikan lisämateriaali innoitti myös oppilastöiden uudistamiseen: kurssia varten valmistui peräti 11 oppilastyötä.

**CERNISTÄ KEVÄÄLLÄ 2003** alkanut kehitystyö ei pysähtynyt tähän. Sen lisäksi, että Riitta Rinta-Filppula avasi meille oven hiukkasfysiikan ihmeelliseen maailmaan, hän kannusti kaikkia kurssilaisia osallistumaan vuosittain järjestettävään Physics on Stage -tapahtumaan.

Tästä vihjeestä innostuneina ilmoitimme CERNissä aloittamamme hankkeemme Jyväskylässä 15.9.2003 pidettyihin POS3 -karsintoihin, joissa valittiin Suomen edustajat varsinaiseen POS3 -tapahtumaan Hollannin Noordwijkiin.

Pääsimme mukaan Hollantiin. Siellä tutustuimme innostaviin kollegoihin ja saimme paljon uusia ideoita edelleen työstettäväksi. Oma tapamme yhdistää vieraalla kielellä opettaminen ja hiukkasfysiikka sai myös huomiota. Aikaa kului vielä muutama kuukausi ja oivalsimme, että CERNin lähteistä poimimamme ”uudet palaset vanhaan kurssiin” ovat juuri niitä virtuaalisia ja fyysisiä oppimisaihioita, joita lukion uuden opetusohjelman perusteet edellyttävät tieto- ja viestintätekniikan sovellusten muodossa. Tämä näkökulma CERNin opettajakurssilta syntyneestä hankkeesta oli esillä ITK’04:ssä Aulangolla pitämässämme esityksessä huhtikuussa 2004.

**KUN KEVÄÄLLÄ 2003** lähdimme CERNiin, toteutui ensi kädessä vuosien mittainen haave päästä käymään hiukkasfysiikan eurooppalaisessa ”mekassa” sekä tavoite päivittää opiskeluaikaisia tietoja ja oppia paljon uutta.

Näin kävi, mutta vähintään yhtä tärkeänä pidämme prosessia, joka alkoi kahden samasta koulusta olevan saman aineen opettajan, joilla on yhteiset työhön liittyvät tavoitteet, osallistumisesta CERNin täsmäkoulutukseen.

Olemme jatkaneet kurssin aikana opittua yhdessä tekemistä siten, että voimme sanoa ottaneemme reilun askeleen perinteisestä opettajan yksinpuurtamisesta toimivan tiimityöskentelyn suuntaan. Harjoittelukoulun opettajina koetamme painokkaasti levittää näitä hiukkasfysiikan ja tv-tekniikan integroinnin mahdollisuuksia kouluopetuksessa edelleen laajemmalle opettajien työkenttään.

Voidaan sanoa, että CERNistä alkanut prosessi on ollut meille raskas, vaativa ja todella antoisa.

### Päivi Kukkonen

Matemaattisten aineiden pt. tuntiopettaja  
Turun normaalikoulu

### Riitta Rajala

Fysiikan ja matematiikan lehtori  
Turun normaalikoulu

# HIUKKASFYSIIKAN STANDARDIMALLI

Kuvat CERNin kuva-arkisto

**H**iukkasfysiikan tutkimuksessa tapahtui suuri muutos parempaan 1960-70 luvuilla, kun vuorovaikutuksien kuvaamiseen onnistuttiin kehittämään mittakenttäteoreettiset mallit. Sähkömagneettisia vuorovaikutuksia varten oli jo pitkään ollut käytössä oma mittateoriaansa, kvanttisähködynamiikka eli QED, mutta vastaavia teorioita ei ollut keksitty kahdelle muulle hiukkasilmäiden tärkeälle vuorovaikutuslajille, heikolle ja vahvalle vuorovaikutukselle.

Ratkaiseva askel oli huomata, että sähkömagneettinen ja heikko vuorovaikutus voidaankin itse asiassa kuvata yhdellä mittamallilla. Sitä kutsutaan sähköheikkoteoriaksi. Vahvan voiman teoria puolestaan on samankaltainen kuin QED, sen perustana oleva symmetria vaan on monimutkaisempi. Vahvan voiman teoriaa kutsutaan kvanttiväridynamiikaksi eli QCD:ksi. Se kuvaa kvarkkien välisiä vuorovaikutuksia, ja sähkövarauksen vastinetta kutsutaan siinä teoriassa väriksi.

Sähköheikkoteoria ja kvanttiväridynamiikka muodostavat kokonaisuuden, jota kutsutaan hiukkasfysiikan standardimalliksi. Sitä on testattu viime vuosikymmenien aikana lukemattomissa kokeissa tarkemmin ja tarkemmin, ja se on läpäissyt nämä testit liput liehuen.

**MALLI-NIMITYS** on standardimallin kohdalla oikeastaan aikansa elänyt, ja mallin ylentäminen teorioiden kastiin on enemmän kuin paikallaan. Mittakenttäteoriat antavat standardimallille vahvan matemaattisen alustan, mikä mahdollistaa tarkkojen ennustusten laskemisen hiukkasilmäiden mitattaville suureille ja näiden vertaamisen mittaustuloksiin. Standardimallissa on voimakas

tieteellisen totuuden tuntu.

Ihan kaikkea standardimalli ei kuitenkaan selitä eikä kaikkia sen puolia ole vielä testattu kokeissa. Mallin tärkein avoin kysymys on hiukkasten massan alkuperä. Mallissa asia on hoidettu Higgsin kentän avulla. Oletus on, että hiukkasmaailman energian kannalta edullisin tila eli perustila "vakuumi" ei ole kaikesta tyhjä vaan siellä on vakiosuuruinen Higgsin kenttä. Kun hiukkanen kulkee avaruudessa, tämä kenttä vaikuttaa sen kulkuun hidastavasti ja tämä vaikutus kuvataan hiukkasen massan avulla. Heikon voiman välittäjien W- ja Z-bosonin massat, jotka mitattiin ensimmäisen kerran CERNissä 1980-luvun alussa, ovat hyvin sopuoinnussa tämän kuvan kanssa.

Higgsin mekanismia ei ole vielä kuitenkaan kokeellisesti varmistettu, sillä Higgsin kentän kvanttia, Higgsin bosonia, ei ole kokeissa havaittu. CERNin uuden uljaan kiihdyttimen LHC:n tärkein tavoite on löytää Higgsin bosoni.

**NEUTRIINOT OVAT ONGELMA** standardimallille. Standardimallin mukaan Higgsin kenttä ei vaikuta neutriinoin, joten niillä ei kuuluisi olla massaa. Muutama vuosi sitten kävi kuitenkin selville, että neutriinoilla on kuin onkin massa, vaikkakin hyvin pieni. Sekä Auringosta tulevien että ilmakehän yläosissa kosmisen säteilyn vaikutuksesta syntyvien neutriinon on todettu oskilloivan eli muuttavan ominaisuuksiaan edetessään. Tämä ilmiö ei ole mahdollinen, jollei neutriinoilla olisi massaa. Standardimallia pitää jotenkin täydentää, jotta asia saataisiin hoidettua kunnialla.

Standardimallin ajatellaan kuvaavan hiukkasten vuorovaikutuksia sillä energia-alueella, joka nykyisillä kokeilla

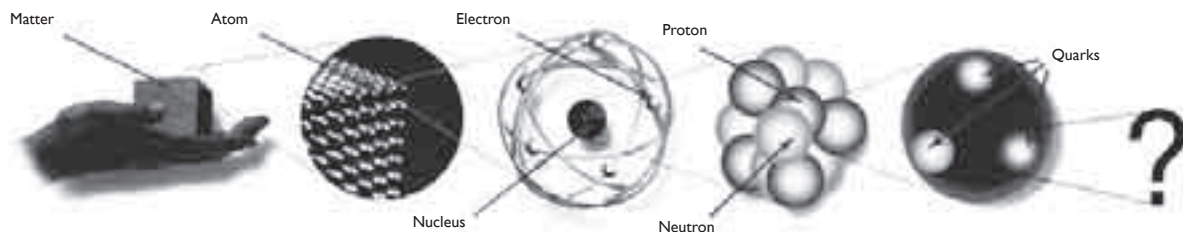
luodataan, ja paljon suuremmillakin energioilla. Oletamus kuitenkin on, että hyvin suurilla energioilla vahva vuorovaikutus ja sähköheikko vuorovaikutus yhdistyvät, ja niitä voi kuvata suurella yhtenäisteoriolla GUT:lla.

Tähän liittyy vaikeus, jota kutsutaan hierarkiaongelmaksi. Higgsin hiukkasen massa tahtoo tulla niin suureksi, että koko standardimalli on vaakalaudalla. Ongelman ratkaisuksi on esitetty supersymmetriaa. Supersymmetria vaatii, että jokaisella standardimallin hiukkasella on parihiukkanen, jonka spin poikkeaa hiukkasen spinistä puolella yksiköllä. Supersymmetrialla on vankat teoreettiset puollot takanaan, mutta sitäkin ei ole voitu vielä kokeissa osoittaa oikeaksi, vaikka supersymmetrisiä hiukkasia on etsitty jo kaksikymmentä vuotta. Tässä toinen tärkeä tehtävä LHC:tä käyttäville tutkimusryhmillä.

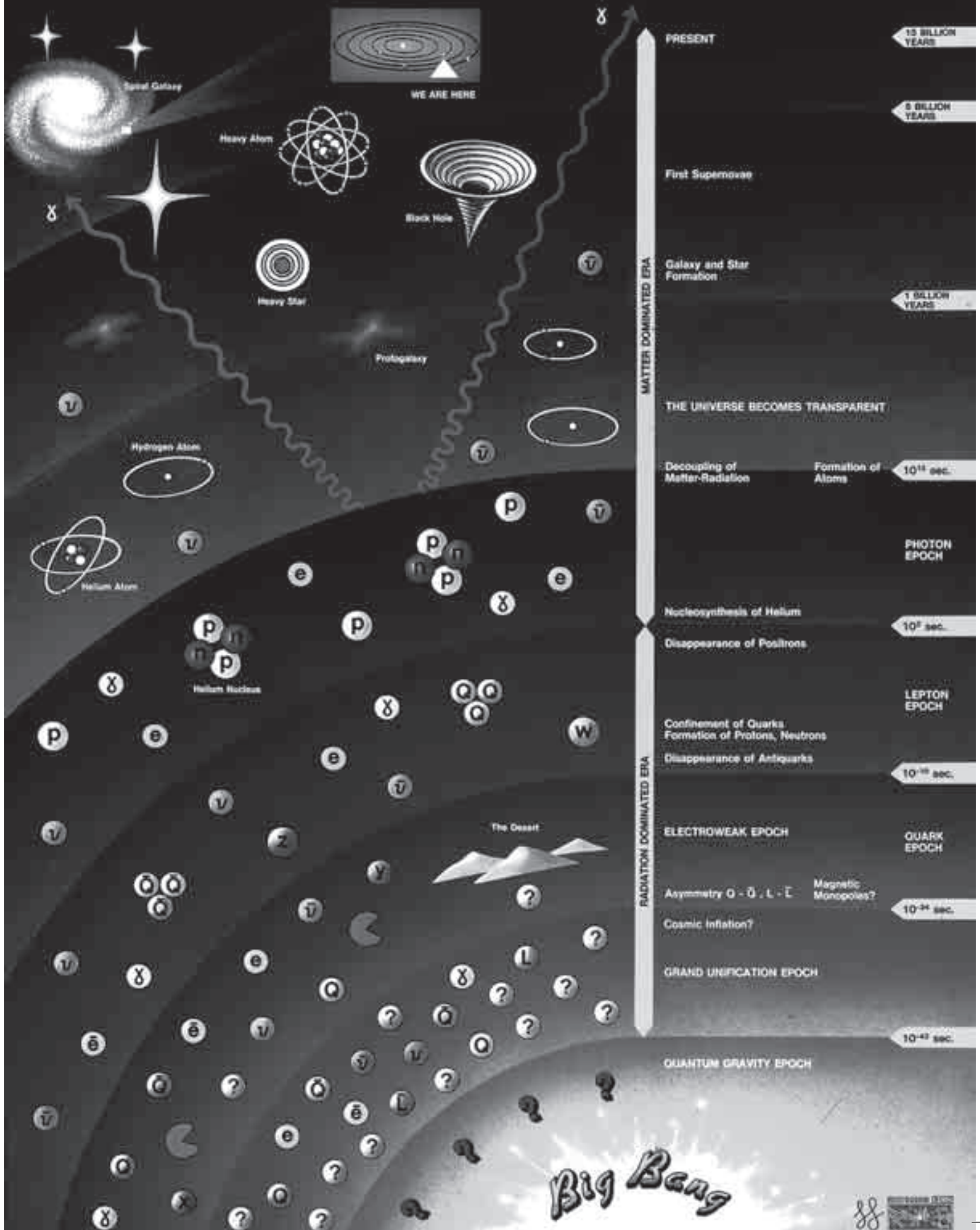
**HIUKKASFYSIIKKA ON** perustutkimusta sanan varsinaisessa merkityksessä; onhan tutkimuksen kohteena aineen perusrakenne. Hiukkasfysiikan löydöt ovat muokanneet maailmankuvaamme monella tavalla. Tämä koskee niin mikromaailmaa kuin makromaailmaakin. Hiukkasten välisten vuorovaikutuksien ymmärtäminen on tehnyt mahdolliseksi myös ymmärtää varhaisen maailmankaikkeuden tapahtumia. Hetket alkuräjähdyksen jälkeen olivat puhdasta hiukkasfysiikkaa. Hiukaskiihdyttimillä jäljittelemme pienessä mittakaavassa noita lähes neljäntoista miljardin vuoden takaisia olosuhteita. Tällainen on hiukkasfysiikan aikajänne.

**Jukka Maalampi**

Fysiikan professori  
Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos



# History of the Universe



Professori Jorma Tuominiemen elämäntehtävä:

## ”HIGGSIN HIUKKASEN ON LÖYDYTTÄVÄ”



PYHÄJOEN LUKIO

Teksti **Kimmo Pohjanen**

Kuvat **CERNin kuva-arkisto**

Professori Jorma Tuomi muistelee Suomen olleen sitä ennen tavallaan vapaa- matkustaja. ”CERN on sillä tavalla ollut aina avoin yhteisö, että tänne on jokainen maa voinut halutessaan lähettää tutkijoita; myös ne, jotka eivät ole virallisesti jäseniä. Kun CERNiä perustettaessa Suomi oli vasta saanut maksettua sotakorvaukset ja maamme oli hyvin köyhä, näin pystyimme ikään kuin vetoamaan ”köyhyystodistukseen”, Tuomi muistelee.

Tuomi myöntää, että on vaikea nähdä, kuinka Suomi taloudellisesti hyötyisi mukanaolosta kansainvälisellä tutkimusasemalla. ”Toki tänne pääsevien suomalaisopiskelijoiden ja –tutkijoiden mukana maamme tieteen taso nousee. Enemmän on kuitenkin kyse siitä, että solidaarisuusperiaatteen mukaan kaikki sellaiset valtiot osallistuvat, joilla siihen on resurssit”, hän korostaa.

**C**ERN, tuo peltikattoinen rautalangalla aidattu kum- majainen, jököttää Ranskan ja Sveitsin rajalla. Rajalla ja rajalla; varsinaiset emämöröt, eli hiukkas- kiihdyttimet ovat 100 metriä maanpinnan alapuolella. Niitä on siellä ainakin yhden maratonin verran suoltamassa hirveää tietomäärää tutkijoiden näyttöruuduille sekä paikan päälle että kaikkialle maailman

yliopistoihin. Antakaamme se kuitenkin heille anteeksi, sillä he tietävät, mitä he tekevät, ja siksi heidän takanaan onkin länsimaisten valtioiden muodostama liitto.

Vaikka CERNin perustamisesta on kulunut jo 50 vuotta aikaa, liittyi Suomi tähän tiedeyhteisöön vasta vuonna 1991. Koska Neuvostoliitto oli hajonnut, Suomi pystyi tekemään liittymisen ilman, että se olisi aiheuttanut diplomaattista harmia.

### **CERNissä tehdään perustutkimusta**

”Jonkun on tehtävä perustutkimusta. On helpompaa, että sitä tekee puolueeton, avoin organisaatio kuin vaikkapa yritykset, joissa tietoa varjellaan hyvin tarkkaan – esimerkiksi patenteilla ja vaihtolosopimuksilla. Kiusallista siis olisi, jos emme olisi täällä mukana”,



Higgsin mekanismia voisi kuvata fyysikoiden juhlakutsuilla. Tutkijat muodostavat Higgsin kentän.



Jos kuuluisa fyysikko tulee kutsuille, muut tutkijat kiinnostuvat tilanteesta.



He piirittävät fyysikon ja häiritsevät liikumistaan. Vuorovaikutus a



**Ilmakuvaa CERNistä.** CERN on aidattu ja tarkoin vartioitu tutkimusalue Sveitsin ja Ranskan rajalla, Geneven välittömässä läheisyydessä.

Tuominiemi lisää ja antaa ymmärtää, ettei ollut ensimmäinen kerta, kun hän vastasi kysymykseen siitä, hyödyttääkö laitokseen laitettu raha tavallista saviaivoa.

CERNiin ollaan rakentamassa noin 27 kilometrin mittaista LHC-kiihdytintä, jossa kiihdytettävillä hiukkasilla uskotaan pystyvän löytämään Higgsin bosoni. Uusimmat fysiikan teoriat rakentuvat sen olemuksen varaan, että on olemassa hiukkanen – siis Higgs – joka antaa muille hiukkasille massan. Higgsin bosonia ei kuitenkaan ole koskaan vielä voitu nähdä. Teoreettisesti on voitu laskea energiamäärä, joka tarvitaan Higgsin löytämiseen ja näin rakennettu LHC niin tehokkaaksi, että ”kirottua Higgs” voidaan havaita, jos se on olemassa.

LHC- kiihdytimen paikalla sijainnut LEP on purettu ja LHC valmistuneena, koska aikataulusta myöhästyään, vuonna 2007. Nyt rakentamisen aikana fyysikot elävät tavallaan tietotyhjiössä. ”Mutta kun LHC valmistuu, on varmaa, että Higgs löytyy, jos se on olemassa. Minun on vaikea ajatella, mitä fysiikan teorioille seuraisi siitä, ettei sitä olisi-kaan olemassa”, Tuominiemi pohtii fyysikoilla kiusallista ongelmaa.

### **CERN on monikulttuurinen yhteisö**

Mailman kansojen lähentäminen toisiinsa tieteellä oli yksi niistä korukom-

menteista tieteen tason nostamisen ohella, mitä CERNille asetettiin sen perustamisvaiheessa. Nykyään CERNin työntekijöitä tulee lähes jokaisesta Euroopan valtiosta ja Pohjois-Amerikasta. Tuominiemen mielestä tältäkin osalta CERNin tavoitteisiin on päästy, sillä suurien sotien olemassaolon aikana ei ole käyty.

Houkuttelemalla opiskelijoita ja muita vierailijoita CERN toteuttaa alkuperäistä tavoitettaan rahvaan tieteellisen sivistyksen nostamiseksi. ”Ja meidän toivomme ja uskomme, että te olette tulevaisuudessa täällä tutkijoina”, Tuominiemi heittää haasteen lukiolaistoimittajille.

Tie tutkijaksi CERNiin kulkee useimmiten teoreettisen fysiikan opintojen



Haittaavat hänen tus antaa fyysikolle massan.



Tutkijat alkavat levittää huhua, jonka mukaan kutsuille saattaa tulla tunnettu fyysikko.



Supattelevat tutkijat muodostavat kenttään tihentymän, joka nähdään Higgsin hiukkasena.



**Palvelinfarmi.** Hiukkaskiihdyttimien suoltaman massiivisen tietomäärän analysointiin tarvitaan paljon laskentatehoa; kuvassa on vain pieni osa CERNin omasta tietokonekeskuksesta.

kautta. Niitä voi suorittaa esimerkiksi Helsingin ja Oulun yliopistoissa. ”Voisitte vielä ehtiä jopa Higgsiä löytämään...” Mutta eihän se ole mahdollista; Higgsin löytö jo kolmen vuoden päästä. ”Niin

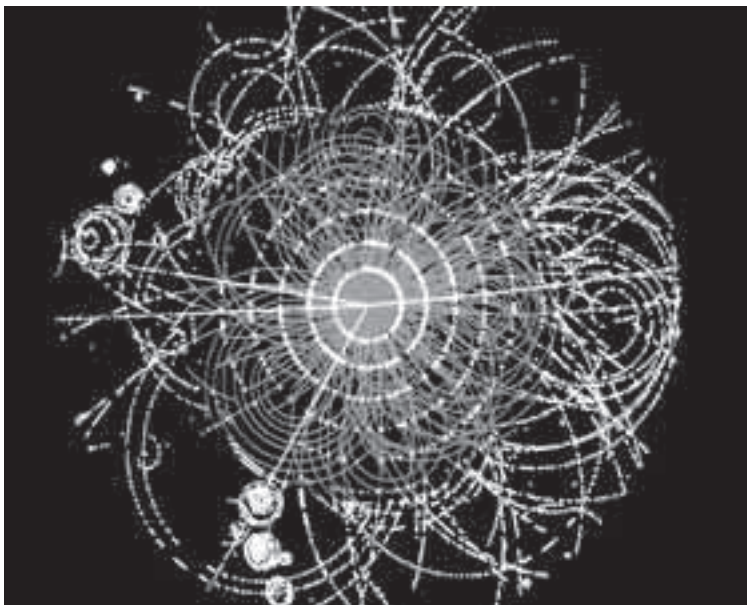
niin, mutta jo opiskeluvaiheessa on mahdollista päästä harjoittelijaksi tänne. Ja toisaalta, Higgsiä ei voida löytää heti LHC -kiihdyttimen rakentamisen jälkeen vaan kiihdyttintä joudutaan testaamaan

ja ehkä myös korjaamaan useaan otteeseen”, Jorma Tuominiemi pohtii.

### **CERNiin vahingossa**

Ei CERNiin pääsy kuitenkaan aivan niin helppoa liene kuin professori toimittajia opastaa. Monille teoreettisille fyysikoilla tilaisuus päästä CERNiin avautuu maisteritutkinnon jälkeen väitöskirjaa tehtäessä. Jos sitä kautta saa luotua suhteita CERNiin, voi sinne pääseminen olla mahdollista. Vaikka tästä voisi päätellä, että Euroopan suurimpaan tiedeorganisaatioon pääseminen vaatisi aika paljon kynärpäitä, toteaa Tuominiemi fyysikon vaatimattomuudella tullessaan CERNiin ”vahingossa”. Siitä on 35 vuotta aikaa. Tähän väliin mahtuu muun muassa ministereiden lobbaamista suomalais-cerniläisen tieteen puolesta ja osallistuminen suomalaisen tiederyhmän johdossa Nobel-palkittuun UA1-kokeeseen, jossa 500 hengen fyysikkoryhmä löysi w- ja z-bosonit.

Higgsin löytäminen on Tuominiemen suuri unelma, lähes elämäntyö. ”Ei minun ollut tarkoitus koskaan jäädä tänne näin pitkäksi aikaa. Olen kuitenkin huomannut, että tämä työ on kutsumusammatti. Eläkkeelle minulla ei ole kiire”, Tuominiemi päättää.



**Tutkijan unelma.** Tietosimulaatio Higgsin hiukkasen hajoamisesta neljäksi myoniksi ATLAS-kokeessa.



# CERN CONNECTING FRENCH AND FINNISH STUDENTS

**I**N 2002, two Physics teachers, Mr Hugues de Sainte Foy from France and Mr Pekka Parkkinen from Finland, met at a Physics Teachers' conference at CERN. They noticed that they shared similar interests in teaching science, and thus, they decided to try co-operation between their schools and students. The schools involved are Lycée Elie-Cartan in La Tour du Pin, France and the upper secondary school of Jyväskylän normaalikoulu (Teacher Training School of the University of Jyväskylä) in Jyväskylä, Finland.

**DURING THE FOLLOWING** school year the students taking part in this project studied particle physics at their schools. The information they learnt was shared between the two schools and students via the Internet. Furthermore, both the teachers and students sent some e-mail messages to each other.

In April 2003, twenty Finnish students with three teachers visited CERN for three days. For the last day at CERN French students joined their Finnish friends and studied particle physics and accelerators together. From CERN both groups went together to La Tour du Pin in France. The Finnish students and teachers were accommodated in French families where they also got a taste of real French life and culture.

The following day the students studied science as well as visited Lyon together. The Finnish teachers on this trip were science teachers Mr Pekka Parkkinen and Ms Kirsti Koski as well as Ms Pirjo Pollari, an English teacher.

**THE CO-OPERATION** continued in April 2004. Fifteen French students and two teachers, Mr de Sainte Foy and English teacher Mrs Suzel Hazel, from Lycée Elie-Cartan visited Jyväskylä and Helsinki in Finland. They stayed in Jyväskylä for five days in April and they were accommodated in Finnish families during the visit.

In addition to getting a glimpse of the

Finnish way of life, the French students studied together with their Finnish friends at Jyväskylän normaalikoulu.

For instance, the students learnt how to use a computer conference programme called Konffa for their joint projects: the aim is to use it for co-operation in studies of particle physics in the future. Also, they carried out some chemistry experiments in mixed groups.

**ONE WHOLE DAY** was reserved for studies at the University of Jyväskylä. In the Physics department students were shown a synchrotron and explained how it works. Also some knowledge of nanotechnology was introduced. All students did some practical experiments concerning x-rays, and alfa and gamma rays.

Half of the day was used for chemistry and chemical experiments in the Chemistry department. All the experiments were done in mixed groups of French and Finnish students. It was a nice experience:

it is interesting to see how well students can co-operate even though they all have to speak a foreign language as the language used was English. The students really seemed to have a good time together.

**WE WOULD LIKE** to continue our co-operation in the coming years, both by carrying out joint projects via the Internet and by visits. We are planning for the next joint visit to CERN in April 2005. There would be altogether about 40 students and 5 teachers from La Tour du Pin and Jyväskylä.

If possible, we would like to stay together at CERN for three days studying and learning particle physics - all the more so as 2005 will be the "World Year of Physics"/ the global "Year of Physics".

**Kirsti Koski  
Pekka Parkkinen  
Pirjo Pollari**  
Jyväskylän normaalikoulu



Professori Kari Rummukainen CERNissä:

## VAPAA TAITEILIJÄ JA HIUKKASFYYSIKKO

Teksti **Juho Virpiranta**  
Kuvat **Pyhäjoen lukio**

”T yöpäivät täällä venyvät helposti yli kymmentuntiseksi, vaikka varsinaista työaikaa ei ole. Jos haluaa pysyä tieteen eturintamassa ja vaikuttaa, saa tehdä kovasti työtä. Mutta tämä työ on erittäin mielenkiintoista”, kuvailee professori Kari Rummukainen työtään. Hän on yksi harvoista suomalaisista tiedemiehistä, jotka työskentelevät tieteen eturinta-

massa, Sveitsin CERNissä ratkomassa maailmankaikkeuden suuria arvoituksia.

Rummukainen on teoreettinen fyysikko. Hän ei siis osallistu itse tutkimusten toteuttamiseen, vaan muotoilee ja tutkii teorioita kokeista saadun informaation pohjalta. Vaikka teoreetikkoja CERNistä löytyy kymmeniä, ehkä jopa satoja, on jokaisella tutkijalla omat intressit. Kukin tutkii juuri sitä fysiikan teoriaa, joka häntä

itseään kiinnostaa. Työ tapahtuu joko pienissä löyhissä ryhmissä tai yksinään. Kari Rummukainen on ”vapaa taiteilija”.

Rummukainen on erikoistunut vahvaan vuorovaikutukseen, kvanttiväridynamiikkaan. Hän tutkii kvarkkien välisiä vuorovaikutuksia, erityisesti niiden käyttäytymistä korkeissa lämpötiloissa, eli olosuhteissa, jotka vastaavat luultavasti alkuräjähdystä. Fokuksessa on standardimalli. ”Silti minua kiehtovat suunnattomasti sellaisetkin maailmankaikkeuden perimmäiset kysymykset, jotka eivät varsinaisesti alaani sivua. Miksi maailmankaikkeudessaamme on ainetta juuri niin paljon kuin sitä on? Mistä aine on tullut?” professori pohtii.

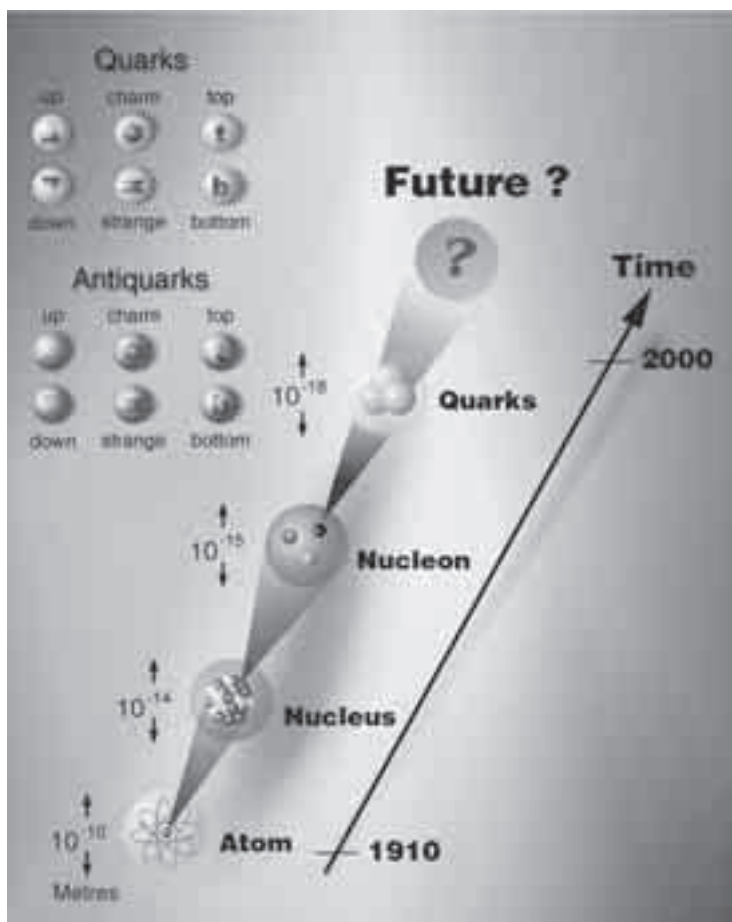
### Tyypillinen fyysikon tausta

Rummukaisen tarinaa työurastaan on mukava kuunnella. Se on vaiherikas.

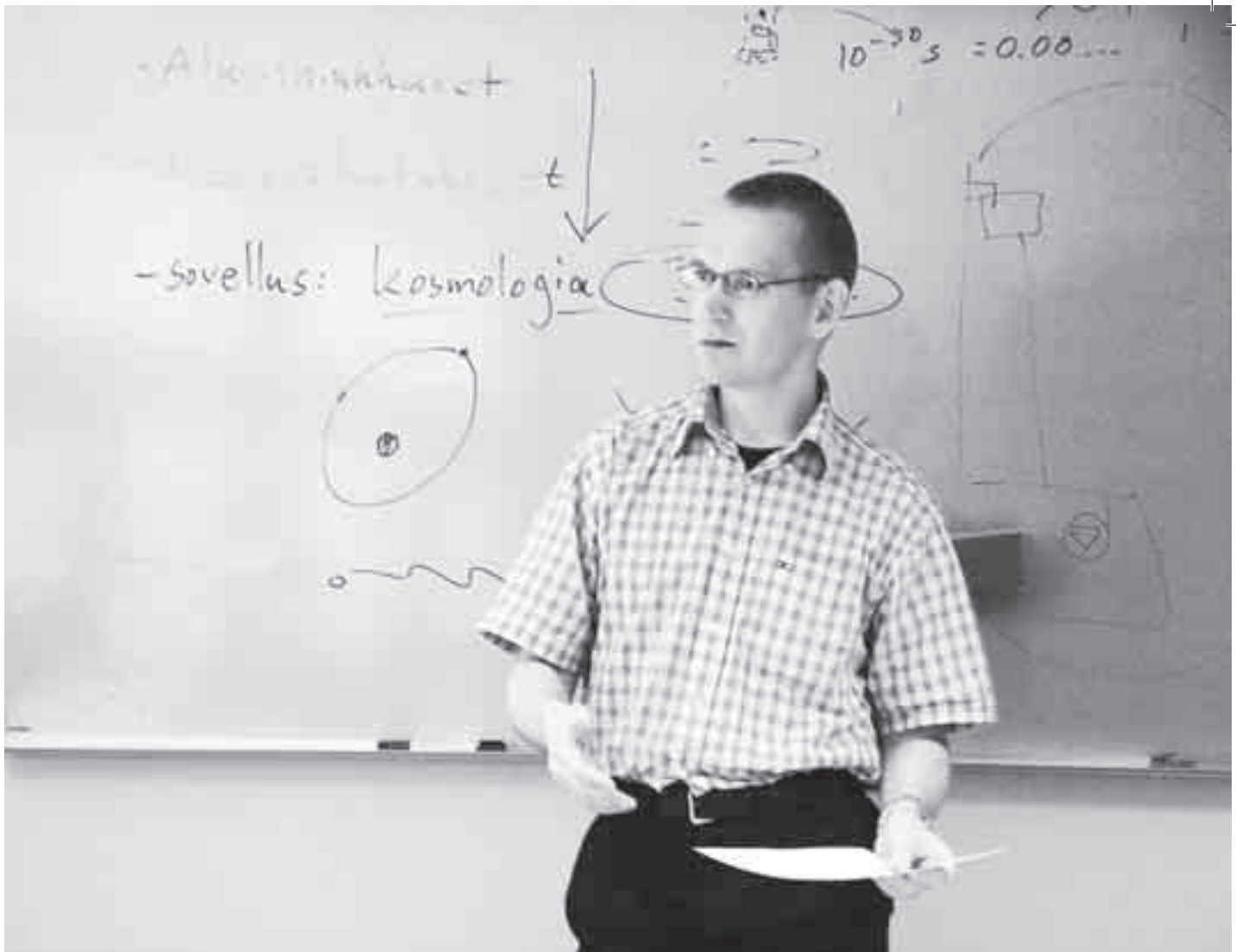
Nurmeksen lukion vuoden 1981 ylioppilas Rummukainen lähti Helsingin yliopistoon opiskelemaan teoreettista fysiikkaa ja teknilliseen korkeakouluun teknillistä fysiikkaa. Jälkimmäisen opiskelut jäivät kuitenkin kesken nuorukaisen innostuttua teoreettisesta fysiikasta toden teolla. Tohtoriksi fyysikko valmistui vuonna 1990.

Suomessa hiukkasfysiikkaa tutkitaan jonkin verran Helsingin ja Jyväskylän yliopistoissa. Suomesta eikä juuri koko maailmastakaan löydy laitosta, joka voisi kilpailla CERNin kanssa. ”Siksi paikka kuulosti hyvin houkuttelevalta nuorelle fyysikolle”, Rummukainen muistelee. Mahdollisuus päästä työskentelemään CERNiin avautui Suomen liittyttyä siihen 1991. Hän pääsi mukaan ensimmäiseen suomalaiseen tutkijaryhmään.

CERNiin lähtö avasi monet ovet Rummukaiselle. Työskenneltyään CERNissä kaksi vuotta hän pääsi Yhdysvaltoihin MILC-nimiseen tutkimusryhmään. Sen jälkeen leipä on ansaittu tutkijana Saksassa, tutkimusprofessorina Tanskassa, yliopistolehtorina Helsingissä... Tällä hetkellä hänellä on virka Oulun yliopistossa sekä CERNissä. Tutkija kertoo näillä näkymin jatkavansa Euroopan sydämessä kaksi tai neljä vuotta.



**Kvarkkiteoriaa.** Kvarkit ovat aineen pienimpiä tunnettuja osasia, joita sitoo yhteen vahva vuorovaikutus. Niistä muodostuu positiivisesti varautuneita protonia ja sähkövarauksettomia neutroneita. Korkeissa lämpötiloissa - miljoonissa celsiusasteissa - vahvaa voimaa välittävät gluonit eivät kuitenkaan pysty sitomaan kvarkkeja toisiinsa; syntyy kvarkkigluoniplasmaa.



Sitten edessä on muutto Ouluun.

”Ehkä urani on tyypillinen tausta tutkijalle; ensin kierretään maailmaa ja sitten asetutaan aloilleen ja saadaan vakituinen virka”, Rummukainen miettii.

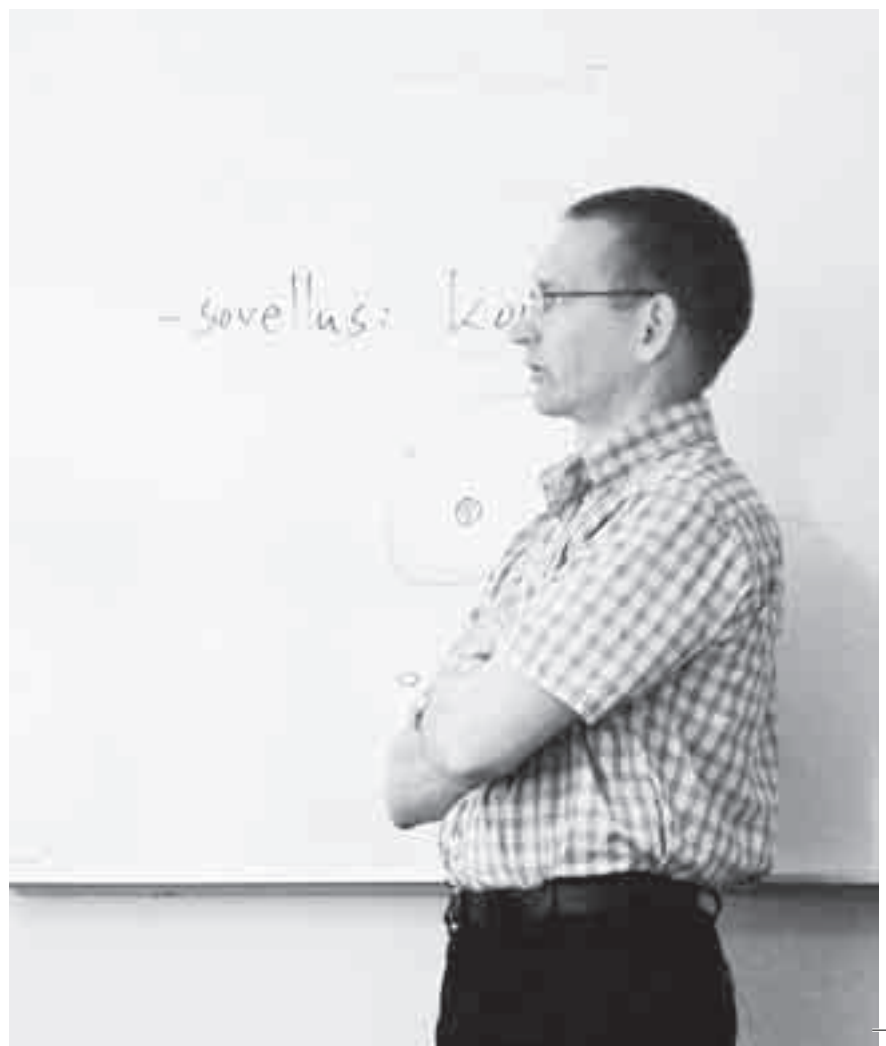
### **Suomalainen kansainvälisessä yhteisössä**

CERN on hyvin kansainvälinen työmaa. Tutkijoita on kaikkialta Euroopasta, jopa niinkin kaukaa kuin Yhdysvalloista saakka. Rummukainen arvelee, että Suomi on Pohjoismaista parhaiten edustettuna. Esimerkiksi Ruotsissa hiukkasfysiikka ei ole niin suosittua kuin meillä.

Rummukainen on naimisissa ja hänellä on vastasyntynyt poika. Perhe on asettunut nyt Ranskaan CERNin lähimaastoon. Muutto tapahtui viime syksynä.

Tutkija ei näe, että elämisellä Ranskassa ja Suomessa olisi suurta eroa. Siksi sopeutuminen paikkaan ei ole ollut hankalaa, ei hänelle itselleen eikä myöskään perheelle. ”Olen ulkoilmaihminen; pidän vuorista, jotka hallitsevat paikallista maisemaa. Toisaalta kaipaan ruisleipää ja puolukkahilloa. Niitä täältä ei saa”, Rummukainen kertoo.

Suomalaisuus merkitsee hänelle paljon.





# ATLAS-KOKEESSA TARVETTA MYÖS SUOMALAISELLE AMMATTITÄIDOLLE

Teksti **Mikko Ronkainen**  
Kuvat **CERNin kuva-arkisto**

**P**yhäjoen lukion ja yläasteen fysiikan opiskelijat tutustuivat huhtikuussa CERNiin, Sveitsissä sijaitsevaan maailman johtavaan hiukkasfysiikan tutkimuslaitokseen.

Matkan aikana he pääsivät tutustumaan ATLAS-koeaseman rakennustyömaahan, joka valmistunee vuonna 2007. Opiskelijat kävivät ensimmäisenä suomalaisena ryhmänä myös itse ilmaisluolassa, joka sijaitsee sata metriä maanpinnan alapuolella. Vielä keskeneräistä koeasemaa esittelivät tekniikan tohtori Miikka Kotamäki ja diplomi-insinööri Tommi Nyman, jotka toimivat hankkeessa projekti-insinööreinä.

Kotamäki ja Nyman edustavat suomalaista osaamista ja ammattitaitoa parhaimmillaan.

Molemmat kertovat tullessaan CERNiin alun perin vain lyhyeksi aikaa; nyt he ovat olleet komennuksella kuitenkin jo noin kymmenen vuoden ajan. Atlaksen pariin projekti-insinöörit ovat ajautuneet vasta viime vuosina, jota ennen he työskentelivät CMS:n, toisen rakenteilla olevan hiukkasilmaisimen parissa. Miesten alaisina toimivat monikansalliset työryhmät, jotka ovat tällä hetkellä kooltaan 20 ja 30 henkilön väliltä. Tulevaisuudessa luolassa tulee työskentelemään noin sata henkilöä kerralla.

”Ongelmiltakaan ei ole säästyty, vaan aikatauluja on jouduttu venyttämään muutamaan kertaan materiaalitöiden viivästyessä”, Kotamäki vastaa hiukkasilmaisimen kokoonpanon aikataulutuksesta.

Nyman puolestaan pitää huolen monien eri projektien vetämisestä; hän hoitaa muun muassa materiaalitilauksia, valvoo valmistuksen etenemistä ja ilmaisimen valmistuksessa vastaa asennusten käyttöönotosta.

## Mittava ja kansainvälinen hanke

ATLAS-hankkeen merkityksestä kertoo paljon jo sen rakentamiseen kuluva aika. Atlaksen suunnittelu aloitettiin 1990-luvun alussa, jolloin syntyi tarve uusille ilmaisimille. Valmiiksi se pyritään saamaan vuonna 2007, jos rakentaminen etenee nykyisten suunnitelmien mukaan. Kokoa koeasemalla tulee olemaan kerrostalon verran: pituutta on 44 metriä ja painoa 7000 kiloa. Halkaisija tulee olemaan 22 metriä.

ATLAS-koeaseman rakentaminen on myös hieno esimerkki kansainvälisestä yhteistyöstä. Ilmaisimen eri osat sisältävät paljon nykypäivän huipputekniikkaa, ja ne tehdään mittatilaustyönä eri puolilla maailmaa. ”Kokoamishetkellä komponenttien tulee sopia yhteen millien tarkkuudella, joten valtiolla on hieno tilaisuus näyttää osaamisensa ja tietotaitonsa”, Nyman pohtii. Materiaalien raaka-aineet ovat pitkälti fysiikan sanelemia, ja esimerkiksi käytettävien pulttien ja muttereiden tulee olla epämagneettisia. Koeasemaa rakennetaan 48 miljoonan euron budjetilla, jonka ulkopuolelle on jätetty työpanos.



# THE MYSTERY OF ANTIMATTER

One of the greatest mysteries for physics is the fact that the Universe contains only matter.

Written by **Michael Doser**  
Photograph by **Upper Secondary School of Pyhäjoki**

**T**he Dirac equation, which describes the behavior of very rapidly moving electrons, first predicted the existence of antimatter, and the first antimatter particle, the counterpart to the electron, the positron, was detected in 1932 by Anderson. Matter and antimatter appear in pairs whenever energy condenses into mass, and vice-versa, whenever matter and antimatter pairs meet, they annihilate and transform themselves back into energy. Given the fact that at its beginning, the universe was characterized by a very high energy density which gave rise to massive particles, one would expect that there should be as much antimatter as matter in the Universe. Observations at all scales, from the Moon to the galaxy to clusters of galaxies show a complete absence of antimatter from the earliest moments of the Universe, and one possible explanation for this complete dominance of matter over antimatter could be the existence of a subtle difference between the two.



**EXPERIMENTS SEARCHING** for such differences have a long history - the most precise comparison between antiprotons and protons dates from 1996, and saw no difference between protons and antiprotons at a level of  $10^{-10}$ . This measurement is however limited by uncorrectable fluctuations in the Earth's magnetic field; to reach a higher precision, one must work with neutral antimatter, of which the most promising representatives are atoms of Antihydrogen, a bound system of antiprotons and positrons. These atoms, as well as Hydrogen atoms, have a very long-lived excited state, leading to a very precise energy difference between the unexcited and the excited state. This results in an uncertainty on the energy difference of less than one part in  $10^{15}$ , and further improvements in measuring technique should allow a comparison of the two systems to a level of  $10^{-18}$ . To reach this precision requires however fabrication of antihydrogen atoms, working with extremely cold atoms (having a temperature of a few millionths

of a degree above absolute zero) in a magnetic trap, and having an appropriate laser which emits in the far UV. Only one such laser exists in the world, and is still far too weak for a measurement with antihydrogen. Atoms of Antihydrogen have never yet been trapped, and a fortiori have not yet been cooled to low temperatures. And it is only two years since the first atoms of Antihydrogen were produced in large numbers. As such, only the first steps on a precise comparison of Hydrogen and Antihydrogen have been taken, and many more years will be required before the hoped-for precision will be reached.

**IN THE MEAN TIME** however, antimatter - which is already in use in clinical environments in the form of PET (positron emission tomography) - is under study for a possible use as a replacement for proton irradiation in cancer therapy.

By comparing the lethality of protons and antiprotons on identical test tubes containing live cells suspended in a gelatin, it will be possible to determine whether the energy produced by the annihilation of the antiprotons once they stop can significantly augment the energy deposited by the protons or antiprotons as they slow down. Such an expected increase in localised energy deposit is not the only advantage that antiproton therapy would provide. As they annihilate, high energy charged particles are produced that easily leave the irradiated area, and whose trajectories can be reconstructed to determine the precise point where each antiproton stopped; in a therapeutic environment, this would allow to ensure that each antiproton destroys only cancerous, and not healthy, tissue. A significant obstacle to a therapeutic use of antimatter remains however: its astronomical cost.

Pyhäjoen lukio mahdollisuuksien antajana

## KOULU OPINTOMATKOJEN TUKENA

Pyhäjoen lukio on kerännyt paljon valtakunnallistakin mainetta omaleimaisilla projekteillaan; CERN-tiedeopiskelumatka on yksi niistä. Pyhäjoella fysiikka ei ole pelkästään laskemista ja kaavojen opettelua vaan myös itsenäistä yrittämistä ja oman ajattelun kehittämistä – fysiikan opintoihin on liitetty muun muassa äidinkieltä, filosofiaa ja tietotekniikkaa.



**Tietotekniikka mukana.** Pyhäjoen lukion opiskelijat Matti Bäckman (vas.) ja Juha Hyvärinen kirjoittamassa lehtijuttuja paikan päällä CERNissä. Viime kevään ylioppilaat jatkoivat tänä syksynä Oulun yliopistoon opiskelemaan luonnontieteitä ja teknologiaa.

**T**ämä vuosi on tieteellinen juhluvuosi eikä syyttä: onhan tullut kuluneeksi 50 vuotta siitä, kun hiukkasfysiikan tutkimuskeskus CERN perustettiin. Vaikka CERN onkin ollut pystyssä jo puoli vuosisataa, ei suomalaisilla opiskelijoilla ole ollut kovinkaan kauaa mahdollisuutta vieraila noissa maailman-kaikkeuden tutkimussaleissa. Oikeastaan kaikki alkoi vasta vuosituhaten vaihteessa.

Opintomatkat ovat kuuluneet Pyhäjoen lukion kulttuuriin jo vuosikausia.

Ennen tiedeopiskelumatkoja oppilaat ovat tehneet muun muassa historian ja äidinkielen sekä kielten leirikoulumatkoja. Ensimmäinen CERN-tiedeopiskelumatka tehtiin vuoden 2001 keväällä.

”Tieteellinen opintomatka oli jo pitkään ollut haaveissamme, mutta hyvää matkakohdetta oli vaikea keksiä. Kun vuosituhaten vaihteessa Riitta Rinta-Filppula etsi tiedeopintomatkoista kiinnostuneita kouluja, Pyhäjoki oli ensimmäisten vastanneiden joukossa”, Pyhäjoen lukion matematiikan

Tämä artikkeli – tai oikeastaan koko esite – on hyvä esimerkki oppiaineiden yhdistämisestä: kirjoittaja on viime kevään yhdeksäsluokkalainen, joka on taittanut tämän esitteen ja vierailut CERNissä.

Teksti **Olli Hyvärinen**  
Kuvat **Pyhäjoen lukio**

ja fysiikan lehtori Liisa Hyvärinen kertoo. ”CERN on opiskelijoille mahtava kokemus: ystävälliset ja innostuneet tutkijat ottavat vierailijat tosissaan ja yrittävät saada opintomatkalaisetkin kiinnostumaan heidän työstään”, jatkaa Pyhäjoen lukion luonnontieteidenopettaja Tauno Rajaniemi.

### Erilaisia yhteistyökumppaneita

CERN on haluttu opintomatkakohde, eikä kaikille halukkaille ole tilaa. Siksi yksittäisten lukiodien on täytynyt verkottua. Näin siis myös Pyhäjoella.

Kuten monet muutkin koulut, Pyhäjoen lukio on tehnyt tiivistä yhteistyötä naapurikuntien lukiodien kanssa: oppilaat jaetaan sekalaisiin, usean eri koulun oppilaista muodostuviin ryhmiin, jotka työستävät monenlaisia esityksiä ennen matkaa ja sen jälkeen. Kurssin päätteeksi järjestetään koko koululle lopputöiden esittelytilaisuus, missä kurssin aikaansaannokset esitellään muille opiskelijoille ja opettajille.

Yhteistyötä on kehitetty myös Oulun ammattikorkeakoulun Raahan tekniikan ja liiketalouden yksikön – tuttavallisemmin Ratolin – kanssa. Ammattikorkeakoulun monipuolisessa fysiikan laboratoriossa lukiolaiset ovat voineet tehdä monia sellaisiakin tutkimuksia, joihin omassa koulussa ei ole ollut mittausvälineitä. Modernin fysiikan kurssilla opiskelijat selvittävät kokeellisesti elektronin ominaisvarauksen ja kirjoittavat siitä työselostuksen.

Pyhäjoen lukiolaisten kanssa CERNin opintomatkoille on osallistunut myös Ratolin ja yläasteen opiskelijoita. Vaikka jotkut epäilivätkin yläasteen opiskelijoiden työmoraalia, niin integrointi sujui hyvin. Peruskoululaiset tekivät samat harjoitustyöt kuin lukiolaisetkin, ainoastaan fysiikan laskut jätettiin pois. Pääpaino koko kurssilla oli muutenkin asioiden ymmärtäminen, ei niinkään niiden perusteleminen matemaattisesti.

Yläasteen opiskelijoiden kiinnostus ja osaaminen sai huomiota jopa CERNin tutkijoilta ja luennoitsijoilta.

## Yhteistyötä oppiaineiden kesken

Keskeinen osa CERNin vierailuun valmistautumista on ollut integrointi äidinkielen ja kirjallisuuden opintojen kanssa. ”Kaikki opintomatkaan kuuluvat äidinkielen tehtävät ovat samalla fysiikan tehtäviä – tai toisin päin. Sisällöt tulevat siis fysiikasta”, Pyhäjoen lukion äidinkielen ja kirjallisuuden lehtori Sari Rintamäki kertoo. Äidinkielenopettajana hän onkin saanut ainutlaatuisen mahdollisuuden päästä tutustumaan moderniin fysiikkaan ja sen kehittäjiin.

Ennen matkaa oppilaat lukevat ja opettelevat ”avaamaan” tieteellisiä artikkeleita. He esimerkiksi opettelevat selvittämään, mikä teksti on ja millaisia ominaisuuksia sillä on. Tieteellisten kirjoitusten pohjalta laaditaan aineistoaineita, tehdään merkityssuhdekaavioita ja järjestetään paneelikeskusteluita. Kaikki esitykset – kuten paneelikeskustelut – kuvataan ja osa julkaistaan koulun kotisivuilla ([www.pyhajoki.fi/lukio](http://www.pyhajoki.fi/lukio)).

Tiedeopiskelumatkoilla oppilaat haastattelevat fyysikoita ja tutkijoita; matkan aikana ja sen jälkeen haastattelujen pohjalta työstetään lehtijuttuja, jotka julkaistaan lukiolaisten toimittamassa ja taivuttamassa paikallislehdessä, Pyhäjoen Kuulumisissa ([www.pyhajoki.fi/kuulumiset](http://www.pyhajoki.fi/kuulumiset)). Kuulumiset onkin hieno ja näkyvä tapa yhdistää erilaista osaamista: fysiikan ja äidinkielen opiskelijat kirjoittavat juttuja tutkijoista ja fysiikasta CERN-liitteeseen, ja ATK-osaajat sommittelevat jutut kuvineen lehden sivuille. Viikoittain ilmestyvä paikallislehti jaetaan jokaiseen talouteen Pyhäjoen alueella.

Paikan päällä CERNissä on kirjoitettu artikkeleita myös muihin lehtiin, muun muassa Kalevaan, Oulun Eteläiseen ja Raahelaiseen. Näkyvyys on CERNille tärkeää, sillä tällä hetkellä tulevaisuuden osaajista on pulaa.

Yhteistyö äidinkielen ja fysiikan välillä auttaa opiskelijaa oppimaan syvemmin fysiikkaa – ja toivottavasti myös äidinkielen taitoja, joista on hyötyä nyky-yhteiskunnassa. Monilla teknisillä ja luonnontieteellisillä aloilla taito kirjoittaa on perusedellytys selviämiseksi; esimerkiksi tutkijan työpaikka voi riippua siitä, osaako hän kirjoittaa artikkeleita tieteellisiin julkaisuihin.

Aiempiä vuosina fysiikkaan on liitetty myös filosofian opintoja. Kurssin aikana opiskelijat pohtivat fysiikan ontologiaa – eli olemista koskevia – ongelmia filosofian näkökulmasta.

Tietotekniikka liittyy myös olennaisena osana opintomatkoihin, joista on mukava saada tallenteita, kuten CD-



**Työnäytenpäivä koululla.** Viime keväänä peruskoulun päättänyt Jussi Virpiranta (vas.) esitteli hiukkasilmäimien toimintaperiaatetta lopputöiden esittelypäivänä 13.5. Kuvassa myös Mikko Ronkainen ja Sami Pirkola.

levyjä, web-materiaalia, artikkeleita ja julkaisuja. Opiskelijat voivat suorittaa tietotekniikan kurssia tuottamalla digitaalista mediaa opintomatkaan.

## Koulu siirtyy ulkomaille

”Oleellisinta opintomatkoissa on se, että koulu todella siirtyy ulkomaille: opiskellaan, etsitään tietoa ja vastauksia fysiikan ongelmiin”, Pyhäjoen lukion rehtori Pekka Viitanen valottaa.

Tarkoitus on, että opiskelijoille jäisi selkeä käsitys siitä, mitä moderni fysiikka on. ”Ennen opintomatkaa ja erityisesti ennen modernin fysiikan kurssia minulla oli sellainen mielikuva, että fysiikka on valmiiden teorioiden opettelua. Nyt tiedän, että se on ennen kaikkea uuden tiedon etsimistä – valmiita vastauksia ei ole”, viime kevään tiedeopiskelija Miikkael Azaize kommentoi.

## Messurahoilla maailmalle

Suurin osa opintomatkalaisista rahoittaa matkan osallistumalla yritysyrityksillä Pyhäjoen messujen järjestämiseen. Yksi heistä oli tämän vuoden abiturienti Sami

Pirkola, joka toimi viime vuonna messujen markkinointipäällikkönä. ”On mahtava tunne päästä maailmalle, kun on itse hankkinut rahat matkaa varten”, Sami kertoo. ”Kun tietää, että jokainen killinki on vaivalla ansaittu, niin matkaankin suhtautuu aivan eri tavalla”, hän jatkaa.

## Opintomatkoja myös tulevaisuudessa

”Pyhäjoen lukio haluaa antaa opiskelijoilleen mahdollisuuden yrittää. Jos joku on hyvin kiinnostunut psykologiasta, hänelle yritetään järjestää tilaisuus opiskella psykologian approbatur. Samoin luonnontieteistä kiinnostuneille, lahjakkaille nuorille pyritään järjestämään tieteellinen opintomatka”, rehtori Pekka Viitanen kertoo koulun suhtautumisesta tiedeopiskeluun.

”Ensi kevään opintomatka on jo varmistunut: silloin opiskelemaan pääsee Pyhäjoen lukiolaisten lisäksi myös yläasteisia ja Raahen Ratolin opiskelijoita. Tarkoituksena olisi tuottaa digitaalista opetusmateriaalia myös muiden koulujen tiedeopiskelijoille”, Tauno Rajaniemi kertoo tulevaisuuden suunnitelmista.

## VERKKONA VERKOSSA

**K**aurialan lukio päätti pyrkiä CERN-koulujen joukkoon keväällä 2002 kirjoittajan CERNin opettajakoulutuksen ja muiden lukioiden kokemusten kannustamina. Tiedossa oli, että Opetushallitus (OPH) avustuksissaan suosii verkottuneita kouluja, mutta tietoa Suomen CERN-koulujen verkon syntymisestä vielä samana keväänä ei ollut. Avustuksen toivossa kaavailtiin paikallisverkkoa Hämeenlinnan ja ympäristökuntien lukioista.

**OMAN VERKON LUOMISEKSI** soittelin eri lukioiden fysiikan opettajille pyytäen päästä fysiikan tunnille esittelemään CERNiä ja puhumaan erilaisesta fysiikan kurssista matkoineen. Innostuneita kollegoja ja opiskelijoita ilmaantui ja viiden lukion verkkona haimme mukaan juuri perustettuun valtakunnalliseen verkkoon.

Alkuinnostuksen hävittyä Kaurialan lukion vetämään projektiin sitoutuivat Hämeenlinnan Lyseon lukio ja Tervakosken lukio ja niiden fysiikan lehtorit Pirkko Mannisto ja Esa Rintakumpu. Opiskelijoita oli mukana 16, joista viisi tyttöä sekä ulkojäsenenä Kaurialan lukion matematiikan lehtori ja Hämeenlinnan Yhteiskoulun fysiikan opettaja. Vetovastuu oli Kaurialan lukiolla ja sain palkan fysiikan kurssista, Esa Rintakumpu sai korvausta muutaman tunnin verran ja Pirkko Mannisto oli mukana palkatta, vain matkakorvausta saaden.

Opettajayhteistyö oli loistavaa ja avartavaa muutenkin kuin hiukkasfysiikan sektorilla. Pirkko Manniston kanssa minulla oli takana 16 erinomaista yhteistä kouluvuotta ja opettajauraa aloittavasta Esa Rintakummusta tuli innostunut projektilainen ja myös ystävä. Puhelimien ja sähköpostin avulla suunniteltiin tulevaa ja informoitiin niin toisiamme kuin opiskelijoitakin.

Kaikki muu paitsi Helsingin tiedematka tehtiin yhdessä, kaikki saivat saman informaation ja valmennuksen. Eri koulujen opiskelijat ryhmäytyivät hyvin monien tapaamisten ansiosta, syntyi uusia ystävyysyhteistyö, Auli Lyseon tyttönä liittyi Kaurialan tyttöjen joukkoon ja Tervakosken Ismo ja Kaurialan Seppo ja Ossi olivat alusta alkaen erottamaton kolmikko.

Koulurajat ylittäen he laativat yhdessä myös tutkielman ja poikien

kertoman mukaan eri kouluissa oleminen ei haitannut yhteistyötä.

**SYKSYLLÄ VARMISTUI** matkajankohdaksi helmikuu, suoraan abiristeilyltä Sveitsiin. Kaikki fysiikan kurssit saataisiin suoritettua ennen matkaa ja hiukkasfysiikkaan ehdittäisiin paneutua kolmen jakson ajan.

Opettajille alkusyksyn päätehtävä oli matkaraajojen kerjääminen. Hankkeemme esittelyä varten laadin CERN-esittelyn ja toisena itse projektiin kuvauksen. Kukin opettaja hyödynsi hakemisissaan oman koulunsa eri tahoja sekä eri kuntien yrityksiä ja yhdistyksiä. Itse yritin mahdollisuuksien mukaan käydä henkilökohtaisesti esittelemässä hankettamme tai sitten puhelinkeskustelun jälkeen postitin materiaalia.

Raha-avustuksia saimme monilta eri tahoilta, yhtenä syynä siihen lienee ollut projektin uutuusarvo. Toisena syynä pitäisin monen koulun osallistumista, jolloin koulujen välinen kilpailutilanne hävisi. Samat syyt vaikuttivat projektin lehdistösä ja radiossa saamaan mielenkiintoon.

Raha-avustuksista kiittäminen tehtiin CERN-postikortein ja syksyllä 2003 sain tilaisuuden kiittää radio-ohjelmassa.

**SYYSKUUSSA ALOITIMME** iltapalaverien pitämisen; työparit saivat tutkielmien aiheet, tietoa lähteistä ja senhetkistä tietoa matkojen järjestelyistä. Tervakoskelaisten takia tapaamiset järjestettiin iltaisin, eikä esimerkiksi heti koulun jälkeen. Palaverien piristykseksi oli tarjolla kahvia ja ”Sirkun iltayö-leipomon” valmistamia aina samoja ompuviinereitä.

Yhteisen ajan löytäminen ei aina ollut helppoa ja osallistuminen vaati opiskelijoilta luopumisia harrastuksista ja sovittelevia mahdollisissa työpaikassa. Tervakosken ja Hämeenlinnan väli taittui moottoritietä noin puolessa tunnissa yhdellä autolla, eikä sitä pidetty haittana tai rasitteena.

Pitkämatalaisia olivat myös Hauhon ja Hattulan puolella asuvat pojat.

**KAURIALAN LUKION** fysiikasta, kemiasta ja tekniikasta kiinnostuneiden opiskelijoiden kanssa on perinteisesti käyty tutustumassa Helsingin yliopiston fysiikan ja kemian laitoksiin sekä TTK:

hon. Keväällä 2002 Helsinkiin tehdylle tiedematkalla CERNistä alustavasti kiinnostuneet kävivät tutustumassa kiihdytinlaboratorioon. Syksyllä kaikki projektillaiset tutustuivat Jyväskylän kiihdytinlaboratorioon luentoineen. Matkakulujen minimoimiseksi iso bussi täyttyi kemian ja biologian jatko-opinnoista kiinnostuneista Kaurialan opiskelijoista.

**TUTKIELMIEN VAUHDITTAMISEKSI** oli joululoman jälkeisen palaverin aiheeksi sovittu oman työn senhetkisen tiedon esittely. Aikaansaannokset siinä vaiheessa olivat varsin vaihtelevia. Tutkielmien tuli olla valmiit ennen CERNin matkaa, koska abeilla alkoi lukuloma ja tentteihin, yo-kirjoituksiin ja pääsykokeisiin lukemisen tiedettiin vievän kaiken ajan.

Tutkielmat valmistuivat ajallaan, ne monistettiin ja kansitettiin sekä niitä esiteltiin lauantaina 25.1.2003 pidetyssä tilaisuudessa, joka videoitiin. Paikalla oli lehtiväkeä, vanhempia, nuorten ystäviä, ex-fysiikan lehtoreita ja matematiikan ja kemian lehtoreita eri kouluista, lähes 50 henkilöä. Työparit esittelivät tutkielmansa kokonaisuudessaan, jonka takia tilaisuus venyi ehdottomasti liian pitkäksi, se kesti noin 4 tuntia kahvitaukoineen.

Tulevaisuudessa olemme viisaampia.

Ennen matkaa oli myös yhteistilaisuus vanhempien kanssa. Kotijoukoillekin valotettiin mikä CERN on ja kerrottiin omista matkajärjestelyistä, asumisesta ja CERNin tiedekoulusta.

Opiskelijat allekirjoittivat järjestysäännot ja vanhemmat sitoumuksen kustannusvastuusta, jos opiskelija ei noudata järjestysääntöjä. Opettajalle tämä tilaisuus oli ehdottomasti palkitsevin. Kuulijakunta oli mitä innostunein ja vanhemmilta saatu kiitos tuntui aidolta ja korvasi esimerkiksi ne monet myöhäiset tunnint, jolloin leivoivat useita satoja viinereitä tai juoksin katuja kansio kainalossa rahoja kerjäämässä.

**CERNISSÄ KAIKKI** järjestelyt olivat tip-top, kiitos Riitta Rinta-Filppulan, joka oli järjestänyt meille tiukan ja loistavan ohjelman ja Tuija Karppiselle, joka oli hoitanut erilaiset varaukset.

Koska palaverissa olimme katselleet myös webuniversityn suomalaislentojen



nauhoitteet ja opiskelijoille oli monistettu opiskeltaviksi niihin liittyvät luentokalvot, kannusti Riitta Rinta-Filppula ja rohkaisi Esa Rintakumpu meitä valitsemaan tiedekoulun vaikeamman tason, ns. tiedekeskustelun. Keskustelua ylläpiti 7-8 oppilaan asioihin hyvin perehtynyt joukko.

Opiskelijat itse olivat palautteissaan tyytyväisiä valintaan ja olisivat toivoneet pidempään keskusteluaikaa, kun niin paljon laadittuja kysymyksiä jäi esittämättä ja vastausta vaille.

Samoin monet yllättyivät englanniksi pidetyistä luennoista. Niitähän ymmärrettiin ja niitähän olisi voinut olla enemmänkin.

**YO-KIRJOITUSTEN** lähenemisuhka teki matkastamme mahdollisimman lyhyen. Luentopäivät olivat pitkiä, YK ja Punaisen Ristin museo olivat jo suljettuja vapaa-aikanamme. Vapaapäiviä oli vain yksi, sen vietimme Chamonix 'ssa.

Vaan ne pitkät päivätkin saivat positiivista palautetta, olivathan luennot ja niitä katkovat laboratoriotutustumiset niin mielenkiintoisia. Oppilaiden palaute projektista opettajille tuli bussin tuodessa väsyneitä matkaajia pimeässä pakkasyössä kohti kotia. Yhdestä suusta toivottiin ”ota meidät tutoreiksi seuraavalle matkalle”. Ja syksyllä koimme Esa Rintakummun kanssa opettajan onnea ja ylpeyttä oppilaidemme tullessa ainoana palkituiksi tutkielmastaan.

Ainakin yksi CERN-kipinä syttyi, sillä Otaniemeen teknistä fysiikkaa opiskelemaan lähtevä Ismo Kilpelä-

nen kyseli palkintojenjakomatalla, miten haetaan CERNiin kesätöihin.

**KUN KORJASIN TUTKIELMIA,** huomasi tietoni hiukkasfysiikan lääketieteellisistä sovelluksista vajavaisiksi. Pyysin apua Kanta-Hämeen keskussairaalan sairaalafysikko Keijo Saalilta.

Siitä alkoi yhteistyö, jonka puitteissa viime syksynä modernin fysiikan kursseilla kaksi ryhmää oli Keijo Saalin opastuksella tutustumassa sairaalan laitteisiin. Seuraavan CERN-projektin yhteydessä jatkamme ja laajennamme pienryhminä tätä erinomaista yhteistyötä.

Kevään aikana työstin Hämeenlinnan Mediakeskuksessa kertyneestä videomateriaalista kouluille nauhoja, keräilin osallistujilta digivalokuvat ja poltin valokuvamuistoja kaikille.

Opettaja, joka luuli pärjäävänsä eläkeikään Wordillä ja arvosteluohjelmalla, joutui oppimaan CERN-projektia vetäessään monenlaista tietotekniikan saralta. Kiitos siitä koulumme atk-vastaavalle, Sari Heikkilälle, joka oli kärsivällinen opettaja ja auttaja.

Kukin koulu laati itsenäisesti kotisivuja, piti salitapahtuman oman koulun välle ja pystytti CERN-aiheisia näyttelyitä. Lisäksi opiskelijat kirjoittivat juttujavuosi kertomuksiin.

Opiskelijat saivat projektista fysiikan kurssin suoritusmerkinnällä sekä erillisen todistuksen, johon saimme vinkin Riitta Rinta-Filppulalta. Pisteenä

projektilla oli vielä yhteistapaaminen toukokuun lopulla 2003: muisteltiin, katseltiin valokuvia ja vaihteeksi menttiin yhdessä syömään kebabit.

**NYT KEVÄÄLLÄ 2004** aloitimme uuden projektin jonkinmoisen CERN-kuumeen ravistellessa pientä Hämeenlinnaa. Uutena paikallisverkkoon tuli mukaan Hämeenlinnan Yhteiskoulun lukio.

Neljältä lukiosta mukaan haluavia opiskelijoita ja opettajia oli 46, joten rajua karsintaa jouduttiin tekemään. Fysiikan opettajina mukana ovat Esa Rintakumpu ja kirjoittaja, joten tiedossa on taas mukavaa yhteistyötä.

Uusia kuviota projektissamme ovat nyt käynnissä oleva CERN-turistiranskaa -kurssi ja mediakursseista syksyksi suunnittelema CERN 50v. -aukeama Hämeen Sanomiin. Kaurialan ja Tervakosken rehtorien juuri vierailtua CERNissä uskomme projektillamme olevan myös tulevaisuutta.

Kun nyt keväällä kyselin opiskelijoilta, valitaanko tavallinen vai vaikeampi taso ensi syksynä CERNin tiedekoulussa, Kaurialan tiedettytöjen ja -poikien suista kuului innostuneita huudahduksia: ”Se vaikeampi tietysti, halutaan oppia niin paljon kuin mahdollista ja mitä enemmän asiaa, sitä parempi.” Näin suvivirttä odotellessa se oli upeinta kevätfanfaaria vanhan fyysikkotäidin korville.

**Sirkku Haapala**

Matematiikan ja fysiikan lehtori  
Kaurialan lukio, Hämeenlinna

## TERVAKOSKELAISET VERKOSSA

**T**ervakosken lukiolle yhteistyö Hämeenlinnan lukioiden kanssa on ollut erittäin antoisaa. Verkottuminen suurempien

lukioiden kanssa mahdollisti Tervakosken lukion osallistumisen CERN-projektiin, joka muuten olisi ollut täysin mahdoton meidän lukiollemme (noin 90 opiskelijaa).

Hämeenlinnan ja Tervakosken läheisyys helpotti yhteydenpitoa projektin aikana. Kuljetukset illalla Hämeenlinnaan yhteistapaamisiin oli helppo järjestää, koska Tervakoskelta oli projektissa mukana vain 2 oppilasta ja opettaja. Sähköposti ja puhelin olivat korvaamattomat apuvälineet pidettäessä yhteyttä puolin ja toisin. Rahan keruussakin kannoimme oman pienen kortemme kekkoon. Myös yhteydet paikallisiin

lehtiin hoitui Tervakosken oman porukan voimin, joten projekti sai näkyvyyttä myös Hämeenlinnan lehtien ulkopuolella.

**ITSELLENI TÄMÄ PROJEKTI** oli ainutlaatuinen mahdollisuus, olinhan vasta toista vuotta opettajana ja ensimmäistä vuotta Tervakosken lukion opettajana.

Projektin aikana sain tutustua lähiseudun kollegoihin sekä vaihtaa ajatuksia jo pitempään opettajana olleiden kanssa. Erityisesti useat keskustelut fysiikasta ja opettamisesta Sirkku Haapalan kanssa tukivat opettajan urani ensimmäisiä askeleita. Myös tietojeni syventäminen hiukkasfysiikasta oli tervetullutta, varsinkin kun minulla oli aiheeseen kiinnostusta jo ennestään.

Oppilaillemme tämä kurssi toi lisäpuhtia

fysiikan opiskeluun. Hiukkasfysiikan saloihin perehtyminen loi uusia näkökulmia fysiikkaan ja sen tutkimukseen sekä innosti jatko-opintoihin lukion jälkeen.

**TULEVANA SYKSYNÄ** Tervakosken lukiosta on lähdössä kolme innokasta opiskelijaa projektiin mukaan ja minun lisäksi ns. ulkojäsenenä toinen matemaattisten aineiden lehtorimme.

Tervakosken lukio on siis jälleen vahvasti mukana CERN-projektissa verkottuneena Hämeenlinnan lukioiden kanssa.

**Esa Rintakumpu**

Matematiikan ja fysiikan lehtori  
Tervakosken lukio

Studieresa till CERN

## TANKAR OCH REFLEXIONER

**E**lever och lärare från finländska gymnasier har möjlighet att besöka CERN. Detta har pågått sedan år 2000.

Drivkraften och skaparen av projekt är projektchef Riitta Rinta-Filppula. Hon har energiskt utvecklat en välfungerande lägerskola, som kunskapsmässigt är på en hög nivå. På hemmaplan koordineras skolnätet av eldsjälarna Helinä Patana och Tiina Suhonen fysiklektorer från Jyväskylä. Utbildningsstyrelsen stöder ekonomiskt verksamheten.

I kursplanen för mina ämnen står det bland annat att ”eleven skall tillägna sig kunskap om den moderna fysikens utveckling”.

Det är viktigt att inte undervisningen, på grund av lärarnas bristande kunskaper i modern fysik, inskränker sig enbart till namn på personer som fått satser eller principer uppkallade efter sig, utan handlar om de nyaste forskningarna som är på gång.

Avsikten med studiebesöket är att ge eleverna intressanta och digra kunskaper i modern fysik, som ännu är en ung del av fysiken.

**FÖRSTA VECKAN** i juni 2003 var jag

på lärarfortbildning i CERN tillsammans med 12 andra lärare från Finland. Det var den mest intensiva och arbetsamma ”kurs” vi varit med om. Vi arbetade från tidigt på morgonen och till sent på kvällen. På CERNs uteservering gick diskussionerna vidare på matpausena, ja vi diskuterade fysik som aldrig förr ibland långt in på natten. Sommarhelan kunde inte hindra att Riittas iver och engagemang smittade av sig på oss.

Jag rekommenderar denna kurs å det varmaste. Den gav mig tillräckligt med kunskap och mod att undervisa i modern fysik. Det var för mig ett sant nöje att förbereda mina elever inför lägerskolan på hösten och elevernas spontana kommentarer och ”lusten att lära” den var äkta.

**I DECEMBER 2003** besökte vi en grupp abiturienter och jag från Topeliusgymnasiet CERN tillsammans med elever och lärare från Kupittaa lukio i Åbo.

Dessutom besökte också en abiturient från vår skola CERN tillsammans med TekNatur gruppen i november.

Studieresan har ingått i den tillämpade kursen ”Kvantfysik”.

Denna kurs är en fortsättningskurs på den fördjupade kursen i modern fysik.

Eleverna fördjupade sig i bl.a. standardmodellen, antimateria, detektorer och supraledning. Som kunskapskälla hade vi bl.a. CERNs hemsida, med föreläsningar och publikationer.

I september arrangerades ett planeringsseminarium i Jyväskylä för alla lärare som är med i nätverket. Programmet bestod av föreläsningar av bl.a. prof. Jukka Maalampi och projektchef Riitta Rinta-Filppula samt praktiska arrangemang kring resan till CERN.

Partnerskolorna gjorde upp egna samarbetsprogram.

Eleverna hade före resan kontakt med varandra via e-post kring gemensamma teman i fysik. Dessutom visade det sig att tvåspråkigheten blev en lyckad satsning. Såväl skriftligt som muntligt fanns det inga barriärer. Många nya vänner hittades.

**I CERN FÖLJDE** vi det program som uppgjorts för lägerskolor. Intensiva dagar med föreläsningar och exkursioner. Vi fick besöka CMS-detektorn (Compact Muon Solenoid), som är 15 meter i diameter och 21,5 meter lång. Vikten är imponerande 12500 ton. Detektorn skall senare hissas 100 meter ner i marken. Det är 31 nationer, 150 institutioner och 1870 forskare som arbetar med denna detektor. Tyvärr var det inte tillåtet av säkerhetsskäl att åka ner i själva acceleratortunneln på grund av byggnadsarbete. Man höll på att riva ut allt för att få plats att bygga upp LHC senare.

En annan accelerator vi fick stifta bekantskap med var AD, Anti proton Deccelatorn. Det är där man tillverkar antipartiklar och antimateria.

I Microcosm, ett science center av CERN i miniatyr, var det lärorikt att se allt samlat på ett ställe. Där blev många obesvarade frågor och dunkla sanningar klarlagda.

Imponerande var också att få höra om World Wide Webs tillblivelse samt det nya World Wide Grid nätet.

**PÅ FRITIDEN HANN** vi med ett besök på Röda korsets museum och FNs högkvarter i Geneve. En tur över till Frankrike och handla mat för mor-



Elever och lärare i Topeliusgymnasiet förbereder sig för lägerskolan i CERN.



Elever från Topeliusgymnasiet och Kupittaa lukio.

gon- och kvällsmål gjorde vi också. Sent skall vi glömma självständighetsdagen år 2003 då vi intog äkta schweizisk fondu på en restaurang i Geneve och sjöng vår nationalsång unisont på två språk och fick rungande applåder av en grupp japaner.

**FÖR 12 ÅR SEDAN** var jag i Norge på en fysikkurs. Där berättade en lärare att han reser med elever till CERN. Ett hopp tändes inom mig, men föga anade jag då att min dröm skulle förverkligas att få fara tillsammans med elever till partiklarnas Mekka.

Fastän studieresan är förbi fortsätter kontakterna mellan skolorna. Detta är ett ypperligt sätt att öka intresset för fysik och samarbetet skolor emellan.

**Kerstin Karlström**  
Lektor i fysik och matematik  
Topeliusgymnasiet, Nykarleby  
kerstin.karlstrom@nykarleby.fi

## CERN-VERKOSTON YHTEISTYÖTAHOT

Kiitokset CERNin ja HIP:n tutkijoille sekä Jyväskylän yliopiston fysiikan laitokselle!

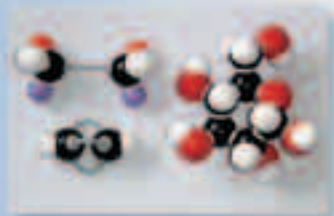
CERN  
Environics, Mikkeli  
Espoon Teknillinen Korkeakoulu  
Helsingin yliopiston Kumpulan kiihdytinlaboratorio  
Helsinki Institute of Physics  
Jyväskylän yliopisto, Fysiikan laitos  
Jyväskylän yliopisto, Kiihdytinlaboratorio  
Kajaanin Ammattikorkeakoulu  
Kanta-Hämeen keskussairaala

Kemppi Oy, Lahti  
Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu  
Kumpulan Kiihdytinlaboratorio  
Lyceé Elie Cartan la Tour du Pin Ranska  
MAOL ry  
Oulun ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Raahan tietokonetekniikan ja liiketalouden yksikkö  
Oulun yliopisto, Fysikaalisten tieteiden laitos

Pyhäjoen yläaste  
SMFL  
Sodankylän Geofysikaalinen observatorio  
Savcor, Mikkeli  
Säteilyturvakeskus  
Tampereen Teknillinen Yliopisto  
Tampereen Yliopiston opettajankoulutuslaitos  
URSA  
Ylöjärven Puolustusvoimien tutkimuskeskus

# MFKA onnittelee 50 v. CERNiä

Hanki meiltä välineet kokeelliseen opetukseen



NTL **InnoSYSTEM**



**MFKA** TUKEE JA PALVELEE

MFKA-Kustannus Oy p. (09) 1502 378 • mfka@maol.fi • www.maol.fi/mfka