

## FYSIKAALISET TIETEET

### Fysiikan laitos

Physicum (Kumpulan kampus)  
 PL 64 (Gustaf Hällströmin katu 2a)  
 00014 Helsingin yliopisto  
 Puhelinnumero 1911 (vaihe),  
 ohivalinta 191 50600  
 Avoinna lukukausien aikana ma–to  
 7.45–19.00, pe 7.45–18.00  
 Johtaja prof. **Juhani Keinonen**  
 Toimisto II krs, avoinna ma–pe 9–15

Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelman pääaineet ovat **fysiikka, geofysiikka, meteorologia, teoreettinen fysiikka ja tähtitiede**. Pääaineen voi valita vapaasti. Fysikaalisten tieteiden koulutusohjelmasta voi valmistua myös fysiikan opettajaksi. Opettajankoulutukseen hakeudutaan soveltuvuuskokeen kautta.

Jokaisella oppiaineella on oma kotisivunsa, jolta löytyy kattavampi ja yksityiskohtaisempi kuvaus oppiaineesta ja sen opinnoista. Oppiaineiden kotisivut ovat:

**Fysiikka:** <http://www.physics.helsinki.fi/oppiaineet/fysiikka.html>

**Teoreettinen fysiikka:**  
<http://www.physics.helsinki.fi/oppiaineet/teoreettinen.html>

**Geofysiikka:**  
<http://www.physics.helsinki.fi/oppiaineet/geofysiikka.html>

**Tähtitiede:**  
<http://www.physics.helsinki.fi/oppiaineet/tahtitiede.html>

**Meteorologia:**  
<http://www.physics.helsinki.fi/oppiaineet/meteorologia.html>

Kurssien tiedot, luentojen ajankohdat ja paikat sekä kurssi-ilmoittautuminen ovat WebOodissa. Opetusohjelma julkaistaan lukuvoositain WebOodissa ja oppiaineiden kotisivuilla.

### Oppiaineet tieteenaloina

**Fysiikka** empiirisenä tieteenä nojautuu kokeellisen tutkimuksen tuottamaan havaintoaineistoon. Fysiikka on keskeisessä asemassa nykyisessä luonnontieteellisessä tutkimuksessa sekä yhteiskunnan teknisessä ja teknologisessa kehityksessä. Fysiikan pääteoriat, klassinen mekaniikka ja elektrodynamiikka, termodynamiikka, tilastollinen mekaniikka, kvanttimekaniikka ja suhteellisuusteoria ovat ratkaisevasti vaikuttaneet käsitykseemme maailmankaikkeutta hallitsevien lakien ja säännönmukaisuuksien luonteesta.

Fysiikan merkitys sen lähialoilla kuten esim. energiatekniikassa ja ympäristö- ja biotieteissä on voimakkaasti kasvanut viime vuosikymmenen aikana. Uusi teknologia – mm. elektroniikka, ftoniikka ja nanoteknologia – nojautuu oleellisesti fysiikan tutkimukseen ja hyödyntää fysikaalista tietoa luonnon perusilmiöistä. Fyysikon koulutuksen saanut henkilö on asiantuntija, joka omalla alallaan itsenäisesti kehittää ja käyttää uutta fysiikan tietoa. Fyysikko toimii tyypillisesti alan tutkimus- ja opetustehtävissä. Valmistuneet fyysikot ovat sijoittuneet hyvin työmarkkinoille.

**Teoreettinen fysiikka** järjestää ja rakenteistaa fysiikan tutkimuksen tuottamaa empiiristä materiaalia siten, että sen sisäinen rakenne ja mahdollinen yleispätevä merkitys käyvät ymmärrettäviksi yksinkertaisten ajatusmallien avulla. Toisaalta historiallinen kokemus osoittaa, että syvällisimmillä teoreettisen fysiikan kehitysaskelilla on ollut paitsi tietoa systematisoiva merkitys, myös ratkaiseva suuntaa antava vaikutus tieteen ja maailmankuvan kehitykselle sekä käytännön sovellutuksille.

Teoreettisen fysiikan antama perusteellinen menetelmä- ja mallinnuskoulutus on hyödyllinen monissa tutkimus- ja kehittäelytehtävissä lähitieteiden aloilla, teollisuudessa, sairaaloissa ja julkishallinnon alueilla. Sijoi-

*fysikaaliset tieteet*

tumismahdollisuuksien kannalta tutkimoon liittyvillä sivuaineopinnoilla on suuri merkitys. Sivuaineiden valintaan ja opiskelun suunnitteluun on syytä kiinnittää erityistä huomiota.

**Geofysiikka** tutkii kiinteän maan, vesivai-pan, ilmakehän, lähiavaruuden ja aurinkokunnan fysikaalisia ilmiöitä. Geofysikot toimivat alan tutkimus- ja opetustöissä, alue- ja yhdyskuntasuunnittelun parissa, ympäristöhallinnon tehtävissä sekä kansainvälisissä tehtävissä. Geofysiikka liittyy läheisesti useisiin laajoihin luonnontieteellisiin tutkimussuuntiin. Tällaisia ovat ympäristöntutkimus ja -suojelu, luonnonvarojen hyödyntäminen, ilmastomuutosten vaikutukset, napa-alueet, maapallon geologinen kehitys, aurinkokunnan muut kappaleet sekä luonnononnettomuudet ja luonnonkatastrofit.

Suurin osa valmistuneista työskentelee alan tutkimuslaitoksissa ja yrityksissä kotimaassa sekä ulkomailla. Ympäristöalan osaajina geofysikoiden työmarkkinat ovat hyvät.

**Tähtitieteen** tutkimuskenttänä ovat aurinkokunnan kappaleet, aurinko, tähdet, tähtijärjestelmät, tähtienvälinen aine, galaksit ja maailmankaikkeuden rakenne. Tähtitiede tutkii aineen olo- ja liikemuotoja alkeishiukasten tasolta aina galaksien muodostamiin järjestelmiin asti. Tähtitieteen merkitys osana fysikaalista perustutkimusta on jatkuvasti kasvanut. Tämä johtuu siitä, että avaruudessa ja taivaankappaleissa esiintyy mitä erilaisimpia olosuhteita: äärimmäisen suur-ria ja pieniä lämpötiloja ja tiheyksiä, voimakkaita magneettikenttiä ja suuria energioita. Taivaankappaleiden tutkiminen tarjoaa näin luonnollisen kosmisen laboratorion monien fysikaalisten ilmiöiden testaamiselle ja täysin uusien teorioiden kehittämiseksi.

Tähtitieteilijä toimii tyypillisesti oman alansa tutkimus- ja opetustehtävissä. Euroopan avaruusjärjestön (ESA) jäsenyyden myötä myös teknistä kehitystyötä sisältävät avaruustutkimusprojektit tarjoavat työtilaisuuksia. Suomi liittyi vuonna 2004 Euroopan Eteläisen Observatorion (ESO) jäseneksi, minkä ansiosta myös suomalaiset tähtitieteilijät voivat sijoittua järjestön palvelukseen Eurooppaan tai ESO:n Chilessä sijait-

seviin observatorioihin. Tähtitieteilijä voi myös työllistyä lähitieteiden tutkimuslaitoksiin sekä korkean teknologian yrityksiin. Valmistuneet tähtitieteilijät ovat sijoittuneet hyvin työmarkkinoille.

**Meteorologia** tutkii maapallon ilmakehää. Liikemuotojen koko ilmakehässä vaihtelee valtavista, maapallon ympäri kiertävistä ilmapirtauksista pienen pieniin paikallisiin pyörteisiin. Ilmakehän liikkeisiin kytkeytyvät monet elämäämme säätelevät ilmiöt, kuten maapallon lämpötila- ja tuuliolosuhteet ja veden ja eri aineiden kiertokulut. Meteorologia on oppiaine, jossa teorian soveltuvuutta käytäntöön voi tutkia päivittäin seuraamalla ilmakehän käyttäytymistä.

Sääennusteiden laatiminen käytännön elämän tarpeita varten on meteorologian näkyvin mutta ei lähimainkaan ainoa sovellus. Mm. kasvihuoneilmion voimistuminen ja otsonikerroksen oheneminen ovat maailmanlaajuisia ympäristöongelmia, joita ratkottaessa meteorologian osa on keskeinen. Meteorologista asiantuntemusta sekä meteorologian ja muiden alojen välistä yhteistyötä tarvitaan mm. meri-, maa- ja ilmaliiikenteessä, maa- ja metsätaloudessa, ympäristönsuojelussa, teollisuudessa, kehitysaputehtävissä, yhdyskuntasuunnittelussa, maanpuolustuksessa ja mittaustekniikan kehittämisessä.

Tärkein meteorologian työllistäjä on Ilmatieteen laitos. Jatkossa meteorologeja sijoitunee enemmän tutkimus- ja kehitystehtäviin kuin sääennustustyöhön. Meteorologeja toimii myös mm. yksityisissä sääalan yrityksissä (Foreca), tiedotusvälineissä, kansainvälisissä tehtävissä ja Vaisala Oy:n palveluksessa.

**Tutkinnot**

Kaikkissa oppiaineissa voidaan suorittaa perustutkintoina Luonnontieteiden kandidaatin ja Filosofian maisterin tutkinnot. Jatko-utkintoina voidaan suorittaa Filosofian lisensiaatin ja Filosofian tohtorin tutkinnot.

Luonnontieteiden kandidaatin (LuK) tutkinnon laajuus on 180 op ja sen voi päätoimisesti opiskellen suorittaa kolmessa vuodessa. Luonnontieteiden kandidaatin tutkintoon

kuuluu LuK-tutkielma ja siihen liittyvä kirjallinen kypsyysnäyte.

Filosofian maisterin tutkinto (120 op) on suunniteltu toteutettavaksi kahdessa vuodessa. Edellytyksenä maisterin tutkintoon tähtäävien opintojen aloittamiselle on Luonnontieteiden kandidaatin tutkinto. Maisterin tutkintoon kuuluvat pakollisten pääaineopintojen lisäksi erikoistumislinjan opinnot, pro gradu -tutkielma ja siihen liittyvä kirjallinen kypsyysnäyte. Pro gradu -tutkielman kokonaislaajuus on 40 op. Matemaattisluonnontieteellisen tiedekunnan tutkintoesäännön mukaisesti.

Luonnontieteiden kandidaatin ja Filosofian maisterin tutkinnot muodostavat omat kokonaisuutensa. Maisterin tutkintoon kuuluvien opintojen aloittaminen edellyttää kandidaatin tutkinnon suorittamista. Tästä voidaan poiketa laitoksen määräämällä tavalla tapauksissa, joissa opintojen jatkaminen muuten tarpeettomasti viivästyisi.

### Yleiset opinto-ohjeet

Fysikaalisten tieteiden opinnot ovat luonteeltaan kumulatiivisia. Edistyneemmät ja kattavammat tietorakenteet perustuvat aiemmin opitun perustalle. Perusopinnot antavat tarvittavat perustiedot. Opetusta annetaan luentojen, laskuharjoitusten, laboratorio- ja kenttäkurssien muodossa.

Perusopinnoista seuraavissa aineopinnoissa saavutat perustiedot omassa oppiaineessasi. Tässä opintojen vaiheessa saat myös ensimmäisen kosketuksen syventäviin opintoihin ja erikoistumisaloihin.

Perus- ja aineopinnot suoritettuasi hallitset oppiaineesi perusteoriat ja keskeisimmät tutkimus- ja mallinnusmenetelmät. Syventävissä opinnoissa perehdyt valitsemaasi erikoistumisalaan syvällisemmin ja opit oman erikoistumisalasi ilmiöiden edistyneemmän teorian ja alan vaatimat tutkimusmenetelmät. Syventävien opintojen ensimmäiset kurssit, A-kurssit, sisältävät alan edellyttämät keskeisimmät opinnot. B- ja C-kurssit ovat luonteeltaan pidemmälle meneviä erikoistavia opintoja. Syventävät opinnot suoritettuasi olet saavuttanut valitsemaasi erikoistumisalan asiantuntijuuden.

**Luennoilla** käyminen on tehokas opiskelumuoto silloin, kun luentoaikea käytetään asian aktiiviseen seuraamiseen. Useat kurssit seuraavat jotakin oppikirjaa tai luentomonistetta. Tällöin on suositeltavaa tutustua kunkin luennon aihepiiriin etukäteen ja itse luennoilla keskittyä asian ymmärtämiseen tehden vain välttämättömät lisämuistiinpanot. Epäselväksi jääneestä asiasta kannattaa heti pyytää luennoitsijalta lisäselvitys. Opiskelijoiden aktiivinen osallistuminen hyödyttää myös luennoitsijaa, joka voi sovitaa esityksensä paremmin vastaamaan kuulijoiden taustatietoja.

Lähdekirjallisuutta on syytä opetella käyttämään hyväkseen kurssilla esitetyn asian ymmärtämisen tueksi ja laskutehtävien ratkaisemiseksi. Suuri osa kirjallisuudesta on englanninkielistä, joten englanninkielisen ammattitekstin sujuva lukeminen on välttämätön taito, jonka saavuttamiseksi olisi alettava työskennellä mahdollisimman varhain.

**Laskuharjoitukset** ovat olennainen osa luentokurssia. Laskuharjoituksissa opit rakentamaan ja ratkaisemaan matemaattisia, numeerisia ja tilastollisia malleja. Niissä osoitetusta aktiivisuudesta annetaan yleensä hyvitystä kurssin arvosanaa määrättäessä.

**Laboratoriotöissä** perehdyt monipuolisesti mittaus- ja tietotekniikkaan. Laboratorio- ja mittausmenetelmäkursseja on opintojen eri vaiheessa, jolloin kokeellisten tutkimusmenetelmien taidot syvenevät ja laajenevat opintojen edetessä.

**Loppukokeiden** tehtävät laaditaan kurssin oppikirjojen mukaan. Loppukokeita on mahdollista suorittaa myös laitostenteissä, joita järjestetään laitoksen verkkosivuilla erikseen ilmoitetun aikataulun mukaan. Perus- ja aineopintokurssien loppukokeisiin osallistuminen edellyttää tavallisesti kurssin loppumerkintää. Tarkemmat ohjeet **arvosanojen määräytymisestä ja loppukokeiden järjestämisestä** julkaistaan laitoksen verkkosivuilla.

**Työelämään orientointi** antaa tietoa fysikaalisten tieteiden pääaineista ja niiden erikoistumislinjoista sekä valmistuneiden si-

*fysikaaliset tieteet*

joittumisesta työmarkkinoille. Fysikaalisten tieteiden esittelyssä on mukana laitoksessa ja laitoksen ulkopuolella työskenteleviä asiantuntijoita kertomassa oman alansa erityispiirteistä.

**Tieto- ja viestintätekniikan (TVT)** opinnot antavat perusvalmiudet tehokkaaseen opiskeluun yliopistossa. Pääaineesta riippuen opintojen sisältö vaihtelee.

**Harjoittelu** sisältyy Filosofian maisterin tutkinnon opintoihin. Pääaineesta ja erikoistumislinjasta riippuen sen toteutustapa vaihtelee. Suorituksesta sovitaan HOPS:n teon yhteydessä.

Luonnontieteen kandidaatin tutkintoon kuuluu kandidaatintutkielma, Filosofian maisterin tutkintoon Pro gradu -tutkielma.

**Kandidaatintutkielma** on suppea (6 op) ja sen ohjaa joku oppiaineen yliopistonlehtori, jonka kanssa sovitaan myös tutkielman aiheesta. Kandidaatintutkielma ja siihen liittyvä kypsyysnäyte kirjoitetaan, kun suurin osa aineopinnoista on suoritettu.

**Pro gradu -tutkielma** on laaja (40 op). Sen aiheesta ja ohjauksesta on sovittava pääaineen tai erikoistumislinjan professorin kanssa. Pro gradu -tutkielmaan kuuluu useimmissa oppiaineissa kirjallisen tutkielman lisäksi laboratoriotyöjakso. Tutkielmaan kuuluva laboratoriotyöjakso suoritetaan tavallisesti osallistumalla jonkin laitoksella toimivan tutkimusryhmän toimintaan. Opiskelijalla on tällöin selvästi osoitettava ja arvioitava itsenäinen osuus. Kirjallisen tutkielman tulee osoittaa valmiutta tieteelliseen ajatteluun, tarvittavien tutkimusmenetelmien hallintaa, perehtyneisyyttä tutkielman aihepiiriin sekä kykyä tieteelliseen viestintään omalla tieteenalalla. Kirjallisen tutkielman kukin opiskelija tekee itsenäisesti.

Pro gradu -tutkielman valmistuttua opiskelijan on kirjoitettava tutkielman aihepiiriin kuuluva kypsyysnäyte, jonka tulee osoittaa perehtyneisyyttä tutkielman aihepiiriin.

Pro gradu -tutkielma arvostellaan käyttämällä asteikkoa: laudatur, eximia cum laude approbatur, magna cum laude approbatur,

cum laude approbatur, non sine laude approbatur, lubenter approbatur, approbatur. Tutkielman arvosana ei vaikuta syventävien opintojen arvosanaan.

**Opintokokonaisuusmerkinnät**

Opintokokonaisuuksien arvosanat perustuvat osasuoritusten arvosanojen opintopistemäärillä painotettuun keskiarvoon, jolloin osasuoritusten asteikko on 1, 2, 3, 4 ja 5. Opintokokonaisuuden arvosanaksi kirjataan saatu keskiarvo kokonaisluvuksi pyöristettynä, mutta rajatapauksissa arvosanaa voidaan harkita opiskelijan suoritusasteikon aikavälin kehityssuunnan perusteella. Minimilajin ylittävien suoritusasteikosta voidaan harkita sen mukaan, miten tärkeitä ne ovat kokonaisuuden kannalta. Suoritukset, joista annetaan vain hyväksymismerkintä, eivät vaikuta arvosanaan. Tarkemmat ohjeet opintokokonaisuusmerkintöjen hakemisesta julkaistaan laitoksen verkkosivuilla.

**Opintojen ohjaus ja henkilökohtainen opintosuunnitelma (HOPS)**

**Jokaiselle** pääaineopiskelijalle osoitetaan HOPS-ohjaaja ensimmäisenä opintovuonna. HOPS-ohjauksen tavoitteena on edistää opintojen sujuvuutta sekä opiskelijoiden ja opettajien välistä vuorovaikutusta. HOPS-ohjaaja auttaa ja neuvoo opiskelijaa opintoihin liittyvissä kysymyksissä ja ongelmisissa. Laitoksen kaikki yliopistonlehtorit toimivat HOPS-ohjaajina ja heidän puoleensa voi kääntyä kaikissa opintoihin liittyvissä kysymyksissä.

**Henkilökohtaisen opintosuunnitelman (HOPS)** tavoitteena on ohjata opiskelija oman opiskelunsa itsenäiseen ja kokonaisvaltaiseen suunnitteluun, hahmottamiseen ja toteuttamiseen. HOPS on akateemiseksi asiantuntijaksi kasvamisen väline, johon sisältyy henkilökohtaisen opintosuunnitelman lisäksi oppimistavoitteet ja jatkuva itsearviointia opiskelun aikana. HOPS tehdään ja sitä seurataan säännöllisesti yhdessä laitoksen henkilökuntaan kuuluvan opettajan kanssa. HOPS on oleellinen osa opintojen suunnittelua ja siinä täsmennetään jokaisen opiskelijan osalta opintojen rakenne, siihen kuuluvat sivuaineet ja erikoistumislinjan

opinnot. HOPS sisältyy sekä Luonnontieteiden kandidaatin että Filosofian maisterin tutkintoon.

### Tutkijankoulutuslinja

Fysiikassa ja teoreettisessa fysiikassa toimii erityinen **tutkijankoulutuslinja**, jonka tarkoituksena on edistää tutkijanuralle aikovien opiskelua ja opintojen ohjausta. Kullekin linjalle valitulle opiskelijalle nimetään opintojen ohjaaja, jonka kanssa tehdään ensin perustutkintoon tähtäävien opintojen suunnitelma. Linjan lopullisena päämääränä on tohtorin tutkinnon suorittaminen. Linjalle valitaan vuosittain korkeintaan 20 uutta opiskelijaa. Tarkemmat yksityiskohdat tutkijankoulutuslinjasta selviävät lukukauden alkaessa.

### Jatkotutkinnot

Ks. oppaan kohtaa ”Fysiikan laitoksen jatko-opetus”, s. 121.

### Harjoittelupaikat

Laitos järjestää tiedekunnan osoittaman kiintiön puitteissa harjoittelupaikkoja pääaineopiskelijoille valtionhallinnossa ja sen ulkopuolella. Harjoittelun avulla tuetaan työelämään siirtymistä ja pyritään ensisijaisesti yliopiston ulkopuolella suoritettavaan harjoitteluun. Harjoittelupaikka voi olla myös ulkomailta. Harjoittelupaikkoja haetaan vuosittain tammikuussa. Tarkempia tietoja harjoittelupaikoista saa laitoksen toimistosta, Physicum, 2. krs.

### Kansainvälinen opiskelijavaihto

Kansainvälisten opintoasioiden yhdyshenkilö: yliopistonlehtori Jouni Niskanen, to 14–15, huone C324, puh. 191 50678, muina aikoina sähköposti: jouni.niskanen@helsinki.fi

Kansainvälisyys on yksi opetusministeriön ja yliopiston korostamista painopistealueista. Opiskelijoiden valmistumisen jälkeiseen työnsaantiin saattaa merkittävästi vaikuttaa ulkomailta opiskelu ja siten saatu kielitaito sekä opintojaksot, joita ehkä ei voi Suomessa suorittaa. Myös tällöin luodut kansainväliset yhteydet ja ystävyyssuhteet rikastuttavat usein elämää vielä seuraavaan sukupolveen. Jo opintojen alussa kannattaa pohtia sopivaa aikaa käyttää hyväk-

seen laitoksen tai koko yliopiston vaihto-opiskelumahdollisuuksia.

Fysiikan opiskelijoilla on mahdollisuus suorittaa perus- tai jatkotutkintoon liittyviä opintoja ulkomaisissa korkeakouluissa yleensä lukukauden tai lukuvuoden ajan. Vaihto-opiskelijaksi pääsee helpoimmin jonkin valmiin kansainvälisen järjestelmän puitteissa, jolloin myös opintosuoritusten hyväksyminen omalla laitoksella on turvattu. ERASMUS -ohjelma on EU:n tukema ja sen sisäinen laitosten tai tiedekuntien kahdenvälisiin sopimuksiin perustuva vaihto-ohjelma, joka on suunnattu niin perustutkinto- kuin jatko-opiskelijoille. NORDPLUS ja NORDLYS mahdollistavat perustutkinto-opiskelijoiden vaihdon pohjoismaisten korkeakoulujen välillä. ISEP (International Student Exchange Program), MAUI ja EAN ovat vastavuoroisia vaihtojärjestelmiä Yhdysvaltojen, Australian ja eräiden muiden kaukomaiden kanssa. Lisäksi Helsingin yliopistolla on näistä riippumattomia kahdenvälisiä sopimuksia. Sopimus pohjaisiin vaihtoihin liittyy yleensä myös stipendi.

Hakuajat yliopiston keskitetysti hallinnoimien ”kaikkien alojen” ISEP-, MAUI-, EAN-vaihtoon sekä yliopiston kahdenvälisiin sopimuksiin perustuvaan vaihtoon ovat useimmat syksyllä ja NORDLYS tammikuussa. Näistä saa tietoa yliopiston Kansainvälisen vaihdon palveluiden Internet-sivuilta (lähtöpaikkana Opintopalvelut ja kansainväliset asiat). Laitoskohtaiset sopimukset mahdollistavat vapaammat hakuajat.

Fysiikan laitoksella on ERASMUS-ohjelman puitteissa suoria vaihtosopimuksia moniin eurooppalaisiin huippuyliopistoihin. Näihin suositellaan hakuajaksi noin puolta vuotta ennen aiottua vaihto-opiskelua, vaikka vapaisiin paikkoihin on mahdollista pyrkiä myöhemminkin. Myös useisiin Pohjoismaiden pääyliopistoihin meiltä on suora yhteys valmiin NORDPLUS-verkon kautta.

Vaihto-ohjelmista saa tarkempaa tietoa laitoksen kansainvälisten opintoasioiden yhdyshenkilöltä, yliopistonlehtori Jouni Niskaselta. Koko yliopistoa koskevista järjestelmistä saa tietoa myös yliopiston neuvontatoimistosta, Fabianinkatu 33.

## fysiikka

CERN:n (yhteiseurooppalainen hiukkasfysiikan tutkimuslaitos) harjoittelupaikoista ks. opinto-oppaan kohtaa Fysiikan tutkimuslaitos. Helsingin yliopisto on apurahoin tukenut myös vaihto-ohjelmien ulkopuolella ulkomaiseen korkeakouluun väliaikaisen opiskeluoikeuden saaneita ns. freemovereita kuten myös kansainväliseen harjoitteluun lähteviä opiskelijoita. Tässäkin tapauksessa laitoksen kv-asioiden yhdyshenkilö voi usein auttaa yhteyden saamisessa haluttuun korkeakouluun tai neuvoa tietolähteille.

Laitos tarvitsee keskitetysti tiedot kaikista vaihto-opiskelijoistaan. Tämän vuoksi sekä turvatakseen ulkomaisten opintosuoritusten hyväksymisen tutkintoon lähtevien vaihto-opiskelijoiden on syytä ottaa yhteys laitoksen kv-yhdyshenkilöön, vaikka he eivät muuten käyttäisikään hänen palvelujaan.

## FYSIIKKA

Fysiikka: <http://physics.helsinki.fi/oppiaineet/fysiikka.html>

Opintoneuvoja: yliopistonlehtori Eero Rauhala, ma 11–12, huone A234, puh. 191 50011, muina aikoina sähköposti: [eero.rauhala@helsinki.fi](mailto:eero.rauhala@helsinki.fi)

Laitoksen JOO-yhdyshenkilö: Ks. Laitoksen kotisivu, JOO-opinnot.

Fysiikan opinnot ja fyysikon koulutus antavat kattavan tiedollisen ja taidollisen pohjan käyttää fysiikan tietoa ja menetelmiä – mm. kokeellisia, laskennallisia ja teoreettisia menetelmiä – perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen eri aloilla. Myös monilla käytännöllisesti suuntautuneilla aloilla – teollisuuden tutkimustehtävissä, terveydenhuollossa, liike-elämän ja hallinnon suunnittelu- ja mallintamistehtävissä - tarvitaan fysiikan opintojen antamaa fysiikan, tekniikan ja laskennallisten menetelmien asiantuntijuutta.

**Fysiikan perusopinnot** antavat kaikilla fysiikan aloilla tarvittavat perustiedot mekaniikasta, sähködynamiikasta sekä aaltojen ja kenttien teoriasta. Laskuharjoituksissa opit rakentamaan ja ratkaisemaan matemaattisia, numeerisia ja tilastollisia malleja. Laboratoriotöissä perehdyt monipuolisesti mitta- ja tietotekniikkaan.

**Aineopinnoissa** saavutat perustiedot suhteellisuusteoriasta, kvantiteoriasta ja termodynamiikasta. Tässä opintojen vaiheessa saat myös ensimmäisen kosketuksen syventävien opintojen erikoistumislinjojen aiheisiin. Kokeellisten tutkimusmenetelmien taitoja syvennetään mittausten menetelmä- ja laboratoriokursseilla. Perus- ja aineopinnot suoritettuasi hallitset fysiikan perusteoria ja keskeisimmät tutkimus- ja mallinnusmenetelmät.

**Syventävissä opinnoissa** perehdyt valitsemaasi erikoistumisalaan syvällisemmin (ks. erikoistumislinjat), ja opit oman erikoistumisalasi ilmiöiden edistyneemmän teorian ja alan vaatimat tutkimusmenetelmät.

## Erikoistumislinjat

Syventävien opintojen alkuvaiheessa fysiikan opiskelija valitsee jonkin laitoksen erikoistumislinjoista, joita ovat: aerosoli- ja ympäristöfysiikka, avaruusfysiikka, biofysiikka ja lääketieteellinen fysiikka, elektroniikka ja teollisuussovellukset, hiukkas- ja ydinfysiikka, laskennallinen fysiikka ja materiaali- ja nanofysiikka. Erikoistumislinjat vastaavat laitoksen tutkimusaloja, ja linjoilla annetaan kultakin alalta tutkimuslähtöistä opetusta, jonka kautta opiskelija syvennyy alan uusimpaan tietoon.

### 1. Aerosoli- ja ympäristöfysiikka

Aerosoli- ja ympäristöfysiikan erikoistumislinjalla opinnot suorittanut opiskelija hallitsee modernin ilmähätätutkimuksen teorian ja menetelmät. Ne liittyvät erityisesti aerosoleihin ja ilmakeiaan sekä ekosysteemien ja ilmakehän vuorovaikutuksiin. Ydinaineksen opinnot antavat kattavat perustiedot sekä valmentavat monipuolisen ympäristömittaustiedon tulkinna. Syventävän aineksen kursseilla opiskelija saavuttaa ydinainesta kattavamman osaamisen aerosoli- ja ympäristöfysiikan teoreettisista perusteista ja mittausten tekemisestä. Erikoistuvan aineksen opinnoissa opiskelija syventää tietojaan mallinnuksessa, kenttä- ja satelliittimittauksissa, erityisteorioissa ja -simulaatiomenetelmissä sekä sovelluksissa.

### 2. Avaruusfysiikka

Avaruusfysiikan opinnot suorittanut opiske-

lija hallitsee tutkimusmenetelmät, joita tarvitaan avaruudessa paikan päällä tehtäviin havaintoihin ja mittauksiin, esimerkiksi aurinkokunnassa tehtäviin satelliittimittauksiin. Pääasiallisia tutkimuskohteita ovat aurinko, aurinkotuuli ja maan sekä muiden planeettojen magnetosfäärit, ionosfäärit ja kaasukehät. Avaruusfysiikan ydinaineuksen opinnot suoritettuaan opiskelija hallitsee avaruusplasmafysiikan teoreettiset perusteet ja sovellukset, joita tarvitaan avaruusfysiikan tutkimuksessa ja siihen liittyvissä asiantuntijatehtävissä. Fysiikan laitos on mukana useissa kansainvälisissä avaruusprojekteissa (mm. ESA:n ja EISCAT:in puitteissa), jotka tarjoavat opiskelijalle kiinnostavia ja haastavia mahdollisuuksia kehittyä alansa asiantuntijana. Säännöllisesti tarjolla olevien avaruusplasmafysiikan ja sen sovellustusten sekä kosmologian kurssien lisäksi kokeellisen avaruusfysiikan opiskelijoille on hyötyä säteilynläimäisiin ja elektroniikkaan liittyvistä kursseista. Sivuaeineopinnoiksi suositellaan tähtitieteen kursseja.

### 3. Biofysiikka ja lääketieteellinen fysiikka

Biofysiikan tutkimuksen kohteena on elävä luonto, sen monimutkaiset rakenteet ja mekanismit. Biofysiikan opinnot harjaannuttavat opiskelijan käyttämään fysiikan, matematiikan ja fysikaalisen kemian tutkimusmenetelmiä biologisten ja biofysikaalisten systeemien tutkimuksessa. Syventävissä opinnoissa opiskelija oppii myös kehittämään menetelmiä uuden tiedon saamiseksi sekä yhdistämään sen biologialle ominaiseen funktionaaliseen kuvaus- ja selittämistapaan. Biofysiikan opinnoissa yhdyntä useita aikanaan erillisiksi miellettyjä aloja, mikä avaa monipuolisia sovellusmahdollisuuksia bio- ja nanotekniikan, informaatioteknologian ja lääketieteen parissa.

Lääketieteellinen fysiikka tutkimusalana ja koulutusalanana on biofysiikkaa lähellä oleva erikoisala, mutta se rajautuu lääketieteellisiin sovelluksiin. Lääketieteellisen fysiikan koulutukseen kuuluu myös sairaalafysiikan erikoistumiskoulutus. Fysiikan peruskoulutuksen jälkeisestä opetuksesta vastaavat lähinnä yliopistollisissa keskussairaaloissa työskentelevät fyysikot. Koulutukseen kuu-

luu erilaisten lääketieteellisten kuvaus- ja hoitomenetelmien opiskelun lisäksi käytännön harjoittelua ja anatomian perusteita. Monipuolisesta numeeristen ja laskennallisten menetelmien osaamisesta on myös hyötyä. Biofysiikan ja lääketieteellisen fysiikan opetus tarjoaa mahdollisuuden perehtyä laajasti ja kattavasti näiden alojen edustamaan poikkiteieteelliseen tieteenalaan. Lääketieteellisen fysiikan opintoihin liittyvä sairaalafysiikan erikoistumiskoulutus on kuvattu erillisessä oppaassa ”Opinto-ohjeet sairaalafysiikoksi aikoville, Report Series in Physics HU-P-A83”, joka on laitoksen kotisivuilla.

### 4. Elektroniikka ja teollisuussovellukset

Elektroniikan ja teollisuussovellusten erikoistumislinjan opinnot suorittanut opiskelija osaa soveltaa fysiikan periaatteita niihin ongelmakokonaisuuksiin, joita kohdataan elektroniikka- ja teknologiateollisuuden tutkimukseen perustuvassa tuotekehityksessä ja mittausteknologisissa kehityshankkeissa. Linjalla voi erikoistua myös ultrasoniikkaan, fotonikkaan ja optisiin mittausten menetelmiin. Teollisuusfysiikan on elektroniikan, optiikan ja tietojenkäsittelyn lisäksi tunnettava myös teollisuus- ja tuotantotalouden perusteita. Opinnot antavat siten valmiudet toimia paitsi tutkijana myös teollisuudessa esiintyvien mitta- ja anturiongelmien ratkaisijana ja tuotekehittäjänä. Fysikaalisten suureiden mittausta varten kehitetyt ilmaisinjärjestelmät ja anturit edellyttävät vankkaa fysikaalista perustietoa. Anturien antamien tulosten keruu ja käsittely vaativat puolestaan elektroniikan, tietojenkäsittelyn ja tilastollisten menetelmien hallintaa. Linjalta valmistuneilla opiskelijoilla on tällä hetkellä erinomaiset työllisyysnäkymät kotimaisessa elektroniikkateollisuudessa.

Erikoistumislinjalle vaadittavilla aineopintojen valinnaisilla kursseilla ja erikoistumislinjan ydinaineuksen kursseilla luodaan perusta suoritua oskilloskoopilla ja signaaligeneraattorilla tehtävistä perusmittauksista ja opitaan analysoimaan elektroniikkapiirien toimintaa ja ymmärtämään mittalaitteiden rakennetta. Syventävän ja erikoistuvan aineuksen kurssit käynyt opiskelija hallitsee

*fysiikka*

elektroniikkaratkaisujen syntetisoimisen kokeellisen fysiikan ongelmiin ja ultrasoniikkaan ja optiikkaan perustuvat mittausmenetelmät.

### 5. Hiukkas- ja ydinfysiikka

Hiukkasfysiikan tutkimuskohteena ovat aineen pienimmät rakennusosat ja niiden väliiset vuorovaikutukset. Hiukkasfysiikka on nyt erittäin ajankohtainen tutkimusala, kun CERN:in LHC-kiihdytin on käynnistynyt. Siltä odotetaan tuloksia, jotka tulevat tarkentamaan nykyistä käsitystämme aineen perusrakenteesta, ja mahdollisesti jopa mullistamaan nykyisen maailmankuvamme.

Hiukkasfysiikan erikoistumislinjan valinneet opiskelijat saavat aluksi yleiskuvan hiukkasfysiikan teoreettisista ja kokeellisista menetelmistä, jonka jälkeen opiskelija voi erikoistua joko kokeelliseen tai teoreettiseen hiukkasfysiikkaan. Myös hadroni- ja ydinfysiikassa on mahdollista saada ohjausta. Teoreettispainotteinen hiukkasfysiikan koulutus antaa valmiuden mallien matemaattiseen kehittämiseen, käsittelyyn ja mallien antamien ennusteiden analysointiin. Kokeellisesti suuntautuneessa hiukkasfysiikan koulutuksessa opiskelija perehtyy hiukkasfysiikan kokeiden tulosten analysointiin laskennallisiin menetelmiin, kiihdytin- ja ilmaisintekniikkaan, materiaalfysiikkaan ja tietotekniikkaan. Monet kokeellisen hiukkasfysiikan kurseista ovat siten hyödyllisiä myös esimerkiksi biofysiikan ja lääketieteellisen fysiikan, elektroniikan ja teollisuussovellusten sekä materiaali- ja nanofysiikan erikoistumislinjoilla.

Hiukkasfysiikan opinnot antavat opiskelijalle poikkeuksellisen mahdollisuuden kehittyä kansainväliseen asiantuntijuuteen ja toimimiseen kansainvälisessä tutkimusympäristössä. Hiukkasfysiikan tutkimus on keskittynyt Suomessa Helsinkiin (Helsingin yliopisto ja Fysiikan tutkimuslaitos), ja Fysiikan laitos vastaa kokeellisen hiukkasfysiikan opetuksesta kansallisesti. Yhdessä Fysiikan tutkimuslaitoksen kanssa Fysiikan laitos on vahvasti mukana maailman johtavissa hiukkasfysiikan kokeissa CERN:issä ja Fermilab:issa (USA). Tämä antaa opiskelijalle hyvän mahdollisuuden kansainväliseen liikkuvuuteen jo perustutkintovaiheesta alkaen.

Alan opiskelijat ovatkin hyödyntäneet aktiivisesti harjoittelupaikkoja mm. CERN:issä ja Fermilab:issa.

### 6. Laskennallinen fysiikka

Laskennallisen fysiikan erikoistumislinjan opinnot suorittanut opiskelija on mallinnus- ja simulointimenetelmien asiantuntija, joka osaa ratkaista fysiikan ongelmia laskennallisin menetelmin. Opiskelija oppii soveltamaan laskennallisia menetelmiä ja simulointimenetelmiä paitsi muiden luonnontieteiden myös teollisuuden, terveydenhuollon ja liikelämän suunnittelu- ja tutkimusongelmiin. Erikoistumislinjan ydinainekseen kuuluu numeeristen perusmenetelmien opinnot. Syventävässä aineksessa opiskelija oppii materiaalfysiikassa tarvittavat atomistiset simulointimenetelmät ja useilla tieteen aloilla laajalti käytettyjä Monte Carlo -simulointimenetelmiä. Opinnoissa on mahdollista myös syventyä hiukkasfysiikan kvanttikenttäteorian mallinnusmenetelmiin. Laskennalliseen fysiikkaan erikoistuvan pääaine voi olla fysiikka tai teorettinen fysiikka.

### 7. Materiaali- ja nanofysiikka

Materiaalfysiikka on yksi fysiikan ja sen sovellusten keskeisimmistä tutkimus- ja koulutusaloista. Materiaalfysiikan piiriin kuuluvat myös nanomateriaalit ja nanorakenteet, jotka ovat avanneet uusia ja kiinnostavia ilmiöalueita ja sovellusmahdollisuuksia. Materiaali- ja nanofysiikan ydinaineksen suorittanut opiskelija hallitsee tutkimusalan perusteoriaat. Syventävässä aineksessa opiskelija perehtyy tutkimusalan keskeisiin kokeellisiin menetelmiin. Käytettävissä ovat sähkömagneettisen säteilyn käyttöön perustuvat sironta- ja spektroskooppiset menetelmät, materiaalitutkimuksiin hyvin soveltuvat kiihdyttimien ionisuihkut ja elektroniikan ainetta rikkomattoman koestuksen mahdollisuudet. Ionisuihkujen ja sähkömagneettisen säteilyn käyttöä sovelletaan esimerkiksi puolijohdeiden ominaisuuksien muuntamiseen ja karakterisointiin. Tavallisesti tutkimus tehdään laajoissa projekteissa yhteistyössä koti- ja ulkomaisten yliopistojen ja teollisuuden kanssa. Yhteistyö kansainvälisten tutkimuslaboratorioiden, erityisesti yhteiseurooppalaisen synkrotronisäteilylaboratorion (ESRF), valtion tutkimus-



laitosten ja alan teollisuuden välillä on vilkasta. Tämä antaa opiskelijalle erinomaiset mahdollisuudet kehittyä kansainväliseen asiantuntijuuteen ja toimimiseen kansainvälisessä tutkimusympäristössä.

Laitos on osallisena Helsingin seudun nanotieteen monitieteellisessä kurssikokonaisuudessa, jossa alan asiantuntijat luennoivat kurssit Nanotiede I–IV (yhteensä 18 op). Osa I on johdanto, joka on avoin kaikille kiinnostuneille. Osa II on aineopintojen kurssi. Osat III–IV ovat syventävien opintojen kursseja ja suunnattu ensisijaisesti jatko-opiskelijoille. Lisätiedot: <http://www.physics.helsinki.fi/courses/s/nanotiede/>

### Oppiainekohtaiset opinto-ohjeet

Jokainen fysiikan kurssi edellyttää aikaisempien kurssien hallintaa ja siksi opintojen on edettävä tietyssä järjestyksessä. Erityisesti ensimmäisten kurssien suorittaminen hyvin tiedoin helpottaa niitä seuraaviin kursseihin kuuluvien asiasäiltöjen ja taitojen omaksumista (katso jäljempänä esitettävä opintojen ajoitusmalli). Matematiikan opinnot muodostavat ensimmäisen vuoden opiskelun olennaisen osan. Niiden tarkoituksena on antaa riittävä matemaattinen valmius fysiikan perus- ja aineopintoja varten. Jos sinulla on hyvät taustatiedot matematiikassa, voit hankkia tarvittavan valmiuden Matemaattiset apuneuvot (16 op) kurssilla, joka luennoidaan syyslukukaudella. Toinen, hieman hitaammin etenevä vaihtoehto on suorittaa tarvittavat kurssit matematiikan ja tilastotieteen laitoksessa, alkaen Analyysin peruskurssilla (10 op) syyslukukaudella. Matemaattiset apuneuvot saattaa olla työläämpi kurssi, mutta tarjoaa enemmän fyysikon tarvitsemää käytännön laskurutiinia.

Tietojenkäsittely on oleellinen osa fyysikon nykypäivää. Laitos järjestää vuosittain tieteellisen laskennan kursseja, joilla opitaan alan perusvalmiudet. Tieteellinen laskenta I on fysiikan opiskelijoille pakollinen, kurssin Tieteellinen laskenta II voi korvata tietojenkäsittelytieteen laitoksen C-ohjelmointi-kurssilla.

Valinnaisia aineopintojen kursseja valittaessa on syytä pitää silmällä sen erikoistumislinjan tutkintovaatimuksia, jonka aikoo vali-

ta. Erikoistumislinjan esitietoina edellytetään tiettyjä aineopintojen kursseja, jotka mainitaan erikoistumislinjan syventävien opintojen yhteydessä. Kieliopinnoista toisen kotimaisen kielen ja vieraan kielen opinnot on syytä sijoittaa opintojen alkuvaiheeseen.

Fysiikan opetusta annetaan myös ruotsin kielellä. Näillä kursseilla on mahdollista opiskelun yhteydessä saada harjoitusta toisessa kotimaisessa kielessä.

### Laboratoriotyöt

Laboratoriotoissa opiskelija perehtyy mittausten suunnitteluun, mittaamiseen sekä tulosten käsittelyyn ja arviointiin. Tutustut lähemmin ilmiöiden havaitsemiseen ja opit miten mittaustuloksista päädytään fysiikan lakeihin.

**Perusopintoihin** kuuluu luentojen lisäksi laskuharjoituksia, demonstraatioita ja laboratoriotoita, jotka tehdään rinnan luentojen kanssa pienryhmissä ja ovat olennainen osa kurssia. Perusopintojen laboratoriotyöt on suoritettava ennen aineopintojen aloittamista. Tarkemmat ohjeet annetaan luennoilla, 2. kerroksessa sijaitsevan opetuslaboratorion ilmoitustaululla ja kurssin kotisivulla.

**Aineopintojen laboratoriotyöt** perehdyttävät opiskelijan omakohtaiseen kokeelliseen työskentelyyn ja tulosten kirjalliseen raportointiin. Ne liittyvät termofysiikan, aineen rakenteen ja fysiikan mittausten menetelmien kursseihin. Harjoitustyöt tehdään neljän tunnin työvuoroilla. Töistä laaditaan kirjalliset selostukset. Tutustuminen säteilysuojelun perusteisiin on osa opintojaksoa. Aineopintojen laboratoriotyöt I ja II on suoritettava ennen kuin Kandidaatin tutkielma voidaan hyväksyä.

**Syventävien opintojen laboratoriotoita** voi tehdä Fysiikan laitoksen tutkimusryhmissä (tutkimusryhmien yhteystiedot opetuslaboratorion kautta sekä opinto-oppaan kohdassa jatko-opiskelu), opetuslaboratoriossa (2. kerros) ja sopimuksen mukaan myös laitoksen ulkopuolella (Fysiikan tutkimuslaitoksessa, teollisuudessa, valtion tutkimuslaitoksissa jne.). Kesäharjoittelupaikka valtionhallinnossa tai ulkomailta voi myös sisältää laboratoriotoihin sopivan kokonaisuuden. Työt aloitetaan ilmoittautumalla

## fysiikka

opetuslaboratoriossa. Tutkintovaatimusten mukaisen pakollisen Säteilysuojelukurssin (tai muun vastaavan suorituksen) on oltava suoritettu ennen sellaisten töiden aloittamista, joissa käytetään ionisoivaa säteilyä. Varsinkin soveltavan fysiikan opiskelijoille voi olla hyötyä myös säteilysuojelusta vastaavan johtajan tutkinnon suorittamisesta. Töiden sisällöstä on neuvoteltava etukäteen työosaston esimiehen ja sen erikoistumislinjan assistentin kanssa, jonka aihepiiriin aiottu työ kuuluu. Töiden on muodostettava laaja-alainen kokonaisuus siten, että korkeintaan 5 op voi sisältää samaan aihepiiriin kuuluvia töitä. Töistä kirjoitetaan selostukset, jotka arvostellaan.

Tarkemmat tiedot opetuslaboratorion toiminnasta, töistä, työ- ja vastaanottoajoista sekä kursseista on saatavissa opetuslaboratorion ilmoitustaululta ja assistenteilta. Aine- ja syventävien opintojen laboratoriotöitä voi tehdä myös kesä- ja elokuussa.

**Fysiikan opintojen ajoitusmalli**

Opinnot voidaan suorittaa tavoiteajassa seuraavan opintojen ajoitusmallin mukaisessa järjestyksessä. Opintojen ajoituksen yksityiskohdista keskustellaan HOPS-ohjauksen yhteydessä.

**LUONNONTIETEIDEN KANDIDAATIN TUTKINTO****1. syyslukukausi (26–32 op)**

Orientoivat opinnot  
Fysikaalisten tieteiden esittely, 3 op  
Tvt-ajokortti, 3 op  
Mekaniikka, 9 op  
Matemaattiset apuneuvot I ja II, 16 op (Analyysin peruskurssi, 10 op)  
Perusopintojen laboratoriotyöt (osa), 1 op

**1. kevätlukukausi (30 op)**

Sähkömagnetismi, 5 op  
Aaltoliike ja kentät, 5 op  
Sähködynamiikka, 3 op  
Suhteellisuusteorian perusteet, 4 op  
Perusopintojen laboratoriotyöt (osa), 2 op  
Sivuaineopintoja, 5 op  
Vapaasti valittavia opintoja, 3 op (esim. Arkipäivän fysiikkaa)  
Kieliointoja, 3 op  
HOPS alkaa

**2. syyslukukausi (31 op)**

Termofysiikka, 8 op  
Fysiikan mittausmenetelmät I, 5 op  
Tieteellinen laskenta I, 3 op  
Aineopintojen laboratoriotyöt I, 5 op  
Sivuaineopintoja, 10 op  
HOPS

**2. kevätlukukausi (28–34 op)**

Aineen rakenne I, 8 op  
Aineopintojen laboratoriotyöt II, 4 op  
Kieliointoja, 2 op  
Valinnaisia aineopintoja, 5 op  
Sivuaineopintoja, 9–15 op  
HOPS

**3. syyslukukausi (30 op)**

Aineen rakenne II, 5 op  
Valinnaisia aineopintoja, 5 op  
LuK-tutkielma, 6 op  
Kieliointoja, 2 op  
Sivuaineopintoja, vapaasti valittavia opintoja, 12 op  
HOPS

**3. kevätlukukausi (29 op)**

Valinnaisia aineopintoja, 15 op  
LuK-seminaari, 3 op  
HOPS valmis, 1 op  
Sivuaineopintoja, vapaasti valittavia opintoja, 10 op

**FILOSOFIAN MAISTERIN TUTKINTO****1. syyslukukausi (30 op)**

Fysiikan mittausmenetelmät II, 10 op  
Säteilysuojelu, 3 op  
Erikoistumislinjan kurssi, 10 op  
HOPS alkaa  
Valinnaisia opintoja, 7 op

**1. kevätlukukausi (30 op)**

Erikoistumislinjan kurssi, 10 op  
Syventävien opintojen laboratoriotyöt (osa) 5 op  
Seminaariharjoitukset, 5 op  
Valinnaisia opintoja, 10 op  
HOPS

**2. syyslukukausi (30 op)**

Erikoistumislinjan kurssi, 10 op  
Syventävien opintojen laboratoriotyöt (osa) 5 op  
Pro gradu -tutkielma (osa) 15 op  
HOPS

**2. kevätlukukausi (30 op)**

Pro gradu -tutkielma (osa) 25 op  
HOPS valmis, 1 op  
Valinnaisia opintoja, 4 op

**TUTKINTOVAATIMUKSET,  
FYSIKKA**

Näiden tutkintovaatimusten mukaan opiskelevat 1.8.2010 tai myöhemmin opintonsa aloittaneet opiskelijat. Ennen 1.8.2010 opintonsa aloittaneet voivat suorittaa tutkintonsa opintojen aloittamisvuonna voimassa olleiden vaatimusten mukaan tai siirtyä opiskelemaan uudempien vaatimusten mukaan. Mikäli opinnot on aloitettu ennen 1.8.2005, tutkinto suoritetaan 1.8.2005 voimaan tulleiden tai uudempien tutkintovaatimusten mukaan.

**LUONNONTIETEIDEN KANDIDAATIN  
TUTKINTO (180 OP)****1. Pääaineopinnot (95 op)****530130 FYSIKAN PERUSOPINNOT  
(25 OP)**

- 530136 Mekaniikka, 9 op
- 530137 Sähkömagnetismi, 5 op
- 530138 Sähködynamiikka, 3 op
- 530139 Aaltoliike ja kentät, 5 op
- 530140 Perusopintojen laboratoriotyöt, 3 op

**530101 FYSIKAN AINEOPINNOT (70  
OP)**

*Perusopintojen laboratoriotyöt on suoritettava ennen aineopintojen aloittamista. Poikkeuksena voi olla aineopintoihin kuuluva kurssi *Suhteellisuusteorian perusteet*.*

**Pakolliset opinnot (45 op)**

- 530000 Suhteellisuusteorian perusteet, 4 op
- 53379 Fysiikan mittausmenetelmät I, 5 op
- 53014 Termofysiikka, 8 op
- 53336 Aineen rakenne I, 8 op
- 53337 Aineen rakenne II, 5 op
- 530144 Aineopintojen laboratoriotyöt I, 5 op
- 530145 Aineopintojen laboratoriotyöt II, 4 op

- 530146 Kandidaatintutkielma, 6 op
- 50036 Kypsyysnäyte

*Aineopintojen laboratoriotyöt I ja II on suoritettava ennen kuin Kandidaatintutkielma voidaan hyväksyä.*

**Valinnaiset opinnot (vähintään 25 op)**

Valinnaiset aineopinnot voidaan valita seuraavista kursseista

- 530141 Elektroniikka I, 5 op
- 53749 Jatkumomekaniikan perusteet, 5 op
- 53230 Johdatus hiukkasfysiikkaan I, 5 op
- 53058 Materiaalfysiikka I, 5 op
- 530158 Nanotiede II, 5 op
- 53399 Tieteellinen laskenta II, 5 op
- 53697 Virtausilmiöt, 5 op
- 53108 Ympäristöfysiikka I, 5 op
- 53714 Klassinen mekaniikka, 10 op
- 53715 Elektrodynamiikka, 10 op
- 53716 Kvanttimestabiili mekaniikka I, 10 op
- 53727 Statistinen fysiikka I, 7 op
- 53912 Tähtitieteen perusteet, 7 op

Opintojen suunnittelussa ja HOPSissa on otettava huomioon, että jotkut aineopintojen valinnaisista kursseista edellytetään esitietovaatimuksina maisterivaiheen erikoistumislinjojen syventävien opintojen kursseille. Jos valinnaisia aineopintoja suoritetaan yli 25 op, muihin opintoihin kuuluvia vapaasti valittavia opintoja tarvitaan vastaavasti vähemmän.

**2. Sivuaaineopinnot (vähintään 50 op)**

Sivuaaineopintojen tulee koostua joko kahden eri aineen perusopinnoista (25 + 25 op) tai yhden aineen perus- ja aineopinnoista (25 + 35 op). Jos sivuaaineopintoja suoritetaan yli 50 op, muihin opintoihin kuuluvia vapaasti valittavia opintoja tarvitaan vastaavasti vähemmän. Pakollisena sivuaaineena on joko teoreettinen fysiikka, matematiikka tai menetelmätieteet.

**Teoreettinen fysiikka (25 op)**

- 53704 Matemaattiset apuneuvot I, 8 op
- 53705 Matemaattiset apuneuvot II, 8 op
- Valinnaisia teoreettisen fysiikan kursseja 9 op

## fysiikka

**Matematiikka (25 op)**

Analyyysin peruskurssi, 10 op  
Valinnaisia matematiikan kursseja 15 op

**Menetelmätieteet (25 op)**

53704 Matemaattiset apuneuvot I, 8 op  
53705 Matemaattiset apuneuvot II, 8 op  
Valinnaisia kursseja menetelmätieteiden kurssikorista, 9 op

TAI

Analyyysin peruskurssi, 10 op  
Valinnaisia kursseja menetelmätieteiden kurssikorista, 15 op

Sama kurssi ei voi sisältyä kahteen eri kokonaisuuteen. Monilla fysiikan erikoistumislinjoilla suositellaan perusopintoja laajempia teoreettisen fysiikan tai matematiikan opintoja. Muita suositeltavia sivuaineita ovat meteorologia, geofysiikka, tähtitiede, kemia, tietojenkäsittelytiede ja ympäristöalan monitieteinen sivuainekokonaisuus (YMS). YMS-kokonaisuuteen suositellaan sisällyttämään mahdollisimman paljon matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan tarjottamia kursseja.

**3. Muut opinnot (35 op)**

50042 LUK MUUT OPINNOT  
(VÄHINTÄÄN 20 OP)

**Pakolliset opinnot (20 op)**

53001 Työelämään orientoivat opinnot: Fysikaalisten tieteiden esittely, 3 op  
530147 HOPS, 1 op  
Tieto- ja viestintäteknikan opinnot (6 op), jotka koostuvat opinnoista:  
530148 TVT-ajokortti, 3 op  
53398 Tieteellinen laskenta I, 3 op  
Kieliopinnot (10 op), jotka koostuvat opinnoista:  
530168 Äidinkieli (tutkielmaseminaari), 3 op  
Toinen kotimainen kieli, 3 op (CEFR-taso B1)  
Vieras kieli, 4 op (englannissa CEFR-taso B2, muissa kielissä B1)

**Vapaasti valittavat opinnot (15 op)**

Vapaasti valittavia opintoja tulee suorittaa siten, että tutkinnon laajuus 180 op täyttyy.

Vapaasti valittaviin opintoihin voidaan hyväksyä myös vähimmäisvaatimukset ylittäviä pääaineen tai sivuaineen opintoja. Tässä tapauksessa ne voidaan kirjata joko pääaineen tai sivuaineen kokonaisuuksiin, tai muihin opintoihin. Vapaasti valittaviin opintoihin suositellaan kursseja *Moderni fysiikka*, *Arkipäivän fysiikkaa* ja *Nanotiede I*.

**FILOSOFIAN MAISTERIN TUTKINTO (120 OP)**

Syventävien opintojen suorittamisen voi aloittaa vasta, kun luonnontieteen kandidaatin tutkintoon kuuluvat opinnot on kokonaisuudessaan suoritettu. Poikkeavasta menettelystä on aina sovittava HOPSissa oppiaineen tai erikoistumislinjan professorin kanssa.

**1. Pääaineopinnot**

530132 FYSIIKAN SYVENTÄVÄT  
OPINNOT (98 OP)

**Pakolliset opinnot (68 op)**

53023 Fysiikan mittausten menetelmät II, 10 op  
53031 Fysiikan syventävien opintojen seminaari, 5 op  
53032 Fysiikan syventävien opintojen laboratoriotyöt (sisältää harjoittelun), 10 op  
53025 Säteilysuojelu, 3 op  
50111 Pro gradu-tutkielma, 40 op  
50039 Kypsyysnäyte

**Valinnaiset opinnot (30 op)**

Syventäviin opintoihin kuuluu erikoistumisen jollekin seuraavista fysiikan erikoistumislinjoista: *Aerosoli- ja ympäristöfysiikka*, *avaruusfysiikka*, *biofysiikka ja lääketieteellinen fysiikka*, *elektroniikka ja teollisuussovellukset*, *hiukkas- ja ydinfysiikka*, *laskennallinen fysiikka tai materiaali- ja nanofysiikka*.

Kurssit A sisältävät erikoistumislinjan ydinaineksen. Kurssit B ovat erikoistumislinjan keskeisimmät syventävät kurssit, joista erikoistumislinjan opinnot pääasiassa koostuvat. Kurssit C ovat erikoistumisopinnoita ja erikoistumislinjan jatko-opintojen kursseja, joita ei pääsääntöisesti tulisi suorittaa en-

nen A- ja B-kursseja. Oppiaineen vastuuprofessorin kanssa sovitun ja HOPS-suunnitelmaan kirjatun sopimuksen mukaan kurseja voi ottaa myös muilta erikoistumislinjoilta, toisesta koulutusohjelmasta tai toisesta yliopistosta.

### 1. Aerosoli- ja ympäristöfysiikka

Erikoistumislinjan A-kurssien perustietoina edellytetään aineopintojen kurssi *Ympäristöfysiikka I*, 5 op tai sitä vastaavat tiedot.

#### A. Ydinaineen kurssit

- 53051 Aerosolifysiikka I, 5 op  
 53311 Ympäristöfysiikka II, 5 op  
 530189 Kenttämittausten tilastollinen analyysi, 5 op  
 53328 Ilman epäpuhtauksien fysiikka, kemia ja vaikutukset; kenttämittaukset, 5 op

#### B. Syventävät kurssit

- 530001 Aerosolifysiikka II, 5 op  
 53174 Aerosolien mittaustekniikka, 5 op  
 53626 Ilmakehän, 5 op  
 53693 Metsän ja ilmakehän vuorovaikutus, 5 op  
 530124 Klassinen nukleatioteoria, 5 op  
 53641 Mikrometeorologian ja hydrologian kenttäkurssi, 4 op  
 530236 Johdatus biosfääriin ja ilmakehän ekosysteemimittakaavan kaasunvaihtomittausmenetelmiin, 5 op

#### C. Erikoistumiskurssit

- 53350 Ilmakehämallinnus, 5 op  
 530181 Ilmakehän aerosolien muodostuminen ja kasvu (intensiivikurssi), 5 op  
 530068 Pienhiukkasten terveysvaikutukset, 5 op  
 530037 Pienhiukkaset työympäristössä, 5 op  
 530233 Satelliittikaukokartoitusmenetelmät aerosolitieteessä, 5 op  
 530007 Ilmakehän jatkokurssi, 5 op  
 530191 Arktiset ilmansaasteet (intensiivikurssi), 3 op  
 53376 Hydrodynamiikka, 5 op  
 530040 Mikrometeorologisten vuorovaikutusmenetelmien teoriat, 5 op  
 530080 Ilmakehän aerosolien mittaust: ae-

rosolifysiikka, näytteenotto- ja mittausten menetelmät (intensiivikurssi), 3 op

*Atmosphere-Biosphere Studies* -maisteriohjelman tutkintovaatimukset ovat sivulla 176.

### 2. Avaruusfysiikka

Erikoistumislinjan A-kurssien perustietoina edellytetään aineopintojen kurssi *Elektrodynamiikka*, 10 op tai sitä vastaavat tiedot.

#### A. Ydinaineen kurssit

- 53765 Plasmafysiikka, 5 op  
 53769 Plasmafysiikan avaruussovelluksia, 5 op

#### B. Syventävät kurssit

- 53261 Säteilyn ilmaisimet I, 5 op  
 53263 Säteilyn ilmaisimet II, 5 op  
 53376 Hydrodynamiikka, 5 op  
 53736 Yleinen suhteellisuusteoria, 10 op  
 53369 Tieteellinen laskenta III, 10 op  
 535110 Avaruusgeodesia, 5 op

#### C. Erikoistumiskurssit

- 53766 Avaruusfysiikan jatkokurssi, 10 op  
 53743 Auringon fysiikka, 5 op  
 53752 Ionosfäärin fysiikka, 5 op  
 53757 Kosmologia I, 5 op  
 53758 Kosmologia II, 5 op

Näiden lisäksi luennoidaan aika ajoin erikoiskursseja avaruusfysiikan potentiaali-teoriasta, magnetosfäärifysiikasta, avaruussäätä, jne.

*Space Sciences*-maisteriohjelman tutkintovaatimukset ovat sivulla 206.

### 3. Biofysiikka ja lääketieteellinen fysiikka

Syventäviin opintoihin kuuluu erikoistuminen lääketieteelliseen ja/tai biologiseen fysiikkaan. Kurssit C ovat lääketieteellisen fysiikan erikoistumislinjan jatko-opintojen kurseja.

#### A. Ydinaineen kurssit

- 530237 Biofysiikka I, 5 op  
 53053 Lääketieteellinen fysiikka 3 op  
 53261 Säteilyn ilmaisimet I, 5 op  
 53263 Säteilyn ilmaisimet II, 5 op  
 53340 Säteilyn dosimetria, 5 op

## fysiikka

## B. Syventävät kurssit

- 530238 Biofysiikka II, 5 op  
 530229 Proteiinien NMR-spektroskopia, 5 op  
 530221 Luonnon monimuotoisuuden kehitys, 5 op  
 53369 Tieteellinen laskenta III, 10 op  
 530006 Monte Carlo-simulointien perusteet, 5 op  
 530153 Monte Carlo-simuloinnit fysiikassa, 5 op

## C. Erikoistumiskurssit

- 530190 Kliininen fysiologia ja neurofysiologia 5 op  
 53356 Isotooppiagnostiikka, 5 op  
 530114 Kliininen radiologia: röntgentutkimukset, 5 op  
 530155 Magneettikuvantaminen, 5 op  
 530021 Säteihoidon annossuunnittelu, 5 op  
 53105 Säteihoidon fysiikka, 5 op  
 530157 Ultraäänitutkimukset, 3 op

Muulla järjestettäviä tähän erikoistumislinjaan soveltuvia kursseja ovat mm. magneettikuvantamiseen ja kuvankäsittelyyn liittyvä teoreettinen opetus Aalto-yliopiston opetusohjelmassa, sekä jotkut biofysiikkaan liittyvät B- ja C- tason kurssit Viikin Biotieteiden laitoksessa (esim. Short Lab Course on Structural Biology and Biophysics).

#### 4. Elektroniikka ja teollisuussovellukset

Erikoistumislinjan A-kurssin perustietoina edellytetään aineopintojen kurssit *Elektroniikka I*, 5 op ja *Jatkumomekaniikan perusteet*, 5 op tai niitä vastaavat tiedot.

Ultrasoniikkaan erikoistuvalla suositellaan kursseja *Ultrasoniikka*, *Akustiikka* ja *Kiinteän olomuodon fysiikka I*. Optiikkaan tai fotonikkaan erikoistuvalla suositellaan kursseja *Optiikka*, *Fotoniikka puolijohdeissa*, *Puolijohdefysiikka* ja *Biomolekyylien kuvantamis- ja manipulointimenetelmät*.

## A. Ydinaineksen kurssit

- 53017 Elektroniikka II, 10 op

## B. Syventävät kurssit

- 53045 Ultrasoniikka, 10 op  
 530038 Optiikka, 5 op  
 530184 Puolijohdefysiikka, 10 op  
 53036 Kiinteän olomuodon fysiikka I, 10 op  
 53107 Materiaalifysiikka II, 5 op  
 530088 Tilastolliset menetelmät I, 5 op

## C. Erikoistumiskurssit

- 53052 Akustiikka, 5 op  
 530192 Fotoniikka puolijohdeissa, 5 op  
 530190 Biomolekyylien kuvantamis- ja manipulointimenetelmät, 3 op  
 53261 Säteilyn ilmaisimet I, 5 op  
 53263 Säteilyn ilmaisimet II, 5 op  
 53318 Digitaalinen signaalinkäsittely, 5 op  
 53177 Analogiaelektroniikka, 5 op

#### 5. Hiukkas- ja ydinfysiikka

Erikoistumislinjan A-kurssien perustietoina edellytetään aineopintojen kurssi *Johdatus hiukkasfysiikkaan I*, 5 op tai sitä vastaavat tiedot, ja suositellaan kurssia *Kvanttimekaniikka I*, 10 op.

Syventävistä kursseista B ja erikoistumiskursseista C suositellaan valittavaksi joko teoreettis- tai kokeellispainotteinen kurssikokonaisuus.

## A. Ydinaineksen kurssit

- 53250 Johdatus hiukkasfysiikkaan II, 5 op

## B. Syventävät kurssit

- 53299 Hiukkasfysiikan kokeet I, 5 op  
 53295 Hiukkasfysiikan kokeet II, 5 op  
 53261 Säteilyn ilmaisimet I, 5 op  
 53263 Säteilyn ilmaisimet II, 5 op  
 530088 Tilastolliset menetelmät I, 5 op  
 53251 Hiukkasfysiikan teoriat, 10 op  
 53046 Ydinfysiikka, 5 op

## C. Erikoistumiskurssit

- 53296 Hiukkasfysiikan kokeelliset menetelmät 4 op  
 530006 Monte Carlo-simulointien perusteet, 5 op  
 530226 Suurenergiafysiikan laskentamenetelmiä, 5 op  
 530184 Puolijohdefysiikka, 10 op  
 530057 Johdatus kvanttikenttäteoriaan, 10 op

- 53784 Kvanttikenttäteorian sovelluksia, 10 op  
 53797 Supersymmetria, 7 op  
 53741 Higgsin fysiikka, 7 op  
 530220 Kvanttiväridynamiikka ja hadronirakenne, 7 op

## 6. Laskennallinen fysiikka

Erikoistumislinjan A-kurssien perustietoina edellytetään aineopintojen kurssi *Tieteellinen laskenta II*, 5op tai sitä vastaavat tiedot.

### A. Ydinaineksen kurssit

- 53369 Tieteellinen laskenta III, 10 op  
 53391 Tieteellisen laskennan ohjelmointi, 5 op  
 530006 Monte Carlo-simulointien perusteet, 5 op

### B. Syventävät kurssit

- 53363 Molekyylidynaamiset simulaatiot, 10 op  
 530153 Monte Carlo-simuloinnit fysiikassa, 5 op  
 530088 Tilastolliset menetelmät I, 5 op

### C. Erikoistumiskurssit

- 53382 Suurteholaskennan työkalut, 5 op  
 530123 Elektronirakennelaskut, 5 op  
 530060 Molekyylidiklusterien muodostus-simulaatiot, 5 op  
 530245 Laskennallinen nanotiede, 7.5 op

*Modeling Molecules and Nanosystems* -maisteriohjelman tutkintovaatimukset ovat sivulla 202.

## 7. Materiaali- ja nanofysiikka

Erikoistumislinjan A-kurssien perustietoina edellytetään aineopintojen kurssi *Materiaalifysiikka I*, 5 op tai sitä vastaavat tiedot, ja suositellaan kurssia *Kvanttimekaniikka I*, 10 op.

Syventäviin opintoihin kuuluu erikoistumisen materiaali- ja/tai nanofysiikkaan.

### A. Ydinaineksen kurssit

- 53036 Kiinteän olomuodon fysiikka I, 10 op

### B. Syventävät kurssit

- 53041 Synkrotronisäteily materiaalitutkimuksessa, 10 op

- 530113 Ionisuihkut materiaalifysiikassa, 5 op  
 530184 Puolijohdefysiikka, 10 op  
 530182 Pehmeän tiiviin aineen fysiikka, 10 op  
 53107 Materiaalifysiikka II, 5 op

### C. Erikoistumiskurssit

- 53037 Kiinteän olomuodon fysiikka II, 5 op  
 530123 Elektronirakennelaskut, 5 op  
 53069 Diffuusio kiinteissä aineissa, 5 op  
 530202 Pintafysiikka I, 5 op  
 530169 Pintafysiikka II, 5 op

## 2. Muut opinnot (22 op)

- 50034 FM MUUT OPINNOT (VÄHINTÄÄN 22 OP)

530150 HOPS, 1 op  
 Valinnaiset opinnot, 21 op, joiden tulee olla pääainetta tai sivuainetta täydentäviä opintoja.

## JATKOTUTKINNOT JA JATKO-OPINNOT FYSIIKASSA

Jatkotutkintoja ovat Filosofian lisensiaatin ja Filosofian tohtorin tutkinto. Molempiin tutkintoihin kuuluu 60 opintopisteen laajuiset pää- ja sivuaineen opinnot, jotka määritellään jatko-opintojen henkilökohtaisessa opintosuunnitelmassa (J-HOPS). Pääaineen opintojen pääosan on oltava oman tutkimusalan erikoiskurssien (C-kurssit) opintoja. Muut opinnot voivat olla sivuaineen aineopintoja tai syventäviä opintoja, tai muiden yliopistojen vastaavan tasoisia opintoja. Kaikkien opintojen on muodostettava pääaineopintoja ja tutkimustyötä tukeva kokonaisuus.

Jatko-opinnot koostuvat oman tutkimusalan jatko-opinnoista (50 op) ja yleisistä jatko-opinnoista (10 op).

## fysiikka

**53170 FYSIIKAN JATKO-OPINNOT (60 OP)****53175 Tutkimusalan (fysiikka) jatko-opinnot 50 op**

Tutkimusalan jatko-opintoihin tulee sisältyä kurssit:

- 53180 Jatko-opintojen seminaari, 5 op  
 53762 Monen kappaleen ilmiöt, 15 op  
 53717 Kvanttimekaniikka II, 10 op (ellei kuulu perustutkintoon)

Muiden kurssien kuin *Jatko-opintojen seminaarin* osalta tästä voidaan poiketa oppiaineen vastuuprofessorin kanssa sovitun ja J-HOPSIin kirjatun mukaisesti. Kokonaisuuteen tulee sisältyä oman tutkimusalan erikoiskursseja 20 op.

**53000 Yleiset jatko-opinnot 10 op**

Yleisiin jatko-opintoihin tulee sisältyä tieteenfilosofian, tutkimusetiikan ja yleiseen asiantuntijuuteen valmentavia opintoja sekä kansainvälistä tieteellistä toimintaa. Kurssitarjonnasta vastaavat yliopisto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta ja sen laitokset. Tarkemmasta sisällöstä soviin jatkoo-pintosuunnitelmaa tehtäessä.

**Fysiikan opinnot sivuaineopiskelijoille****533121 FYSIIKAN PERUSOPINNOT (SIVUAINE) (25 OP)**

- 530102 Liike ja voimat, 6 op  
 530103 Lämpö ja energia, 5 op  
 530104 Sähkö ja magnetismi, 6 op  
 530105 Aine ja säteily, 5 op  
 530140 Perusopintojen laboratoriotyöt, 3 op

Tämä opintokokonaisuus on sisällöltään laajempi mutta matemaattiselta käsittelyltään suppeampi kuin fysiikan perusopintokokonaisuus 530133. Perusopintokokonaisuus 533121 soveltuu lähinnä niille sivuaineopiskelijoille, jotka eivät aio suorittaa laajempia fysiikan opintoja. Vaihtoehtoinen tapa suorittaa perusopinnot on

**530133 FYSIIKAN PERUSOPINNOT (25 OP)**

- 530136 Mekaniikka, 9 op  
 530137 Sähkömagnetismi, 5 op  
 530138 Sähködynamiikka, 3 op  
 530139 Aaltoliike ja kentät, 5 op  
 530140 Perusopintojen laboratoriotyöt, 3 op

Näin suoritettu perusopintokokonaisuus antaa paremmat valmiudet jatkaa fysiikan opintoja kuin matemaattisesti suppeampi fysiikan perusaineopintokokonaisuus 533121.

**530125 FYSIIKAN AINEOPINNOT (SIVUAINE) (35 OP)**

*Perusopintojen laboratoriotyöt* on suoritettava ennen aineopintojen aloittamista. Poikkeuksena voi olla aineopintoihin kuuluva kurssi *Suhteellisuusteorian perusteet*.

**Pakolliset opinnot (10 op)**

- 53379 Fysiikan mittausten menetelmät I, 5 op  
 530144 Aineopintojen laboratoriotyöt I, 5 op

**Valinnaiset opinnot (25 op)**

Fysiikan aineopintoja 25 op

**530135 FYSIIKAN SYVENTÄVÄT OPINNOT (SIVUAINE) (60 OP)**

Edellytyksenä fysiikan syventävien opintojen suorittamiselle ovat fysiikan perus- ja aineopinnot tai vastaavat suoritukset (60 op)

- 53023 Fysiikan mittausten menetelmät II, 10 op  
 53032 Syventävien opintojen laboratoriotyöt, 10 op  
 530149 Tutkielma, 20 op  
 Valinnaisia syventävien opintojen kursseja, 20 op

**DEN SVENSKSPRÅKIGA UNDERVISNINGEN**

Fysiken utgör basen för utbildningsprogrammet i de fysikaliska vetenskaperna. Fysik är även ett viktigt läroämne i dagens samhälle. Den snabba tekniska utvecklingen bygger på fysikalisk kunskap. Fysikens huvuduppgift är att ge en bild av den omgivande naturens lagbundenheter och deras tillämpningar inom bl.a. tekniken. Förståelsen av många brännande miljöfrågor och



människans eventuella påverkan på klimatet kräver djupa insikter i fysik. Därtill tjänar fysiken som metodvetenskap för lösandet av praktiska problem.

Vår kunskap om naturen byggs systematiskt upp via experiment och iakttagelser. Informationen används till att bygga upp modeller och teorier genom vilka vi får förståelse om naturen och kan göra förutsägelser.

Utbildningsprogrammet för de fysikaliska vetenskaperna omfattar följande huvudämnen: astronomi, fysik, geofysik, meteorologi och teoretisk fysik. Utbildningsprogrammet omfattar även inriktningen fysik för lärare. Undervisning på svenska ges enbart i fysik.

Undervisningen sker vid Institutionen för fysik, Physicum, Gustaf Hällströms gata 2a i Gumtäkt. Vid institutionen utbildas **fysiker, fysiklärare, geofysiker, meteorologer, astronomer samt teoretiska fysiker**. Därtill ges undervisning i fysik för biämnestuderande.

Institutionen strävar till att kunna erbjuda möjligast många obligatoriska fysikkurser på svenska. Det är ändå nödvändigt att komplettera studierna med kurser från den finskspråkiga sidan, där kursutbudet är större.

De nya studenterna uppmanas läsa även den finska texten i studieguiden som komplettering till den svenska. Därtill är det skäl att läsa meddelandena på institutionens anslagstavla. Information om undervisningen finns även på institutionens hemsida (<http://www.physics.helsinki.fi>).

### Allmänt om studier i fysik

Fysikkurserna är hierarkiskt uppbyggda så, att de bör avläggas i en bestämd ordningsföljd. Ämneskurserna t.ex. bygger på den förståelse om fysikens struktur som grundkurserna ger. I fysikens modeller och teorier används matematiska strukturer och metoder och därför utgör matematiska studier en väsentlig del av första årets studier.

Undervisningen i fysik är till en stor del baserad på föreläsningar. I anslutning till dessa anordnas demonstrationer och räkneövningar samt laborationer. Kurserna avläggs i allmänhet på basen av delförhör. Övnin-

garna utgör en viktig komplettering till kurserna och är obligatoriska.

### Fysikerutbildningen

Grundexamen **kandidat i naturvetenskaper (NaK)**, som har omfattningen 180 sp, kan vid heltidsstudier avläggas på tre år. Till kandidatexamen hör även en **kandidatavhandling** och ett **mognadsprov**. Kandidatexamen motsvarar en anglosaxisk **B.Sc.-examen**.

Med kandidatexamen som grund kan en **filosofie magisterexamen** (FM, 120 sp) vid heltidsstudier avläggas på två år. Till magisterexamen hör obligatoriska huvudämnesstudier samt en **pro gradu -avhandling och mognadsprov**.

**Grundstudierna i fysik** (25 sp) omfattar kurserna mekanikens grunder (9 sp), elektromagnetismens grunder I (5 sp), elektromagnetismens grunder II (3 sp), den moderna fysikens grunder (5 sp) samt grundkursernas laborationsarbeten (3 sp).

**Ämnesstudierna i fysik** omfattar 45 sp obligatoriska kurser samt 25 sp valbara kurser. De obligatoriska ämneskurserna är: relativitetsteoriens grunder (4 sp), termofysik (8 sp), materiens struktur I (8 sp), materiens struktur II (5 sp), fysikens mätmetoder I (5 sp), ämneslaborationer (5 sp + 4 sp) samt kandidatavhandling (6 sp).

**De fördjupade studierna** för magisterexamen består av specialiseringslinjens kurser samt vissa obligatoriska kurser gemensamma för alla linjer. De obligatoriska kurserna är fysikens mätmetoder II (10 sp), strålskydd (3 sp), de fördjupade kursernas laboratoriearbeten del 1 och 2 (5 sp + 5 sp), seminarieövningar (5 sp) och en pro gradu -avhandling (40 sp).

Specialiseringslinjerna är aerosol- och miljöfysik, beräkningsfysik, biofysik och medicinsk fysik, elektronik och industritillämpningar, material- och nanofysik, partikel- och kärnfysik samt rymdfysik. Även individuella läroplaner kan göras upp. Svenska lärare finns inte att tillgå på alla specialiseringslinjer.

*fysiikka*

**Första årets fysikstudier** omfattar kurserna mekanikens grunder, elektromagnetismens grunder I, elektromagnetismens grunder II, den moderna fysikens grunder samt grundkursernas laborationsarbeten. Dessa kurser ger en enhetlig bild av fysiken och lägger grunden för fortsatta studier. För alla som väljer fysik som huvudämne är det viktigt att genast åhöra dessa grundkurser. Laborationer utförs parallellt med grundkurserna i små grupper i övningslaboratoriet.

Under det första studieåret förväntas fysikstuderandena avlägga kurser i matematik. Den som har goda förkunskaper i matematik kan börja matematikstudierna med matematiska hjälpmedel i teoretisk fysik ("Matematikkunnetus apuneuvot I, II" (16 sp)). I anslutning till denna kurs hålles en svensk räknövningsgrupp. Alternativt kan kurser i matematik på Institutionen för matematik och statistik avläggas.

Goda kunskaper i **ADB** är väsentligt för en blivande fysiker. På Institutionen för fysik ges kurser i beräkningsfysik. Kursen introduktion till vetenskapliga beräkningar I är obligatorisk för fysiker medan fortsättningskursen är valbar. Den senare kursen kan ersättas av C-programmeringskursen på Institutionen för datavetenskap.

**Biämnestudierna** (åtminstone 50 sp) bör även påbörjas under det första studieåret. Obligatoriskt biämne är antingen matematik, metodvetenskap eller teoretisk fysik (se examensfordringarna).

**De övriga studierna** (35 sp) påbörjas även det första studieåret. Kursen presentation av de fysikaliska vetenskaperna (3 sp) ges under perioderna I och II det första året. Modersmålskursen utförs som kandidatseminarium (3 sp).

**Andra årets studier** omfattar ämneskurserna. Mer detaljerad information om examensfordringarna ges på institutionens webbplats och i studieguiden under rubriken "Tutkintovaatimukset" i den finskspråkiga texten. Under denna rubrik finns även examensfordringarna för fysik som biämne.

Studerande bör göra upp en individuell stu-

dieplan (1 sp). Studiepoängen för den individuella studieplanen realiseras i samband med examensarbetet. Arbetet med den individuella studieplanen inleds under värterminen det första studieåret.

**LÄRARUTBILDNINGEN**

Den som skall utbilda sig till ämneslärare i fysik inleder sina studier med grundkurserna och ämneskurserna i fysik. En blivande lärare har ett huvudämne och ett eller två biämnena i sin kombination. Biämnena kan väljas fritt men vanligtvis kombineras fysik med matematik, kemi eller datateknik.

I ämneslärarstudierna ingår 60 sp pedagogik och ämnesdidaktik. Den svenskspråkiga utbildningen i ämnesdidaktik ges i samarbete med Åbo Akademi's pedagogiska fakultet i Vasa. Antagningen till ämneslärarutbildningen sker via ett lämplighetstest. Antagningen sker i september. Närmare information fås på de svenska sidorna på universitetets Web-plats. Det finns även andra möjligheter till ämneslärarstudier. Man kan t.ex. välja att studera på finska och avlägga auskulteringen på svenska i Helsingfors eller man kan välja att utföra de didaktiska studierna vid Åbo Akademi i Vasa. Närmare information om ämneslärarstudierna ges på institutionen.

**Fysik som biämne**

Enligt examensfordringarna kan man som biämne avlägga grundstudierna (25 sp), grundstudierna och ämnesstudierna (60 sp) samt de fördjupade studierna (60 sp) i fysik.

**Utbytesprogram för studier utomlands**

Helsingfors universitet och Institutionen för fysik deltar i internationella utbytesprogram för studenter. Närmare information ges i Studiehåndboken för den svenskspråkiga undervisningen, i den finskspråkiga textdelen samt av institutionens lärare.

## EXAMENSFORDRINGARNA FÖR FYSIK

Följande examensfordringar gäller för studerande som påbörjat sina studier 1.8.2010 eller senare. Studerande som påbörjat sina studier före 1.8.2010 kan avlägga sin examen enligt de då gällande eller nyare examensfordringarna. Studerande som påbörjat sina studier före 1.8.2005 kan avlägga sin examen enligt 1.8.2005 gällande eller nyare examensfordringarna.

## KANDIDAT I NATURVETENSKAPER (180 SP)

### 1. Huvudämnesstudier (95 sp)

#### 530250 GRUNDSTUDIER I FYSIK (25 SP)

- 530171 Mekanikens grunder, 9 sp
- 530174 Elektromagnetismens grunder I, 5 sp
- 530175 Elektromagnetismens grunder II, 3 sp
- 530035 Den moderna fysikens grunder, 5 sp
- 530140 Grundstudiernas laborationsarbeten, 3 sp

#### 530251 ÄMNESSTUDIER I FYSIK (70 SP)

*Grundstudiernas laborationsarbeten* måste avläggas innan ämnesstudierna påbörjas, med undantag av kursen *Relativitetsteoriens grunder*.

### Obligatoriska ämnesstudier (45 sp)

- 530091 Relativitetsteoriens grunder, 4 sp (kan även ingå i studierna för teoretisk fysik)
- 530096 Fysikens mätmetoder I, 5 sp
- 530093 Termofysik, 8 sp
- 533364 Materiens struktur I, 8 sp
- 533371 Materiens struktur II, 5 sp
- 530144 Ämnesstudiernas laborationsarbeten I, 5 sp
- 530145 Ämnesstudiernas laborationsarbeten II, 4 sp
- 530146 Kandidatavhandling, 6 sp
- 50037 Mognadsprov

*Ämnesstudiernas laborationsarbeten I och II* måste avläggas innan *Kandidatavhandlingen* kan godkännas.

### Valbara ämnesstudier (minst 25 sp)

Valbara ämnesstudier kan väljas från följande kurser:

- 530173 Elektronik I, 5 sp
- 53749 Kontinuitetmekanikens grunder (Jatkumomekaniikan perusteet), 5 sp
- 53230 Introduktion till partikelfysiken I (Johdatus hiukkasfysiikkaan I), 5 sp
- 53058 Materiaalfysik I (Materiaalfysiikka I), 5 sp
- 53108 Miljöfysik I (Ympäristöfysiikka I), 5 sp
- 530158 Nanovetenskap II (Nanotiede II), 5 sp
- 530176 Vetenskapliga beräkningar II, 5 sp
- 53697 Flödesfenomen (Virtausilmiöt), 5 sp
- 53715 Elektrodynamik, 10 sp
- 53716 Kvantmekanik I, 10 sp
- 53082 Klassisk mekanik, 10 sp
- 53727 Statistisk fysik I, 7 sp
- 53912 Astronomins grunder (Tähtitieteen perusteet), 7 sp

De kurser, som efterföljs av översättning till finska, kan vanligtvis endast undervisas på finska. Vid planering av studierna och den individuella studieplanen, måste man beakta att en del av ämnesstudiernas valbara kurser förutsätts som förkunskap till magisterskedets fördjupade specialiseringslinjer. Ifall valbara ämnesstudier avläggs över 25 sp, kan antalet fritt valbara övriga studier avläggas motsvarande mängd mindre.

### 2. Biämnesstudier (minst 50 sp)

Biämnesstudierna måste bestå av endera två olika biämnes grundstudier (25 + 25 sp) eller av ett biämnes grund- och ämnesstudier (25 + 35 sp). Ifall biämnesstudier avläggs över 50 sp, kan antalet fritt valbara övriga studier avläggas motsvarande mängd mindre. Obligatoriska biämnen är antingen teoretisk fysik, matematik eller metodvetenskap.

## fysiikka

**Teoretisk fysik (25 sp)**

- 53704 Matematiska hjälpmedel I, 8 sp  
 53705 Matematiska hjälpmedel II, 8 sp  
 Valbara kurser i teoretisk fysik, 9 sp

**Matematik (25 sp)**

- Grundkurs i analys, 10 sp  
 Valbara kurser i matematik, 15 sp

**Metodvetenskap (25 sp)**

- 53704 Matematiska hjälpmedel I, 8 sp  
 53705 Matematiska hjälpmedel II, 8 sp  
 Valbara kurser i metodvetenskap, 9 sp

## ELLER

- Grundkurs i analys, 10 sp  
 Valbara kurser i metodvetenskap, 15 sp

Samma kurs kan inte inkluderas i två olika helheter. Inom många specialiseringslinjer i fysik rekommenderas omfattande studier i teoretisk fysik eller matematik. Andra rekommenderade biämnen är meteorologi, geofysik, astronomi, kemi, datavetenskap eller flervetenskapliga biämnesshelheten i miljöstudier (YMS). Till YMS-helheten rekommenderas så många kurser som möjligt från matematisk-naturvetenskapliga fakulteten.

**3. Övriga studier (35 sp)**

50042 NAK ÖVRIGA STUDIER (MINST 20 SP)

**Obligatoriska studier (20 sp)**

- 530108 Arbetslivsorienterande kurser: Presentation av de fysikaliska vetenskaperna, 3 sp  
 530147 Individuell studieplan 1) 1 sp  
 Studierna i data- och kommunikationsteknik (6 sp), är uppdelade i:  
 530148 DKT-körkort, 3 sp  
 530170 Vetenskapliga beräkningar I, 3 sp  
 Språk- och kommunikationsstudier (10 sp), består av:  
 530168 Modersmålet (seminarierna), 3 sp  
 Det andra inhemska språket, 3 sp (CEFR-nivå B1)  
 Ett främmande språk, 4 sp (engelska CEFR-nivå B2, andra språk B1)

1) En process, som omfattar studiernas planering och genomförande fram till exa-

men. En studieportfölj, som granskas av en handledande lärare. Mera information vid <http://www.physics.helsinki.fi/>

**Fritt valbara studier (15 sp)**

Fritt valbara studier avläggs så att kravet på 180 sp för examen uppfylls. Dessa kan också bestå av huvudämnes- eller biämnesstudier som överskrider minimikraven. De fritt valbara studierna registreras endera i huvudämnes- eller biämnesshelheten. Förutom dessa kan även kurser *Vardagsfysik* (Arkipäivän fysiikka) och *Nanovetenskap I* (Nanotiede I) rekommenderas.

**FILOSOFIE MAGISTEREXAMEN (120 SP)**

De fördjupade studierna kan påbörjas först efter det att studierna för filosofiekandidatexamen i sin helhet har avlagts. Avvikelse från detta kräver alltid ett skriftligt avtal (som införs i ISP:n) av den ansvariga professorn.

**1. Huvudämnesstudier (98 sp)**

530132 FÖRDJUPADE STUDIERNAS I FYSIK (98 SP)

**Obligatoriska fördjupade studier (68 sp)**

- 53023 Fysikens mätmetoder II, 10 sp  
 530310 De fördjupade studiernas seminarieövningar, 5 sp  
 53032 De fördjupade studiernas laboratoriearbeten (inkluderar praktik), 10 sp  
 53025 Strålskydd, 3 sp  
 50111 Pro gradu-avhandling, 40 sp  
 50040 Mognadsprov

**Valbara fördjupade studier (30 sp)**

**De fördjupade studierna** för magisterexamen består av följande specialiseringslinjer: aerosol- och miljöfysik, beräkningsfysik, biofysik och medicinsk fysik, elektronik och industritillämpningar, material- och nanofysik, partikel- och kärnfysik samt rymdfysik. Även individuella läroplaner kan göras upp. Svenska lärare finns inte att tillgå på alla specialiseringslinjer.

Kurserna för specialiseringslinjerna finns uppräknade i den finska delen av examens-

fordingarna. Dessutom kan man välja en ämneslärarutbildningslinje.

## 2. Övriga studier (22 sp)

### 53034 FM ÖVRIGA STUDIER (MINST 22 SP)

530150 Individuell studieplan (ISP), 1 sp  
Valbara studier, 21 sp, vilka måste komplettera huvud- eller biämnesstudierna.

### FYSIIKAN OPETTAJA

Internet-kotisivu: <http://per.physics.helsinki.fi>  
Opintoneuvonta ja JOO-yhdyshenkilö: yliopistonlehtori **Ismo T. Koponen**, ti 14–15, puh. 191 50652

Etäopetuksen yhdyshenkilö: FL **Terhi Mäntylä**

Fysiikan aineenopettajan tutkinto on filosofian maisterin tutkinto (LuK 180 op + 120 op = 300 op), jonka voi suorittaa viidessä vuodessa. Fysiikan opettajan kelpoisuuden saa suorittamalla luonnontieteiden kandidaatin ja filosofian maisterin tutkinnot, joihin sisältyy vähintään kahden opetettavan aineen opinnot sekä opettajan pedagogiset opinnot (25+35 op). Tavallisimpia sivuaineita ovat matematiikka ja kemia, mutta myös muut vaihtoehdot voivat tulla kysymykseen.

Fysiikan opettajat sijoittuvat työmarkkinoille hyvin eriasteisiin oppilaitoksiin peruskoulusta ammattikorkeakouluihin. Ammattikorkeakoululaitos tarvitsee erityisesti jatkotutkinnon suorittaneita fysiikan opettajia. Osa fysiikan opettajan tutkinnon tai jatkotutkinnon suorittaneista toimii myös fysiikan opetuksen tutkijoina korkeakoululaitoksessa. Fysiikan opettajien koulutus antaa laaja-alaisen opetuksen ja opetuksen tutkimuksen pätevyyden, ja samalla myös monipuolisia tiedollisia, taidollisia ja sosiaalisia valmiuksia, joilla on kysyntää myös varsinaisen opetusalan ulkopuolella mm. teollisuuden ja elinkeinoelämän yrityksissä.

Opettajan tarvitsemat fysiikan perusteet opiskellaan kahden ensimmäisen vuoden aikana kaikkien fysiikan opiskelijoiden yhteisillä kursseilla. Maisteriopinnoissa opettajankoulutus eroaa erillisiksi fysiikan opettajan syventäviksi opinnoiksi ja ne keskitty-

vät opettajan työssä tarvittavaan laaja-alaiseen rakenteelliseen aineenhallintaan ja antaa opetuksen itsenäisen suunnittelun ja kehittämisen valmiuksia.

Jos pelkästään filosofian maisterin tutkintoa suorittava opiskelija haluaa maisterin tutkinnot annettavaan todistukseen merkinnän aineenopettajankoulutuksesta, hänen tulee suorittaa fysiikan aineenopettajan syventävien opintojen lisäksi sekä opettajan pedagogiset opinnot että toisen opetettavan aineen vaaditut opinnot, vaikka tutkinnon vähimmäislaajuus ylittyisi. Mikäli opiskelija on jo suorittanut kandidaatin tutkinnossaan osan toisen opetettavan aineen perus- ja aineopinnoista, riittää että hän täydentää näitä opintoja maisterin tutkinnossaan siten että vaadittavat opinnot tulevat täyteen.

### Fysiikan opettajan opintojen ajoitusmalli

Mikäli opetettavat aineet ovat fysiikka ja matematiikka (käy soveltuvin osin myös muille aineyhdistelmille)

### LUONNONTIETEIDEN KANDIDAATIN TUTKINTO

#### 1. syyslukukausi (28 op)

Orientoivat opinnot  
Mekaniikka, 9 op  
Perusopintojen laboratoriotyöt, (osa) 1–3 op  
Fysikaalisten tieteiden esittely, 3 op  
Johdatus fysiikan opettajan opintoihin, 2 op  
TVT-ajokortti  
Sivuaineen opintoja, esim. Analyysi I, 10 op

#### 1. kevätlukukausi (32 op)

Sähkömagnetismi, 5 op  
Sähködynamiikka, 3 op  
Aaltoliike ja kentät, 5 op  
Suhteellisuusteorian perusteet, 4 op  
Perusopintojen laboratoriotyöt, (osa) 1–3 op  
Sivuaineen opintoja, esim. Analyysi II, 10 op  
Kieliointoja, 3 op  
HOPS aloitetaan

## fysiikka

**2. syyslukukausi (34 op)**

Termofysiikka, 8 op  
 Fysiikan mittausten menetelmät I, 5 op  
 Aineopinnot laboratoriotyöt I, 5 op  
 Tieteellinen laskenta I, 3 op  
 Sivuaineen opintoja, 10 op  
 Kieliopinnot, 2 op

**2. kevätlukukausi (31 op)**

Aineen rakenne I, 8 op  
 Aineen rakenne II, 5 op  
 Aineopinnot laboratoriotyöt II, 4 op  
 Sivuaineen opintoja, 10 op  
 Vapaasti valittavia opintoja, esim. Arkipäivän fysiikka, 3 op  
 Kieliopinnot, 2 op  
 HOPS

**3. syyslukukausi**

Aineenopettajan pedagogisia opintoja (Moduli I ja II), 25 op  
 Sivuaineen opintoja, 5 op  
 HOPS

**3. kevätlukukausi (30 op)**

Kandidaatin tutkielma, 6 op  
 Äidinkieli (tutkielmaseminaari), 3 op  
 Sivuaineen opintoja, 15–20 op  
 HOPS valmis 1 op

## FILOSOFIAN MAISTERIN TUTKINTO

**4. syyslukukausi (28 op)**

Opettajien pääaine-fysiikan laboratorioskurssi I, 5 op  
 Fysiikan käsitteet ja rakenteet I, 5 op  
 Fysiikan historia ja filosofia, 8 op  
 Valinnaisia pääaineen opintoja, 10 op  
 HOPS alkaa

**4. kevätlukukausi (35 op)**

Aineenopettajan pedagogisia opintoja (Moduli III ja IV), 35 op

**5. syyslukukausi (28 op)**

Opettajien pääaine-fysiikan laboratorioskurssi II, 5 op  
 Opettajien tutkielmaseminaari (osa) 3 op  
 Pro gradu -tutkielma, (osa) 20 op  
 HOPS

**5. kevätlukukausi (35 op)**

Fysiikan käsitteet ja rakenteet II, 5 op  
 Opettajien tutkielmaseminaari (osa), 3 op

Pro gradu -tutkielma (osa), 20 op  
 HOPS valmis, 1 op

**TUTKINTOVAATIMUKSET,  
FYSIIKAN OPETTAJA**

Näiden tutkintovaatimusten mukaan opiskelevat 1.8.2010 tai myöhemmin opintonsa aloittaneet opiskelijat. Ennen 1.8.2010 opintonsa aloittaneet voivat suorittaa tutkintonsa opintojen aloittamisvuonna voimassa olleiden vaatimusten mukaan tai siirtyä opiskelemaan uudempien vaatimusten mukaan. Mikäli opinnot on aloitettu ennen 1.8.2005, tutkinto suoritetaan 1.8.2005 voimaan tulleiden tai uudempien tutkintovaatimusten mukaan.

**LUONNONTIETEIDEN KANDIDAATIN  
TUTKINTO (180 OP)****1. Pääaineopinnot (70 op)**

530130 FYSIIKAN PERUSOPINNOT (25 OP)

530136 Mekaniikka, 9 op  
 530137 Sähkömagnetismi, 5 op  
 530138 Sähködynamiikka, 3 op  
 530139 Aaltoliike ja kentät, 5 op  
 530140 Perusopinnot laboratoriotyöt, 3 op

530165 FYSIIKAN AINEOPINNOT (FYSIIKAN OPETTAJA) (45 OP)

**Pakolliset opinnot (40 op)**

530000 Suhteellisuusteorian perusteet, 4 op  
 53379 Fysiikan mittausten menetelmät I, 5 op  
 53014 Termofysiikka, 8 op  
 53336 Aineen rakenne I, 8 op  
 530144 Aineopinnot laboratoriotyöt I, 5 op  
 530145 Aineopinnot laboratoriotyöt II, 4 op  
 530146 Kandidaatin tutkielma, 6 op  
 50036 Kypsyysnäyte

**Valinnaiset opinnot (vähintään 5 op)**

53337 Aineen rakenne II, 5 op  
 530141 Elektroniikka I, 5 op  
 53230 Johdatus hiukkasfysiikkaan I, 5 op

- 53058 Materiaalfysiikka I, 5 op  
 530177 Nanotiede I, 3 op  
 530158 Nanotiede II, 5 op  
 53108 Ympäristöfysiikka I, 5 op  
 53912 Tähtitieteen perusteet, 7 op  
 53501 Geofysiikan johdantokurssi, 5 op  
 535026 Meteorologian ja säähavainnon-  
 teon perusteet, 5 op

Valinnaisiin aineopintoihin voidaan sisällyttää myös muita vastaavan tasoisia kursseja erikseen HOPSissa sovittulla tavalla.

### 2. Sivuaineopinnot (25 op + 60 op)

Opettajan pedagogiset opinnot, 25 op  
 Toisen opetettavan aineen perus- ja aineopinnot, 60 op

### 3. Muut opinnot (25 op)

- 50042 LUK MUUT OPINNOT  
 (VÄHINTÄÄN 22 OP)

#### Pakolliset opinnot (22 op)

- 53364 Työelämään orientoivat opinnot:  
 Johdatus fysiikan opettajan opintoihin, 2 op  
 53001 Työelämään orientoivat opinnot:  
 Fysikaalisten tieteiden esittely, 3 op  
 530147 HOPS, 1 op  
 Tieto- ja viestintätekniikan opinnot, 6 op, jotka koostuvat opinnoista:  
 530148 TVT-ajokortti, 3 op  
 53398 Tieteellinen laskenta I, 3 op  
 Kieliopinnot, 10 op, jotka koostuvat opinnoista:

- 530168 Äidinkieli (tutkielmaseminaari), 3 op  
 Toinen kotimainen kieli, 3 op (CEFR-taso B1)  
 Vieras kieli, 4 op (englannissa CEFR-taso B2, muissa kielissä B1)

#### Vapaasti valittavat opinnot (3 op)

Vapaasti valittavia opintoja tulee suorittaa siten, että tutkinnon laajuus 180 op täyttyy. Vapaasti valittaviin opintoihin voidaan hyväksyä myös vähimmäisvaatimukset ylittäviä pääaineen tai sivuaineen opintoja. Tässä tapauksessa ne voidaan kirjata joko pääaineen ja sivuaineen kokonaisuuksiin tai muihin opintoihin. Vapaasti valittaviin opintoihin suositellaan kurssia *Arkipäivän fysiikka*.

## FILOSOFIAN MAISTERIN TUTKINTO (120 OP)

### 1. Pääaineopinnot

- 530210 FYSIIKAN OPETTAJAN  
 SYVENTÄVÄT OPINNOT (84 OP)

#### Pakolliset opinnot (74 op)

- 530161 Fysiikan käsitteet ja rakenteet I, 5 op  
 530162 Fysiikan käsitteet ja rakenteet II, 5 op  
 530235 Opettajien pääaine-fysiikan laboratorioskurssi I, 5 op  
 530218 Opettajien pääaine-fysiikan laboratorioskurssi II, 5 op  
 53112 Fysiikan historia ja filosofia, 8 op  
 53168 Opettajien tutkielmaseminaari, 6 op  
 50110 Pro gradu tutkielma, 40 op  
 50039 Kypsyysnäyte

Kurssi *Fysiikan käsitteet ja rakenteet I* tai *II* voidaan korvata kurssilla *Fysiikan käsitteet ja rakenteet III*.

Fysiikan opettajan pakollisia syventävien opintojen kursseja voi sopimuksesta opettajankoulutuksesta vastaavan professorin kanssa korvata vastaavantasoisilla kursseilla muilta erikoistumislinjoilta, toisesta koulutusohjelmasta tai toisesta korkeakoulusta.

#### Valinnaiset opinnot (10 op)

- 530239 Fysiikan käsitteet ja rakenteet III, 5op

Valinnaisiin opintoihin voidaan myös sisällyttää fysiikan opettajan valinnaisia aineopintoja tai fysiikan syventävien opintojen A-kursseja. Muista valinnoista on sovittava HOPSissa.

### 2. Opettajan pedagogiset opinnot (35 op)

### 3. Muut opinnot (1 op)

## fysiikka

**50034 FM MUUT OPINNOT  
(VÄHINTÄÄN 1 OP)**

530150 HOPS, 1 op

Fysiikan ja kemian opettajan opinnot edellyttävät hyviä matematiikan valmiuksia. Tämän vuoksi opintojen täydentäminen matematiikan perusopintojen kokonaisuudella on suositeltavaa.

**FYSIIKAN OPETTAJAN OPINNOT  
SIVUAINEOPISKELIJOILLE****530133 FYSIIKAN PERUSOPINNOT  
(25 OP)**

- 530136 Mekaniikka, 9 op
- 530137 Sähkömagnetismi, 5 op
- 530138 Sähködynamiikka, 3 op
- 530139 Aaltoliike ja kentät, 5 op
- 530140 Perusopintojen laboratoriotyöt, 3 op

Vaihtoehtoinen tapa suorittaa perusopinnot on

**533121 FYSIIKAN PERUSOPINNOT  
(SIVUAINE) (25 OP)**

- 530102 Liike ja voimat, 6 op
- 530103 Lämpö ja energia, 5 op
- 530104 Sähkö ja magnetismi, 6 op
- 530105 Aine ja säteily, 5 op
- 530140 Perusopintojen laboratoriotyöt, 3 op

**530152 FYSIIKAN AINEOPINNOT  
(OPETTAJAN SIVUAINEOPINNOT)  
(35 OP)****Pakolliset opinnot (20 op)**

- 530214 Fysiikan käsitteenmuodostus I, 5 op
- 530244 Fysiikan käsitteenmuodostus II, 5 op
- 530215 Opettajien sivuainefysiikan laboriokurssi I, 5 op
- 530216 Opettajien sivuainefysiikan laboriokurssi II, 5 op

**Valinnaiset opinnot (15 op)**

- 530217 Fysiikan historia, 8 op
- 530000 Suhteellisuusteorian perusteet, 4 op
- 53336 Aineen rakenne I, 8 op

- 53337 Aineen rakenne II, 5 op
- 53014 Termofysiikka, 8 op
- 53379 Fysiikan mittausten menetelmät I, 5 op
- 53058 Materiaalifysiikka I, 5 op
- 530141 Elektroniikka I, 5 op
- 53108 Ympäristöfysiikka I, 5 op
- 53230 Johdatus hiukkasfysiikkaan I, 5 op
- 530177 Nanotiede I, 3 op
- 530158 Nanotiede II, 5 op
- 53912 Tähtitieteen perusteet, 7 op
- 53501 Geofysiikan johdantokurssi, 5 op
- 535026 Meteorologian ja säähavainnon-  
teon perusteet, 5 op

**530164 FYSIIKAN OPETTAJAN  
SYVENTÄVÄT OPINNOT  
(SIVUAINEOPINNOT) (VÄH. 60 OP)**

Fysiikan opettajien syventävien opintojen (sivuaine) kurssit voidaan valita fysiikan aineopinnoista, syventävistä opinnoista tai fysiikan aineenopettajan syventävistä opinnoista siten, että muodostuu vähintään 40 op kokonaisuus.

530127 Tutkielma 20 op

**JATKOTUTKINNOT JA  
FYSIIKAN OPETTAJAN JATKO-  
OPINNOT FYSIIKASSA**

Fysiikan opettajan jatkotutkintoja ovat Filosofian lisensiaatin ja Filosofian tohtorin tutkinto. Molempiin tutkintoihin kuuluu 60 opintopisteen laajuiset pää- ja sivuaineen opinnot, jotka määrittellään jatko-opintojen henkilökohtaisessa opintosuunnitelmassa (JHOPS). Opinnot voivat olla sivuaineen aineopintoja tai syventäviä opintoja, tai muiden yliopistojen vastaavan tasoisia opintoja. Näiden opintojen on muodostettava tutkimustyötä tukeva kokonaisuus.

Jatko-opinnot koostuvat oman tutkimusalan jatko-opinnoista (50 op) ja yleisistä jatko-opinnoista (10 op).

**53004 FYSIIKAN OPETTAJAN JATKO-  
OPINNOT (60 OP)**



**53054 Tutkimusalan (fysiikan opetus) jatko-opinnot 50 op**

53371 Opettajien jatkotutkimaseminaari, 10 op

Muut tutkimusalan opinnot koostuvat fysiikan syventävistä opinnoista ja opetuksen tutkimuksen metodiopinnoista J-HOPSissa sovitavalla tavalla.

Opettajan jatko-opintoihin voidaan sisällyttää myös kurssit (elleivät sisälly muihin opintoihin)

53714 Klassinen mekaniikka, 10 op

53715 Elektrodynamiikka, 10 op

53716 Kvanttimekaniikka I, 10 op

**53000 Yleiset jatko-opinnot 10 op**

Yleisiin jatko-opintoihin tulee sisältyä tieteidenfilosofian, tutkimusetiikan ja yleiseen asiantuntijuuteen valmentavia opintoja sekä kansainvälistä tieteellistä toimintaa. Opintoihin on suositeltavaa sisällyttää myös yliopistopedagogisia opintoja. Kurssitarjonnasta vastaavat yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta ja sen laitokset. Tarkemmasta sisällöstä sovitaan jatko-opintosuunnitelmaa tehtäessä.